

6.

Planificación de los Transportes Urbanos

La planificación debe constituir un proceso orientado hacia ciertos objetivos, con alternativas adaptables a los cambios de una sociedad dinámica.

La planificación de una ciudad o una región se realiza en cualquier período de tiempo, con la participación de grupos y organizaciones públicas y privadas, los cuales tendrán cada uno múltiples objetivos; lo importante en el proceso de planeación es considerar en lo posible cada objetivo ya que en distintas etapas de avances del proceso a menudo se intersectarán entre sí.

Los planes se basan en la secuencia de un conjunto de tareas que se pueden resumir en cuatro etapas las cuales se muestran en la Figura 6.1.

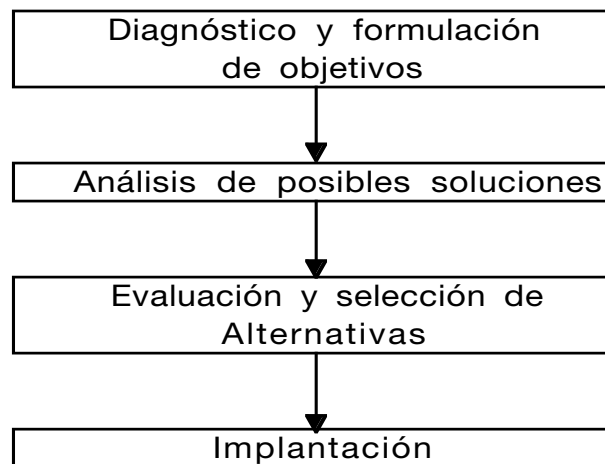


Figura 6.1.
Etapas de la planificación.

La cantidad de recursos y tiempo necesarios para la realización de estas actividades depende de la magnitud de los problemas a resolver, que conforme se precisan y detallan, requieren de una cantidad mayor de información.

Con base en los datos recabados y un análisis cuidadoso, se calibran los efectos de las diferentes estrategias permitiendo modificar las alternativas de solución, creando un procedimiento continuo, el cual se indica en la Figura 6.2.

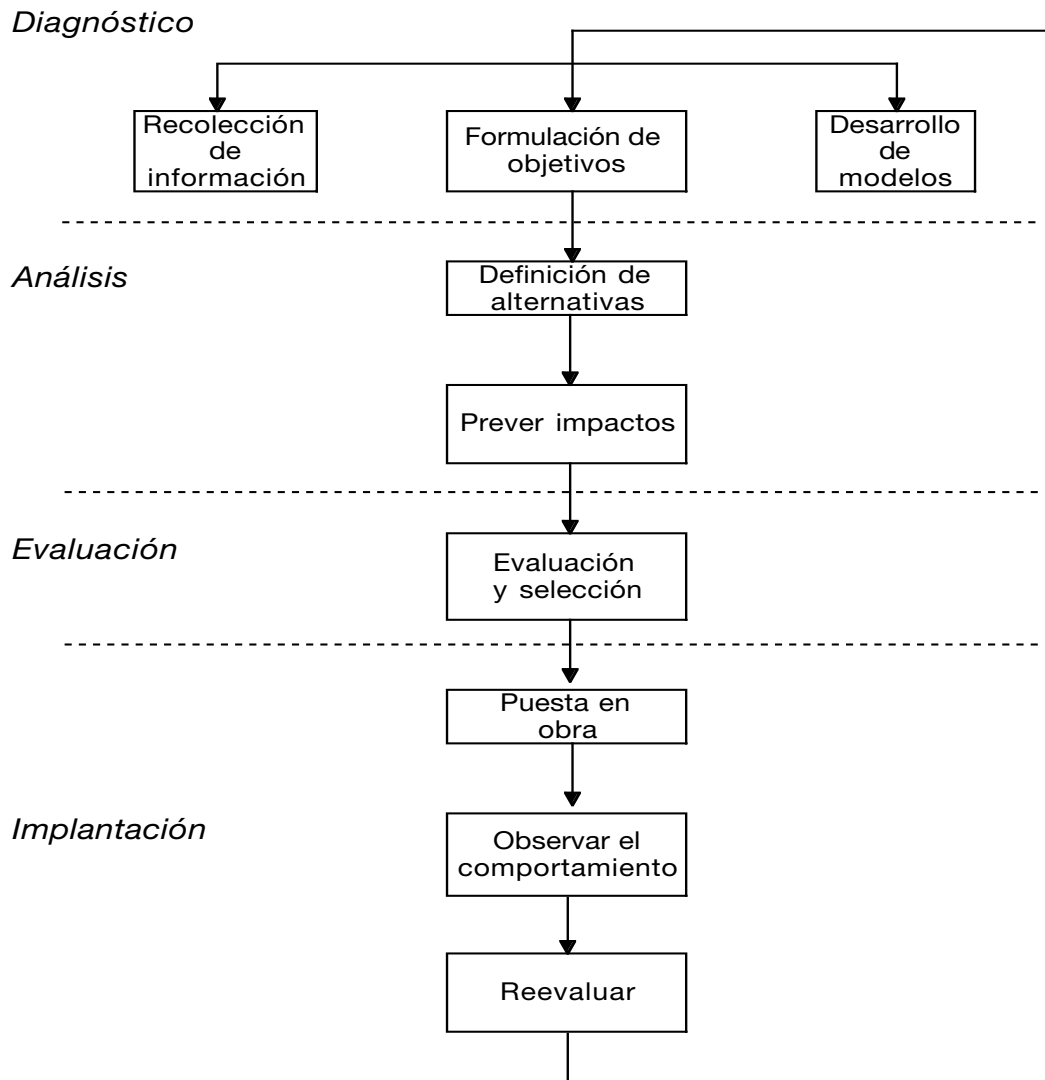


Figura 6.2.
Proceso continuo de análisis.

La planificación de los transportes permite estar en condiciones de tomar decisiones óptimas acerca de la construcción de nuevas obras viales o las mejoras a los sistemas de transporte existentes, la implementación de nuevos sistemas, o bien, definir sus formas de explotación y determinar donde y cuando deberán operar para lograr el mayor impacto al mayor número de beneficiarios [1]. La utilización de un proceso de planificación ha mostrado su eficacia, justificándose sobre todo en economías donde la existencia de recursos financieros es cada vez más crítica y se hace necesario utilizar los pocos recursos económicos de una manera óptima y sostenida.

Uno de los propósitos básicos de la planificación de los transportes urbanos es mejorar las condiciones del flujo de personas y bienes, dentro de un contexto espacial y económico urbano global, con el fin de que dicho tránsito se realice al menor costo posible en función de las economías de las zonas de estudio.

Estas mejoras pueden orientarse a la infraestructura vial, a los equipos de transporte, a los métodos de operación o bien a la disminución de los impactos socioeconómicos y del medio ambiente.

De manera general, la finalidad de la planeación se enfoca en desarrollar una secuencia de actividades establecidas, integrando planes y programas coordinados entre si para alcanzar objetivos específicos a lo largo de un periodo determinado.

6.1 Elementos que intervienen en la planificación

6.1.1 El derecho al transporte

Este concepto de *derecho al transporte* nace en Europa alrededor de los años setentas y es reforzado por grupos ecologistas en 1974. Este derecho se refiere a la posibilidad de que cualquier persona que habita en una ciudad pueda acceder a los sistemas de transporte en cualquier momento y hacia cualquier punto que el elija [1].

Este principio de que cada habitante de una ciudad tenga acceso a los medios de transporte y pueda desplazarse, está ligado al concepto de *accesibilidad*, pero aún esto queda impreciso debido a que se puede hablar tanto de una *accesibilidad mínima* a ciertos puntos de la ciudad, o una *accesibilidad de todos al automóvil* o al *derecho de circular*.

Entenderemos por *accesibilidad* la facilidad de poder desplazarse o de transportarse de un lugar a otro en función de poder realizar alguna actividad (tra-

bajo, servicios, hogar) ligada a algún medio de transporte, a determinado grupo de personas y a diversas horas del día.

Uno de los medios que satisface estas necesidades es el automóvil y no se puede negar el lugar que ocupa dentro de las actividades de las ciudades, ya que su influencia es decisiva por ejemplo en:

- Los *grupos de poder*, tales como las empresas automotrices, la industria alterna que esta genera, se tienen a las empresas petroleras, la publicidad y prensa.
- El punto de vista *socioeconómico* puesto que proporciona empleo a personas en talleres, estacionamientos, comercios, servicios de mantenimiento y administración del tránsito.
- Las *empresas* constructoras ya que se generan nuevas vías y caminos,
- El *ámbito social* en cuanto a la imagen, prestigio, rango social, libertad que conlleva.
- Y sobre todo, la posibilidad real de tener acceso a cualquier punto del territorio nacional.

El planificador del transporte urbano no puede hacer a un lado el lugar que ocupa el automóvil, sino por el contrario, considerarlo en los estudios para tratar de limitar su uso y dar mayores facilidades a los transportes públicos [2].

El transporte público no solo es una necesidad para las ciudades medias y grandes, por su bajo costo en infraestructura y menor consumo de espacio físico, sino porque además son los únicos que aseguran una posibilidad real de accesibilidad para todos.

Estudios en diferentes ciudades han mostrado que más de un 50% del total de la población de una ciudad no puede poseer un automóvil (entre estos están los ancianos, los minusválidos, los escolares y las personas de bajos ingresos). Esto se puede observar de manera más directa en países en vías de desarrollo, donde este tipo de usuarios llamados *cautivos* representan un porcentaje bastante alto.

Se puede decir que actualmente los desplazamientos urbanos constituyen para los habitantes de una ciudad un elemento muy importante en su vida cotidiana, no solo por el tiempo que se pasa en ellos para satisfacer sus necesidades de tener acceso al trabajo, a los comercios, a los entretenimientos, sino que va formando parte de un verdadero derecho a transportarse.

6.1.2 Factores humanos y económicos

Como se sabe, transportarse no es un fin por sí solo; la gente no se desplaza por el simple gusto de viajar, sino que es una consecuencia para la realización de otra actividad que puede ser el trabajo, la escuela, las compras, los negocios, las relaciones sociales. Sus desplazamientos diarios no se resumen al solo hecho de utilizar un determinado medio de transporte y pagar una tarifa, sino que para los usuarios tiene una finalidad última que es acceder al conjunto de actividades que se dan en una ciudad [2]. Entre los aspectos económicos que influyen para la planificación de los transportes públicos están:

- Costos de infraestructura
- Costos por su funcionamiento
 - para el usuario
 - para los transportistas
 - para las autoridades (aspectos fiscales y de regulación)
- Costos de los energéticos

La comparación de estos costos con cada medio de transporte en particular, así como la confrontación del automóvil con los transportes públicos, han sido poco tratados en nuestro medio. Algunos países industrializados han encontrado que los costos derivados de la infraestructura se ubican entre 6 y 8 veces por arriba para el automóvil que para los transportes públicos. Esto se debe a que generalmente estos costos son proporcionales a la capacidad ofrecida por una gama de medios de transporte como son: el autobús, microbús, trolebús, tranvía, tren ligero, metro.

Por su parte, los costos de los energéticos en los transportes públicos presentan ventajas sobre el automóvil al ubicarse entre 3 a 4 veces por abajo, en términos de consumo por pasajero transportado.

En contraparte, los costos para el funcionamiento y operación de los transportes públicos son fuertemente soportados por las autoridades principalmente a través de subsidios en las tarifas, en los combustibles, en los impuestos y para la adquisición de nuevos equipos, entre otros.

6.1.3 Factores urbanísticos

Una de las características en la mayoría de las ciudades del mundo es la carencia y lo limitado del espacio urbano. El consumo de espacio para los trans-

portes es muy variable de ciudad a ciudad. Así por ejemplo, en Tokio es del 18% aproximadamente; en Londres es de 21%; en París del 24% (incluyendo calles y banquetas); pero en Los Angeles llega a ser hasta más del 60% (considerando calles, banquetas y estacionamientos). Estos porcentajes se detallan en el Cuadro 6.1 en el que se observa el espacio que utiliza el automóvil en determinadas ciudades, lo que da una idea del potencial de cambio que existe.

Ciudades	Superficie Km ²	Area en % (calles y banquetas: sin estacionamiento)
Tokio	96	18
Londres	-	21
Madrid	42	23
París	87	24
Nueva York (Manhattan)	59	35
Los Angeles	1,200	37

Fuente: Referencia [11].

Cuadro 6.1.

Area ocupada por la infraestructura de los transportes en algunas ciudades del mundo.

Se presenta una competencia por el espacio urbano de dos grandes medios de transporte: los automóviles y los transportes públicos. Los primeros con las ventajas de confort, mayor versatilidad en su utilización (disponibilidad inmediata, privacidad, trayecto directo *puerta a puerta* y mayor velocidad, entre otros) que benefician directamente a los usuarios. Los segundos con ventajas en cuanto a su capacidad, economía, seguridad, menor impacto al medio ambiente y en algunos casos velocidades atractivas en el centro de las ciudades. El problema del transporte en las ciudades se convierte entonces en una conciliación de intereses, entre la comunidad y los individuos que la componen.

Entre las soluciones para disminuir el espacio utilizado por los automóviles se encuentran:

- Reducciones en las dimensiones de los vehículos, pero al mismo tiempo aumentar su índice de ocupación (número de pasajeros)

- Una mayor rotación en los cajones de estacionamientos
- Prioridad a los transportes que consumen poco espacio como por ejemplo, los transportes públicos, las bicicletas y la marcha a pie.

Por otra parte, los efectos sobre la urbanización de un eje de transporte privado (como puede ser una autopista) favorece una urbanización dispersa, ya que su desarrollo se basa en zonas habitacionales individuales. En cambio, un eje de transporte público favorece una urbanización lineal y solamente a un determinado radio alrededor de las estaciones, originándose un importante asentamiento de la población de fuerte densidad poblacional.

Todo esto nos lleva a la existencia de una relación muy estrecha entre la planificación de los transportes y el uso del suelo, por lo que se puede decir que los planes de transporte de una ciudad se deben realizar al mismo tiempo que los planes de urbanización y no hacerse de manera separada.

Se deberán tomar en cuenta los efectos espaciales medibles de los sistemas de transporte urbano como son: costo del suelo, su accesibilidad, el consumo de espacio y las consecuencias del transporte en la organización urbana.

6.1.4 Factores tecnológicos y del medio ambiente

Como ya se comentó al inicio del capítulo la planificación debe hacerse también a largo plazo, por lo que las decisiones sobre las nuevas infraestructuras de transporte serán para dar servicio varios años, de aquí que las investigaciones sobre la tecnología de los equipos juega un papel importante que deberá ser tomado en cuenta dentro del proceso de planificación [2].

Se introduce entonces aquí un término denominado *innovación*, que implica tomar en cuenta los siguientes aspectos: que el producto sea factible técnicamente, que su costo sea competitivo, que de respuesta a la demanda de movilidad así como considerar las consecuencias previsibles en la organización y el desarrollo de las ciudades en caso de que se adopte, y los obstáculos institucionales o psicológicos de su implantación. Cada uno de estos puntos deberá verificarse ya que se corre el riesgo de proponer un producto que realmente no sea nuevo.

Entre las características que se buscan con las innovaciones para los transportes urbanos se tienen:

- Su velocidad (principalmente en los centros urbanos)
- Su capacidad (relacionada con el espacio utilizado)

- Su economía (en la construcción de la infraestructura, en su operación y en el consumo de energéticos)
- Su comodidad (que puede verse de diferentes aspectos desde el punto de vista del espacio asignado al usuario, los transbordos, los trayectos finales a pie, la frecuencia, el confort físico, la estética, la privacidad)
- Su impacto al medio ambiente físico y natural (polución del aire y ruido)
- Su seguridad

Entre los ejemplos que se pueden citar para obtener mayores ventajas en los diferentes medios de transporte se encuentran: las mejoras técnicas (trenes de levitación magnética y uso de catalizadores); las mejoras institucionales concernientes a su empleo (automóvil compartido, carriles exclusivos para autobuses) y; las mejoras financieras (abono tarifario, o impuestos por el uso del automóvil).

Ahora bien, otro de los elementos importantes que intervienen en la planificación de los transportes es el aspecto del deterioro al medio ambiente debido a la circulación de transportes urbanos y que afecta directamente a los habitantes de una ciudad. Se tienen las molestias producidas por los ruidos, los humos (que afectan la calidad del aire). Algunos estudios europeos estiman que la participación del transporte carretero en la degradación del medio ambiente por ruidos es de alrededor el 80% y entre un 50% a 60% para las emisiones. Obviamente, estas cifras se elevan en ciudades latinoamericanas que a pesar de contar con un menor parque vehicular, la falta de supervisión de los equipos y los tipos de combustibles utilizados incrementan los índices de contaminación en el ambiente.

Algunas posibles medidas que ayudan a reducir estos problemas son:

- La utilización de motores diesel que reducen hasta un 90% las emisiones de CO y en un 50% las de hidrocarburos (no así los óxidos de azufre). Sus desventajas son que causan mayores ruidos y consideran un sobre costo en los vehículos de entre un 5 a un 10%.
- Los motores a gas, reducen emisiones de CO en un 80% y los óxidos de azufre en un 40%, pero no se disminuyen de manera significativa las emisiones de hidrocarburos. Su desventaja es lo difícil de su transporte y su abastecimiento, así como el sobre costo por los vehículos que va de entre un 5 a 10%.

Por último otro de los costos para las comunidades además de las relativas a la infraestructura y a la degradación del medio ambiente son los debidos a la seguridad (accidentes) y a los congestionamientos (tiempo que duran los desplazamientos) mucho mayores en los casos de utilizar el automóvil particular que el transporte público.

6.2 Proceso de planificación de los transportes

6.2.1 El transporte como sistema

Un sistema es un conjunto de elementos relacionados entre sí y encaminados hacia ciertos objetivos específicos y metas, así por ejemplo: el sistema de actividades de una zona urbana puede considerarse como el conjunto de subsistemas tales como el comercio, la industria, la educación, la salud, los transportes y los servicios entre otros.

El caso del transporte urbano se puede definir como un sistema básico para el funcionamiento de una ciudad en donde su operación influye de manera directa en la eficiencia del conjunto de sus actividades y en la calidad de vida de sus habitantes.

El transporte cumple el papel de conectar e integrar funciones que se desarrollan en diferentes lugares de una ciudad, mediante la movilización de personas y bienes, lo que permite la especialización de las actividades y los usos del suelo, aprovechando las ventajas de la aglomeración asociada con otras ciudades.

De aquí que el papel del planificador del transporte se enfoque generalmente a encausar los esfuerzos de prestadores de servicio y autoridades para diseñar un sistema que logre la máxima integración o grado de ajuste, entre el sistema y su medio ambiente.

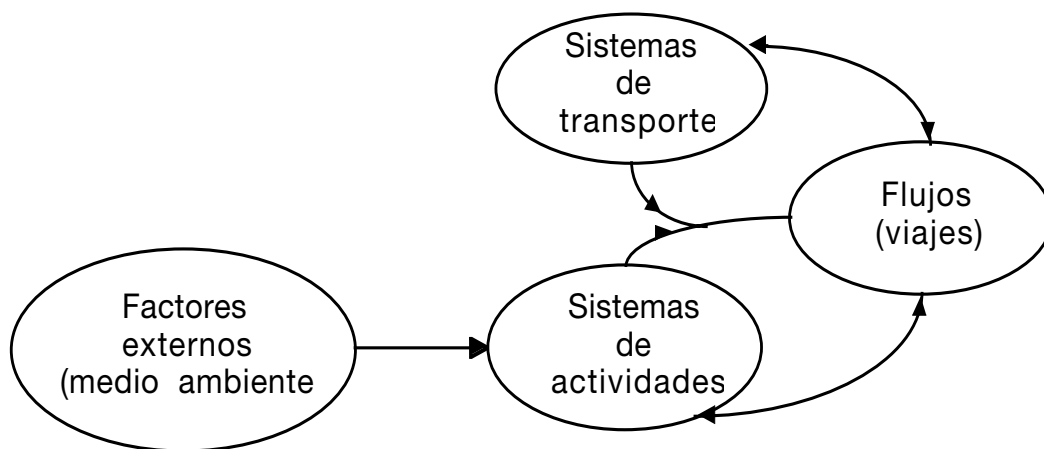
El análisis del sistema de transporte tiene por objeto conocer las interrelaciones complejas de los múltiples elementos encaminados a un mismo objetivo. Estos elementos pueden ser los vehículos, la infraestructura y las técnicas de explotación y operación.

La función define la finalidad de los elementos del sistema, por ejemplo la función limitada por un área geográfica, al interior de la cual se efectúan los desplazamientos, siendo la distancia de viaje la que define la escala del sistema. Para el caso del transporte urbano y suburbano se considera que es el área metropolitana de una ciudad.

La función de la oferta determina el nivel de servicio a partir del sistema de transporte. La función de la demanda determina el número de viajes a partir del conocimiento del sistema de actividades. Una forma simplificada de ver al transporte y al conjunto de actividades de una ciudad se representa en la Figura 6.3.

Los factores externos son el conjunto de componentes fuera del sistema que influyen en el comportamiento del sistema. Por su parte, el sistema de actividades incluye las funciones económicas y sociales que se desarrollan en una ciudad, mientras que los flujos están representados por volúmenes de pasajeros y carga que se mueven entre los diferentes orígenes y destinos. Al analizar detalladamente la figura se deduce que:

- Los flujos son consecuencia de las interacciones entre los sistemas de transporte y las actividades.
- La operación del sistema de transporte afectará el desarrollo del sistema de actividades en el largo plazo (muchas actividades preferirán localizarse donde existan mejores niveles de accesibilidad).
- Los flujos generan cambios en el sistema de transporte debido a las políticas y formas de operación de los servicios de transporte (mejores servicios en donde haya mayor demanda y mejoras en la infraestructura donde existan congestionamientos).



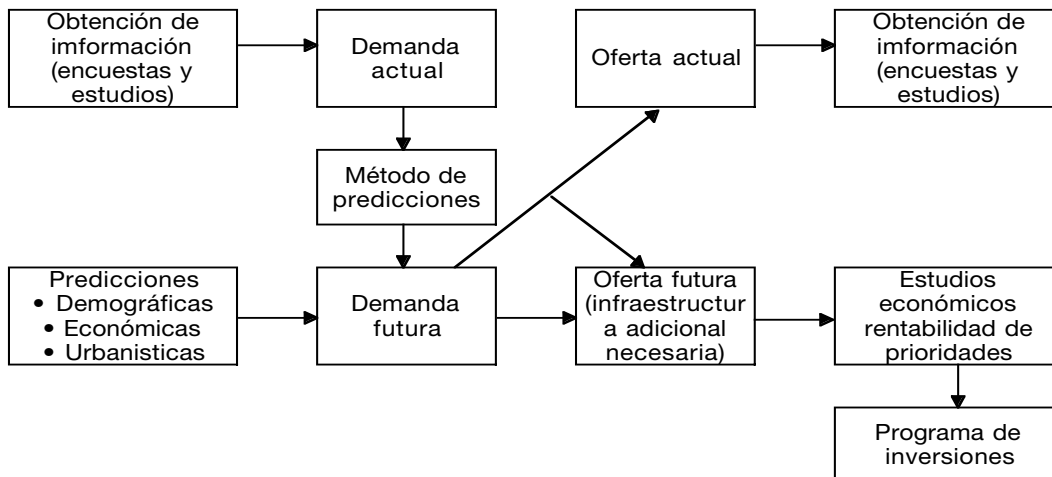
Fuente: Referencia [1].

Figura 6.3.
Conjunto de actividades de una ciudad.

Todos los factores que intervienen en el proceso de planificación de los transportes urbanos, son vistos como verdaderas razones de prioridad hacia los transportes públicos en ciudades medias y grandes. Sin embargo, los métodos *clásicos* estuvieron enfocados tanto en Europa como en los Estados Unidos a adaptar las ciudades al automóvil, proceso que se ha dado desde los años sesentas hasta nuestros días, pudiéndose afirmar que se trataba de una *técnica de planificación al servicio del automóvil*.

La planificación del transporte urbano se basa específicamente en la comparación de la demanda con la oferta, y para que esta confrontación sea de utilidad se compara también con la demanda futura (de ahí la importancia que tienen los métodos de predicción) y la oferta existente hacia un horizonte de proyecto. Esto permite prever las inversiones necesarias de infraestructura y de equipo, efectuar un análisis económico de su justificación y determinar el orden de prioridad de las obras. El proceso esquemático se puede ver en la Figura 6.4.

Este sencillo modelo no considera los tiempos de ejecución de los estudios, ni las negociaciones en las inversiones o el proceso formal de la toma de decisiones por las autoridades. Si a esto agregamos el hecho de que los usuarios generalmente se adaptan a una *oferta existente* y no se consideran aquellos viajes que no se efectuaron por la falta de transporte, o aquellos que se



Fuente: Referencia [1].

Figura 6.4.
Flujograma general de la planificación de los transportes urbanos.

efectuaron en otro tiempo o en otros medios, que los mismos usuarios no habían previsto, nos lleva a un problema de comparar la demanda real con una demanda observada y una demanda latente que podría realizar viajes si la oferta fuera suficiente o atractiva.

Esta situación generalmente no se considera en el proceso de predicción de la demanda, pero es recomendable que se realice si se quiere un análisis riguroso.

6.2.2 Definición de objetivos

En el curso de los últimos años, las investigaciones en materia de transporte han buscado identificar los objetivos explícitos de una manera sistemática y coherente. A continuación se hará una distinción entre los diferentes niveles de objetivos, mostrando la relación jerárquica existente entre los diferentes grupos. Con ello es factible precisar claramente las hipótesis y los fines que se esperan e indican de que manera las decisiones relativas a un proyecto particular se integran a una serie de cuestiones más importantes [3].

Un objetivo no es más que una afirmación de un principio que expresa una situación esperada a la que se quiere llegar por medio de una acción racional. La definición de la manera de como se prevé un objetivo exige una buena comprensión de las necesidades de la población, determinadas por una base empírica o de acuerdo a proyectos realizados con anterioridad.

6.2.2.1 Clasificación de los objetivos

Los objetivos pueden clasificarse en dos grupos principales, siendo los primeros de orden general o políticas de la planeación y los segundos objetivos propios de los sistemas de transporte. Entre ambos grupos existe una relación y una jerarquización decreciente.

- **Objetivos políticos:**
 - **Objetivos globales.** Conciernen a la sociedad en general e intervienen todos los sectores institucionales. Por ejemplo se tiene: promover la igualdad social.
 - **Objetivos principales.** Son aquellos objetivos específicos de un solo sector institucional. Un ejemplo puede ser mejorar la accesibilidad.

- **Objetivos del sistema de transporte:**
 - **Objetivos intermedios.** Son estratégicos y relativos al conjunto de una serie de acciones concretas, por ejemplo dar prioridad a los autobuses en una ciudad.
 - **Objetivos de los proyectos.** Objetivos relativos a ciertos planes de acción particular, por ejemplo aumentar la capacidad de una calle dada.

La preocupación propiamente dicha de los ingenieros en transporte o de los planificadores no consiste en establecer los objetivos, sino mas bien en traducir los objetivos en términos tales que sea posible definir una acción concreta o una modificación al conjunto de operaciones de los sistemas de transporte. Solamente con una buena comprensión de las relaciones entre los diferentes niveles de objetivos es factible manejar las implicaciones de una línea de acción o las exigencias de una política en particular.

6.2.2.2 Objetivos globales

Estos objetivos se presentan a un nivel más general y es aquí donde se sitúan las grandes filosofías políticas. Las áreas de preocupación aquí mencionadas no son específicas de los transportes, pero se aplican igualmente a todos los problemas de la política urbana, por ejemplo vivienda, educación, transportes, etc.

6.2.2.3 Objetivos principales

Presentan un nivel de detalle en donde se pueden ver formulados los objetivos de transporte de manera específica. Es aquí, desde esta escala, que se pueden evaluar en términos fundamentales las diferentes alternativas de selección, entre las consecuencias de optar por diversas políticas posibles.

Cada sector institucional posee su propio sistema de objetivos que son los principales fines esperados en cada área. Muchos indicadores (como el empleo, la salud) no tienen un solo objetivo principal que sea considerado como suficiente en sí mismo, por lo que la discusión mas bien se centra sobre la manera de cumplir esos objetivos. Los transportes representan un área secundaria (en su conjunto los transportes no resuelven una necesidad por ellos mismos, sino que permiten la realización de otras funciones) y resulta que existe una serie de objetivos importantes que ligan las necesidades de transporte a otras áreas institucionales. Esto supone que ciertos objetivos principa-

les podrán esperarse gracias a las políticas tomadas en otros campos, así como también por las mejoras hechas en materia de los transportes.

El Cuadro 6.2 presenta un comparativo con ejemplos de algunos de los objetivos globales y principales donde se muestran las relaciones entre ellos [3]:

Objetivos globales	Objetivos principales
Aumentar el bienestar de la comunidad, mejorando la calidad de la vida y su medio ambiente	Mejorar la accesibilidad a: <ul style="list-style-type: none"> • la vivienda • el empleo • la educación • los servicios médicos • centros comerciales • lugares de descanso • los servicios públicos • las actividades sociales y culturales
Asegurar una utilización eficiente de los recursos	Proteger el ambiente contra: <ul style="list-style-type: none"> • carburantes • terrenos • materias primas
	Mejorar el acceso a fuentes de aprovisionamiento
	Reciclar recursos
Promover una sociedad democrática, justa e igualitaria	Teniendo en cuenta intereses de cada uno de los grupos: <ul style="list-style-type: none"> • edad, sexo, situación familiar, ingresos • tipo de vivienda • modo de transporte (propietario de auto o no, discapacitados, etc.) • el comercio y la industria • los administradores • instituciones involucradas
	Asegurar procesos políticos, administrativos adecuados a: <ul style="list-style-type: none"> • delimitación precisa de responsabilidades • una coordinación de los sectores públicos y privados • una participación del público en los procesos
Mejorar las bases económicas	Reducir costos del transporte
	Reducir efectos directos e indirectos sobre el medio ambiente y la sociedad
	Mejorar eficiencia económica

Cuadro 6.2.
Relación de objetivos globales y principales.

6.2.2.4 Objetivos intermedios

A nivel intermedio se pueden definir los objetivos en función de las características particulares de los sistemas de transporte y sus logros. Los objetivos a esta escala se refieren a un sector, que concierne a la implantación de los sistemas de transportes y su compatibilidad recíproca, mas que a los resultados de proyectos particulares y sus planes de acción con otros medios. Algunos ejemplos son:

- Conservar y mantener un sistema de vialidades compatibles con los flujos actuales y futuros de la circulación entre los orígenes y destinos dados.
- Implementar un sistema de transporte público urbano, capaz de responder a la demanda actual y futura de los desplazamientos.
- Satisfacer a las necesidades de desplazamientos de peatones y ciclistas, permitiendo el acceso libre a todos los puntos, pero teniendo en cuenta las exigencias en materia de seguridad vial.
- Proporcionar un buen servicio de transporte de carga dentro de las ciudades.
- Asegurar un equilibrio entre el transporte público y el privado.
- Asegurar la complementariedad de los diferentes medios de transporte.

6.2.2.5 Objetivos de los proyectos

A este nivel se elaboran los planes de acción directa en el marco de un sistema de transporte, haciendo un llamado a las *medidas técnicas* como lo es la modernización de una carretera en la que ya existía un servicio o bien a las *medidas administrativas* como pueden ser el mejorar el funcionamiento de los autobuses o la regulación de los flujos de la circulación.

Un objetivo específico es asignado a todo proyecto o línea de acción de tal forma que permita una observación, una medida o una cuantificación directa. Estas medidas pueden ser particularmente ligadas al proyecto dado y no tener ningún nexo con otras medidas de un orden mucho mas elevado; sin embargo, se deberá permitir controlar la eficiencia de tales planes de acción particulares.

Los objetivos particulares dependerán de los proyectos considerados, como la gama de estos proyectos es muy grande solo se darán aquí algunos ejemplos típicos.

- Objetivos de proyectos relativos ciertos tramos de vialidades de una red:
 - determinar la capacidad de las vialidades en servicio
 - definir normas de conservación del alumbrado público
 - considerar los acondicionamientos especiales para ciertos medios de transporte en itinerarios seleccionados, por ejemplo de autobuses, bicicletas, y camiones de carga.
 - obtener índices de accidentes
 - establecer restricciones de circulación en ciertas redes
- Objetivos de los proyectos relativos a la gestión de la circulación:
 - reducción de los congestionamientos a un nivel y puntos dados
 - restricción de la circulación en ciertas zonas
 - prioridad de circulación a ciertos medios
 - políticas de estacionamiento en determinadas zonas
 - estrategias de tarificación en vialidades urbanas
 - establecimiento de áreas prohibidas al acceso de vehículos.
- Objetivos de proyectos relativos a los proyectos de transporte público urbano:
 - la penetración de los servicios en una zona no servida
 - la confiabilidad del servicio
 - establecer sistemas de tarificación
 - mejorar la correspondencia entre modos
- Otros objetivos ligados a los proyectos de transporte son:
 - Los proyectos relativos a la seguridad en las vías y el mejoramiento al medio ambiente
 - Las cuestiones sobre variaciones en los horarios de trabajo que si bien no son temas relativos a los transportes si pueden traer consecuencias directas en lo que concierne a la eficiencia y calidad de los servicios de transporte.

Los objetivos que se formulen deberán ser preferentemente a un nivel de proyectos ejecutivos, convirtiendo la planificación de los transportes en un problema práctico. Por ejemplo, un especialista en tránsito podrá resolver conflictos de embotellamiento en cierta intersección de la ciudad, proponiendo algunas medidas que reduzcan o eliminen las demoras. Si se toma en cuenta las implicaciones que tendrán una serie de acciones sobre la circulación en general o sobre los planes de accesibilidad a los diferentes lugares de la ciudad, la buena comprensión de las relaciones entre los objetivos a diferentes

niveles puede ayudar a reducir los impactos negativos de una determinada acción aislada. También se deberá estar consciente de la aparición de conflictos entre dos o más objetivos de problemas específicos, como puede ser por un lado la seguridad de los peatones y por el otro los incrementos de velocidades en los trayectos.

6.2.3 Recopilación de información¹

Dentro del proceso de planificación del transporte público, la recopilación de datos para conocer la oferta y la demanda de viajes es una de las etapas más importantes que requiere del mayor cuidado para su obtención.

Los métodos comúnmente utilizados en la recopilación de los datos por muestreo son:

- **Observaciones:** Se realizan para obtener datos sobre el servicio de transporte (número de vehículos y pasajeros en cada una de las rutas de transporte).
- **Encuestas:** se utilizan generalmente para conocer la demanda en las rutas de transporte público de pasajeros o usuarios potenciales de una nueva ruta.

Estos métodos permiten conocer primeramente información actualizada sobre el número de viajes y la ubicación de los principales puntos atractores y generadores de viajes. Es, en cierta forma, el obtener una fotografía de lo que está sucediendo en distintos lugares y en un determinado momento. En segundo lugar, las encuestas de este tipo se utilizan para predecir el comportamiento del usuario, las necesidades de desplazamientos de los habitantes, clasificando sus necesidades con la finalidad de brindar un mejor servicio, más eficiente y de mayor calidad, conociendo la demanda potencial, la atendida y la insatisfecha.

Se presentan a continuación las principales etapas para conocer la oferta y demanda de los transportes urbanos en las ciudades, pudiéndose dividir en tres formas básicas [5]:

1. En el Capítulo 7 se presenta con mayor detalle los principales estudios de campo realizados en el área de transporte público urbano.

- información general
- información sobre la oferta del transporte
- información sobre la demanda del transporte

6.2.3.1 **Información general**

Datos generales

Se obtiene de la consulta con autoridades rectoras, transportistas y documentos relativos a:

- aspectos históricos (permite definir antecedentes de la estructura productiva y socioeconómica, la población y la infraestructura del transporte)
- el crecimiento de la ciudad (permite conocer los sectores dinámicos y su evolución respecto a las tendencias nacionales y las relacionadas con el área de estudio)
- la población actual y su evolución, así como las principales actividades económicas

Un ejemplo de los documentos oficiales que deben consultarse se muestran en la Figura 6.5, la cual presenta la jerarquía documental que debe considerarse al estudiar el transporte público urbano.

Población y su crecimiento

El contar con información sobre las tendencias de crecimiento de la población permite determinar demandas futuras y cambios de flujo vehicular, movimientos migratorios y los cambios en la estructura ocupacional de la población económicamente activa. Proporciona, además, elementos para conocer patrones de desplazamientos de pasajeros y de mercancías.

Actividades económicas y usos del suelo

La revisión de los planes de desarrollo urbano y regional permite identificar centros generadores y atractores de viajes, la intensidad de los flujos para la mejor selección de los modelos matemáticos a utilizar en la determinación de la demanda de transporte.

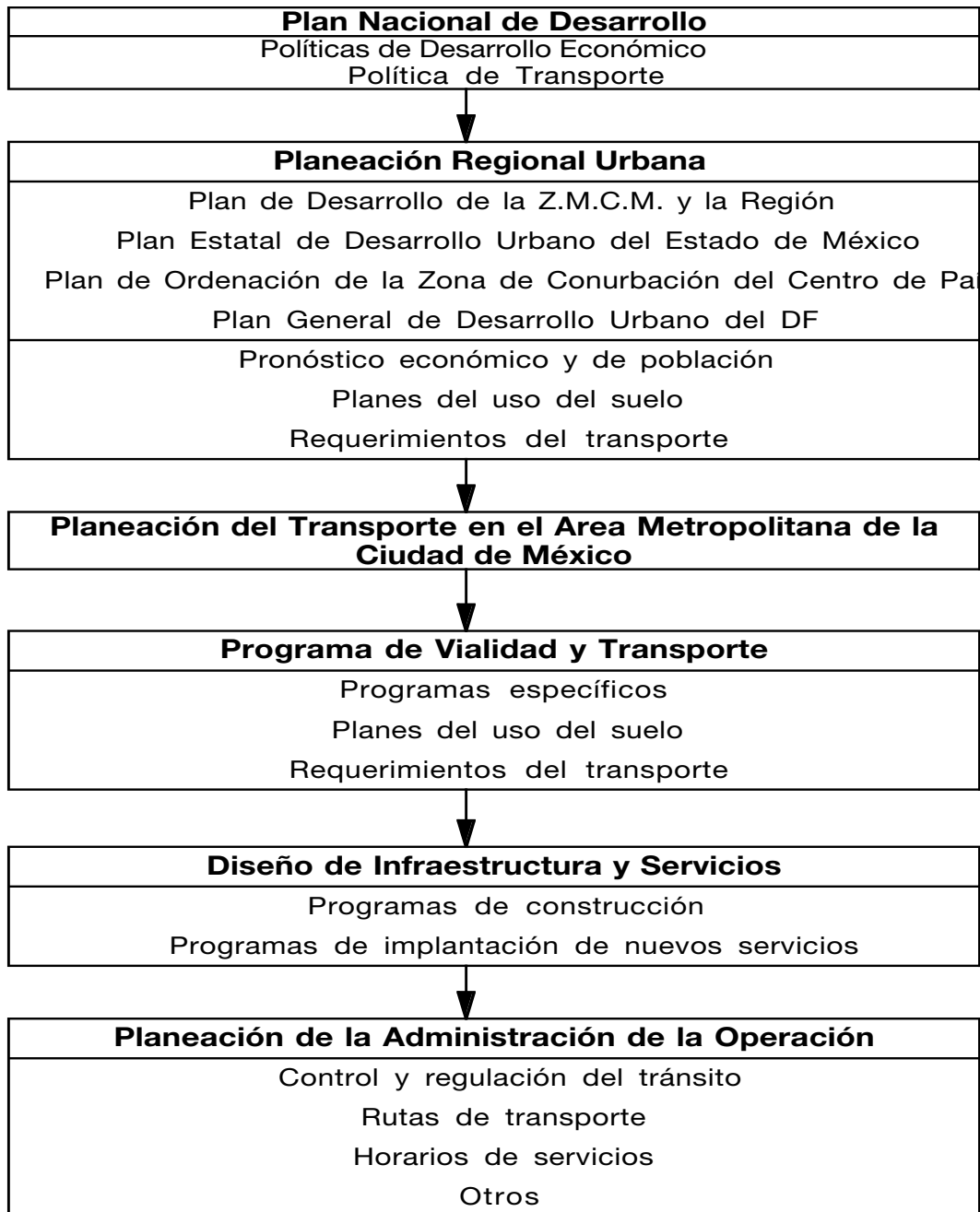


Figura 6.5.
Estructura jerárquica de la planeación del transporte público urbano para la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM).

Infraestructura existente

Esta información se obtiene mediante de los programas del sector transporte, que definan las necesidades y los efectos del área de estudio, datos sobre las vialidades (su clasificación, volúmenes de tránsito, velocidad de circulación, capacidad, longitud, y estado del pavimento, entre otros) y sobre los estacionamientos (número de cajones en edificios y sobre la vía pública, los particulares, su rotación).

Legislación y tipo de administración

Es importante conocer las leyes y reglamentos que norman el transporte en el área de estudio y confrontar un panorama institucional con los agentes involucrados en el transporte, sus interrelaciones, sus intereses, tanto de las autoridades como de la administración y organización de los prestadores de los servicios. Esto permitirá identificar los principales problemas administrativos y legales en la estructura del transporte, para prepararse mejor y afrontar las demandas cambiantes que permitan incrementar la calidad y oportunidad en los servicios, de acuerdo con las exigencias de los usuarios.

La interrelación de estos elementos permitirá perfilar un primer diagnóstico que presente las principales características de operación de los transportes en el área urbana estudiada y conocer las tendencias que manifiestan cada uno de estos indicadores, también servirá para afinar los límites del área de estudio y una primera zonificación, de manera que esta subdivisión represente de manera aproximada los comportamientos relativamente homogéneos frente a otras zonas de mayor concentración de viajes, pero que tienen influencia sobre los otros.

6.2.3.2 Información sobre la oferta de transporte

Transporte en general

Su obtención presenta algunas veces cierto grado de dificultad y en ocasiones su veracidad no queda exenta de incertidumbre. El objetivo es conocer todos los recursos destinados al transporte de pasajeros y mercancías en la zona de estudio, la descripción de sus componentes y características con datos completos, relevantes y confiables.

La obtención de esta información se realiza por medio de inventarios, estadísticas o encuestas directas con autoridades y transportistas, también mediante estudios de campo para las mediciones de los transportes públicos como privados. En el caso del transporte público la principal información debe provenir de las empresas transportistas, entre la que se tiene:

- derroteros y paradas
- horario y tiempo de recorrido
- frecuencias (en hora de máxima demanda y horas valle)
- tarifas
- características de los vehículos (marcas, modelos, capacidad, estado físico, depósitos o encierros).

Esta información deberá obtenerse para el transporte público de pasajeros y las estadísticas no deberán limitarse a conocer las características de la oferta, sino también de su operación como es:

- número de pasajeros transportados (por vehículo, por día) o pasajeros-kilómetro
- recorridos por vehículo (vehículo-kilómetro)
- personal en la empresa (salarios, edades y sexo)
- cuentas de explotación (ingresos, gastos, así como inversiones en edificios y talleres)

Respecto a la calidad y confiabilidad de la información ésta generalmente será relativamente buena en los casos de empresas bien organizadas, no así para el caso de empresas con un escaso grado de organización.

Información de los vehículos particulares

Los datos generales del número de autos particulares y las características sobre su utilización, se obtienen normalmente de:

- registros de vehículos (incluyendo información sobre altas y bajas; las motocicletas y bicicletas)
- estadísticas fiscales (tenencia y verificación de contaminantes)
- ventas de vehículos nuevos y usados
- encuestas en hogares

La información sobre la utilización de los automóviles es complicada de obtener, pero de manera indirecta se puede conocer algunas características a través del consumo de combustible.

Independientemente de la forma como se obtenga la información sobre la oferta del transporte, será importante realizar un análisis de los datos, identificando la problemática, sus orígenes, causas y consecuencias, para cada uno de los sistemas estudiados, lo que permitirá posteriormente determinar índices, definir parámetros y variables básicas (que determinarán el uso de los modelos en la siguiente etapa de análisis y su selección), una descripción preliminar de las limitaciones de los sistemas en su operación y administración.

6.2.3.3 Información de la demanda de transporte

Dentro del proceso de planificación el conocimiento de la demanda es uno de los puntos más importantes que el planificador deberá obtener y manejar.

La información de la demanda de viajes de pasajeros y su relación con la oferta, permitirá conocer las características y necesidades de transporte en el área de estudio, así como los niveles de servicio y de calidad ofrecidos. Una forma de obtener esta información es a través de las estadísticas de las empresas transportistas y de encuestas, que se pueden dividir de la siguiente forma:

- características individuales de los usuarios lugar de residencia (origen), categoría socio-profesional, ingresos, tasa de motorización, edad y sexo
- características de los desplazamientos (orígenes y destinos, motivo de los viajes, horarios, duración)

Para poder utilizar estos datos se han desarrollado tradicionalmente métodos basados en la observación del comportamiento real de los usuarios, como son los tipos de transporte utilizado, el tiempo de viaje medido entre un par origen-destino y las tarifas, entre otros.

El conocimiento y la interpretación de la demanda actual, expresada por la movilidad, permite definir leyes empíricas llamadas comúnmente modelos, que toman generalmente la forma de relaciones matemáticas y que se utilizan para establecer la demanda futura. La utilización de modelos

requiere que se establezcan ciertos supuestos previos de análisis en los pronósticos:

- Conocer lo mejor posible las características:
 - demográficas (composición y evolución de la población)
 - económicas (nivel de vida y motorización)
 - urbanísticas y de usos del suelo (principales actividades en la ciudad)
- Suponer que las leyes que rigen el comportamiento actual de movilidad al interior de una ciudad, serán las mismas que para el horizonte de planificación.
- Considerar de manera implícita o explícita la demanda latente.

Los métodos de análisis consideran además que el usuario realiza una serie de elecciones sucesivas independientes una de otra, así por ejemplo:

- determina el desplazarse o no
- elige su destino
- selecciona un horario
- selecciona un medio de transporte
- selecciona un itinerario

Ahora bien para determinar la demanda de transporte en base a los supuestos indicados y tomando en cuenta la manera de realizar los viajes, se utilizan métodos que se puede resumir en una serie de cinco pasos o fases de modelos que son:

- modelos de generación de viajes (o de movilidad general)
- modelos de distribución geográfica (entre que origen-destino se dan)
- modelos de repartición horaria (estimación de viajes en las horas pico)
- modelos de selección de medio de transporte (repartición por modo)
- modelo de selección de itinerarios (asignación)

Los modelos de distribución, de repartición modal, así como la fase de asignación, han sido ampliamente estudiados desde hace más de 30 años, sin embargo las fases de generación y de repartición horaria han sido los menos trabajados, a pesar de la importancia que tienen en la definición de

obras de infraestructura a realizarse y del total de las inversiones necesarias, cada uno de estos modelos y su aplicación se verá más adelante en la parte de modelaje [4].

6.2.4 Predicción de la demanda

En la mayoría de las ciudades la demanda de los desplazamientos crece con el aumento de la población y los niveles de vida (mayores ingresos, mas tiempo libre, más actividad y más viajes).

El determinar la demanda lo más preciso posible, permite conocer la capacidad global de la infraestructura necesaria y el tamaño de las inversiones. En el caso de una sobreestimación de la demanda, las obras de infraestructura vial quedarán sobradas o sobredimensionadas, pero que con una acción inmediata correctiva hará posible retrasar algunas obras en el tiempo, con el fin de dar cabida al crecimiento real, rediseñando las redes de transporte con una mejor orientación hacia el equilibrio urbanístico. En el caso contrario de una subestimación de los viajes, la situación es mucho más preocupante ya que la falta de infraestructura traerá consigo una insuficiencia en la oferta de transporte y un rezago en el proceso de urbanización.

Las predicciones de la demanda global se pueden realizar con los siguientes métodos:

- proyectar la demanda de manera proporcional a la evolución de la población o bien en función del aumento en la movilidad individual (cambios en la motorización debido al incremento en los niveles de vida).
- por medio de la comparación con otras ciudades, donde el nivel de vida y la movilidad sean parecidos o un poco mayores.

Algunos estudios realizados en ciudades de los Estados Unidos en los años sesentas mostraban que el número de viajes está en función del ingreso que recibe el jefe de familia y que variaba de entre cuatro y ocho viajes por familia. En ciudades europeas de gran tamaño este número puede llegar hasta diez, pero en países en vías en desarrollo la movilidad de las personas resulta inferior. Es indudable la serie de relaciones que existen entre los desplazamientos obligados (trabajo, escuela) y otros motivos (compras, salud, sociales y diversiones) y que están en función del nivel de vida de los habitantes. (ingresos-motorización-tiempo libre).

6.2.5 Evaluación y seguimiento²

El orden jerárquico entre las diferentes etapas para la definición de un plan o programa y sus estrategias puede ser el siguiente [6]:

- valores
- propósitos
- objetivos
- criterios
- metas

Los *valores* definen el comportamiento de una persona o conjunto de seres humanos que proceden del tipo de educación que se tenga. En concordancia con estos valores se reconocen ideales comunes, hacia donde se inclinan los individuos o grupos que se conocen como *propósitos* que son postulados que relacionan de manera general el entorno físico con los valores.

Un *objetivo* es una propuesta específica asociada con un propósito particular. Los objetivos son alcanzables y se establecen en términos precisos, por lo que es posible medir el grado en que se logran. Por ejemplo: con el propósito de dar igualdad de oportunidades de desarrollo a todos los miembros de una comunidad, un objetivo del sistema de transporte puede ser el lograr que el costo del transporte no represente una carga para ningún grupo de personas, ya que de lo contrario, habría segmentos de la población que quedarían marginados al transporte y con ello sin acceso o posibilidad de desarrollo.

Los *criterios* de evaluación son los elementos que permiten medir el grado de cumplimiento de los objetivos, por lo que se deberá buscar que todo objetivo este asociado a un criterio de evaluación, cumpliendo la función de proporcionar una unidad de medición del nivel en que se logre el objetivo.

Resulta fundamental la utilización de criterios de evaluación adecuados para medir el grado de cumplimiento de los objetivos al evaluar proyectos alternativos, ya que el contar con mediciones precisas facilita la ponderación entre los objetivos y la selección del más conveniente.

También permite la definición de *metas* que pueden definirse como expresiones cuantitativas del grado de avance en un determinado tiempo dirigidas hacia el logro de un objetivo específico.

2. Se recomienda consultar también el Capítulo 11 de este mismo libro en cuanto a procedimientos de evaluación.

La necesidad de establecer objetivos claros antes de llevar a cabo acciones específicas es evidente. El reconocimiento de que toda situación actual esta sujeta a mejoras y de que se involucran problemas que hay que superar, implica también reconocer el estado futuro deseado y sirve para sumar esfuerzos en una dirección que contribuya a lograr las transformaciones deseadas.

Desde el momento en que se acepta que los objetivos influyen en el futuro del sistema de transporte, se tienen que involucrar a grupos sociales muy diversos, participando en el proceso de planeación, proponiendo objetivos útiles desde su muy particular perspectiva, así como opinar con respecto a otros propuestos como parte del proceso.

De aquí que los objetivos tengan una estructura jerárquica, donde el primer enfoque es deductivo, que consiste en subdividir un objetivo general en otros más detallados, de menor nivel jerárquico dentro de la estructura, la segunda forma es inductiva que comprende la proposición de objetivos generales como síntesis de un número mayor de objetivos más detallados. La característica de la estructura jerárquica influye de manera significativa en la complejidad de los análisis por realizar durante las etapas subsecuentes al proceso de planeación, otro aspecto importante de la estructura jerárquica de los objetivos de un sistema es la de reconocer que no es la única y que pueden existir múltiples alternativas útiles.

Por lo tanto el analista queda en libertad de construir aquella estructura de objetivos que le resulte más conveniente para su caso, en función de las características de su problema y de los medios que disponga para estudiarlo.

Un ejemplo que ilustra lo anterior para el caso de los objetivos de un sistema de transporte para una zona metropolitana dada es el siguiente: “contribuir a que los habitantes de la zona alcancen los mayores niveles de vida posibles”. Desde el punto de vista del analista de transporte, el objetivo anterior es demasiado general y no resulta apropiado para realizar los análisis específicos que sin duda se requieren, por lo que se tiene que descomponer ese gran objetivo en otros más detallados y significativos para el análisis de alternativas, pudiéndose plantear los siguientes objetivos a nivel jerárquico inferior:

- Proporcionar el mayor provecho a los usuarios
- Alcanzar mejores niveles de seguridad posibles
- Minimizar costos del sistema
- Promover el desarrollo económico de la zona
- Diseñar un sistema de transporte cómodo y confortable

Todos estos objetivos tienden a mejorar el nivel de vida de los habitantes de la zona y permiten concretar algunos elementos de análisis por realizar. Sin embargo, es recomendable especificarlos aun más. Así por ejemplo, el objetivo de proporcionar mayor provecho a los usuarios se puede dividir en:

- Minimizar tiempos de viaje
- Reducir demoras en las salidas
- Reducir costos en los pasajes
- Proporcionar un buen acceso al sistema de transporte

Estos objetivos profundizan más en el tema y facilitan el tratamiento del problema. Otro problema que se puede presentar es la redundancia de objetivos. En el ejemplo anterior, es factible sintetizar los dos primeros objetivos y el último en uno solo el cual se puede expresar como *minimizar el tiempo de viaje puerta a puerta*.

A continuación se verán algunos métodos de evaluación más utilizados [3]:

Primero que nada es necesario admitir que la evaluación constituye un elemento esencial de los estudios técnicos de planeación de los transportes, tratando de no substituir el proceso de evaluación por un simple mecanismo de decisión política. Se requiere de una visión pragmática de evaluación en la que participe la mayor parte de la población. En muchos estudios, diferentes grupos de interés local han sido invitados a dar su opinión sobre los impactos de las variables y los programas seleccionados, buscando conciliar los conflictos que se manifestaban entre los diferentes grupos.

La evaluación en materia de planificación de los transportes urbanos, tiene por objeto determinar en que medida las soluciones previstas para satisfacer las necesidades de transporte de una comunidad, responden a los objetivos fijados.

Una evaluación se recomienda cuando se han realizado cambios importantes en la infraestructura, la persona encargada de la planificación observará y controlará de manera continua la circulación y los esquemas de desplazamiento en la ciudad. La información así obtenida tendrá un efecto de retroalimentación dentro del proceso de planificación y podrá conducir a una mejora o reformulación de los objetivos de acciones, esto afectará los objetivos intermedios y los de los proyectos o bien llegar hasta los objetivos políticos.

Se pueden distinguir tres clases en la evaluación:

- Identificación de las medidas de análisis, volúmenes de tránsito, accesibilidad, costos.
- Descripción y cuantificación de estos efectos.
- Evaluación propiamente dicha, por medio de una ponderación de los efectos y búsqueda de un equilibrio entre ellos.

El efecto de la evaluación será el de proporcionar información sobre los principales efectos de tal o cual medida, a fin de contribuir a las discusiones, juicios y arbitrajes necesarios, a los principales actores que son: los decisores, o representantes de las comunidades; los funcionarios y autoridades; los usuarios de los sistemas de transporte y por último; el resto de la población. Para todo proceso de evaluación o de control se requiere de indicadores de eficacia o de eficiencia de los proyectos, como son los volúmenes de tránsito o la ocupación por vehículo.

Cuando la evaluación es más detallada se requiere integrar estas medidas en un sistema que permita evaluar las ganancias o las pérdidas de los diferentes planes, los cuales tradicionalmente se manejan en una sola unidad y son conocidas como métodos unicriterios. Estos métodos desafortunadamente no toman en cuenta de una manera adecuada los intereses de todas los factores que intervienen, por lo que se recomienda usar mejor los métodos de análisis multicriterios.

El cálculo económico clásico para la evaluación de un proyecto es un método que se basa en un solo criterio, en la manera en que busca optimizar una cantidad única que se llama la función de utilidad del decisor. El ejemplo más común es el de utilizar un análisis beneficio/costo.

A partir de la teoría macroeconómica (que supone una competencia perfecta) este método evalúa la eficiencia de los diferentes proyectos posibles determinando sus beneficios (en base a los ingresos monetarios y a los costos provisionales), en relación al capital invertido. En otras palabras, este método implica la renta de presupuestos en el desarrollo de proyectos seleccionados hasta el punto en que los ingresos marginales son iguales a los costos marginales.

Este método expresa los resultados únicamente en términos monetarios existiendo en el campo de los transportes, un cierto número de elementos que pueden no reflejarse directamente en el mercado, tales como el ahorro del tiempo, el incremento en la seguridad, el confort, la movilidad. Otros inconvenientes son el reagrupamiento de elementos no homogéneos y que este método considera una distribución óptima de los ingresos y no hace diferencia

entre las preferencias de la comunidad y los individuos así como tampoco toma en cuenta a los diferentes grupos sociales.

Ahora bien un análisis multicriterios se define como un método que evalúa simultáneamente un cierto número de objetivos, en función de diferentes criterios y que llega a un conjunto de evaluaciones algunas contradictorias que son agrupadas en una sola. Este método intenta hacer desaparecer la mayoría de las desventajas inherentes en las que se basa el método de un solo criterio, el punto crítico de este método es el problema de agrupar las evaluaciones parciales.

Análisis desagregados

Corresponden a métodos en donde los diferentes objetivos o soluciones posibles son evaluados, cada uno de ellos bajo varios criterios al mismo tiempo, para llegar finalmente a reagruparlos parcialmente.

Análisis de agregación ponderada

Se caracteriza por el agrupamiento de las evaluaciones parciales por ponderación de los diferentes criterios utilizados. La idea es presentar un índice suficiente desde el punto de vista global, donde este índice es una acumulación ponderada de los satisfactores parciales de cada criterio, de acuerdo a la solución particular que se esté estudiando.

Las principales etapas de un análisis multicriterio deberán ser:

- Formulación de soluciones posibles, teniendo en cuenta la naturaleza de los efectos, las categorías o grupos de personas, el tiempo y una gama de variables para el futuro
- Evaluación parcial de soluciones posibles
- Reagrupamiento de las evaluaciones parciales.

El problema consistirá en describir la estructura de las relaciones entre los valores atribuidos a los diferentes criterios, por las variables particulares estudiadas.

Se presentan dos consideraciones fundamentales que permiten concebir una primera etapa de un sistema de evaluación: por una parte, asegurar que esté disponible toda la información para cumplir con los objetivos y por otra parte que se integren a la evaluación toda la gama de intereses

de los diferentes grupos al analizar las necesidades del transporte que presentan [8].

Si se parte de considerar como un primer esbozo solo los indicadores técnicos, de operación o socioeconómicos de los sistemas de transporte expresados en términos de logros de los objetivos, estos serán los que permitan una cuantificación directa de las condiciones del sistema de transporte. Por ello, se pueden clasificar en tres subgrupos:

- Indicadores que describen los aspectos del funcionamiento de un sistema de transporte:
 - Velocidad de recorrido
 - Frecuencia, regularidad, confiabilidad
 - Comodidad
 - Capacidad y nivel de servicio
 - Necesidad de transbordos
 - Tarifas
- Los indicadores de costos directos:
 - Salarios al personal (operadores, administración, vigilancia)
 - Infraestructura y equipamiento (material rodante, vialidades, señalización, combustible y energía)
 - Inversiones (financiamientos, depreciación, etc.)
 - Impuestos
- Indicadores concernientes a la seguridad y al medio ambiente.
 - Tasas de accidentes
 - Nivel del ruido
 - Emisiones de contaminantes
 - Degradación del paisaje

A nivel de políticas se tiene:

- Indicadores sociales
 - Acceso a los diferentes medios y por los diversos grupos de habitantes
 - Efectos de distribución de la población, originados por los transportes
- Indicadores de efectos relativos a la ocupación del suelo
 - Cambios en la ocupación del suelo
 - Desarrollos de nuevas zonas urbanas

- Ruptura de comunidades
- Cambios en el valor de los terrenos
- Indicadores de efectos económicos
 - Inversiones nuevas
 - Cambios en la producción y en la penetración del mercado

Algunos ejemplos de lo que serían los criterios para la evaluación se indican a continuación:

- Si se considera la línea de *reordenación económica* los objetivos para el transporte son:
 - atender la conservación de la capacidad instalada
 - poner en operación obras en proceso con un alto grado de avance
 - intensificar el uso de la mano de obra en proyectos del sector
 - propiciar un reordenamiento de la atención modal de la demanda
 - revisar y modificar el cuadro institucional y reglamento vigente

A partir de estos objetivos será preciso proponer medidas de evaluación para cuantificar el grado que alcanza cada uno de estos, pudiendo ser los criterios de evaluación los siguientes:

- Inversión por kilómetro de carretera dedicada a la conservación
- Número de obras y longitud puestas en servicio
- Número de empleos generados en la construcción de infraestructura del transporte.
- Distribución porcentual de los movimientos efectuados
- Número y naturaleza de las revisiones efectuadas

Otro ejemplo, si los objetivos respecto al cambio estructural para el sector transporte son:

- desarrollar proyectos que integren zonas marginadas a la vida de la nación
- utilizar al transporte como elemento modernizador de los procesos a los que sirve
- construir infraestructura que fortalezca el surgimiento de nuevos ejes troncales en el territorio

- concertar acciones que beneficien al sector con grupos específicos de la población.

Los criterios de evaluación de estos objetivos pueden ser:

- Número de poblaciones comunicadas mediante el desarrollo de la infraestructura
- Valor agregado por el transporte a un proceso
- Tiempo de viaje a lo largo de nuevos ejes
- Número de acciones de concertación concretadas

6.3 Introducción a los modelos de planificación de los transportes

El objetivo básico de la planificación de los transportes urbanos es conocer a través de los usos del suelo las necesidades de desplazamiento de los habitantes de una ciudad (número de viajes dados por la demanda atendida, la insatisfecha y la potencial), clasificando sus requerimientos para poder así brindarles un servicio de transporte más eficiente y de mayor calidad.

El proceso fundamental de la planificación de los transportes que mas se utiliza en nuestros días, fue desarrollado en los sesentas y en la actualidad se sigue empleando con prácticamente la misma estructura pero con algunos avances importantes en los modelos de pronóstico y de evaluación. El esquema de este proceso se indica en la Figura 6.6.

Como se observa en esta figura, el proceso de planeación inicia con la recopilación de información de la cual se debe efectuar un análisis de la calidad de la información disponible. Esto facilita la definición de las variables a utilizar y de los tipos de modelos matemáticos a emplear, la forma de calibrarlos y ajustarlos para poder así, lograr una reproducción de los viajes observados.

Un estudio de planificación del transporte establece una condición de equilibrio futuro entre el número de desplazamientos y la oferta de transporte, primero pronosticando y después evaluando con la información previa de movilidad y los usos del suelo a lo largo de un horizonte de planeación definido, se cuantifica la demanda de transporte que se generará (modelo de generación). Posteriormente, se establece un conjunto de planes alternativos para satisfacer dicha demanda (distribución) y a continuación se señalan las carac-

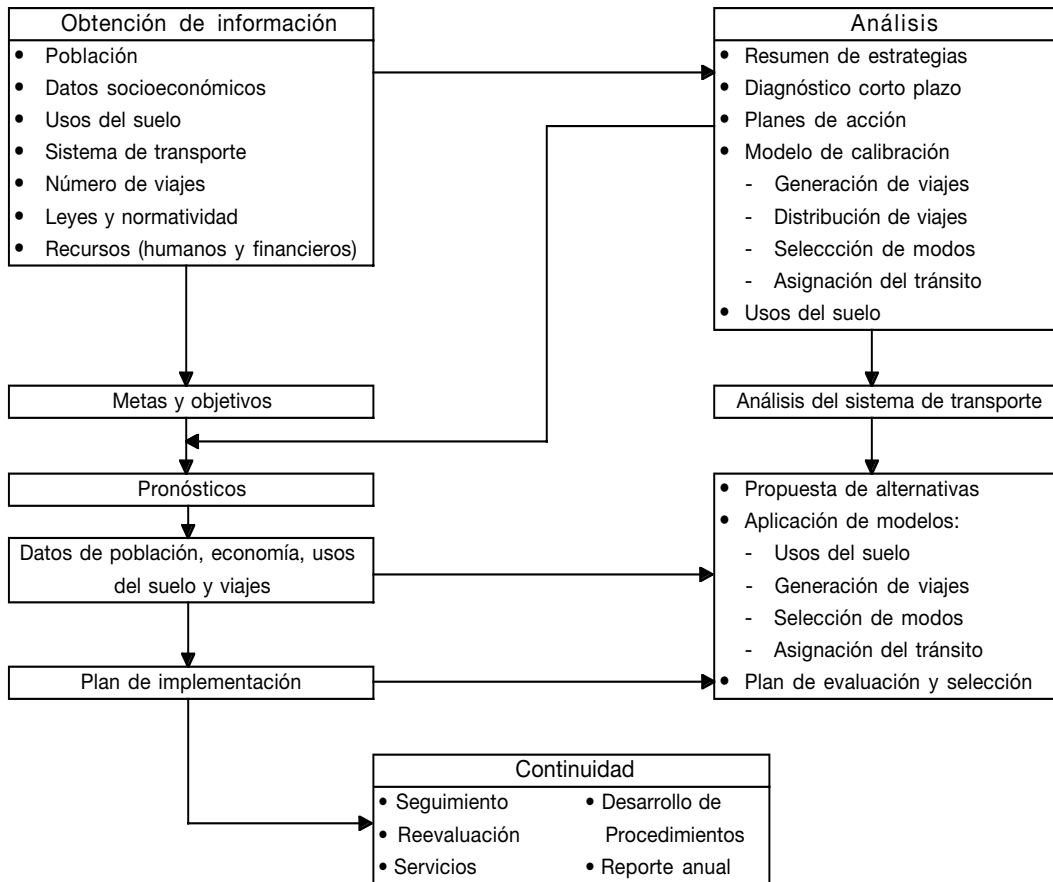


Figura 6.6.
Resumen del proceso de planificación de los transportes urbanos.

terísticas operativas de cada una de las alternativas posibles (uso modal). La demanda se traduce en flujos probables a lo largo de cada uno de los tramos o vías que forman la red de transportes (asignación). Finalmente, se pasa a la fase de evaluación de las alternativas y se selecciona la mejor.

Entenderemos como proceso de calibración la reproducción de los viajes para el año en que obtuvieron los datos (encuestas origen-destino) y que se denomina año base, examinándose separadamente la generación de los viajes, su distribución, su repartición modal y las relaciones de asignación de los viajes.

Por otra parte, la validación de un modelo tiene como propósito mostrar el grado de eficiencia de éste, de tal forma que si los resultados al aplicar un

modelo no se ajustan al número de viajes observados en el año base, entonces los modelos son reevaluados y adaptados de tal manera que se reproduzca de manera aproximada la realidad [12].

El proceso de planificación permite posteriormente modelar el comportamiento de los sistemas alternativos de transporte propuestos, medidos a través de los impactos generados en las áreas urbanas como son las demoras, los congestionamientos, la contaminación, los accidentes y los excesivos consumos de combustibles, entre otros. Esto se detalla en la Figura 6.7.

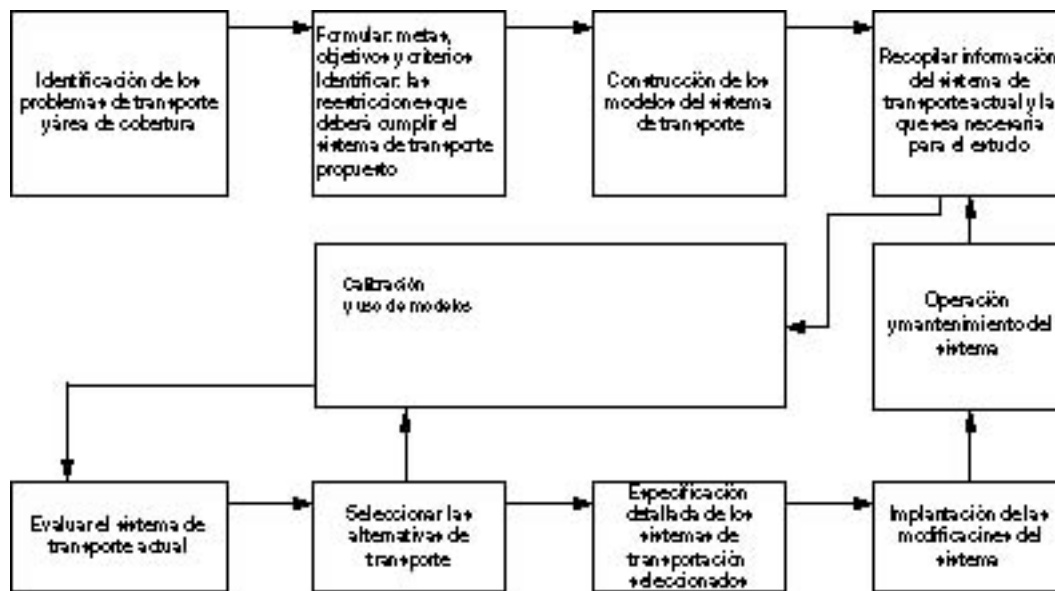


Figura 6.7.
Secuencia de análisis del proceso de planificación.

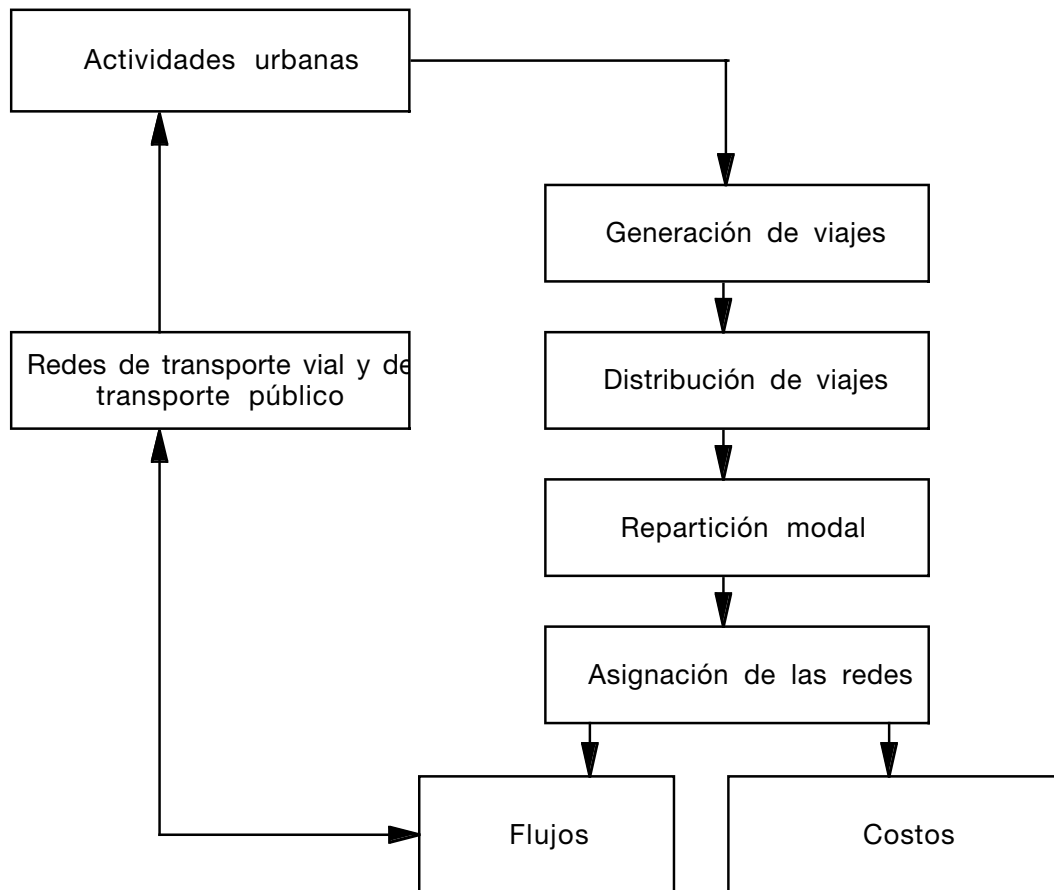
6.3.1 Método clásico de la planificación de los transportes

Una de las etapas fundamentales en la planificación de los transportes es la estimación del número de viajes que se producen en una determinada área de estudio, así como también el número de viajes futuros y su distribución espacial.

Algunas de las formas utilizadas para su estimación ha sido a partir de extrapolaciones de situaciones existentes en otras ciudades, o bien elaborando y utilizando modelos matemáticos, que no son otra cosa que la representa-

ción simplificada de situaciones reales. Al contrastarse con datos o información previa, sirven para predecir situaciones futuras, en función de la evolución de las variables contenidas en el modelo.

La utilización de modelos obliga, en primer lugar, a la comprobación de que representará adecuadamente situaciones ya existentes y en segundo lugar a que las interacciones establecidas en el modelo sean establecidas en el tiempo, es decir, las variables deben reflejar los cambios que han de producirse a lo largo del periodo de estudio. En la Figura 6.8. se muestra cada una de las fases del proceso para la obtención de la demanda del transporte.



Fuente: Referencia [12].

Figura 6.8.
Estructura general del modelo de transporte.

Antes de describir cada uno de los modelos utilizados en las cuatro fases se considera pertinente describir algunos conceptos:

- **Viaje generado.** Por lo regular aquél que tiene uno de sus extremos de origen en el domicilio.
- **Viaje atraído.** Viaje generado en el domicilio visto desde el otro extremo.
- **Origen del viaje.** Lugar donde inicia.
- **Destino del viaje.** Lugar donde termina.

Un ejemplo son los *viajes domicilio-trabajo*, aquí el número de viajes atraídos estará en función directa del número de empleos, por lo que el coeficiente de atracción de viajes será proporcional al número de puestos requeridos.

El proceso de modelado inicia mediante la identificación de las variables que tienen un efecto significativo en la generación de los viajes, información general que dará un primer orden de ideas respecto al número y características de los viajes.

- Grado de motorización del área de estudio
- Densidad de población
- Accesibilidad a los transportes públicos
 - Número de hogares
 - Número de integrantes por familia
 - Tipos de medios de transporte utilizados
 - Propósitos de los viajes
- Nivel de ingresos
- Nivel de estudios o profesional
- Distancias al centro de la ciudad

Para el caso de la planificación se recomienda el conocimiento preciso de las características de la generación de los viajes y de la manera en que interviene cada una de las variables.

Una vez identificadas las variables se deben considerar las características del área de estudio, incluyendo la mancha urbana y las regiones aledañas que se prevé que abarcará la zona para el horizonte de planeación. Una vez delimitada ésta área, se procede a definir las unidades de análisis que pueden ser zonas o subzonas que agrupen actividades urbanas homogéneas (residenciales, industriales, comerciales, etc.) y que quedan circunscritas por límites na-

turales o coincidentes con calles y avenidas. Dentro de estas zonas o subzonas se deberá ubicar un punto virtual concentrador que normalmente se denomina centroide. Por otra parte, la información sobre las actividades urbanas debe describir la actividad que da origen a la zona, cuantificando el número de empleos, población y vivienda.

Asimismo, se requiere la información la relativa al sistema vial y de transporte existente. Para el primer caso, los datos sobre su tipo, geometría y características de operación así como su: longitud, número de carriles, sus principales intersecciones (nodos) y su capacidad, entre otros. Para el caso del transporte público urbano se necesita contar con sus derroteros, sus niveles de servicio, calidad y cobertura del servicio, así como la cuantificación de las impedancias de cada tramo que representen el *costo generalizado* asociado a cada recorrido, y los viajes con un origen y un destino entre cada par de zonas. Este proceso se hace por medio de encuestas domiciliarias a las familias en sus hogares con la aplicación de un cuestionario a partir de una muestra representativa de cada zona. De estas encuestas se obtiene información sobre el número de viajes que se realizan diariamente, sus orígenes y destinos, los medios de transporte utilizados, el propósito de los viajes y otras características socioeconómicas de los viajeros. La Figura 6.9 muestra la cédula de encuesta, en su renglón referente a los viajes, aplicada para la encuesta de origen y destino del Área Metropolitana de la Ciudad de México de 1994. Los costos para realizar estas encuestas son altos por lo que se suele utilizar otros métodos como entrevistas telefónicas, por correspondencia y los conteos del tránsito siempre y cuando se logre una información bastante confiable sobre los viajes que se realizan.

Los métodos para estimar la demanda futura de viajes y su comportamiento para un sistema determinado, se basa generalmente en tendencias históricas, que van desde proyecciones simples utilizando tasas de crecimiento a los volúmenes de viajes o de tránsito existentes, hasta la aplicación de los modelos de planeación del transporte.

Antes de describir de manera general las características de cada una de las fases del modelo clásico de planificación del transporte, la Figura 6.10 explica de manera gráfica y sencilla en qué consiste cada una de las etapas del modelo clásico.

IV. HOJA DE VIAJES
SOLO PARA PERSONAS MAYORES DE CINCO AÑOS

INTERVIEWER NOTE:
(33) NOMBRE Y NO. REGISTRO

(31) SI EL VIAJE COMENZO EN: <input type="checkbox"/> HOGAR <input type="checkbox"/> OTRO <input type="checkbox"/> 2	
NOMBRE DEL LUGAR:	
CALLE:	
COL:	
ESTADO:	
MUNICIPIO O DELEGACIÓN:	
AGEB:	
ENTRE QUE CALLES:	
MOTIVO:	
(35)	(36)
(37)	(38)
(39)	(40)
(41)	(42)
(43)	(44)
(45)	(46)
(47)	(48)
(49)	(50)
(51)	(52)
(53)	(54)
(55)	(56)
(57)	(58)
(59)	(60)
(61)	(62)
(63)	(64)
(65)	(66)
(67)	(68)
(69)	(70)
(71)	(72)
(73)	(74)
(75)	(76)
(77)	(78)
(79)	(80)
(81)	(82)
(83)	(84)
(85)	(86)
(87)	(88)
(89)	(90)
(91)	(92)
(93)	(94)
(95)	(96)
(97)	(98)
(99)	(100)

Fuente: INEGI. Cédula de Encuesta de Origen y Destino de los Viajes de los Residentes del Área Metropolitana de la Ciudad de México 1994. México: INEGI, 1994.

Figura 6.9.
Cédula de encuesta domiciliaria (parcial).

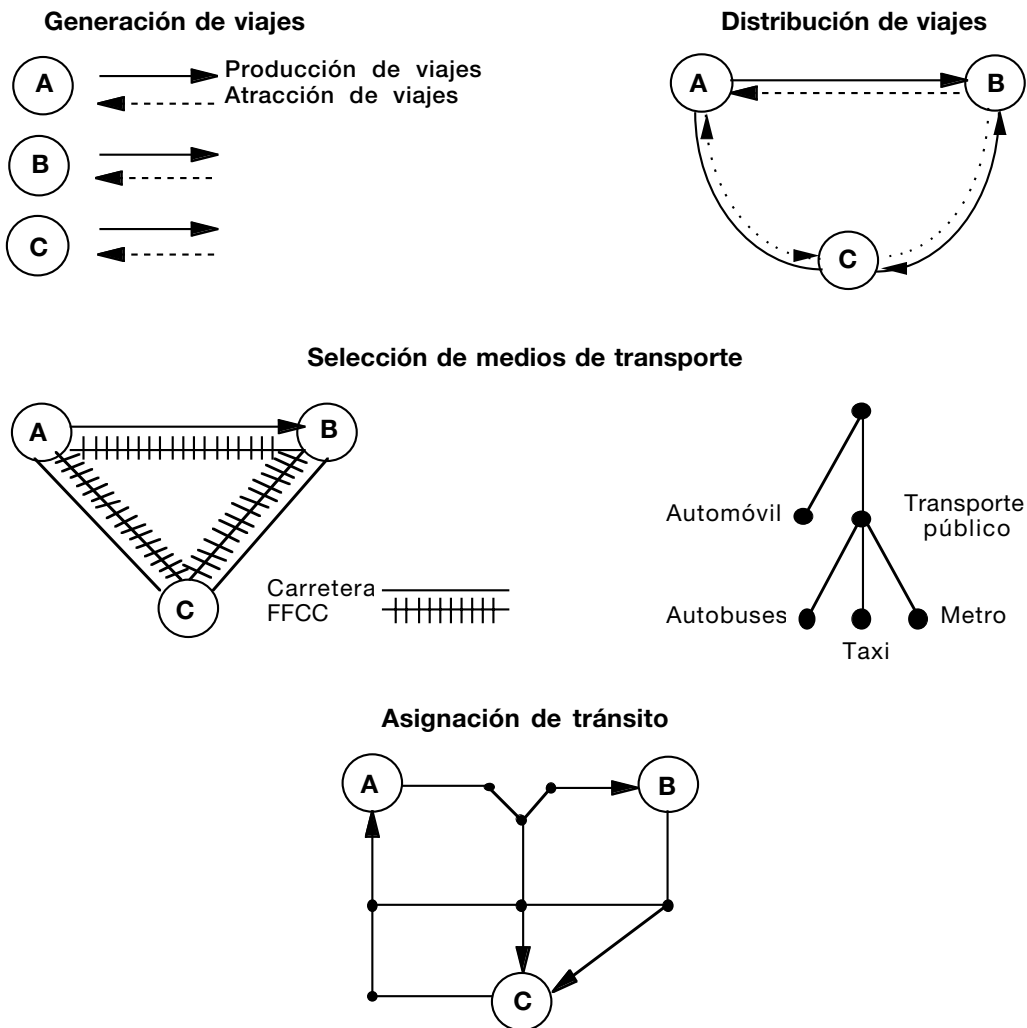


Figura 6.10.
Esquemas del método de las cuatro fases en la planificación de los transportes.

6.3.2 Modelo de generación de viajes

La generación de viajes es el proceso analítico que relaciona las actividades urbanas y los viajes. El número de viajes está dado en función de los usos del suelo y las características socioeconómicas de la población y los métodos utilizados permiten estimar la demanda futura de viajes que se generan en una determinada zona al asociarlo con las actividades urbanas.

La demanda de transporte resulta de la necesidad de intercambio de personas debidas al conjunto de actividades que se dan entre dos ubicaciones geográficas (un origen y un destino) y dependerá dicha generación del nivel de desarrollo de estas actividades. La demanda se puede dividir en demanda efectiva; demanda insatisfecha y; en demanda latente.

Los métodos de generación más utilizados se pueden clasificar en:

6.3.2.1 Modelos agregados (usos del suelo)

Estos modelos relacionan el total de los viajes generados en cada zona con sus variables como son: población, nivel socioeconómico, número de hogares o familias, número de vehículos, entre otros.

La generación de viajes permite convertir los datos de entrada, referidos a la localización e intensidad de la futura actividad en el área urbana, en medidas de volúmenes de viajes. Por ello, reproducen el número futuro de viajes-persona o cosas a partir de una serie de variables independientes y representativas, debiendo cumplir con la condición de que se ajusten bien a la situación inicial conocida.

6.3.2.2 Modelos desagregados (de personas)

Estos modelos tienen como unidad de trabajo el hogar e intentan relacionar los viajes generados en los domicilios con características o atributos tales como: cantidad de personas que viven en el hogar, número de automóviles, nivel de ingresos familiares.

Estos métodos estadísticos son sensibles a las variaciones de las características de las personas y no a la zona donde realizan los viajes. Algunos de estos análisis son:

Análisis de categorías o clasificación cruzada

Este método sirve para obtener tasas de generación de viajes y se basa en estimar la respuesta que se obtendrá en los hogares en función de algunos atributos. El procedimiento es el siguiente:

- Definir los atributos que serán utilizados como base para la estimación del número de viajes que se realizan por vivienda.

- Tomar rangos de cada uno de estos atributos y dividirlos en un conjunto de clases (por ejemplo la tenencia de automóviles puede variar de 0, 1, 2, o más vehículos).
- Se obtiene la información en campo de los hogares.
- Se calculan las tasas de generación de viajes al dividir, por ejemplo, el número de viajes obtenido en campo entre el número de viviendas, para cada rango de los atributos.
- Por último, el número total de viajes del área de estudio se obtiene al hacer la sumatoria de los productos de las tasas de viajes por el total de hogares o viviendas de la zona.

Los problemas a los que se enfrenta este análisis es que no permite la extrapolación fuera de sus clases y no existen medidas estadísticas de bondad de ajuste por lo que se requieren muestras muy grandes para tener confianza en los resultados.

Análisis de clasificación múltiple

Es un método alternativo para definir clases y probar resultados de la clasificación cruzada; el procedimiento consiste en:

- Definir una variable dependiente continua (como la tasa de viajes) y dos variables independientes discretas (por ejemplo tamaño de los hogares y número de automóviles).
- Calcular la media para la variable dependiente sobre la muestra completa de las viviendas.
- Se pueden calcular las medias de cada renglón y columna de la matriz de clasificación cruzada, que pueden ser expresadas en términos de su desviación respecto de la media.
- Observando el signo de las desviaciones, el valor de una celda puede ser estimado sumando a la media, las desviaciones correspondientes a la celda.

Las principales ventajas que se obtienen con este análisis es que se compensa parte del problema de tener pocas observaciones en las celdas; entre las medidas de bondad de ajuste se utilizan el Estadístico F y la r^2 .

Análisis de regresión múltiple

En este análisis lo que se desea es encontrar una relación lineal entre el número de viajes generados o atraídos en cada zona y las características socioeconómicas promedio de los habitantes de dicha zona.

La forma de estos modelos se asemeja mucho al de una regresión (de ahí su nombre), y consiste en suponer una variable (objeto del estudio) que se le denomina variable dependiente (número de viajes), responde a los cambios de otras variables X_i denominadas independientes (número de personas que trabajan en el hogar, ingresos, número de vehículos, etc.), que generalmente se busca que se ajusten a una regresión lineal:

$$Y = k_0 + k_1X_1 + k_2X_2 + \dots + k_nX_n + u$$

donde:

Y = producción o atracción de viajes en la zona i para un tipo de flujo considerado (se expresa en viajes de personas, vehículos, tonelada por unidad de tiempo)

k_i = son parámetros que se determinan por métodos estadísticos y que describen el comportamiento de la demanda

X_i = representa un factor de discrepancia entre el modelo y la realidad (variables explicativas de la demanda)

u = factor de corrección

Los modelos de generación de demanda relacionan las variables que describen la población o actividad económica de cada zona y las que caracterizan su patrón de uso y ocupación del suelo, con el potencial de la zona como unidad productora (o bien atractora de viajes).

Para la aplicación de este modelo se requiere que las variables se ajusten bien a la teoría estadística que dice que las variables sean independientes entre sí y continuas, además que se ajusten sus resultados a una distribución normal, desafortunadamente esto en la práctica casi nunca se cumple, ya que generalmente existe una correlación entre variables y en cuanto a las distribuciones estas no siempre son normales.

6.3.3 Modelos de distribución de viajes

Una vez conocido el número de viajes se distribuyen estos entre todas las zonas del área de estudio, determinándose flujos de viaje entre pares de zo-

nas, hasta llegar a formar una matriz de doble entrada, cuyos elementos sean el número de viajes entre zonas. Los modelos más utilizados en la etapa de distribución son los *modelos analógicos* que extrapolan una situación inicial, aplicando factores de crecimiento (corto plazo). Entre éstos se encuentran:

Modelos sintéticos. Tratan de explicar la distribución de los viajes a partir de los hábitos de los usuarios, en cuanto a la forma que se produce los desplazamientos, es decir, reproducen una situación existente y sirven para prever una situación futura. Estos modelos tienen la forma general siguiente:

$$T_{ij} = V_{ij} \cdot P_i(V_j)$$

donde:

- T_{ij} = total de viajes entre zonas i, j (flujos futuros)
- V_{ij} = viajes con origen y destino entre la zona i
- $P_i(V_j)$ = función de probabilidad que mide los viajes con origen en la zona i y tienen su destino en j

Este método es el más simple y provee los flujos futuros entre un sector i de origen y un sector j de destino, corrigiendo los flujos observados en las encuestas del año base por uno o varios factores de crecimiento.

Entre los métodos que utilizan los modelos de factor de crecimiento están:

- Método de factor uniforme

$$T_{ij} = F V_{ij}$$

- Método del factor promedio

$$T_{ij} = \left(\frac{F_i + F_j}{2} \right) V_{ij}$$

- Método de Detroit

$$T_{ij} = F_{ij} V_{ij} \quad \text{donde } F_{ij} = \left(\frac{F_i + F_j}{F} \right)$$

- Método de Furness (Fratar)

$$T_{ij} = T_i a_i b_j$$

Es importante recordar que el empleo de estos métodos debe cumplir las siguientes restricciones:

$$\sum_j T_{ij} = O_i \quad y \quad \sum_i T_{ij} = D_j$$

donde:

O_i = orígenes

D_j = destinos

Modelos gravitarios. Estos modelos relacionan la demanda de viajes con la separación real entre sectores y se basan en el principio siguiente: el flujo fijo entre dos sectores $i \rightarrow j$ es proporcional a la generación (población) del sector origen, por la atracción (población, empleo, otro) del sector origen j y decrece con la distancia que los separa, quedando:

$$T_{ij} = P_i \left[\frac{\frac{A_j}{d_{ij}^n}}{\sum_{j=1}^n \frac{A_j}{d_{ij}^n}} \right]$$

donde:

T_{ij} = número de viajes entre i y j

P_i = número de viajes producidos o generados en i

A_j = número de viajes atraídos por la zona j

d_{ij} = dificultad o impedancia para unir los sectores i y j (puede ser la distancia, el tiempo de trayecto, los costos)

De manera general, dos formulaciones de la función de resistencia o impedancia de tránsito han sido las más utilizadas:

- *En función de una potencia*

$$T_{ij} = k \left[\frac{a_i \cdot b_j}{d_{ij}^\beta} \right]$$

donde:

β = parámetro de ajuste que varía según el tipo de ciudad y

$$1.5 < \beta < 3.0$$

d_{ij} = costos

- *En función de una exponencial*

Si se reemplaza la potencia del denominador por una exponencial y la distancia (d_{ij}) por el costo generalizado (C_{ij}), se tiene:

$$T_{ij} = a_i b_j \exp(-\beta C_{ij})$$

Los modelos gravitacionales han sido principalmente aplicados a los análisis y a la previsión de viajes alternos (hogar-trabajo, hogar-escuela) en razón del lugar preponderante que se tiene con los tráficos a hora de máxima demanda, quedando:

a_i = población activa A_i del sector origen i

b_j = empleo E_j del sector destino j

En estos casos se considera como indicador de impedancia (d_{ij}) el costo generalizado del desplazamiento entre i y j . Sin embargo, los modelos gravitacionales pueden ser aplicados a otros tipos de desplazamientos, como:

- Compras (el indicador de atracción será la oferta comercial como por ejemplo el número de puestos de venta, empleos comerciales).
- Visitas (el indicador de atracción será un tipo de población)
- Diversiones

Algunas críticas a estos modelos son:

- Los cálculos son muchos, aún con equipo de cómputo, ya que el ejemplo para una ciudad de 50 sectores es necesario calcular 2,500 flujos (con varias iteraciones para los ajustes).
- El valor de los parámetros (sobre todo del parámetro que caracteriza la resistencia o impedancia del tránsito) puede variar según las cate-

gorías de la población y de los tipos de vías (radiales, tangenciales o centrales).

- La valoración de que los parámetros quedan constantes en el tiempo.
 - por un lado hay un crecimiento en las actividades (lo que aumenta el número de empleos, de comercios, diversiones, entre otros) obligando a la población a desplazarse más, esto hace que disminuya el valor de β .
 - también los cambios en los estilos de vida pueden variar disminuyendo la atracción para realizar viajes largos, lo que hace que β aumente.

Una forma de revisar las variaciones de este parámetro es a través de encuestas sucesivas o hacer comparaciones de una ciudad a otra, en función de su nivel de vida en particular.

La principal crítica al modelo gravitacional es que su formulación no es más que un modelo analógico (con la ley de Newton) y no un modelo explicativo del comportamiento de los usuarios.

Modelos de oportunidad. Su fundamento está en determinar la distribución de los viajes en función de analizar la separación relativa con factores socio-económicos. Tratan de apoyar una explicación del comportamiento de los usuarios, quienes buscan hacer el desplazamiento más corto posible que les permita cumplir sus objetivos. Para ello, se clasifican los diferentes destinos posibles en orden creciente de distancias. Si d_a es el número de destinos posibles en un sector j y P la probabilidad que este destino satisfaga los objetivos del desplazamiento; el usuario tendrá $P \cdot d_a$ oportunidades de encontrarse en el sector j y si a la vez no elige un destino más próximo, entonces la probabilidad de que llegue al sector j será:

$$dP = (1 - P) \times P \cdot d_j$$

donde:

$(1 - P)$ = probabilidad de no haber seleccionado un destino más próximo.

$P \cdot d_j$ = probabilidad de seleccionar el destino j

d_p = probabilidad de llegar al destino j

6.3.4 Modelos de selección de medios de transporte

El objetivo de estos modelos consiste en obtener la mayor eficiencia en la utilización de los medios de transporte así como desarrollar una política que

haga al transporte público más atractivo y utilizado, desalentando el uso del transporte privado (automóvil).

Los factores que influyen en la selección del medio para transportarse están determinados por las características de cada uno de ellos, en relación a:

- Las características del usuario:
 - El tipo de usuario
 - Tenencia de automóvil
 - Poseer licencia de conducir
 - Ingresos
 - Estructura familiar (edad, número de integrantes)
- Densidad residencial
 - características del viaje mismo
 - tipo de viaje a realizar
 - propósito del viaje
 - hora del día en que se realiza
- Características de la oferta del servicio
 - tiempos
 - costos
 - disponibilidad

Los métodos más utilizados en el reparto modal se pueden clasificar de acuerdo a la época en que fueron desarrollados, así tenemos:

Primera generación	<div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> <div style="font-size: 3em; vertical-align: middle; margin-right: 5px;">{</div> <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> Método de Adams Método de San Pablo </div> </div>
Segunda generación	<div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> <div style="font-size: 3em; vertical-align: middle; margin-right: 5px;">{</div> <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> Método de Warner Método de Barbier y Merlin Método de Beesley </div> </div>
Tercera generación	<div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> <div style="font-size: 3em; vertical-align: middle; margin-right: 5px;">{</div> <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> Método de Mclynn et Watkins Métodos de pre - distribución Métodos de post - distribución Métodos logit </div> </div>

Los métodos de la tercera generación se basan en la teoría económica de utilidad y en la psicología del comportamiento de los usuarios, los que a su vez incluyen elementos tales como:

- Tiempo de recorrido
- Costo del viaje
- Valor del tiempo
- Comodidad:
 - Incomodidad de los recorridos a pie y los transbordos
 - Espera del autobús
 - Dificultad para estacionarse
 - Elección entre autobús y metro
 - Elección entre auto privado y transporte público urbano

6.3.5 Modelos de asignación del tránsito

Estos modelos corresponden a la última etapa del proceso de modelación clásico y son de mucha importancia ya que de ellos se obtendrá información que servirá de base para la evaluación de los proyectos y de las políticas de transporte a aplicar.

Los datos de entrada consisten en la matriz origen-destino de la cual toma los datos y los asigna a la red, siguiendo la mejor ruta entre cada origen-destino. La información de salida son: flujos y costos.

6.3.5.1 Objetivos de los modelos de asignación

- obtener medidas agregadas del rendimiento de la red de transporte (vehículos-km, vehículo-horas, demora total)
- establecer los tiempos de viaje, para cada par origen-destino y cada medio de transporte.
- estimar volúmenes en cada arco o tramo de la red.
- determinar las rutas y analizar que pares origen-destino usan un arco en particular.
- estimar movimientos en intersecciones a futuro (existentes o no).

6.3.5.2 Elección de las rutas

La base común para la mayoría de los modelos de elección de ruta es:

- Cada viajero escoge la ruta que le ofrece el menor costo percibido y anticipado, por ejemplo, en caso de que se construya una mejor ruta en términos de costos y ahorros de tiempo (menor impedancia), el usuario cambiará a esta, tan pronto como pueda.
- Para un mismo origen-destino los conductores escogen diferentes rutas.

6.3.5.3 Factores principales de un modelo de asignación

Los factores más importantes que influyen en la elección de una ruta son, en orden de importancia:

- el tiempo de viaje (que va del 60% al 80%)
- la distancia de recorrido (km)
- el tipo de vialidad que forman los arcos (autopista, arterias principales, calles secundarias, calles locales)
- el tipo de señalamiento que encontrará
- la cantidad de semáforos en la ruta
- los aspectos ambientales
- otros obstáculos (glorietas, giros a la izquierda)

6.3.5.4 Elementos de los modelos de asignación

Los elementos básicos de todo modelo de asignación son:

- Identificar el conjunto de rutas de interés para los conductores.
- Asignar una porción de los viajes de cada celda de la matriz a las rutas.
- Buscar convergencia, es decir, satisfacer las condiciones de equilibrio.

Algunos estudios tratan sobre la conexión entre ciudades o bien sobre la simulación para asignar el tránsito de automóviles a una red vial utilizando en una primera aproximación el valor del tiempo. Se trata por lo general de modelos estadísticos, agregados y descriptivos que realizan su labor de asignación a partir de:

- Un tránsito previsto en la hora máxima, por medio y por cada liga entre pares de orígenes i y destinos j , seleccionando los posibles itine-

rarios por las vías limitadas por su capacidad y tomando en cuenta las nuevas infraestructuras.

- Realizar la asignación óptima en una red dada, donde se consideren las restricciones de capacidad.

Los métodos más utilizados para la asignación del tránsito toman en cuenta los tiempos empleados por uno u otro camino, ya sea como la diferencia o la relación entre ellos, o bien la distancia.

Método de menor costo

Se basan en que la totalidad de los usuarios eligen la ruta con menor distancia de recorrido, o bien aquel trayecto que les proporciona el menor costo en sus tiempos de recorrido (relacionada con sus volúmenes de tránsito). Para realizar una asignación, una vez que se cuenta con la matriz de origen y destino, se considera que para ir de un punto i a un punto j , todos los conductores eligen el camino que supone para ellos el menor costo. Este método no es muy recomendado para comparar únicamente dos vialidades, pero si se trata de asignar el tránsito en una red vial urbana los errores se compensan y puede utilizarse; este método también se llama de *todo o nada* y tiene la ventaja de ser sencillo.

$$T = T_{01} + (V + C)$$

donde:

T_0 = tiempo de recorrido

V = volumen de tránsito

C = capacidad de las vías

Si se introducen las restricciones de capacidad, el proceso debe ser un cálculo iterativo del tiempo de recorrido en cada etapa, suponiendo que en cada iteración se retoman las características de distribución geográfica y la selección del medio de transporte, puesto que dependen de los costos generalizados y por lo tanto de los tiempos de recorrido.

Método que toma en cuenta la saturación de las vías

Todos los métodos indicados establecen una distribución del tránsito en función de las condiciones de la circulación en un momento dado. Pero estas

dependen también de la intensidad del tránsito que por lo regular es muy variable, así que si se quiere tener más precisión se deberán repetir los cálculos para distintas situaciones del tránsito.

Una forma de efectuar esto consiste en aplicar cualquiera de los métodos anteriores para varias intensidades del tránsito y para diferentes velocidades en las vialidades que seguramente estarán más sobrecargadas, estimándose después el porcentaje del tránsito total que se producirá en una u otra situación.

El objetivo de cualquier asignación será permitir reconstruir una red que responda a una demanda, en función de los costos mínimos (construcción y funcionamiento, más los tiempos y el confort para los usuarios) por lo que se buscará el camino mínimo óptimo entre nodos de la red existente o a construirse. El orden de la asignación del tránsito no es indiferente lo que implica comenzar la asignación de los tránsitos potenciales a los recorridos más cortos. Posteriormente se determina para toda la red su rentabilidad, considerando el tránsito asignado y los costos de construcción. Se introducen entonces los diferentes flujos por orden de importancia decreciente y se determinan los caminos con costos mínimos, lo que nos lleva a un número limitado de redes a construir. Nuevamente se asigna el tránsito a esta red reducida lo cual permite contar con una base para efectuar una segunda iteración.

6.3.6 Ventajas y desventajas del método clásico de planificación de los transportes

Antes de que se utilizara el proceso de planificación de los transportes urbanos aquí descritos, los estudios tenían como objetivo primordial reducir la congestión de una área urbana, con medidas básicas de la ingeniería de tránsito. Estos estudios se limitaban a efectuar una extrapolación del volumen de tránsito existente, de las tasas de crecimiento y de la capacidad vial, con lo cual se obtenía una demanda prevista.

Ahora la planificación de los transportes urbanos busca que las predicciones se basen en los planes de ocupación del suelo, donde la extrapolación de la demanda del transporte no se considera como un elemento de planificación suficiente. La planificación de los transportes busca asegurar la eficiencia del sistema y la movilidad de los usuarios. Los planes futuros de ocupación del suelo deben ser utilizados conjuntamente con los modelos de demanda de transporte a fin de prever la demanda futura que consideraban características de capacidad de las vías y de los transportes públicos, así como la densidad de las redes principales.

Las principales críticas que se hacen al método clásico de la planificación de los transportes se pueden clasificar en dos grupos:

- Las de carácter técnico
- y las concernientes a los objetivos que se persiguen con este método

Entre las críticas de carácter técnico se pueden citar las siguientes:

- La secuencia de las cuatro fases básicas de la planificación: la generación, la distribución, la selección del medio y la asignación a las redes. Nada garantiza que el usuario efectúe todas las fases y mucho menos en ese orden. De hecho se sabe que lo primero que selecciona es el medio de transporte y después la distribución geográfica.
- Lo complicado y lo poco flexible que son los métodos. La mayoría de los métodos son estáticos en el tiempo. Su introducción se hace a través de datos exógenos (repartición prevista de la población y los empleos).
- El concepto del costo generalizado no es muy preciso.
- La selección del medio, donde una gran mayoría de los usuarios de países en vías de desarrollo no tiene elección y son cautivos del transporte público, por lo que no existe una verdadera selección del medio sujeta a una serie de variables.
- El valor del tiempo que se utiliza en los modelos de selección de medio no tiene un significado muy preciso para ciertos grupos de personas y en ciudades latinoamericanas este aspecto, aunque varíe, no tiene una repercusión importante (en ocasiones lo único que importa es saber que se cuenta con el servicio aunque los tiempos sean muy largos).

Por otra parte, el método clásico es una herramienta que se hizo centrandó su atención en el transporte privado (automóvil) ya que nace aplicándose a ciudades de los Estados Unidos. Además, este método se basa en modelos que reproducen la situación actual, teniendo siempre un papel conservador.

6.3.7 Nuevas tendencias en la planificación de los transportes

El automóvil no es la solución a los graves problemas de transporte urbano que se viven actualmente en muchas ciudades medias del país, ya que éste no puede satisfacer las demandas de viaje de toda una ciudad ni mucho menos re-

solver los conflictos de tránsito, sin embargo si son causantes de consumir gran cantidad de espacio y de producir grandes emisiones de contaminantes. Es por esto que las nuevas tendencias de planificación están dirigidas a promover y utilizar más los transportes públicos urbanos a través de análisis y de métodos más completos que los ya utilizados y que consideren entre otros aspectos los siguientes [2]:

- La coordinación de la planificación urbana con los transportes
- La prioridad a las líneas de transporte público en carriles o calles reservadas.
- La selección de las unidades de transporte más adecuadas en función de las necesidades y de los recursos económicos disponibles.
- El compartir el uso de las vías tanto para el transporte individual como para los transportes públicos, en función de la densidad del tránsito.
- El favorecer la integración de diversos medios de transporte público mediante la organización de puntos de transferencia y la integración de tarifas.
- La implantación de sistemas financieros que aseguren recursos suficientes para la operación y nuevas inversiones, ya que el papel que juegan los transportes públicos justifica los financiamientos de otros sectores.

Las nuevas tendencias de la planificación del transporte apuntan hacia:

- Los modelos abstractos
- La desagregación y la segmentación de los modelos, lo cual permite una mejor comprensión de los comportamientos.
- La utilización de métodos de estilos de vida, de programas de actividades, de actitudes psicológicas con el fin de conocer mejor los deseos de los usuarios.
- La previsión directa de la demanda con la fusión de las fases de generación, distribución y selección de medios hacia la selección de itinerarios.

6.4 Utilización de paquetes de cómputo en la planificación de los transportes

La planificación del transporte y el modelaje de la demanda de los viajes requería hasta hace unos años que el ingeniero o planificador pasara meses

desarrollando y probando redes de tránsito y transporte. Más adelante estas redes se combinaban con la información del uso del suelo, para que los expertos en planificación procesaran la información para el modelaje. El procesamiento se hacía con grandes equipos sofisticados y los resultados se presentaban en cientos de hojas impresas de computadora.

Ahora, con el apoyo de las microcomputadoras se redujeron los tiempos y costos en el procesamiento de la información por medio de sistemas de análisis interactivos que integran los avances más recientes de gráficas y algoritmos de asignación viajes de transporte público. Con estas nuevas herramientas se puede participar directamente y de manera inmediata dentro del proceso de planificación, sin grandes conocimientos de computación, una vez que la base de datos se establece, visualizando la información básica y los resultados de los cálculos en forma gráfica o en listados.

Entre los antecedentes de la aplicación del modelaje en áreas urbanas y utilizando el proceso de planificación se encuentra el *Estudio de Tráfico del Área Metropolitana de Detroit* (1953-1955). Esta experiencia se expandió rápidamente en otras zonas metropolitanas de los Estados Unidos como Chicago, Filadelfia y Pittsburg, que permitieron formalizar las técnicas para el modelaje matemático en el proceso de planeación del transporte urbano [13].

No fue sino hasta los años setentas que la Federal Highway Administration con su departamento de *Urban Mass Transportation Administration* creó el paquete de software denominado UTPS (*Urban Transportation Planning System*). Este paquete fue orientado inicialmente para ser utilizado en grandes equipos (IBM 360-375), que en esa época contaba con una reducida capacidad gráfica y la cantidad de información requerida provocaba un desaliento de los técnicos para utilizar este paquete.

Ahora con el uso de microcomputadoras se han elaborado programas de cómputo orientados a la planeación de los transportes urbanos, donde el tiempo requerido para una corrida de 12 horas en los antiguos equipos se redujo a solo 10 o 15 minutos, y se cuenta con menús gráficos, lenguajes más simples de comunicación entre los usuarios y la máquina, interfases de graficación y un fácil manejo en la entrada de bases de datos y características de la red.

Estos nuevos paquetes comerciales son sistemas que incorporan gráficas en pantalla, edición y administración de bases de datos, comandos simples con ordenes orientadas a los usuarios y algo muy importante facilidades para el análisis de situaciones como por ejemplo que pasa *si hago esto*.

Además la utilización de los *Sistemas de Información Geográfica* (SIG) permiten intercambiar y ampliar la información con empresas de transporte y depen-

dencias de gobierno, lo que llevará hacia una verdadera evaluación de políticas de transporte urbano y sus impactos con el uso de suelo y el medio ambiente.

Entre los paquetes que existen en el mercado destacan los siguientes:

- MOTORS
- EMME/2
- TRANUS
- TRANSCAD
- NETSIM
- MANTRA
- VIPS II
- SIG

A continuación se darán algunas de las características más importantes de algunos paquetes utilizados actualmente por los planificadores del transporte urbano:

MOTORS

Es un paquete con programas diseñados para la planeación de los sistemas de red vial y el sistema de transporte público. Su utilización requiere de un equipo de cómputo con capacidad mínima del CPU 386 con procesador matemático, memoria RAM de un Mega y disco duro de 40 MGB, así como le apoyo de especialistas con conocimientos de las condiciones y características del área de estudio, como primer punto y como segundo punto toda la información mínima requerida por los diferentes programas que constituyen al MOTORS y que son:

- Programas de modelación de la demanda (D)- (10 programas)
Este grupo de programas se analizan las tres primeras etapas del método clásico de obtención de la demanda y que son la generación de viajes, su distribución y la selección por modo de transporte.
- Programas de matrices (M) - (11 programas)
Con estos programas se crean las matrices de viaje y se realizan todas la operaciones comunes de matrices.
- Programas de redes viales (P) - (18 programas)
Se construyen y editan las redes viales, para su asignación y determinar la ruta más cercana entre nodos diferentes.

- Programas de redes de transporte público (T) - (6 programas)
Sirven para construir y editar redes de transporte público.
- Programas de utilerías o auxiliares (U) - (3 programas)
Sirven para especificar encabezados en los listados controlando su impresión, pudiendo convertir los archivos al formato ASCII.

La capacidad promedio de cada programa es de 400 zonas y 2,000 nodos, y en el caso de las redes de transporte público se limita a 800 nodos únicamente con aproximadamente 128 rutas.

EMME/2

El paquete EMME/2 fue desarrollado por la *Universidad de Montreal*, siendo un paquete muy poderoso para la planeación a largo plazo de las principales redes viales de una ciudad y los corredores de transporte público, incluyendo interacciones entre el flujo vial y la red de transporte público. El EMME/2 simula la asignación de todos los pasajeros en la matriz sobre las diferentes rutas y calcula los estándares de viaje de los pasajeros.

Las funciones que utiliza el EMME/2 como demanda, volumen/tiempo, tiempo de viaje en transporte público o privado, se especifican para el usuario, mediante expresiones algebraicas, proporcionando un marco de trabajo para la implantación de modelos de previsión de la demanda de viajes, variando desde una simple asignación de tráfico o de transporte público o el modelo clásico de las cuatro etapas, hasta la implantación de procedimientos de equilibrio multimodal que integran las funciones de demanda directamente en el procedimiento de asignación. El EMME/2 permite al planificador usar los modelos de su elección, de forma secuencial o simultánea, según su visión de análisis a desarrollar. Cualquier modelo de demanda puede implantarse usando simplemente el modelo de cálculo de matrices, o combinado este con ajustes bi/tridimensional de las matrices.

El procedimiento que se utiliza es un método de afectación de equilibrio con demanda fija o variable, que permite además calcular variables sobre los arcos o rutas específicas. La asignación del transporte público se basa el concepto de estrategias óptimas, proporciona facilidades para incluir diferentes percepciones en los componentes del tiempo de viaje. También permite una asignación de viajes individuales en transporte público.

TRANUS

El TRANUS fue elaborado por la *Universidad Central de Venezuela* y considera la planificación de los transportes urbanos en base a la actividades de las diferentes zonas de una ciudad y los usos del suelo.

VIPS II

El VIPS II es desarrollado por la *Corporación Sueca Transportation Systems* y está orientado a resolver problemas de planeación estratégica y operacional de redes y rutas de transporte público. Se compone de los siguientes elementos:

- Análisis de redes y rutas de transporte público
 - Identificación de puntos problemáticos en la red de transporte público.
 - Comparación rápida de un gran número de opciones de solución.
 - Cálculo del consumo de combustibles de diferentes opciones de solución.
 - Estimación de las emisiones de contaminantes y de los niveles de ruido.
 - Estudios de los efectos de la localización de las paradas y terminales en la demanda de los transportes.
 - Estudio de los efectos de diferentes estructuras tarifarias en la demanda del transporte.
- Cálculo de las frecuencias óptimas para cada una de las líneas de transporte público analizadas.
 - También es posible establecer horarios de paso de los vehículos de transporte público por parada, de tal manera que se proporcione un mejor servicio a los usuarios.
 - Optimización de la flota vehicular y de los recursos disponibles.
 - Obtención de la información exacta de los costos e ingresos por concepto de operación de las diferentes líneas de transporte público analizadas.
 - Obtención de diversa información por línea, tipo de vehículo y empresa.
 - Análisis estadístico de encuestas de viaje a bordo de vehículos de transporte público.
 - Presentación gráfica de resultados.

- Ayudas de computación para el diseño de las rutas
- Subrutinas para estimar impactos del sistema de transporte sobre el medio ambiente

El VIPS II supone que los usuarios tienen información sobre los tiempos de salida de las distintas rutas, por lo que producen una asignación más apegada a la realidad.

TransCAD

El TransCAD es un Sistema de Información Geográfica utilizado en la solución de problemas de transporte, ya que provee un conjunto integrado de algoritmos más recientes, para resolver problemas analíticos en la planeación, manejo y operación de los transportes urbanos. Este paquete también es una plataforma adecuada para el desarrollo de sistemas de apoyo en la toma de decisiones con aplicaciones al transporte. Una de sus características es su arquitectura abierta y modular, que hace posible adicionar programas nuevos o ya existentes como módulos separados accesibles en sus menús. El TransCAD es capaz de leer archivos de Intergraph, ARC/INFO, AutoCAD, y otros sistemas con manejo de base de datos.

Sistema de Información Geográfica (SIG)

Un Sistema de Información Geográfica es una base de datos que integra una serie de herramientas geográficas. La técnica que los SIG utilizan consiste de un modelo de base de datos geo-relacional, asociado con un conjunto de información gráfica en forma de planos/mapas con base a los datos digitales. Entre la información que los SIG proporcionan está:

- Tipos de ocupación de suelo (representación de áreas densas, medianas y poco densas).
- Areas servidas y no servidas por el transporte público
- Areas con accesibilidad satisfactoria y no de las redes de transporte (metro, autobuses, etc).
- Mapa esquemático con las fases de evolución de las ciudades en el tiempo.

Estos paquetes combinan informaciones de:

- fotografías aéreas
- mapas
- videos
- imágenes de satélite
- censos
- levantamientos topográficos

Las principales aplicaciones en diversos campos son:

- la realización de proyectos de investigación:
- la administración de recursos
- la planificación de nuevas actividades

Para todo esto se requiere de un sistema de cómputo que construya, ordene, manipule y represente los datos de acuerdo con su posición en un plano o en el espacio. Para el caso del transporte público algunas aplicaciones son:

- administración de la construcción
- planeación de los transportes
- ingeniería del tránsito
- planeación urbana
- distribuciones logísticas
- operaciones de tráfico
- tasas vehiculares (privados, prioridad a los servicios de emergencia, entre otros).

En resumen, los diferentes paquetes desarrollados por instituciones educativas y privadas se basa en la combinación de datos, redes, escenarios, matrices y funciones. Una determinada red de transporte de la región estudiada se representa por una red multimodal, donde sus principales componentes son los diferentes medios de transporte, la red básica, las intersecciones y las rutas de transporte público. Toda esta información puede modificarse en cualquier momento utilizando los editores gráficos interactivos y las facilidades de los módulos de cálculo. Para cada nodo, arco, vueltas, rutas de transporte o pequeños tramos, pueden especificarse con un determinado número de variables definidas por los usuarios. Cada escenario consiste en un conjunto completo de datos que describen la red y sus características.

Todos los datos relativos a una zona como son: demanda, variables socio-económicas o impedancias, se almacenan en escalares, vectores o matrices. El manejo uniforme de todos los datos matriciales es base para el uso eficiente de las herramientas de análisis y de manipulación de las matrices. La agrupación por zonas, de acuerdo con ciertos criterios pueden ser usados para simplificar los datos de entrada o acceso, así como para producir salidas agregadas.

Un esquema general del proceso de análisis que siguen la mayoría de estos paquetes se observa en la Figura 6.11.

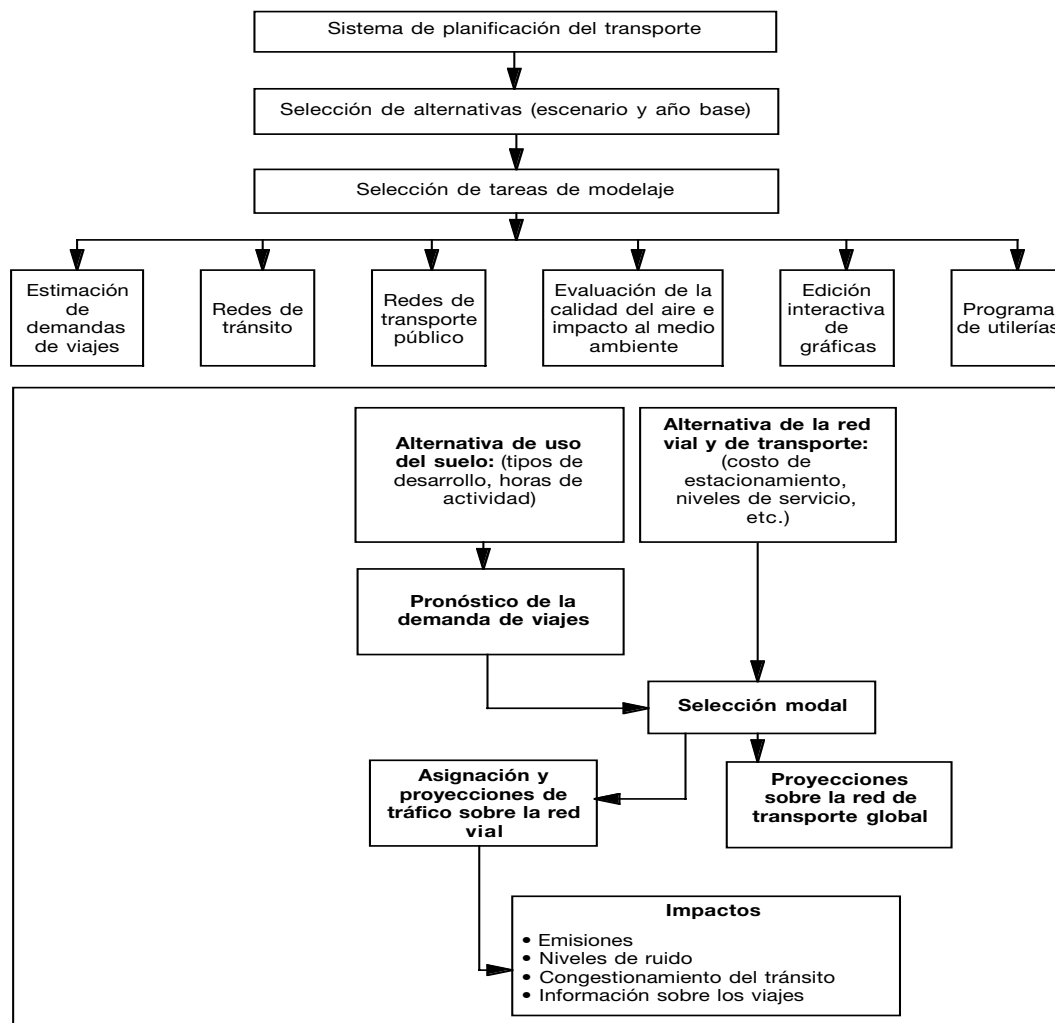


Figura 6.11.
Esquema general de trabajo de los paquetes computacionales.

6.5 Elementos para una política de transporte

La planificación de los sistemas de transporte urbano trata de resolver dos problemas indisociables: saber que técnicas utilizar para definir las necesidades de desplazamiento en una comunidad urbana y encontrar que criterios se adaptan mejor para evaluar la calidad de los transportes existentes para poder conocer los impactos de cada sistema de transporte sobre los usuarios y los no usuarios.

Esto conduce a la necesidad de determinar el número de viajes que se realizan en una determinada zona urbana así como conocer mejor los criterios y apreciaciones propias de los individuos en la utilización de los medios de transporte, que permitan a los planificadores proponer soluciones satisfactorias desde el punto de vista social y técnico.

Por otra parte, la tendencia ha sido estudiar el impacto que tiene el automóvil particular en el número de los desplazamientos dentro de las ciudades induciendo las soluciones hasta hace algunos años en países desarrollados a la detección de los lugares de congestionamiento y definir las inversiones en infraestructura vial más adecuada para evitar altos niveles de congestión. Esto demostró a lo largo del tiempo no ser la mejor solución para resolver los problemas de transporte, ya que no existen los recursos suficientes, ni el espacio, ni la energía, que reduzca los accidentes, la congestión o el deterioro ambiental. Por otro lado es innegable que la tecnología del automóvil tiene muchas más ventajas sobre los transportes públicos, como son su flexibilidad, adaptabilidad, privacidad, comodidad, estatus social, entre otros aspectos.

Como consecuencia del desarrollo económico y producto del aumento del nivel de ingreso de los individuos se presentan cambios en el comportamiento de las personas. Un mayor ingreso se traduce en demanda de servicios de mayor calidad, algo que el transporte público no siempre puede dar, lo que lo hace no muy competitivo. El usuario que aspira a un mejor servicio por tener mayores ingresos, se ve atraído a adquirir un automóvil, pasando de ser un usuario del transporte público a un usuario del transporte privado. Esto trae como consecuencia real para los transportes públicos que para compensar ésta pérdida de usuarios o de demanda, se ven en la necesidad de:

- Subir las tarifas
- Reducir la frecuencia de los servicios
- Solicitar subsidios a las autoridades.

Es aquí donde se produce el fenómeno conocido como la espiral del deterioro del transporte, las dos primeras soluciones podrán funcionar en el corto plazo, ya que conforme vaya perdiendo clientes el transporte público, el servicio se irá degradando más. La tercera opción de subsidios ha demostrado a lo largo de los años que no es capaz de detener el proceso de cambio de uso del transporte privado al público [14].

Por otra parte, el aumento del uso del automóvil trae consigo otros problemas que repercuten negativamente en los transportes públicos y que son:

- A mayor aumento de automóviles las vías se saturan y se dificulta la circulación, disminuyéndose también la accesibilidad a las redes de otros medios como el metro, trolebuses o trenes.
- El tener mayor congestión obliga a los usuarios de los autos a presionar a las autoridades para que aumente sus inversiones en infraestructura vial, algo que requiere de muchos recursos económicos que pueden ser utilizados para mejoras del transporte público.
- Una mayor utilización del automóvil genera patrones de desarrollo urbano descentralizados, es decir, que el auto puede dar mejor servicio a zonas muy dispersas y de baja densidad que lo que dan los transportes públicos.

Esta problemática que viven los transportes públicos y la importancia que tienen en el desarrollo urbano inducen a establecer algunas políticas de acción repartiendo la participación del transporte público y privado desde dos puntos de vista:

- A través de una mejora en la calidad de la oferta de los transportes públicos.
- En función de una prioridad al transporte individual.

De la estructura de los sistemas resultan que las políticas para mejorar el funcionamiento de los sistemas de transporte se pueden dar a través de las siguientes medidas [11]:

Medidas en la operación

En cualquier dirección el usuario deberá ser el objetivo principal de las empresas:

- Asegurar y profundizar la parte del mercado, impulsando las posibilidades de la mercadotecnia.
- Instrucción y capacitación del personal, con el entrenamiento en contacto siempre con el usuario.
- Intensificación de la publicidad y de los trabajos de relaciones públicas, para mejorar la imagen del transporte público.
- Mejorar la información a los usuarios, por una parte unificando y simplificando la información de paradas, de recorridos de las rutas dentro de los autobuses y en los paraderos.
- Mejoras en la oferta con mayores frecuencias de paso, ampliación de los horarios y reducción de las necesidades de transbordo.
- Construcción y acondicionamiento de los paraderos con equipos estandarizados para lograr una uniformización.
- Simplificación de los sistemas tarifarios ofreciendo una gama de boletos de transporte, con la comodidad para adquirirlos y controlarlos (aparatos automáticos y tarjetas magnéticas).
- Cooperación entre las diferentes empresas de transporte que dan servicio a las zonas urbanas, bajo la forma de integración o en agrupaciones de transportistas de las redes.
- Vigilar como se desarrolla la explotación a fin de predecir lo más pronto posible, las situaciones de problemas y acelerar las medidas de seguridad, para garantizar una mayor puntualidad y regularidad.
- Mejorar la comodidad de los transportes públicos, principalmente en los accesos, la configuración de los asientos, la iluminación, la climatización, la calidad en la conducción.

Medidas de organización del transporte y administración del tránsito

Para asegurar una mayor rapidez, puntualidad y regularidad en los desplazamientos favoreciendo el acceso a los medios de transporte público y eliminando los conflictos con el transporte individual, se puede actuar en los siguientes puntos:

- Trazo de vías de transporte independientes o puesta en servicio de vías exclusivas para los autobuses.
- Dar prioridad a los medios de transporte público en cruces semaforizados.

- Facilidades a los transportes públicos en la reglamentación para su circulación.
- Medidas reglamentarias para las restricciones de estacionamiento de automóviles en paraderos y ejes de transporte público.

Medidas de planificación y de construcción

La planificación de los transportes debe ser integrada a la planificación urbana y regional, a fin de que puedan ser respetadas las medidas de construcción de infraestructura previstas para los transportes públicos.

- Crear las condiciones necesarias para integrar las actividades de las zonas habitacionales, comerciales e industriales a las redes de transporte público.
- Mejorar la accesibilidad en los paraderos y poner en servicio zonas peatonales que permita la liga con los paraderos.
- Estudiar la posibilidad de integrar estacionamientos con sistemas de transporte público que lleven al centro de la ciudad o zonas comerciales.
- Limitar los lugares de estacionamiento de larga permanencia en el centro de la ciudad.
- Incrementar el número de estacionamientos de corta duración según una política de aprovechamiento y de incentivos de acuerdo a la oferta y la demanda.

Medidas económicas

Estas medidas aportan una solución a los problemas económicos, por lo que tienen un lugar importante en el proceso de mejoramiento de los transportes públicos, como pueden ser:

- Un esfuerzo para racionalizar todos los sectores de las empresas (dirección, explotación, talleres).
- Restricciones en los gastos por adquisiciones comunes de refacciones y la estandarización de los vehículos y una flexibilidad para adaptar la oferta a la demanda de viajes.
- Una adaptación de la oferta a la evolución general de los ingresos y de los costos.

- Promociones de tarifas por motivos sociales, políticos y culturales, manteniendo rutas sociales y asegurando el servicio en las horas de baja demanda.
- Aligerar las cargas fiscales para las empresas de transporte público.

REFERENCIAS

1. Michel Frybour. *Les Systems de Transport* (Planification et décentralisation). París: Collection TIEN PHUC, N., Ed. Eyrolles, 1974.
2. Michel Merlin. *Planification des Transport Urbains*. París: Ed. Eyrollles, 1986.
3. OCDE, *Besoins de Transports par les Communautés Urbaines: la planification des transports de personnes*, Rapport préparé par un groupe de recherche routière, 1977.
4. Emile Quinet. *La Demande de Transporte de la Modélisation des trafics à l'apprehension de besoins*, Seminaire d'Economie des Transports (1980-1981), París: Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1981.
5. IMT/SCT. *Guía Metodológica para el Estudio de Sistemas Regionales de Transporte*, Querétaro: Documento Técnico No. 6, 1991,
6. Oscar De Buen R. *Apuntes de Planeación*. Toluca: Facultad de Ingeniería. UAEM, 1989.
7. J.D. Ortúzar y Luis Willunsen. *Modelling Transportation Planning*. Londres: Willey, 1994.
8. Banque Mondial *Transports Urbains* (Politique sectorielle). Washington: World Bank, 1975.
9. M.D. Meyer y E.J. Miller. *Urban Transportation Planning (a decision-oriented approach)*. Nueva York: McGraw-Hill Brok, Company, 1984.
10. H.A. Adler. *Sector and Project Planning in Transportation*. Washington: World Bank, 1967.
11. W. Pallman, et al. *Les objectifs des Transports Publics Urbains*. París: revue UITP, No. 2, 1983.
12. *Manual de operación del Sistema de Planeación del Transporte Urbano*, UTPS. México: COVITUR, 1987.
13. CICM. *Modelos Matemáticos y la Modelización de la Planeación del Transporte*. México: Centro de Actualización Profesional, 1990.
14. SEDESOL-PTRC. *Apuntes del Curso Integral de Vialidad y Transportes*. Méixco: SEDESOL, 1992.

PREGUNTAS

1. Describa cuál es la importancia de la planificación de los transportes en México.
2. Existe toda una serie de factores que determinan los principales elementos a considerar en el proceso de planificación de los transportes. Diga cuáles son.
3. Describa cuál es el proceso que sigue para poder hacer una buena planificación de los transportes urbanos.
4. ¿Dónde se inscribe la planificación dentro de los Estudios Integrales de Vialidad y Transporte?
5. ¿Porqué es importante el seguimiento de los planes y proyectos en el proceso de planificación?
6. Indique cuáles son las etapas del método clásico de planificación de los transportes y describa cada una de éstas.
7. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de utilizar el método clásico de planificación de los transportes?
8. ¿Qué es un modelo de transporte?
9. ¿Qué se entiende por calibrar un modelo?
10. ¿Cuáles son los principales problemas que se tienen en México para llevar a cabo una buena planificación de los transportes urbanos?