

TESIS DOCTORAL

**INSTRUMENTOS Y METODOLOGÍA DE PLANES DE
MOVILIDAD Y TRANSPORTE EN LAS CIUDADES MEDIAS
COLOMBIANAS**

AUTOR

Ing. Diego Alexander Escobar García

DIRECTOR

Dr. Manuel Herce Vallejo

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA

**DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUCTURAS DEL TRANSPORTE Y
DEL TERRITORIO**

PROGRAMA DE DOCTORADO

**“GESTIÓN DEL TERRITORIO E INFRAESTRUCTURAS DEL
TRANSPORTE”**

**Con el apoyo de Programa ALBAN “Programa de Becas de Alto
Nivel de la Unión Europea para América Latina”**

BARCELONA, FEBRERO DE 2.008

CAPÍTULO 1. OBJETO DE LA TESIS, HIPOTESIS DE PARTIDA ,
CONTENIDO Y METODO DE INVESTIGACIÓN



1.1. INTRODUCCIÓN: OBJETO FINAL DE LA TESIS

La evolución de las aglomeraciones urbanas desde la revolución industrial, momento en que puede entenderse que comienza el proceso de urbanización masiva del planeta, ha estado caracterizada por un continuo proceso de expansión y de estallido sobre su territorio. Para algunos este es un proceso natural, consecuencia del crecimiento demográfico, que ha estado regido por nuevos instrumentos de organización formal acogidos bajo el concepto de Planeamiento Urbanístico y Territorial; para otros, esta evolución de la ciudad ha sido consecuencia lógica de la invención progresiva de nuevas infraestructuras que han ampliado el campo potencial de la plusvalía urbana, motor económico de una sociedad que se ha traducido en la importancia creciente del negocio inmobiliario y producción de suelo urbano¹.

En cualquier caso ambas interpretaciones no resultan contradictorias, y el resultado ha sido una ciudad estallada sobre el territorio, con espacios adaptados para la localización de actividades y la interacción de la sociedad, que ha propiciado la aglomeración de personas y proliferación de actividades en zonas segregadas en usos exclusivos, mas marcadamente en las periféricas de las ciudades, con espacios centrales densos y de mayor mezcla de actividades e interacciones de todo tipo.

Es así como dado el actual esquema de funcionamiento de las aglomeraciones urbanas latinoamericanas, se están presentando disfuncionalidades graves en lo que a movilidad urbana de las personas y mercancías se refiere, lo que se traduce en términos de congestión, contaminación, ruido, inseguridad social, elevados costes operacionales, etc.; sin embargo, es posible encontrar alternativas coherentes que busquen servir al derecho de la movilidad de las personas y apaciguar el tráfico urbano.

Frente a la pérdida progresiva de calidad de vida urbana, se debe incidir en la disminución y corrección, o como mínimo, mitigación de las disfuncionalidades mencionadas; lo que pasa por disminuir el ritmo de producción de la migración hacia la periferia de la ciudad y la decadencia paulatina de centros antiguamente brillantes, con el consecuente afloramiento de lugares tal vez poco especializados que requieran de servicios posteriores altamente complejos².

¹ HERCE, M. i MAGRINYÀ, F. La Ingeniería en la Evolución de la Urbanística. Ediciones UPC, Barcelona, 2002.

² SERRATOSA, A. OP Accesibilidad y Territorio, I. Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Cataluña, Comunidad valenciana, Extremadura, Baleares, Navarra, Galicia, Andalucía Occidental, Aragón, País Vasco, Asturias, Tenerife y Cantabria. Nº 35. Año 1.996. ISSN 0213-4195

Es sabido que las necesidades de movilización de una población en términos de espacio y tiempo se encuentran indudablemente determinadas por variables asociadas a la demanda del transporte, las cuales se han obtenido a partir de las relaciones existentes entre los aspectos socioeconómicos y las actividades urbanas, materializadas a través de las actividades de la comunidad y los usos del suelo; y así se ha incorporado al estudio de la Urbanística y de la Planificación del transporte urbano desde las brillantes y ya lejanas aportaciones de Mitchell y Rapkin³.

Es claro que una de las principales preocupaciones de la planificación urbana y de sus infraestructuras ha sido el garantizar que se cubran las necesidades de los habitantes respecto a su movilización, en entornos urbanos donde los altos índices de motorización y de congestión son predominantes; es así como se propicia la toma de decisiones que contribuyan a una adecuada oferta de Transporte Público Colectivo Urbano (en adelante TPCU) y su promoción con el fin de hacer cada vez más atractivo el uso de éste por parte de la comunidad⁴.

Actualmente, existen diversas metodologías, modelos y software especializado en el estudio de los diferentes sistemas de transporte que posee una ciudad, que normalmente se han formulado a partir de experiencias de los países más desarrollados, habiendo pocas experiencias que se centren en países del tercer mundo o países en vía de desarrollo.

Estas metodologías, desarrolladas a partir del enfoque de cuantificación de la demanda que introdujeron los primeros estudios de tráfico urbano (MITCHELL, 1954, VOORHEES, 1955) han ido sufriendo una evolución conceptual e instrumental importante, caracterizada más por una fascinación por las formulaciones matemáticas que permitían una mayor correlación con la realidad observada, que por la constatación posterior de la eficacia de sus propuestas.

La crítica a los resultados de la aplicación de estos modelos de planificación del transporte, emanada inicialmente del urbanismo⁵ y de la sociología urbana⁶ y más recientemente de un enfoque más integral de la movilidad urbana planteado desde la perspectiva de la oferta de sistemas de transporte como condicionadora de la expresión espacial de la movilidad⁷, ha puesto de relieve nuevos métodos de enfoque de la movilidad.

³ MITCHELL, R. i RAPKIN, C. Urban Traffic; a function of Land Use. Columbia University Press, New York, 1954

⁴ GONZALEZ, A. OP Accesibilidad y Territorio, Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Nº35. Madrid, 1996.

⁵ JACOBS, J. Muerte y vida de las grandes ciudades. Ed. Peninsula, Madrid, 1967

⁶ LEFEVRE, H. El derecho a la ciudad: Ed Peninsula, Madrid, 1969

⁷ HERCE, M. L'Espai públic de la mobilitat. Edicions UPC, Barcelona 2007

Al estudiar la actual situación económica de las ciudades de países tercermundistas o países en desarrollo, y teniendo en cuenta la desmedida densificación de la población, dada la tasa de crecimiento demográfico, se aprecia un fenómeno generalizado en las zonas urbanas de éstas que poco se expanden, contribuyendo al estancamiento y desorganización de los servicios de TPCU, disminuyendo la calidad de la movilidad urbana, generando además una alta desagregación de los usuarios de dicho servicio respecto a su estrato económico, pues dado el mal servicio de TPCU, se hace poco atractivo y sólo es usado por la población que en realidad lo necesita, dejando a un lado su objetivo principal, el cual es proveer una movilidad eficiente de toda la población y no un porcentaje de ella.

A lo anterior se suman las características propias de la administración en la gestión y operación de los servicios de TPCU. No obstante, a pesar de que ciudades como Medellín, Buenos Aires, Santiago de Chile y Caracas poseen Metro, un sinnúmero de ciudades importantes en entornos del tercer mundo han de planear su movilidad urbana con sistemas de transporte de menor coste y mayor eficiencia, como es el caso de Bogotá, ciudad en la cual la implementación del sistema de transporte público masivo llamado “Transmilenio”, ha transformado y mejorado una gran variedad de aspectos que van desde la calidad de vida de sus ciudadanos hasta la recuperación de espacios públicos.

Sin embargo, existen otras ciudades que se pueden clasificar como de mediana importancia, característica de capitales de provincia y núcleos de áreas metropolitanas; las cuales no podrán apostar por un sistema de transporte público masivo “organizado” en muchos años, debido a una diversidad de factores (financieros, técnicos, topográficos, etc.). A pesar de lo anterior, dichas ciudades no desisten en la búsqueda de mecanismos que permitan mejorar las condiciones de transporte y movilidad de sus habitantes, adaptándose a soluciones de bajo coste y empleando al máximo la infraestructura existente.

En ese contexto, es OBJETO DE ESTA TESIS comprobar si las metodologías y modelos de planificación de la Movilidad y del Transporte Público Colectivo Urbano (TPCU) utilizados por los diferentes Planes Viales y Planes de Movilidad Urbana y de Transportes de diferentes ciudades medias Colombianas son adecuados según las características particulares de cada ciudad. Características expresadas en parámetros definidores de forma de ciudad, sistemas de TPCU, oferta y demanda de TPCU, situación socioeconómica y sociodemográfica, etc.

El alcance de este trabajo investigativo se enmarca dentro de las llamadas ciudades medias Colombianas, que son capitales de municipio, departamento o núcleo metropolitano, que

posean población entre 100.000 y 750.000 habitantes en su cabecera municipal, que cuenten con TPCU, pero que en un período menor a 5 años no esperen contar con un sistema de transporte masivo, así mismo, que en éstas se hayan aplicado como mínimo uno o dos Planes Viales o Planes de Movilidad y Transportes en los últimos 15 años, en los cuales, por lo menos en uno, se debió aplicar modelación de la demanda. Respecto a la extensión de dichas ciudades no se tendrá restricción, pero se considera que las ciudades catalogadas como medias, poseen entre 30 y 250 Km² de extensión en su zona urbana.

Fig. 1.1.1. Ciudades medias colombianas.



Fuente: Elaboración propia. A partir de Enciclopedia Britanica, Inc. 1994.

Se buscarán paralelismos entre los diferentes modelos aplicados a un conjunto representativo de ciudades medias colombianas, estudiando sus resultados; se completará esa fase de análisis con un cierto inventariado de los métodos alternativos de planificación de la movilidad que se están aplicando en la actualidad en las ciudades europeas, y se tratará de testar la eficacia de unos y de otros en su posible aplicación a la ciudad de Manizales, donde el autor de esta tesis desarrolla sus labores de profesor universitario.

1.2. HIPÓTESIS DE PARTIDA

Se propone como HIPOTESIS CENTRAL tratar de demostrar, desde el punto de vista metodológico, funcional, teórico y de posibilidades de aplicabilidad, cómo los nuevos modelos e instrumentos de planificación de los sistemas de movilidad producidos en los últimos años en Europa desde una perspectiva de oferta infraestructural y gestión de la misma, pueden ayudar a la mejora de la movilidad urbana en todos sus ámbitos y sectores, con mejora general de la accesibilidad entre las zonas que componen la ciudad, así como posibilitar el desarrollo de los sistemas de TPCU como modo predominante de desplazamiento de la comunidad, que integre un sistema donde vehículo privado, bicicleta y viaje a pie actúen de forma alternativa y complementaria.

Se tiene como HIPÓTESIS DE PARTIDA, el convencimiento de que el mejoramiento en las características de movilidad depende tanto de los mecanismos que permiten llevarla a cabo, así como de la adecuada información ofrecida a los usuarios respecto a ubicación y determinación de rutas de desplazamiento urbano (transporte autónomo y motorizado), lo cual ha de redundar en la mejora de la calidad de vida a partir de la mejora de la movilidad urbana, teniendo en cuenta que esto depende también del establecimiento de sistemas de transporte (costes de operación) acordes con las características de cada población, destacándose que no todas las poblaciones poseen la capacidad (financiera, técnica, topográfica) de implementar y operar sistemas de transporte masivos; lo anterior conlleva a buscar unas mejores calidades de producción a través de la interacción comunidad – actividades, y como es bien sabido, es a partir del establecimiento de un sistema de TPCU accesible y con costes adecuados de operación y mantenimiento que se puede llegar a una ciudad más productiva, dinámica y eficiente.

Por otro lado, al “*facilitar*” el desplazamiento entre diferentes lugares de una población a través de los sistemas de transporte y de la información adecuada, se elevarán las condiciones económicas como consecuencia del aumento del intercambio económico y del fenómeno de consumición; así mismo, el aumento de las características de la movilidad puede considerarse como un mecanismo de cohesión entre los diferentes estratos socioeconómicos, pues se ha tenido la idea generalizada, y en mayor grado en las ciudades latinoamericanas, de que el TPCU es de uso para la población de escasos recursos (estratos medio y bajo), teniendo además que en la mayoría de las ciudades medias Colombianas se presentan sistemas de TPCU no sólo inadecuados por las características propias de las ciudades, sino ineficientes dada la baja calidad en el aspecto operativo, técnico, funcional y de obras de infraestructura que proveen la movilidad ciudadana.

El adecuado desarrollo de las redes de infraestructura, y en especial las de transporte, ejercen una alta influencia sobre la forma de crecimiento y expansión de la ciudad, así como en la localización de las actividades y usos del suelo, es por ello que depende más de cómo se ofrecen las nuevas infraestructuras para potenciar la interrelación habitantes – actividades, que de cómo se está desarrollando la demanda de una actividad en particular.

Dado lo anterior, se sostiene e intentará demostrar que en los Planes Viales y de Movilidad, se han tenido en cuenta el índice de crecimiento de la población, pero básicamente en las zonas que cuentan con una mayor población en la actualidad y no en las zonas que presentan nuevos o futuros desarrollos habitacionales; igual sucede con la red vial de transportes, se cargan los arcos actuales, pero no los futuros arcos de transporte que deberán proveer este servicio básico en las nuevas y futuras zonas de desarrollo urbanístico.

En consecuencia, se ha intentado constatar una serie de hipótesis encadenadas que pasan por la siguiente secuencia:

- La planificación del transporte en las ciudades medias colombianas ha sido tardía, parcial y bastante ineficaz en términos de mejora de la movilidad.
- Los métodos de los Planes de Transporte, cuando han existido, han sido una mera importación de modelos de demanda de tráfico, sin análisis previo de su viabilidad de aplicación dada la información disponible, y sin un claro modelo urbano de referencia.

- En la selección de estos métodos de trabajo han jugado un papel determinante las universidades de mayor relevancia del país y sus departamentos de transporte.
- Estos métodos, normalmente contruidos sobre la lógica del desplazamiento en automóvil, han ignorado una realidad colombiana caracterizada por la predominancia de los modos TPCU y del viaje a pié.
- Con independencia de los resultados de la aplicación de estos modelos, y más allá de la genérica formulación de objetivos sobre todos los tipos de movilidad, los consecuentes Planes de transporte han apoyado políticas viarias de extensión de la red, que han traído como consecuencia la formación de enormes periferias desestructuradas y el agravamiento de los problemas de movilidad y transporte.
- No obstante, la realidad de la congestión creada por un creciente y caótico transporte colectivo ha llevado, en la última década, a un nuevo modo de ver el TPCU tratando de generar métodos propios de análisis de su eficacia y de planificación.
- Se está pues, a juicio del autor de esta Tesis, en el momento de dar el salto metodológico cuantitativo a un nuevo enfoque de la movilidad basado en la gestión de la oferta integrada de todos los modos de transporte, desde una triple perspectiva de sostenibilidad, eficiencia energética e integración social.
- No obstante, antes de ello es necesario testar la viabilidad de aplicación de los métodos aplicados en ciudades europeas a la realidad de las ciudades medias colombianas, para evitar volver a caer en el error de la mera importación de métodos.

Así mismo, cabe destacar cómo en los diferentes Planes de Ordenamiento Territorial, se hace referencia tanto a las futuras zonas de expansión de la ciudad y su posible uso del suelo, pero no se articula de una forma concreta el actual sistema de TPCU con dichas zonas futuras de expansión, dejando a un lado, la futura prestación de este servicio básico en aquellos lugares, lo que en realidad genera una desarticulación total del proceso de expansión y crecimiento de la ciudad con el desarrollo y crecimiento de sus redes de servicio, en especial la red de transporte.

Indagar en esta dicotomía entre Planes de Ordenamiento Territorial y Planes de Transporte es una línea complementaria de esta investigación.

1.3. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

Desde que el industrial norteamericano Henry Ford puso en marcha la primera fábrica que construyó automóviles en serie, la utilización de éstos fue creciendo de tal forma que ha generado problemas paulatinos en el medio urbano, algunos tan obvios como la contaminación ambiental y el congestionamiento.

La cantidad del parque automotor producido actualmente, junto con el incremento de la población en las zonas urbanas de las aglomeraciones y el desarrollo de la infraestructura en pavimentación (en algunos países subdesarrollados, aún muy estancado) ha dado como consecuencia que el flujo de tránsito de vehículos se convierta en un problema bastante complejo, no sólo desde el punto de vista de ofrecer un servicio que provea una movilidad en general, sino que dicho tópico se mezcla con la actual situación social y económica de las poblaciones⁸; es así como se comienza a tener la latente necesidad de planificar.

Las condiciones del sistema de transporte urbano para la mayoría de las ciudades colombianas son muy similares. Debido al problema de la violencia desde hace más de cinco décadas y a otros factores de desarrollo e industrialización. Los procesos migratorios generaron tasas de crecimiento poblacional muy altas en las ciudades, acompañadas de un crecimiento desordenado, carente de planificación urbana y de servicios públicos apropiados. Este fenómeno se ha reflejado, igualmente, en un inadecuado desarrollo del sistema de transporte urbano⁹.

Como expone HERCE (2.004)¹⁰, la noción de red, asociada a una visión de la ciudad como un sistema estable de actividades relacionadas entre sí en forma que su comportamiento global depende de esas relaciones, ha sido una constante en el planeamiento y dimensionado de las redes de infraestructuras desde los años sesenta; aunque durante un largo periodo de tiempo *el enfoque se ha puesto en las actividades como demandadoras de relaciones y, por tanto, como variable que predeterminaba la forma y nivel de servicio que debería alcanzar la red de infraestructuras para mantener la eficacia del sistema.*

⁸ RODRÍGUEZ, R. Modelación de flujo de tránsito de autos utilizando autómatas celulares. Departamento de Aplicación de Microcomputadoras, Instituto de Ciencias, Universidad Autónoma de Puebla. Septiembre de 2002. <http://delta.cs.cinvestav.mx/~mcintosh/comun/tesismaestria/rene/tesisReneHtml/node3.html>

⁹ ARBOLEDA, C.; RIVAS, N. i SOLANO, E. Rutaswin Modelo de análisis de sistemas de transporte público. Facultad de Ingeniería Civil - Departamento de Vías y Transporte. Universidad del Cauca. VII Simposio de ingeniería de tránsito y transporte. Bogotá, septiembre de 2005.

¹⁰ HERCE, M. Apuntes de Clase Ordenación del Territorio. Programa de Doctorado Gestión del Territorio e Infraestructuras del Transporte. Departamento de Infraestructura del Transporte y del Territorio. Universidad Politécnica de Cataluña. 2004/2005.

Con esta visión de demanda, han sido multitud las investigaciones sobre los métodos de planificación del transporte, hasta tal punto que han dado paso a una rama propia de la ingeniería civil, denominada *ingeniería de tráfico o ingeniería de transporte*. No es objeto de esta tesis indagar más en esta línea de investigación, sobre la que se cita una bibliografía básica de referencia utilizada para mejor comprender sus métodos, analizar sus limitaciones y los porqués de sus resultados.

Sin embargo, si que conviene citar brevemente la evolución que estas técnicas han sufrido a lo largo de cuarenta años, porque ayudará a comprender la utilidad de muchos de sus instrumentos de análisis y, también, a entender como se van alejando cada vez más, en el desarrollo de su propia lógica, de los actuales requerimientos de movilidad en las ciudades. Para la descripción de esa evolución, que se ha centrado fundamentalmente en el perfeccionamiento de sus formulaciones matemáticas, conviene hacer una breve digresión sobre el concepto de *modelo cuantitativo*.

“El término *modelo cuantitativo* se utiliza para designar simples formulaciones matemáticas de un fenómeno social”¹¹. Es decir, un modelo es una simplificación de la realidad que permite constatar la dimensión de un determinado fenómeno a partir de una formulación de relación matemática con variables observables en términos cuantitativos.

COLOMER (1.998)¹², define, “*modelo: representación abstracta, simplificada e inteligible de un aspecto de una realidad, obtenida a través de la observación, validada posteriormente, y que permite comprender mejor la realidad.*”, definición citada por CARDENAS (2.002)¹³, quien enfatiza sobre el hecho que un modelo debe ser simple, pues a medida que aumenta su complejidad, puede resultar más difícil de comprender la realidad, a través del modelo, que mediante el análisis directo de dicha realidad.

Por su parte, IZQUIERDO (1.995)¹⁴, indica: “*normalmente y a excepción de algunos modelos específicos, como son los modelos conceptuales en los que la descripción de la realidad se realiza en términos lógicos sin utilizar formulaciones matemáticas, los modelos tienen una estructura matemática que relaciona los elementos y factores que caracterizan el fenómeno que se analiza. Se trata, por consiguiente, de la representación de un sistema.*”

¹¹ WINGO; L. Transportation and Urban Land, Resources for the Future Inc. 1.961.

¹² COLOMER; J. Curso sobre Planificación y Economía del Transporte. UPV. Valencia. 1.998.

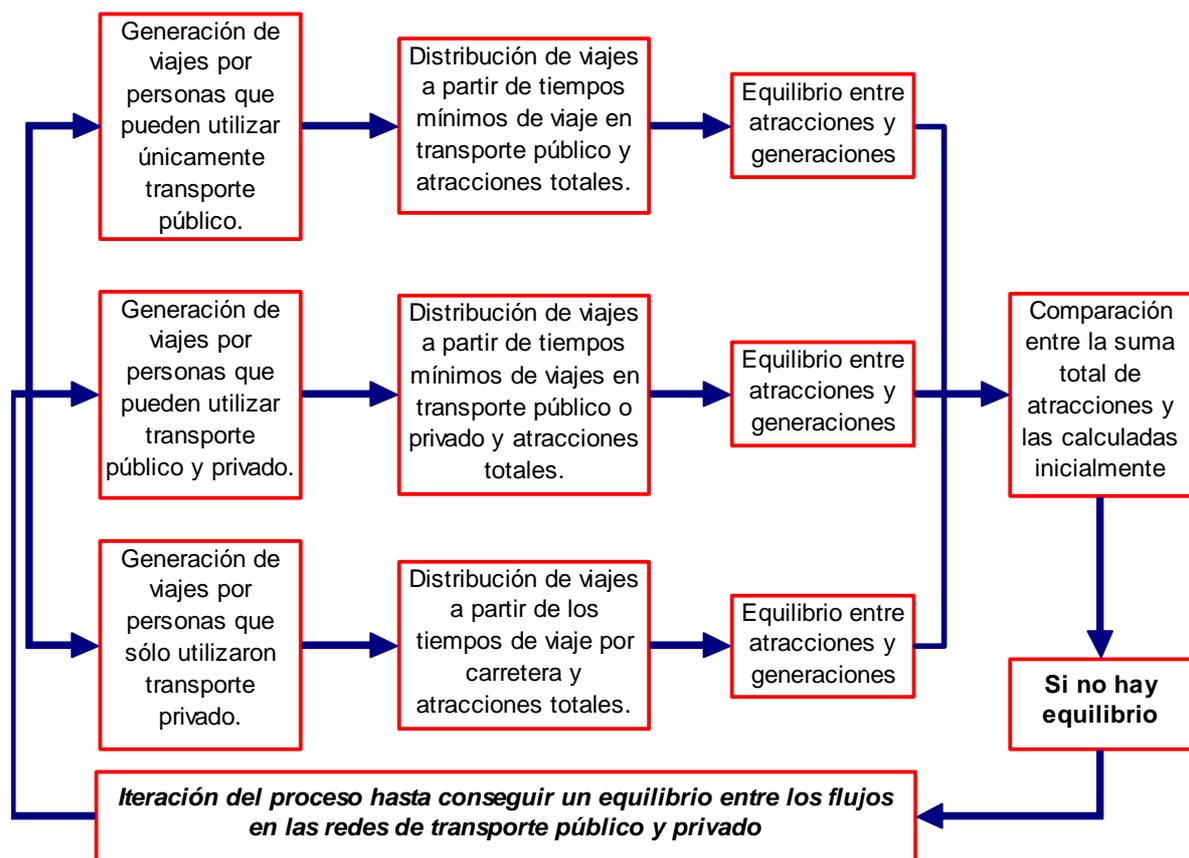
¹³ CARDENAS, D. Metodología para caracterizar la movilidad con fines de planeación urbanística en pequeñas y medias ciudades; aplicación a Colombia. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, 2002.

¹⁴ IZQUIERDO DE B, R. Los modelos de transporte. En: Modelos de respuesta rápida en distribución física de mercancías, XI curso de verano de Laredo. Universidad de Cantabria. Ed. José V. Colomer y Otros. Laredo. 1995.

Un modelo es una representación artificial de un sistema real, GUZMÁN (2004)¹⁵, teniendo que un sistema es un conjunto de elementos que cumplen una o más funciones, y son dichas funciones las que definen el sistema, buscando la forma de representar la interacción de dichos elementos mediante formas funcionales.

GIBSON (1.984), citado por CARDENAS (2.002), señala que "el nivel más general implica que dados los sistemas de actividades y de transporte, se pueden predecir los flujos en la red, los impactos en el corto plazo y los cambios producidos en el sistema de actividades y el de transporte. A este nivel se da la planificación del transporte".

Fig. 1.3.1. Estructura del modelo de transporte propuesta por Lane en los 70's.



Fuente: CARDENAS, 2.002.

¹⁵ GUZMAN V., Andrés F.. Modelos de simulación en ingeniería de tránsito y transporte "principios y aplicaciones. Escuela Colombiana de Ingeniería "Julio Garavito". Bogotá, 2004.

Estos modelos ayudan al planificador a suponer estados del crecimiento de la movilidad, con base en el desarrollo del sistema de actividades y la forma como se distribuyen los viajes entre los diversos modos de transporte que se disponga, sobre la variada infraestructura que haya y entre distintos centros de actividad. Quien modela debe suministrar las características del sistema y los cambios previstos.

Como pasos fundamentales en la planeación estratégica del transporte, se consideran fundamentalmente la aplicación de modelos de transporte, que a su vez requieren ser calibrados con parámetros actuales contenidos en las matrices O/D de viajes, y de la calibración de la red¹⁶; estos pasos se realizan en forma iterativa donde puede ocurrir que no se de una convergencia del sistema, por lo que se propone la utilización de sistemas de aprendizaje computacional con la obtención de mejores resultados.

Lo anterior, conlleva a buscar una cantidad de información considerable sobre la dinámica actual de la población que se moviliza en un centro urbano, con la consecuente tarea de diseño, aplicación y monitoreo de los mecanismos necesarios para una adecuada recolección de dicha información. Posterior a la recolección de la información primaria, se procura, a través del análisis de ésta, el determinar cuál es la dinámica de movilidad actual de la población, para luego establecer, a través de cómo mínimo las siguientes etapas, la explicación de la demanda del transporte, como lo afirma MALDONADO (1.992)¹⁷:

- Modelos de Generación de viajes. Determinan los viajes que se producen en cierta zona en función de variables socioeconómicas de la misma.
- Modelos de Distribución Espacial. Determinan la distribución espacial de los viajes producidos en cierta zona, es decir, explica hacia que zona se dirigen los viajes.
- Modelo de Distribución Temporal. Establece la distribución de los viajes en el tiempo, determinándose la hora de máxima demanda.
- Modelos de Distribución o Reparto modal. Determinan la distribución de los viajes según el modo de transporte elegido en una relación de flujo entre dos zonas (origen – destino).
- Modelos de Asignación a rutas. Determinan el itinerario o combinación de rutas que seleccionan los usuarios en cada modo de transporte.

"La secuencia de modelos: generación, distribución, partición modal y asignación, que constituye el paquete de predicción de viajes, ocupa un papel central y tradicional en los

¹⁶ G. Xu; W.H.K. Lam; K.S. Chan. Integrated approach for trip matrix updating and network calibration. Journal of Transportation Engineering, March-April 2004 v130 i2 p231(14)

¹⁷ MALDONADO, J. Modelos de Demanda de Transporte y de Tráfico. TEMA Grupo Consultor, S.A. 1992. <http://www.temagc.com/articulo.htm> (22/11/05)

procesos de planeación del transporte: en conjunto con un procedimiento de evaluación, tales modelos de demanda son usados ampliamente en la determinación de alternativas viales y de transporte público y estrategias de uso de suelo", como menciona WILLIAMS (1.976)¹⁸.

Los modelos para planeación del transporte facilitan al analista la toma de decisiones, con base en la apreciación del impacto causado en el sistema por una decisión puntual (como inclusión de un nuevo tramo vial, mejora de una vía, restricción de la circulación, etc.) o por el simple crecimiento de la movilidad, aún manteniendo constante la infraestructura en el sistema.

Respecto a los sistemas de modelación tradicionales, existe una amplia gama de teorías con aplicaciones en programas de computador, entre las que mas se destacan por su antigüedad o su popularidad, modelos como el gravitacional, oferta demanda, de factores de crecimiento, de oportunidad, basados en la teoría cinética de gases, basados en la teoría dinámica de fluidos, basados en la teoría de colas, de utilidad y de elasticidad entre otros. Además de muchos otros programas existentes y nuevos que se generan permanentemente, además de que tienen su propia dinámica de actualización y modernización de conformidad con los desarrollos tecnológicos y científicos.

Según ORTÚZAR i WILLIAMS (1.982)¹⁹, citados por CARDENAS (2.002), existe una primera generación de modelos de demanda caracterizados por el uso de datos agregados y descriptivos y una tendencia actual a enfatizar el desarrollo y estimación de modelos desagregados.

La aplicación de la desagregación incluye el análisis según modo, localización, ruta, secuencia de viajes, hogar y posesión vehicular, tipo de vehículo y contexto de escogencia. La teoría del análisis de desagregación se enmarca dentro de los modelos de estudio del transporte convencional, añadiendo los conceptos de costo generalizado y análisis basados en el hogar. Los modelos de escogencia de viajes desagregados, se han desarrollado con base en el trabajo de WARNER (1.962)²⁰ que toma en cuenta el valor del tiempo.

Programas computarizados para elaborar *modelos de planeación del transporte* hay de muy diversas formulaciones matemáticas y estadísticas. Dentro de esta gamma de modelos, se

¹⁸ WILLIAMS, C.W.L. Travel demand models, duality relations and user benefit analysis. En: Journal of regional science. Vol 16, No. 2. (1976).

¹⁹ ORTÚZAR, J. y WILLIAMS, H. Travel demand and response analysis - some integrating themes. En: Transp Res a. Vol 16a, No. 5-6. 1982.

²⁰ WARNER, S.L. Stochastic Choice of Mode in Urban Travel: A Study in Binary Choice, Northwestern University Press, 1.962.

pueden mencionar los siguientes software: EMME/2²¹, es un sistema de planificación del tráfico urbano multimodal, que posee un amplio abanico de herramientas que permiten un estudio muy detallado, su principio fundamental es la asignación de las matrices de la demanda (matrices Origen-Destino) a la red de transporte; MANTRA²², Sistema Integrado de Control de Manifiestos de Cargas y Carga Tránsito, tiene por objeto controlar toda la carga que se moviliza en el país, incluidas aquellas en tránsito, puede ser aplicado en los aeropuertos, pero en una futura etapa, deberá ser aplicado a todos los medios de transporte y los terminales de carga; TRIPS²³, es un paquete flexible de programas de planificación del tráfico que se puede utilizar para construir una amplia gama de modelos tanto en carreteras como en redes de transporte público; MEPLAN²⁴ es un paquete informático multifuncional utilizado para hacer un pronóstico de los efectos que un cambio en el sistema de transporte puede ocasionar sobre el uso del suelo o sobre un plan de desarrollo, y viceversa; se puede utilizar también para evaluar las distintas estrategias de desarrollo e incorpora un módulo de análisis económico que permite cuantificar los costes y beneficios que distintas inversiones pueden ocasionar; TRANUS²⁵ es un sistema de modelación integral de usos del suelo y transporte, combina un modelo de localización de actividades, usos del suelo y el mercado inmobiliario con un modelo multimodal de transporte; DELTA/START²⁶, facilita el análisis de las interacciones dinámicas entre usos del suelo y transportes de forma que permite la evaluación de políticas alternativas de desarrollo urbano y de infraestructura o de servicios de transporte; TRANSCAD²⁷ es una herramienta de planificación que incorpora un incorporado un sistema de información geográfico que permite trabajar con mucho más detalle y precisión en lo referente a representación cartográfica; UTPS, QRSII - Quick Response System II²⁸ programa para pronosticar los impactos de actuaciones urbanas sobre el tráfico y para pronosticar los impactos de proyectos viales sobre el modelo de viajes; ESTRAUS²⁹, es un modelo computacional que simula el comportamiento de un sistema de transporte urbano, ha sido desarrollado por el Gobierno de Chile a través de SECTRA Software; TRAMOS³⁰, (Traffic and TRansport Analysis, Modelling and Optimization System) es una herramienta para la

²¹ INRO. EMME/2 USER'S MANUAL. Montreal. 1.993.

²² LOGIT. Modelo de análisis de planeamiento Multimodal de Transporte. MANTRA. Manual Usuario. Sao Paulo. 1.993.

²³ MVA SOFTWARES PRODUCTS. LIMITED. Trips Release 2. 1999.

²⁴ ECHENIQUE, Marcial y otros. The MEPLAN Transport Model. 1.993.

²⁵ MODELÍSTICA. Sistema de simulación integrado uso del suelo y transporte. TRANUS. Manual de referencia. Caracas. 1.994.

²⁶ SIMMONDS, D; ROBERTS, M. DELTA/START: Incorporación del análisis de usos del suelo a los Estudios Integrados de Transporte. III Congreso de Ingeniería del Transporte. Vol. I. Pág. 559, A. López Pita y F. Robusté Antón (Eds). CIMNE, Barcelona 1998

²⁷ CALIPER CORPORATION. TRANSCAD Vers. 3.1. 1997.

²⁸ HOROWITZ, Alan J. Reference Manual: Quick Response System II for Windows. Wisconsin. 1.992

²⁹ CHICANO, J.; FERNÁNDEZ, J.; SOTO, A. ESTRAUS: Un modelo de equilibrio simultáneo para analizar impactos y apoyar la evaluación social de planes estratégicos de transporte urbano. Pontificia Universidad Católica de Chile. Fernández & De Cea Ingenieros Limitada. Santiago de Chile.

http://www.fdcconsult.com/html_version/papers/Panam_Vfinal_corr.doc

³⁰ ISOIN - Ingeniería y Soluciones Informáticas del Sur, v1.5. Universidad de Sevilla. http://www.isoin.es/tramos/introduccion/introduccion_es.asp 13/03/06

planificación y el estudio de problemas de tráfico y transporte en el ámbito urbano y metropolitano; entre otros.

Todos ellos, tal y como destaca LANE (1.974)³¹ se caracterizan por tener como “*objetivo principal de un modelo de transporte es predecir 1) el número de viajes que tendrán lugar por cada medio de transporte, 2) el origen y destino de estos viajes, y 3) la ruta que seguirán entre origen y destino*” y “*la construcción de modelos es la parte más sugestiva de la planificación del transporte y es la clave para el establecimiento de las futuras demandas de viajes.*”

Así mismo, señala GIBSON (1.984), citado por CARDENAS (2.002), “*otra razón práctica para desarrollar modelos es la dificultad de experimentar un laboratorio a escala reducida y de medir algunas características de la circulación, aunque sean observables. Hay pues lugar para modelos puramente descriptivos (cinemáticos) y de simulación*”. Siendo Este tipo de modelos usuales en el estudio e investigación del tránsito.

Más recientemente la formulación de modelos cuantitativos ha dado un paso, ayudado por la revolución instrumental que ha supuesto el moderno computador, hacia modelos de simulación de la circulación, a menudo basados en la teoría de colas o de ondas circulatorias. Son modelos microscópicos que representan en detalle el comportamiento de cada vehículo, tienen en cuenta los volúmenes de flujo en los distintos tramos que componen la red vial y establecen propuestas que buscan mejorar el control y gestión de la operación vehicular.

La mayoría de estos modelos se basan en la Teoría del Seguimiento Vehicular, la cual fue desarrollada por HERMAN Y ASOCIADOS para GENERAL MOTORS en la década de los 50'. Un ejemplo de programas disponibles en el mercado, que ayudan en el diseño de modelos de tránsito son: TRANSYT - TRAFFIC Network Study Tool³², es un modelo utilizado en la programación de redes de semáforos, que incorpora avances metodológicos y prácticos, como por ejemplo un modelo de dispersión del tráfico y un método de cálculo del ciclo óptimo para una red semaforizada; NETSIM (NETWORK SIMULATION SOFTWARE)³³, FRESIM, NETFLO, FREFLO, TSIS (Traffic Software Integrated System)³⁴, CORSIM (CORRIDOR TRAFFIC

³¹ LANE, R., POWELL, T. i SMITH, P. Analytical Transport Planning. 1.974. Traducción de Santiago Téllez Olmo. Planificación Analítica del Transporte. Instituto de estudios de administración local. Madrid: 1975.

³² VALENZUELA, Eduardo. TRANSYT (Traffic Network Study Tool) Laboratorio de Transporte y Uso de Suelo Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile. (evalenza@cec.uchile.cl), 2005

³³ <http://www.boson.com/AboutNetSim.html> 13/03/06

³⁴ <http://mctrans.ce.ufl.edu/featured/TSIS/> 13/03/06

SIMulation Model)³⁵, SIGSIM, HUTSIM (Helsinki University of Technology Simulation)³⁶ y GETRAM³⁷ (Gerencia Ejecutiva de TRANsporte y Movilización), es un entorno que permite la edición gráfica de modelos microscópicos de redes de tráfico para su simulación mediante el sistema AIMSUN2³⁸.

Una derivación de este tipo de modelos son los modelos de simulación del funcionamiento de intersecciones. Este tipo de modelos consideran las configuraciones físicas, tanto existentes como posibles de una intersección, así como el volumen de flujo vehicular, permitiendo establecer y proponer diseños que provean un adecuado nivel de servicio para una intersección determinada. Estos modelos son soporte en el proceso experimental de diferentes configuraciones para las intersecciones, indicando el posible comportamiento del tránsito al utilizar dicho esquema operativo.

Dentro de la gama de software y modelos de este tipo, se encuentran: SIDRA (Signalised and unsignalised Intersection Design and Research Aid)³⁹, programa para el análisis y diseño de intersecciones aisladas, sean semaforizadas o no; HCS (Highway Capacity Software. University of Florida)⁴⁰, donde se implementa la metodología para el cálculo de la capacidad y niveles de servicio de acuerdo con el manual de capacidad americano, para intersecciones semaforizadas o sin semaforizar, calles urbanas, carreteras entre otras; PASSER (Progression Analysis and System Evaluation Routine)⁴¹, programa para la optimización de planes de tiempo de los semáforos de las intersecciones, sobre la base de mediciones de flujos vehiculares; OSCADY (Optimised Signal Capacity and Delay)⁴², PICADY (Priority Intersection Capacity and Delay)⁴³, ARCADY (Assessment of Roundabout Capacity and Delay)⁴⁴, LISA, programa para el planeamiento de intersecciones semaforizadas; entre otros.

Un desarrollo también muy interesante es el de un modelo dinámico de asignación de tránsito para la red vial urbana con intersecciones semaforizadas y congestionada (VARIA, 2.004)⁴⁵, en este caso se hace una aproximación para el caso de la circulación con múltiple origen – destino. Se usa el método modificado de los promedios sucesivos buscando llegar a la

³⁵ <http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-11997-19264/unrestricted/chp3.pdf> 13/03/06

³⁶ <http://www.tkk.fi/Units/Transportation/HUTSIM/> 13/03/06

³⁷ <http://www.dtmob.eb.mil.br/novo/divulga2005/> 13/03/06

³⁸ MONTERO, L et al. Metodología del estudio de alternativas en el Delta del Llobregat. III Congreso de Ingeniería del Transporte. A. López Pita y F. Robusté Antón (Eds). CIMNE, Barcelona 1998.

³⁹ ARRB TRANSPORT RESEARCH. LTD. SIDRA Vers. 5.2. 1999

⁴⁰ McTRANS. Highway capacity Software. University of Florida. 1998

⁴¹ <http://www.sectra.cl/its/sagt/sagt.htm> 13/03/06

⁴² <http://www.trissoftware.co.uk/index.asp?Section=Products&Item=OSCADY> 13/03/06

⁴³ <http://www.trissoftware.co.uk/index.asp?Section=Products&Item=PICADY> 13/03/06

⁴⁴ <http://www.trissoftware.co.uk/index.asp?Section=Products&Item=ARCADY> 13/03/06

⁴⁵ VARIA, H i DHINGRA, S.L.. Dynamic user equilibrium traffic assignment on congested multideestination network. Journal of Transportation Engineering, March-April 2004 v130 i2 p211

condición del equilibrio, y se comparan los resultados obtenidos de la solución del mismo problema aplicando algoritmos genéticos, encontrándose ventajas sobre éste último en cuanto a la calidad de los resultados y a la velocidad de cómputo.

Aunque no sean estrictamente modelos para la planificación del transporte, conviene citar también este tipo de aplicaciones desarrolladas para el diseño de pavimentos. Toman en cuenta información relacionada con el tramo vial a estudiar y con base en tendencias históricas validadas estadísticamente y considerando la información sobre las condiciones ambientales y de tránsito a las cuales estará expuesto el tramo vial, se simula el deterioro de las capas estructurales correspondientes. Quien usa la herramienta ha de conocer muy bien las variables que inciden en el deterioro de los pavimentos, para suministrar las características adecuadas, de lo contrario el modelo no entregará resultados factibles. Ejemplo de programas de este tipo es HDM - III – IV (Highway Design and Maintenance Standards Model)⁴⁶; Pavimedia⁴⁷, entre otros.

Existen también modelos de costos de transporte más centrados en el TPCU y útiles en la determinación de tarifas, como el desarrollado por FONTUR⁴⁸, TARIFAS⁴⁹, TARIFACIL⁵⁰; Matriz de Costos de Mantenimiento⁵¹; modelos de diseño vial, modelos para gestión de flota⁵², etc.

El continuo desarrollo tecnológico, hace cada vez más necesaria la modelación en tiempo real aplicadas a sistemas de información orientados a la identificación de rutas óptimas de acuerdo con variados objetivos y a las reglas de toma de decisiones de los usuarios⁵³; esto es altamente complejo en cuanto a la representatividad matemática de la función de decisión del conductor para cada tipo del viaje y la dificultad de calibrar estas acciones, así como identificar la trayectoria óptima con base en una función general aproximada.

De esta forma se identifican y evalúan las rutas y las cualidades de las rutas. Amplias formulaciones en el campo del diseño y planeamiento de rutas de tránsito⁵⁴ se han

⁴⁶ <http://www.imt.mx/Espanol/Publicaciones/pubtec/ot164.pdf> 13/03/06

⁴⁷ Desarrollado por el Departamento de Transporte y Territorio de la UPC (ESPELT; HERCE i PEREZ, 2.003)

⁴⁸ FUNDACIÓN FONDO NACIONAL DEL TRANSPORTE URBANO (FONTUR). Sistema de cálculo tarifaria Vers. 2.0. Caracas. 1998

⁴⁹ PAZIANOTTO, O. i NAJJAR, G.. Sistema de Cálculo Tarifario. Sao Paulo. 1991

⁵⁰ LOGISTICA, INFORMATICA E TRANSPORTES LTDA y ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PUBLICOS (ANTP). TARIFACIL: Cálculo automático de tarifas de onibus. Sao Paulo. 1999.

⁵¹ MORALES, G. Aspectos básicos económicos del transporte terrestre automotor de carga. Intra. Bogotá. 1.992

⁵² LOGISTICA, INFORMATICA E TRANSPORTES LTDA y ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PUBLICOS (ANTP). DIMENSIONA FACIL: programación DE la Operación del transporte colectivo por omnibus.

⁵³ RILETT, L. i PARK, D. Incorporating uncertainty and multiple objectives in real-time route selection. Journal of Transportation Engineering, Nov-Dec 2001 v127 i6 p531(1)

⁵⁴ CHIEN, S; YANG, Z. i HOU, E. Genetic Algorithms Approach for Transit Route Planning and Design, Journal of Transportation Engineering, May/June 01, p200-207.

desarrollado, algunas tendientes a la predicción del tiempo de llegada de buses⁵⁵, e incluso en el análisis tridimensional del transporte para la planeación y diseño de sistemas⁵⁶ o en la aplicación de algoritmos genéticos orientados al diseño de rutas de tránsito⁵⁷ y determinación óptima de tiempos de transferencia en rutas de buses⁵⁸. No obstante, algunas de las predicciones no han sido muy alentadoras, puesto que en algunos casos la predicción en términos de series históricas han dado mejores resultados que las predicciones con información en tiempo real⁵⁹.

Como una particularidad, pero que de igual forma tiene efecto en la modelación, corresponde a nuevas propuestas que no consideran como eje fundamental para el pronóstico de trayectorias lo relacionado a viajes desde el hogar⁶⁰, puesto que estos modelos ponen restricciones en sus parámetros que comprometen su funcionamiento, desarrollando una metodología para predecir la opción individual del modo de viaje, basada en una metodología no paramétrica que impone muy pocas asunciones concernientes al rendimiento de predicciones de la selección del modo de transporte. Los resultados preliminares usando datos a partir de tres ajustes internacionales sumamente diversos, son prometedores, especialmente si se considera que los modelos son acertados mientras que usen solamente un número limitado de variables independientes para alcanzar estas predicciones.

En la actualidad, es amplia la gama de aplicaciones neuro – difusas orientadas a la modelación del comportamiento de selección de ruta⁶¹, considerando los varios factores del efecto sobre el viajero al momento de escoger una trayectoria. Al igual que en los casos anteriores el entrenamiento del sistema se basa en los datos extraídos de modelos experimentales y son evaluados bajo diferentes estados del tránsito.

Sin embargo y aunque es a partir de la década de los 90' que se empieza a cuestionar la formulación del modelo clásico de transporte, criticando en gran parte su uso y fiabilidad de los datos de partida, se tiene que sobretodo en los países latinoamericanos este modelo se ha usado de forma intensa y su estructura parece perdurar.

⁵⁵ CHIEN, S.; DING, Y. i WEI, Ch. Dynamic Bus Arrival Time Prediction with Artificial Neural Networks. *Journal of Transportation Engineering*, 128(5), 429-438 (2002).

⁵⁶ EASA, S.; STRAUSS, HASSAN, Y. i SOULEYRETTE, R. Three-Dimensional Transportation Analysis: Planning and Design. *Journal of Transportation Engineering*, 128(3), 250-258 (2002).

⁵⁷ TOM, V. i MOHAN, M.. Transit Route Network Design Using Frequency Coded Genetic Algorithm. *Journal of Transportation Engineering*, 129(2), 186-195 (2003).

⁵⁸ NGAMCHAI, S. i LOVELL, D. Optimal Time Transfer in Bus transit Route Network Design Using a Genetic Algorithm. *Journal of Transportation Engineering*, 129(5), 510-521 (2003).

⁵⁹ CHIEN, S. i KUCHIPUDI, Ch. Dynamic Travel Time Prediction With Real-Time and Historic Data. *Journal of Transportation Engineering*, 129(6), 608-616 (2003).

⁶⁰ KARLAFTIS, M. Predicting mode choice through multivariate recursive partitioning. *Journal of Transportation Engineering*, March-April 2004 v130 i2 p245(6)

⁶¹ HAWAS, Y. Development and calibration of route choice utility models: neuro-fuzzy approach. *Journal of Transportation Engineering*, March-April 2004 v130 i2 p171(12)

Las primeras contestaciones son de orden interno y se refieren a las propias limitaciones de los modelos (que se analizan más detalladamente en el capítulo 4 de esta Tesis). Señala RUIZ (1.995)⁶², que el modelo clásico, se funda en cuatro etapas que pretenden responder a las preguntas: ¿Por qué? ¿A dónde? ¿En qué? ¿Por dónde? La respuesta a cada inquietud constituye una etapa del modelo, lo cual conlleva a trabajar en dos procesos.

Así, primero se trata de representar de la forma más fidedigna posible como son las características de movilidad de una población, a través de información actual, este proceso puede llamarse *“Calibración del Modelo”*. El problema radica en que aunque se logre representar lo más fidedignamente posible la situación actual a partir de la aplicación del modelo, los parámetros o variables que le soportan, pueden variar al haber modificaciones en la estructura urbana o en las costumbres de movilidad de las personas, así como se ven influenciados por factores sociales, dado lo anterior, el modelo puede generar representaciones no fidedignas si los parámetros no han sido estudiados cuidadosamente.

Segundo, una vez calibrado el modelo, se busca realizar la predicción de los flujos que en un futuro se presentarán, si se considera que para representar la realidad se usaron parámetros razonables; no obstante, para predecir, se requerirá la modificación de las características de las zonas o redes según las tendencias que el “modelador” cree van a presentarse en el futuro, es decir, se deberán tener en cuenta los proyectos que se proveen realizar posteriormente.

“Si se deja de lado el problema de la calibración, la predicción a futuro es incierta, porque predecir el comportamiento de características de la ciudad, por ejemplo, cambios en las costumbres de movilidad según el incremento del nivel de vida, es realmente difícil, en consecuencia, no se puede estar muy seguro de la confiabilidad de los pronósticos hechos con el modelo.”⁶³

Por último, vale la pena resaltar que se hace necesario disponer de información fidedigna y confiable para poder modelar el sistema de transporte, pues si la información es de baja calidad o errónea, los resultados no serán ni verdaderos ni útiles. Dado lo anterior es esencial que las ciudades posean bancos de datos adecuadamente organizados y que posean información confiable con el fin de estudiar y conocer como ha sido la evolución de la movilidad para tener mejores proyecciones de ésta.

⁶² RUIZ, A. Sistemas de transporte. Ed. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid. 1995

⁶³ CARDENAS, D. Metodología para caracterizar la movilidad con fines de planeación urbanística en pequeñas y medias ciudades; aplicación a Colombia. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, 2002.

Existe, sin embargo, una contestación más radical, que se destina al tipo de enfoque, y que niega que sea posible sostener enfoques de demanda en un contexto creciente de atención a la sostenibilidad, a la movilidad en todo tipo de sistemas y de necesidad de eficiencia energética. Estas críticas reconocen que es indudable que han tenido aportaciones importantes en lo que se refiere al conocer la forma en la cual se presenta la movilidad sobre un territorio en algún determinado momento y sus cambios o evolución a lo largo de un período de tiempo, así como la validez de muchos de los diferentes instrumentos metodológicos que han sido desarrollados para ello, que constituyen importantes avances instrumentales.

Pero, a pesar de ello, el problema radica en que sobre la base de aplicación de dichos instrumentos se han planteado las diferentes propuestas de planificación territorial extrapolando los modelos ajustados sobre hipótesis de la observación a situaciones futuras (incluso, en algunos casos, son alterados los pesos de las variables del modelo sobre tendencias observadas de evolución de comportamientos).

Es así como, se estima la futura distribución de las actividades en la ciudad, se determinan sus matrices futuras de demanda de movilidad, se plantean diversas políticas de alteración de la redes de transporte (normalmente solo la viaria), y se asigna ese tráfico generado por la demanda a diversos supuestos e ampliación de red hasta lograr un funcionamiento equilibrado o satisfactorio del tráfico en el futuro, que siempre termina por reforzar el modelo territorial y de movilidad que se pretende corregir.

Se ha comprobado, en el caso de las redes destinadas para la circulación de vehículos, como todas las estimaciones de carga futura en vías nuevas dan cifras exageradas, colaborando a aumentar su necesidad de construcción de éstas y con la consecuente densificación de espacios para el automóvil en el territorio; aún así, los defensores del enfoque de Demanda aducen que, a pesar de ello, tiempo después de su construcción su intensidad de uso supera esas cifras, pero ello no es más que una consecuencia inequívoca de los efectos de construcción de itinerarios favorecidos (que desplazan la congestión a otros puntos) y de la respuesta de multiplicación del tráfico privado en situaciones de facilidad de desplazamiento (movilidad inducida).⁶⁴

⁶⁴ HERCE, M. L'Espai públic de la mobilitat. Edicions UPC, Barcelona, 2007

Por el contrario, los más actuales enfoques que ponen la atención en la gestión de la demanda, pretenden establecer redes específicas para las distintas formas de movilidad pretende definir redes que atiendan de manera prioritaria a cada una de ellas, mediante restricción del resto de los tránsitos que resulten incompatibles. Así, se diferencian en la trama viaria urbana distintos tipos de redes: peatonal, transporte colectivo, ciclovías y espacio del automóvil.

La base conceptual de este tipo diferente de enfoque parte del hecho de que el territorio se organiza en base a la estructura de relación que le dan sus diferentes redes, y por esa causa, resultan erróneos los métodos que establecen a éstas como un simple servicio demandado por una localización de actividades que suponen abstracta y con lógica de producción propia. Así mismo, el balance de aplicación de los modelos de demanda, frecuentemente, ignora la limitación de los recursos (financieros y de espacio) y la necesidad de su adecuada gestión, y propician un método despilfarrador del territorio y de sus infraestructuras⁶⁵.

En esta línea ha comenzado a tomar cuerpo una nueva política de las ciudades europeas sobre la movilidad urbana. En Gran Bretaña, se ha aprobado la directiva de política de planificación denominada PPG13, la cual ha sido desarrollada por los Departamentos de Medio Ambiente y Transportes, y aconseja a las autoridades locales cómo deberían integrar la planificación del transporte y la política de los usos del suelo, buscando como objetivo el asegurar que las autoridades locales lleven a cabo sus políticas de desarrollo urbano y sus programas de transporte de tal forma que: Reduzcan el crecimiento del número y longitud de los viajes motorizados, fomenten modos de transporte alternativos con un menor impacto medioambiental y reduzcan la necesidad del automóvil.

El modelo START es un modelo para planeación estratégica del transporte, el cual fue desarrollado progresivamente en el Reino Unido a partir de varios estudios, este paquete tiene una influencia profunda no sólo en las propias técnicas del modelo sino en la forma en la que se puede utilizar en un estudio estratégico, cuyo objetivo principal no es la modelación como tal, sino el análisis y la recomendación de políticas óptimas.

Este modelo se ha aplicado en aglomeraciones de importancia como Birmingham y Merseyside, grandes ciudades como Edimburgo, Bristol y Londres, áreas pequeñas como

⁶⁵ HERCE, M. i MIRO, J. El soporte infraestructural de la ciudad. Edicions UPC, Barcelona, 2002.

Luton/Dunstable. Además se ha aplicado a las estrategias de ciudades como Sao Pablo y Guangzhou (China)⁶⁶

Otro paquete que ha llevado a la realización de ciertos estudios del transportes es el DELTA/STARTS, el cual es un paquete de modelización dinámica de usos del suelo/transportes/medio ambiente, que ha sido desarrollado en el Reino Unido como resultado de la necesidad de disponer de una planificación estratégica integrada entre usos del suelo y transporte; este modelo ha sido aplicado a Edimburgo, en la región Lothian (Escocia) y en la región del Gran Manchester (Inglaterra). Éste ha sido desarrollado a partir del modelo STARTS, el cual ha sido modificado para poder trabajar sobre una serie de años futuros. En cada intervalo, el modelo de usos del suelo, DELTA, calcula los cambios en actividades urbanas y en los espacios que ocupan. Los dos modelos, utilizados conjuntamente, producen un modelo dinámico de desarrollo urbano, en el cual los resultados de DELTA modifican las demandas de movilidad en el modelo STARTS, a la vez que los resultados de STARTS (accesibilidad, impacto de transportes sobre el medio ambiente, etc.) influyen en la localización de actividades y el mercado inmobiliario.⁶⁷

En Holanda, con la filosofía de: *“El negocio adecuado en el lugar adecuado”*, surgió el Plan ABC, dicho plan contiene dos elementos claves en su definición, el nivel de accesibilidad de una zona y el patrón de desplazamientos de una empresa. Este plan define tres tipos de zonas, en función de sus niveles de accesibilidad según modos de transporte: Zonas A, acceso óptimo al transporte público; la accesibilidad en coche es menos importante; Zonas B, puntos nodales de transporte público con vías urbanas de primer orden; Zonas C, acceso óptimo por carretera, sin exigencias respecto al transporte público.

La aplicación de las teorías fractales en el campo del transporte, a pesar de que no se encuentran muy desarrolladas, se han tenido algunos ejemplos prácticos como los resultados obtenidos por Dupuy, quien constató que existía una relación fractal entre el número de estaciones de la red de ferrocarriles regionales de París y la superficie de ámbitos concéntricos al centro.

Los más recientes trabajos de investigación, que aborden dicha teoría, buscan representar el diseño de una red urbana a partir de figuras fractales, es así como se ha modelizado con

⁶⁶ ROBERTS, M.; SIMMONDS, D. i GARCIA, A. « Metodología de modelización estratégica para el desarrollo de políticas de transporte urbano». III Congreso de Ingeniería del transporte. 1998

⁶⁷ SIMMONDS, D. i ROBERTS, M. "Incorporación del análisis de usos del suelo a los estudios integrados de transporte". III Congreso de Ingeniería del Transporte. 1998

éxito las redes de saneamiento y de autobuses en la aglomeración de Lyon, la red de metro y ferroviaria de Stuttgart y la ya citada red en París.

En Cataluña, desde la aprobación de su Llei de Mobilitat del 2004, abundan los ejemplos de aplicación de este tipo de enfoques, como los elaborados para Barcelona (Gracia, Poble Nou), Sabadell, El Prat, Palamós, Figueres, etc., que se pueden consultar en L'observatori de la Mobilitat de la Diputació de Barcelona y algunos de los cuales están contenidos en la obra de HERCE citada con anterioridad (nota 64).

Existe ya una amplia bibliografía sobre este nuevo tipo de enfoque de la movilidad y el transporte urbano, entre la que destacamos:

- La Organización de los transportes en las principales áreas metropolitanas de Europa Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Consejo Superior de Transportes Terrestres (CSTT). Madrid 1978.
- City centre planning and public transport case studies from Britain, West Germany and France. Barry J. Simpson. Wokingham Van Nostrand Reinhold 1988.
- Roma anni novanta produzione servizi mobilità aree verdi e la nuova forma della città. Alessandro Cotti. Roma Università di Roma La Sapienza cop. 1999.
- In transit mobility, city culture and urban development in Rotterdam. Paul Meurs and Marc Verheijen with contributions by Luuk Boelens. Rotterdam NAI cop. 2003
- La Practica de los Planes de Movilidad. Romero Calix, Anna. Revista: Área. Revista de Debats Territorials. Barcelona 1999.
- Las transformaciones urbanas y las políticas del transporte urbano. Los casos de Paris y Milán. Miralles Guasch, Carme. Revista: Documents d'Anàlisi Geogràfica. Barcelona 1993.
- Sociedad y transporte en las aglomeraciones de Barcelona, París y Milán. Junyent Comas, Rosa; Gimenez Capdevila, Rafael. ETSI Caminos, Canales y Puertos, Lab. de Estudios históricos y sociales de ingeniería civil, Barcelona, Revista: Revista Catalana de Geografía. Barcelona 1989.
- Espacio movilidad y transporte. Valero, A. Universidad Complutense de Madrid, Revista: Ciudad y Territorio. 1983.

- Tendering of Services. Preston, John. Ed. Button, Kenneth J. Handbooks in Transport. New York 2005.
- Transport policy : take a lesson from London. Pourbaix, Jerome. Tramways & Urban Transit. United Kingdom 2005
- The Role of UK Local Authorities in Promoting the Bus. Morris, Michelle; Ison, Stephen; Enoch, Marcus. Journal of Public Transportation. Center for Urban Transportation Research. University of South Florida. Tampa USA 2005.
<http://www.nctr.usf.edu/jpt/pdf/JPT%208-5%20Morris.pdf>
- London Buses - A Success Story for Public Transport. Hendy, Peter. Second International Conference on Urban Public Transportation Systems: Ensuring Sustainability Through Mass Transit. Alexandria, Virginia, USA 2004
- Existing Urban Public Transportation System, Its Operations and use by people. Testa, A. Urban Public Transportation Systems. Proceedings of the First International Conference. Miami, Florida USA 2000.
- Public transport in Helsinki. Vepsalainen, S. Urban Public Transportation Systems. Proceedings of the First International Conference. Miami, Florida USA 2000.
- London Socioeconomic, Land Use, and Travel Patterns: Position Statement, Issues, and Solutions. Cole, S. Urban Public Transportation Systems. Proceedings of the First International Conference. Miami, Florida USA 2000.
- Roadspace re-allocation increasing bus use. Gardner, K. Urban Public Transportation Systems. Proceedings of the First International Conference. Miami, Florida USA 2000.
- Integrated Urban Transportation Systems: The Berlin Example. Bahm, G. Intelligent Transportation: Realizing the Future. Abstracts of the Third World Congress on Intelligent Transport Systems. Orlando, Florida USA 1996.
- New ideas for public transport in outer London: development of case studies. London Transport Planning. London 1996.

Sin embargo, en America Latina sigue siendo casi omnipresente el uso de modelos propios del enfoque de demanda. Sobre todo a partir de la resonancia universitaria que tuvo el Modelo ESTRASUS, que es un paquete computacional que data de finales de la década de los

80', el cual fue desarrollado e implementado en Santiago por el Gobierno de Chile, dentro del proyecto denominado "Estudio de Evaluación y Desarrollo del Sistema de Transporte Urbano de Santiago (ESTRAUS)", cuyo fin es evaluar proyectos estratégicos de inversión en sistemas de transporte urbano⁶⁸. Con esa metodología, se han realizado los recientes estudios de planeamiento del transporte en Santiago de Chile, desarrollados por la facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile y la empresa consultora CADE; Estudio de Demanda del Sistema de Transporte público de superficie de Santiago, 1997, desarrollado por la empresa consultora ASTRA.⁶⁹

Es esta la línea de trabajo todavía predominante, como se muestra en los capítulos 4 y 5 de esta Tesis: Hay que dejar constancia, sin embargo, de que también están presentes los enfoques alternativos de la movilidad anteriormente citados. Por ejemplo, en la ciudad de Curitiba (Brasil), se estableció en el año 1.965 un plan preliminar de urbanismo conocido como el Plan Director, el cual se puso en práctica a partir del año 1.971, definiendo las directrices básicas para un crecimiento ordenado de la ciudad. El Plan prevé el desarrollo a través de ejes norte-sur y este-oeste, teniendo como soporte el transporte colectivo, el sistema viario y los usos del suelo. Es a partir de este momento que se inicia una secuencia de intervenciones urbanísticas que le dan la identidad que tiene la ciudad actualmente.⁷⁰

En la ciudad de Londrina (Brasil), ciudad de 500.000 hab., a partir del año 1.995 se comenzaron los estudios de reestructuración del sistema de transporte público urbano, en el cual se reestructuraron los terminales, las rutas y se jerarquizó el sistema, racionalizando y mejorando la calidad de oferta y operación del servicio. Con la implantación del proyecto, la ciudad pasó en 9 meses, a tener una nueva red de transportes con un incremento de la oferta de servicios prestados y mayor movilidad. Se adoptó un nuevo trazado para las rutas en el centro de la ciudad descongestionando las calles a través de la racionalización de sus itinerarios.⁷¹

También en la ciudad de Ourinhos (Brasil), ciudad de 86.000 hab., en 1.998, se realizaron los estudios para implementar el Plan Integral de Transporte de la ciudad; a través de los resultados del diagnóstico se desarrollo un proyecto integrar de transporte y tránsito, con

⁶⁸ DE CEA, J.; FERNANDEZ, J. "ESTRAUS: Un modelo de equilibrio Oferta-Demanda para redes multimodales de transporte urbano con múltiples clases de usuarios". IV Congreso de Ingeniería del Transporte. 2000

⁶⁹ PONCE, F.; et al. "Cuantificación de la demanda de transporte público de superficie en Santiago de Chile". IV Congreso de Ingeniería del Transporte. 2000

⁷⁰ GOMEZ, M^a. "La ciudad de Curitiba, un ejemplo de transporte rápido, económico y de bajo impacto ambiental". III Congreso de Ingeniería del Transporte. 1998

⁷¹ MARCHEZETTI, A.; RECK, G. i FERREIRA, E. "Estrategias de Planeación de Transporte público en la ciudad de Londrina". III Congreso de Ingeniería del Transporte. 1998.

acciones sobre el sistema vial, buscando la optimización en la prestación del servicio público de transportes.⁷²

En Colombia, hay que destacar esta preocupación reciente sobre el sistema de TPCU, que ha requerido de comenzar a elaborar nuevos instrumentos metodológicos, como los que se comenzaron a ensayar para la implantación del denominado TransMilenio de Bogotá.⁷³ Experiencia y métodos que se han extendido a otras ciudades, como Medellín.⁷⁴

Menciona, al respecto, DUEÑAS (2.001)⁷⁵, que en Colombia, el Transporte Público Colectivo Urbano (TPCU) ha sufrido ciertos cambios graduales como reflejo de la variación en las necesidades y valores de la sociedad. Se pueden establecer entonces tres etapas primordiales de la evolución de éste en el país; la primera, llamada “*Era de la Motorización*”, tuvo como propósito fundamental brindar un adecuado emplazamiento y acomodo al coche, lo cual orientó de una u otra forma las políticas de transporte hacia la formulación de planes viales y de facilidades para el transporte individual motorizado, restándole valor y dando muy poca importancia al TPCU y peatonal.

Es a partir de mediados de los 80’, cuando se acentúa y se hace notoria la necesidad de planear y planificar el TPCU, identificándose además, que en Colombia, la población que tenía la posibilidad de poseer y hacer uso de un automóvil particular, era precisamente la de mayor estratificación e ingreso (los ricos), que por cierto constituían la proporción más baja de la población, mientras por el contrario, la gran mayoría de la población (de medios y bajos estratos e ingresos) dependía para su movilización, tanto del TPCU como de los transportes autónomos (a pie o bicicleta), es así como se entra en la segunda etapa “*Transporte Balanceado*”, la cual consistió en dar un mayor valor al servicio de TPCU, pero sin descuidar de forma tajante la adecuación y construcción de vías y facilidades para los vehículos particulares.

De forma gradual, Colombia se ha ido induciendo a la tercera etapa, llamada “*Toma de conciencia*”, la cual es el resultado de la preocupación ciudadana respecto a los efectos adversos de la operación y gestión de los vehículos de transporte sobre el medio ambiente y los altos costos de operación de los sistemas, sumando a ello los limitados recursos que

⁷² FERREIRA, E.; MARCHEZETTI, A. “Plan Integral de Transporte y Tránsito de la ciudad de Ourinhos”. III Congreso de Ingeniería del Transporte. 1998

⁷³ MATALLANA TORRES, Henry: TransMilenio: una nueva visión en transporte urbano masivo. Revista Carreteras. Madrid, 2004.

⁷⁴ Análisis de Planes de infraestructura y transporte de la región de Occidente de Colombia. Elaborado por el Posgrado en Vías y Transporte de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín para el Corpes de Occidente. Junio de 1998-Mayo de 1999; y SARMIENTO ORDOSGOITIA, Iván R: Estimación de la Demanda para una Estación de la Línea 3 del Metro de Medellín.. Revista Boletín Ciencias de La Tierra. 2002.

⁷⁵ DUEÑAS, D. Transporte Público Colectivo Urbano. Parte 1. Operación del Transporte Público Colectivo Urbano – Marco Conceptual. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Tunja 2001.

existen para invertir en dicho sector, generando entonces el impulso y promoción para aprovechar más la infraestructura existente, estudiar y modificar las condiciones de operación y gestión del sistema, estimulando el cambio en el comportamiento de los usuarios, promoviéndose además las formas de transporte autónomo (A pie, en bicicleta), conllevando al aumento de la calidad en la prestación del TPCU.⁷⁶

Es este estado de opinión el que ha animado al autor de esta Tesis a profundizar más en la posibilidad de aplicación de los métodos con enfoques de oferta elaborados para las ciudades europeas, y en las posibilidades de aplicación a ciudades de tamaño medio, donde la complejidad es tal vez menor que en las grandes metrópolis colombianas.

1.4. TAREAS DE INVESTIGACIÓN DESARROLLADAS EN LA TESIS.

Para cumplir el objetivo de estudio planteado se ha hecho preciso el desarrollo de las siguientes tareas:

- Investigar, explorar y comparar las metodologías y modelos aplicados en como mínimo los dos últimos Planes Viales y Planes de Movilidad Urbana y de Transporte de un conjunto formado por las seis principales ciudades medias (de menos de un millón de habitantes). Las ciudades sobre las que se ha trabajado diferentes escalas de análisis, son las siguientes: Tunja, Manizales, Ibagué, Armenia, Popayán, Valledupar, así como Bogotá, tan solo como referente metodológico.
- Estudiar la normatividad vigente en Colombia respecto a la realización de Planes Viales o Planes de Movilidad y Transporte en zonas urbanas y la metodología establecida por el Gobierno Central para la realización de dichos estudios.
- Resumir detalladamente la metodología usada por los Modelos de transporte aplicados, buscando las deficiencias emanadas de su aplicación en las ciudades seleccionadas.
- Comprobar la adecuación de métodos a la disponibilidad de información y a las características generales de la movilidad en las ciudades medias Colombianas.

⁷⁶ Ídem.

- Comparar las características de movilidad presentes en las ciudades seleccionadas, a través de paralelismos entre ellas, según proporción de uso en modos de transporte (a pie, bicicleta, vehículo privado, transporte público) y diferentes indicadores socioeconómicos, sociodemográficos, características topográficas, etc.
- Estudiar los efectos de la aplicación de las metodologías usadas en dichas ciudades, a través de comparaciones reales sobre qué se proponía en los Planes Viales o de Movilidad y Transportes anteriores al actualmente aprobado, estableciendo sus propósitos y metas y lo que en realidad se ha logrado cumplir.
- A través de un proceso gráfico, determinar la evolución de la red de vías, la evolución de la red de TPCU, la evolución del tejido urbano y la evolución de la promoción del suelo, para cada una de las ciudades seleccionadas, a partir de los Planes Viales y Planes de Ordenamiento Territorial de éstas.
- Inventariar y estudiar las metodologías alternativas de movilidad urbana aplicadas en ciudades Occidentales (Barcelona, Buenos Aires, Río de Janeiro, y ciudades Medias Catalanas: Sabadell, el Prat, Figueres, etc.).
- Estudiar las ventajas y posibilidades de la aplicación de estas nuevas metodologías de planificación a través de un test de eficacia aplicado a la ciudad de Manizales.

1.5. FUENTES Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.

Como principales fuentes de Información, que sirvan como sustento de la presente investigación, y que provean la adecuada documentación del problema, se posee tanto la Bibliografía que se referencia más adelante, como contacto directo con Administraciones Municipales (Alcaldías Municipales) de las diferentes ciudades a estudiar, así como búsqueda a través de Internet y Bibliotecas.

Un punto neurálgico para definir exactamente que ciudades se estudiarán es la consecución de toda la información necesaria para una comprobación y comparación adecuada de las diferentes metodologías usadas, así mismo, la consecución de cartografía digitalizada de las zonas urbanas de las ciudades a estudiar y sus respectivos Planes de Ordenamiento Territorial (POT) y Planes de Desarrollo vigentes.

Respecto a la consecución de la información, con el fin de desarrollar el trabajo investigativo, se han obtenido y analizado los siguientes documentos:

a) Manizales:

- Una aplicación de SIG a la Planificación Urbana de Manizales. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) – internacional Institute for Aerospace Survey and Herat Sciences (ITC). Bogotá 1992.
- Estudio de Racionalización del Sistema de Transporte Masivo. Universidad nacional de Colombia – Sede Manizales. Municipio de Manizales. Septiembre de 1992.
- Estudio Plan Vial y de Transporte de la Ciudad de Manizales. Sistema de Transporte Público de la Ciudad de Manizales, Diagnóstico. Ingeniería de Consulta Ltda.. Municipio de Manizales. Agosto de 1992.
- Plan de Transporte Masivo para Manizales. Alcaldía de Manizales. Octubre de 1992.
- Cartografía del Municipio de Manizales. 2004.
- Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Manizales 2000.
- Plan Vial del Municipio de Manizales 2005. Universidad nacional de Colombia – Sede Bogotá. Municipio de Manizales.
- Estudio de la Matriz Origen Destino de la ciudad de Manizales. Unión temporal Asuntos Urbanos – Wilmer Pipicano. Municipio de Manizales. 2001.

b) Armenia:

- Estudio del Plan Vial y de Transporte para la ciudad de Armenia - Fase I. Universidad del Quindío. Facultad de Ingeniería. Agosto de 1995.
- Estudio para la actualización del Plan de Transporte e Infraestructura del Departamento del Quindío. Gobernación del Quindío. Gerencia de infraestructura. Universidad del Quindío. Facultad de Ingeniería. Diciembre del 2000.
- Actualización del Plan Vial y de Transporte del Municipio de Armenia. Universidad del Quindío. Facultad de Ingeniería. Julio de 2005.
- Cartografía actualizada del Municipio de Armenia. 2005.
- Diagnóstico Vial del Municipio de Armenia. Municipio de Armenia. Diciembre de 1994.

c) Ibagué:

- Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Informe final. Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá. Facultad de Ingeniería. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Noviembre de 2000.
- Estudio de Capacidad vial de Intersecciones a Nivel para la ciudad de Ibagué. Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá. Facultad de Ingeniería. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Noviembre de 1999.
- Cartografía del Municipio de Ibagué. 2003.

d) Popayán:

- Estudio de reestructuración de rutas de transporte público colectivo urbano. Ingeniería de Consulta Ltda. Municipio de Popayán. Junio de 2003.
- Plan de Gestión de Tránsito y Transporte para el Municipio de Popayán. Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá. Facultad de Ingeniería. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 2000
- Plan Vial y de Transporte Área Central 1997 – 2007. Ingeniería de Consulta Ltda. Municipio de Popayán. 1997
- Plan de Ordenamiento Territorial para Popayán (P.O.T.) 2002 - 2011
- Cartografía del Municipio de Popayán. 2000.

e) Tunja:

- Encuestas domiciliarias de movilidad en la ciudad de Tunja. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Bases de datos de 1993.
- Encuestas domiciliarias de movilidad en la ciudad de Tunja. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Bases de datos de 2003.
- La movilidad urbana en Tunja 1993 – 2003. Cárdenas, Daniel h; Poveda, Juan C.; Díaz, Sonia E. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Generación de viajes en la ciudad de Tunja: Tasas de producción de viajes. Cárdenas, Daniel H., Vega B., Luis A., Dueñas R., Domingo E. Revista Facultad de Ingeniería. ISSN 0121-1129. Año 8, No. 3. 1.996.

- Caracterizar a Tunja antes de estudiar su movilidad. Cárdenas, Daniel H. Revista Pensamiento y Acción. No. 4-5. ISSN 0120-1190. Tunja. 1.999.

- Plan de Ordenamiento Territorial de Municipio de Tunja.

f) Pasto:

- Caracterización de la movilidad en el Municipio de Pasto. Departamento nacional de Planeación. PNUD. Octubre 2004.
- Caracterización de la Movilidad en el Municipio de Pasto 2004. Márquez, Luis G.; Cárdenas, Daniel H; Leguizamón, Luis C. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Contraste del comportamiento de la movilidad del Municipio de Pasto en época normal y en época de vacaciones. Leguizamón, Luis C.; Cárdenas, Daniel H; Márquez, Luis G. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Plan de Desarrollo 2004 – 2007 del Municipio de Pasto.

g) Envigado:

- Plan Vial y de Transporte del Municipio de Envigado 2000 – 2007. Diagnóstico. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín. Diciembre de 1999.

h) Yopal:

- Plan Integral de Tránsito y Transporte para el Municipio de Yopal. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Alcaldía de Yopal. 2005.

i) Valledupar:

- Ejecución de la primera Fase de los Proyectos Urbanos y de Movilidad planteados en el POT. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Instituto Municipal de Tránsito y Transporte de Valledupar. 2002.
- Plan de Desarrollo Municipal de Valledupar. 2004 – 2007. Abril de 2004

k) Tuluá:

- Plan Vial del Municipio de Tuluá 1998. Sarmiento, Iván; Fuentes Sandra P.; Jaramillo, Gaudelia C. Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín. Municipio de Tulúa. 1998.

i) Bogota:

- Plan Maestro De Transporte urbano. JICA, IDU, municipalidad de Bogotá 1996
- Estudio de Tránsito de la Avenida longitudinal de Occidente. IDU- Egi- Nasar asociados, 1997

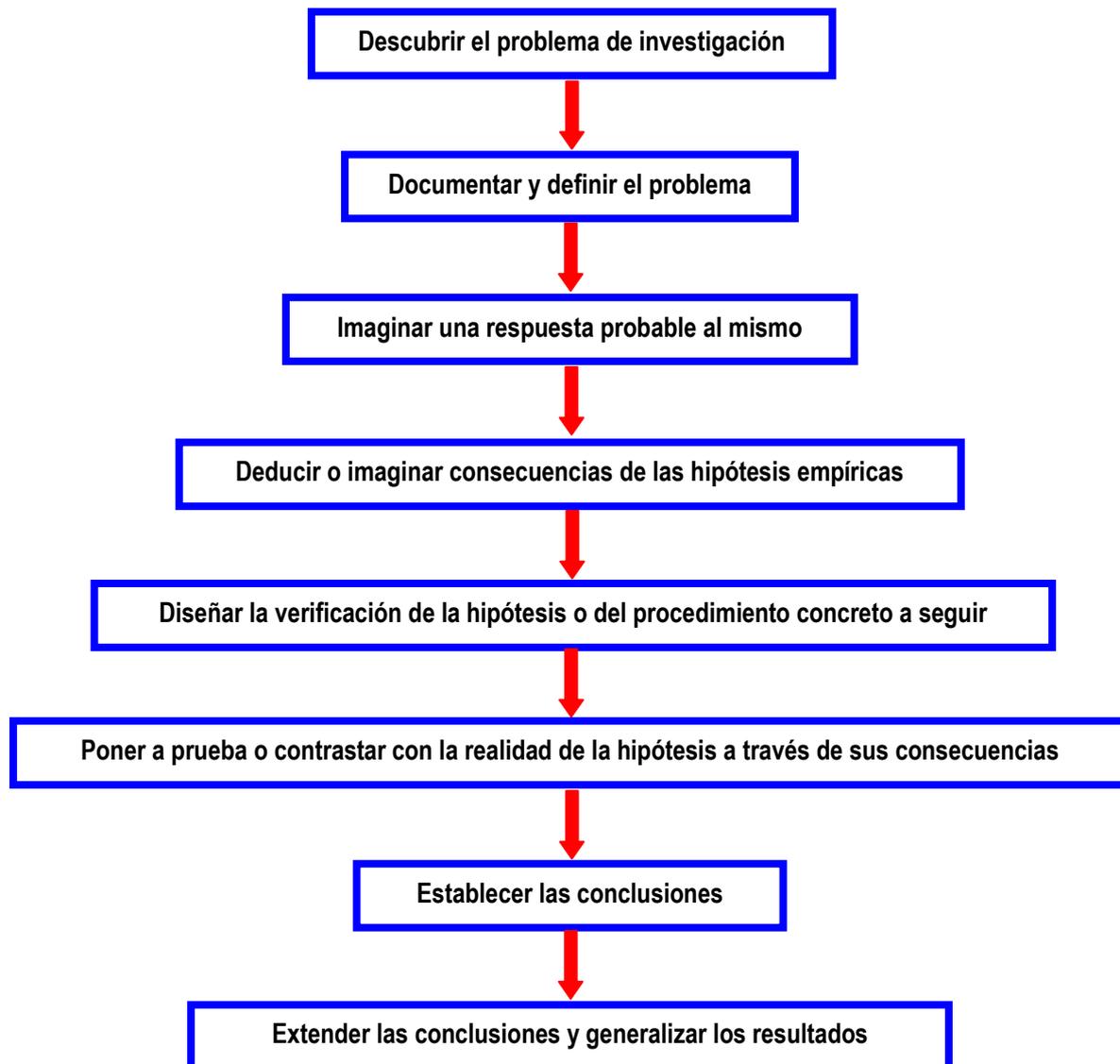
j) Otros estudios:

- Modelación de la Distribución de Viajes en Ciudades Intermedias Colombianas. Sarmiento Ordosgoitia, Iván R. IV Congreso de Ingeniería de Transporte. Valencia-España. 2000

Además, se ha tenido el apoyo de las siguientes entidades, quienes amablemente han accedido al préstamo de la información necesaria para la investigación y han demostrado su interés en apoyarla:

- Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales. Departamento de Ingeniería Civil. Grupo de Trabajo Académico en Vías, Transportes y Geotecnia (VTG). Contacto: Ing. Francisco Javier García Orozco; Ing. Oscar Correa Calle.
- Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogota. Facultad de ingeniería. Grupo de Investigación: Programa de Investigación en Tránsito y Transportes (PIT). Contacto: Ing. William Castro García.
- Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín. Facultad de Minas. Escuela de Ingeniería Civil. Contacto: Ing. Iván Reinaldo Sarmiento; Ing. Víctor Gabriel Valencia Alaix.
- Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería en transportes y Vías. Contacto: Ing. Luis Gabriel Márquez Díaz.
- Universidad del Cauca. Popayán. Facultad de Ingeniería Civil. Departamento de Vías y Transportes. Contacto: Ing. Carlos Alberto Arboleda Vélez.
- Universidad del Quindío. Armenia. Facultad de Ingeniería. Contacto: Ing. Luis Emilio Guayacán.
- Alcaldía de Manizales. Secretaría de Tránsito y Transporte del Municipio de Manizales. Contacto: Ing. Jorge Iván Osorio; Ing. Leonardo Leal.

El proceso metodológico de investigación científica viene dado según el siguiente diagrama de flujo⁷⁷, el cual debe ser cumplimentado paso a paso con el fin de obtener resultados favorables a lo largo del desarrollo de la investigación.



- *Descubrir el problema de investigación.* El problema de investigación se centra en cómo las metodologías de Planificación del TPCU que se usan actualmente en las ciudades medias Colombianas, no son en realidad las más adecuadas para establecer los Planes Viales y Plan de Movilidad de éstas, es así como ha quedado plasmado en el Objeto de Estudio. Se busca realizar una “comparación objetiva” de las metodologías y modelos de

⁷⁷ SIERRA, R. “Tesis doctorales y trabajos de investigación científica”. Ed. Paraninfo, 4ª edición. Madrid, 1996.

planificación de TPCU usados en los diferentes Planes Viales o Planes de Movilidad y de Transporte en ciudades medias Colombianas⁷⁸, así mismo, “comprobar” si estas metodologías y modelos son verdaderamente adecuados para ser aplicados a dichas ciudades, teniendo en cuenta las características particulares de cada una de ellas; por otro lado se busca establecer si las nuevas metodologías y modelos alternativos de planificación del TPCU, aplicados en ciudades Europeas proporcionan resultados más eficaces a través de un test de eficiencia aplicado explícitamente al caso de estudio, la ciudad de Manizales.

- *Documentar y definir el problema.* Se ha buscado toda la información necesaria y disponible para la documentación del problema, a través de contactos directos con Administraciones Municipales de las diferentes ciudades, así como investigación bibliográfica a través de Internet y Bibliotecas. Un punto neurálgico para definir exactamente que ciudades se estudiarán es la consecución de toda la información necesaria para una comprobación y comparación adecuada de las diferentes metodologías usadas, así mismo, la consecución de cartografía digitalizada de las zonas urbanas de las ciudades a estudiar y sus respectivos Planes de Ordenamiento Territorial (POT), Planes de Desarrollo vigentes y Planes viales o de Movilidad que se hayan ejecutado anteriormente y los que se estén ejecutando o que se encuentren en aprobados en la actualidad.
- *Imaginar una respuesta probable al mismo.* El sólo hecho de imaginar una respuesta al problema planteado a investigar, se sostiene cómo en la actualidad la metodología de demanda del transporte enfoca el desarrollo urbanístico de la ciudad a partir de las solicitudes, en términos de actividades productivas, que la sociedad exige, proporcionando localizaciones ya determinadas según el uso del suelo que se necesite, lo cual en la experiencia internacional, se ha constatado cómo con este enfoque se ha proliferado el establecimiento de políticas desequilibradas del transporte público, con lo cual se ha engrandecido el problema de la construcción caótica y desbordada de las ciudades.

En este sentido, se han analizado las metodologías que vislumbran el problema desde la inversa, el llamado enfoque de Oferta, el cual supone que con el simple hecho de comprender que dependiendo de la forma y organización de la redes, que propician la

⁷⁸ Entre ellas, pueden ser objeto de estudio las siguientes: Tunja, Manizales, Ibagué, Armenia, Popayán, Valledupar, Pasto, Yopal, Cartagena, Rionegro, Envigado, Tulúa.

interacción entre habitantes y actividades, se podrá establecer la localización de las actividades, el modo y cuantía de estas interrelaciones en el futuro, teniendo entonces que consecuentemente, es la oferta de infraestructuras (redes adecuadas) la que establece el modo y la forma de ocupación y expansión del territorio, sumando a ello que dependiendo de la gestión de dichas redes se tendrá una determinada funcionalidad del sistema.

Dado lo anterior, es demasiado probable que al aplicar un enfoque de oferta en las ciudades a estudiar, se tendrán mejores resultados respecto a la ordenación adecuada del territorio, contrario a si se siguen aplicando las metodologías de demanda del transporte en la planificación de dichas redes.

- *Deducir o imaginar consecuencias de las hipótesis empíricas.* En el presente trabajo investigativo se abordará la problemática de dichas metodologías, antes mencionadas, en casos reales de actuación, es decir, las hipótesis empíricas proporcionan una base fundamental que debe ser comprobada a través de los resultados que arroje el trabajo investigativo.

Es así como, al comprender el problema que se quiere ahondar y al abordar la investigación a partir de casos reales de aplicados en dichas ciudades, se podrá determinar la eficiencia o no de las metodologías en un comienzo aplicadas para sus Planes de Movilidad y de Transportes, estableciendo y verificando como se cumplen las hipótesis planteadas a través del uso de los nuevos modelos de oferta del transporte en el caso de estudio, Manizales.

- *Diseñar la verificación de las hipótesis o del procedimiento concreto a seguir.* Cabe destacar que es en este apartado en el cual se establecen cuáles son las tareas necesarias a llevar a cabo con el fin de seguir un orden adecuado en el proceso de búsqueda de información, formas de su consecución, forma de estudio de ésta, establecimiento de los datos requeridos para dicho estudio, etc.
- *Poner a prueba o contrastar con la realidad de la hipótesis a través de sus consecuencias.* Esta etapa del proceso investigativo, viene contemplada en la realización del test de eficacia, el cual será aplicado de forma concreta y directa al caso de estudio, Manizales. A partir de ello, podremos determinar la viabilidad y eficiencia de la aplicación de las nuevas metodologías y modelos de Planificación del transporte en ciudades

medias como Manizales, contrastando y comparando los resultados obtenidos con las metodologías y modelos comúnmente usados en dicha ciudad, con el fin de buscar la comprobación de las hipótesis y contrastar éstas con la realidad.

- *Establecer las conclusiones.* Esta etapa del proceso viene íntimamente ligada con las anteriores, pues a medida que se desarrolla la investigación se van esclareciendo algunas dudas y determinado conclusiones relevantes sobre el estudio, es así como se establecerán conclusiones tanto de las metodologías aplicadas en las diferentes ciudades, como del test de eficacia que se aplicara al caso de estudio, Manizales.
- *Extender las conclusiones y generalizar los resultados.* A partir de los resultados y conclusiones arrojadas por el test de eficacia aplicado al caso de estudio, se podrá realizar la extensión de conclusiones con el fin de impulsar el uso de las nuevas metodologías de planificación del TPCU en las ciudades estudiadas y en otras ciudades del país, estableciendo, determinado y dando a conocer las bondades que los nuevos modelos traen en la planificación de sus redes de TPCU, estableciendo entonces un procedimiento general de aplicación y las herramientas necesarias para a su adecuada puesta en marcha en cualquier ciudad media Colombiana. Así mismo, se recomendara la profundización de este tipo de investigaciones por medio de la propuesta de nuevas líneas de investigación.

El proceso descrito ha sido aplicado al conjunto de pasos de investigación mostrados en el apartado 1.4.. Para poder proceder a la comparación con las más recientes experiencias españolas se han analizado los siguientes Planes de Movilidad Urbana:

- Pla director Viari de Sabadell, 2.000
- Pla de mobilitat sostenible del Poble Nou de Barcelona, 2.000
- Pla de mobilitat sostenible de Gracia, 2.002
- Pla de mobilitat de Palamós, 2.005
- Pla de mobilitat sostenible de El Prat, 2.003
- Pla Metropolità de Mobilitat, 2.005
- Pla de Mobilitat urbana de Mataró, 2.003
- Pla de mobilitat urbana de Figueres, 2.006.

Y para mayor sustento del trabajo investigativo se han consultado las siguientes páginas Web Europeas:

- Unión Europea. Llibre blanc del Transport a Europa
http://europa.eu.int/comm/transport/white_paper/documents/index_en.htm
- Transport benchmarking. Iniciativa europea con participación de diferentes ciudades europeas..
<http://www.transportbenchmarks.org/publications/reports.html>
- GEMOTT. <http://mobilitat.uab.es/>. Grupo de investigación de la Universidad Autónoma de Barcelona sobre el tema.
- Web de la Mobilitat Sostenible i Segura. Web de movilidad de la Generalitat de Catalunya. <http://www.gencat.net/mediamb/ea/mobilitat/documentacio.htm>
- Mobilitat sostenible. Planes de movilidad urbana en el área de Barcelona.
<http://www.diba.es/mediambient/mobil.asp#2>
- PDUIF : plan de déplacement urbains en Ile de France. Desplazamientos urbanos en la región y la ciudad de París. <http://www.pduif.org/>
- The Mayor's Transport Strategy. Estrategia de transporte de Londres.
<http://www.london.gov.uk/mayor/transport/strategy.jsp>
- Debat Déplacements Paris. Debate público sobre el plan de transportes de Paris.
<http://www.debatdeplacements.paris.fr/>
- Déplacements Paris. Web del gobierno de Paris sobre los transportes en la ciudad.
http://www.paris.fr/portail/deplacements/Portal.lut?page_id=2
- Consorcio de Transportes de la Comunidad de Madrid. http://www.ctm-madrid.es/como_ir_a/madrid/como_ir_a_madrid1.jsp?CODPANTALLA=1&COBOTON=201
- Carta de lla mobilità 2005 di Milano. <http://www.atm-mi.it/NR/rdonlyres/55D32BEB-08FF-40CC-B35F-FC944D60905C/0/CartaMobilita.pdf>