

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 5. METODOLOGIA E INSTRUMENTAL UTILIZADO EN
LOS PLANES DE TRANSPORTE DE CIUDADES MEDIAS
COLOMBIANAS

INTRODUCCIÓN: SELECCIÓN DE CASOS.

A pesar de existir Planes Viales o Planes de Transportes, que soportados con estudios de tránsito, tratan de vislumbrar la forma como se distribuirán los diferentes flujos sobre la red vial, no se ha solucionado la gran variedad de problemas derivados de las demandas crecientes de los flujos; es de sospechar que son las metodologías aplicadas en dichos estudios las que no reflejan la realidad sobre el tema, llevando a tomar decisiones que pueden parecer adecuadas, pero que al pasar el tiempo y dadas las características y la dinámica de crecimiento urbano de una ciudad, resultan ser ineficientes e inapropiadas.

En el presente capítulo, se realiza una comparación del instrumental de planeación utilizado en las diferentes metodologías acogidas y aplicadas en las ciudades medias Colombianas para establecer los Planes Viales o Planes de Movilidad y de transporte que soportan las decisiones tomadas respecto a este tema por las Administraciones Municipales.

Para ello, se exponen las principales características físicas, las características de movilidad general que en estas se presentan y los instrumentos de planeación usados en cada una de las ciudades escogidas para la presente investigación¹.

Tal y como se ha expuesto, del muestrario de ciudades se ha optado por analizar cuatro en profundidad, por su tamaño equivalente, porque son representativas de un amplio conjunto de ciudades sudamericanas y, sobre todo, porque al disponer, de un amplio historial de planes de transporte, permiten constatar la evolución metodológica seguida por la disciplina en Colombia, así como los cambios de objetivos respecto al transporte en dichas ciudades.

Para el análisis de las cuatro se ha seguido un patrón común: una breve descripción de la evolución de la ciudad, un enmarcamiento de las variables de movilidad extraído de sus diferentes planes de transporte, un análisis más detallado de los métodos aplicados a esos planes, y una comparación entre las conclusiones de esos estudios como diagnóstico de la problemática del transporte y el tipo de medidas propuestas.

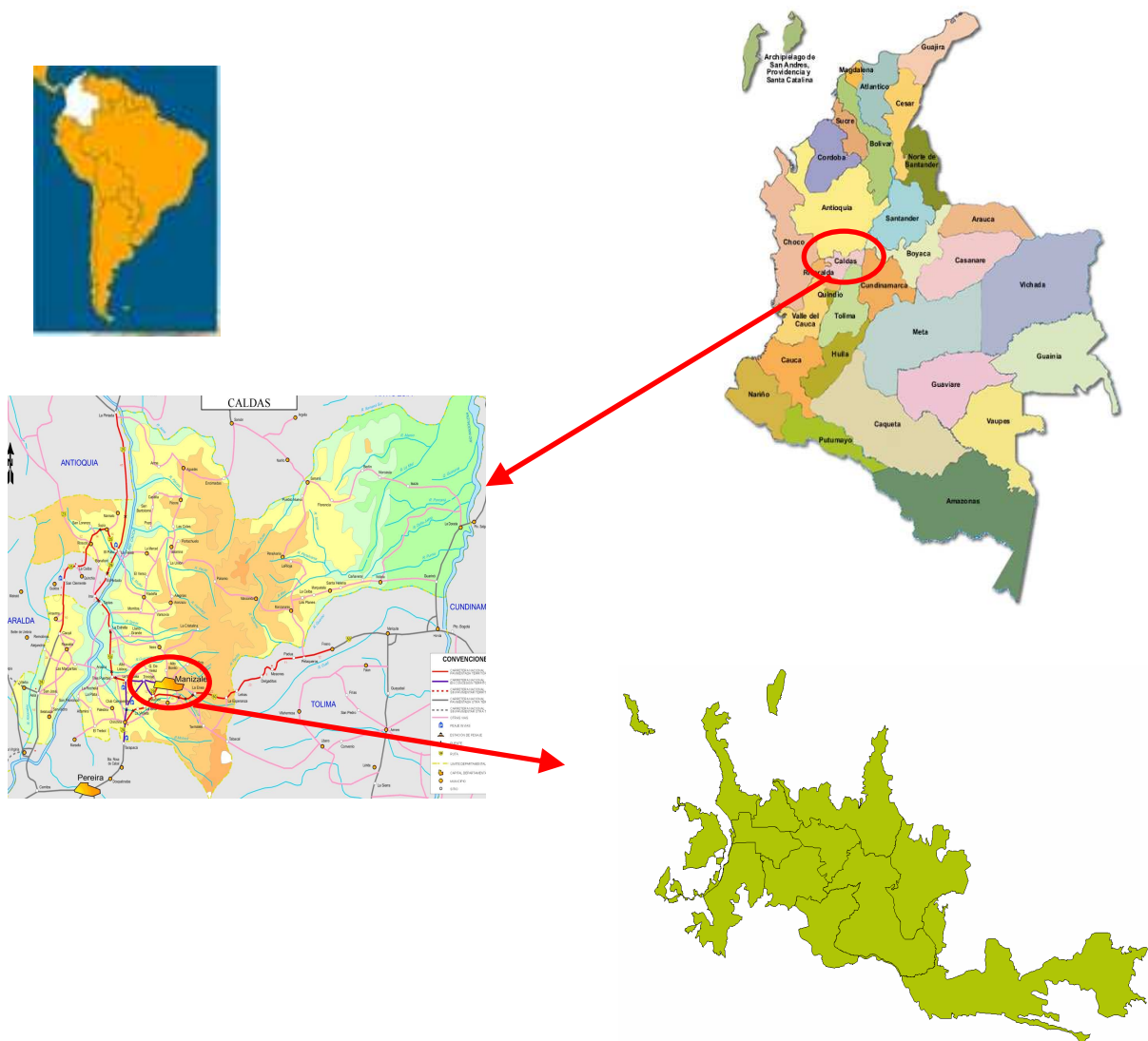
¹ La ciudades seleccionadas para la presente investigación son: Manizales, Ibagué, Popayán y Armenia.

5.1. ANÁLISIS DE CASOS: MANIZALES.

5.1.1. Descripción general.

La ciudad de Manizales se encuentra ubicada (Ver Figura 5.1.1.1.) en la región central del occidente Colombiano a 2.150 m.s.n.m., entre los 5.4° de latitud norte y 75.3° de Greenwich, sobre la prolongación de la cordillera andina.

Fig. 5.1.1.1. Ubicación de la ciudad de Manizales.



Fuente: Elaboración Propia. Abril 2.006.

La conformación urbanística de la ciudad responde a la adaptación a una topografía bastante quebrada y abrupta, dado su emplazamiento geográfico, lo cual hace que ésta posea características muy particulares; esta ubicada en el filo de la colina, lo cual permite la apertura permanente al paisaje, a todo lo largo de su recorrido, es así como el crecimiento urbanístico, que inicialmente partió de una trama ortogonal en el centro de la ciudad, se transforma poco a poco de manera orgánica para adaptarse a las condiciones topográficas, teniendo entonces que Manizales se caracterizará por contar con una estructura urbana no continua, en donde se diluyen los límites entre lo urbano y lo rural. En la Tabla 5.1.1.1. se resume la información general de la ciudad.

Tabla 5.1.1.1. Información General de la ciudad de Manizales.

Ubicación	Flanco occidental de la Cordillera Central
Población	382.193 (93,75% en la zona urbana)
Área Urbana	508 Km ² (8,9% Área Urbana, 45 Km ²)
División Política	11 Comunas
Temperatura promedio	17° C
Humedad relativa	78%

Fuente: Elaboración Propia a partir de DNP, DANE, IDH 2000, IGAC.

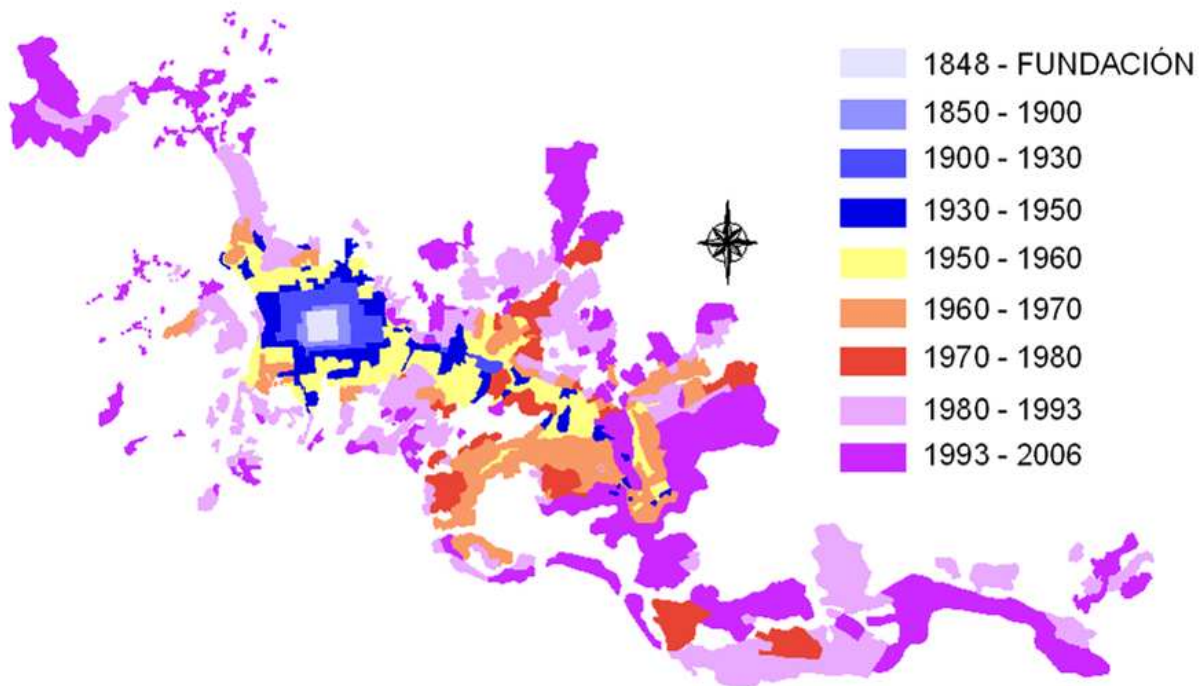
5.1.2. Crecimiento poblacional. Evolución y perspectivas.

Es posible hacer una breve comparación entre el crecimiento del área urbana de la ciudad y los datos de población correspondientes a las diferentes etapas. Al analizar la Figura 5.1.2.1., y al compararlo con los datos poblacionales históricos que se presentan en la Tabla 5.1.2.1., se observa que en el período comprendido entre 1.966 y 2.003 la población de la ciudad se triplicó. Por otro lado, se tiene que la tasa de crecimiento bajó de 2.1% en el período 1.973 – 1.985 a 1.4% en 1.985 – 1.993, situándose por debajo del promedio nacional y departamental.² Actualmente, la población de la ciudad de Manizales es de 382.193³ habitantes (93,75% en zona urbana).

² POT. Acuerdo 573/2004. Capítulo 2 componente urbano. Alcaldía de Manizales.

³ DANE. Proyecciones de población, por área, según municipios A junio 30 de 1995–2005. República de Colombia. Consultado el 12/04/06 http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/series_proyecciones/Dptos/caldas.xls

Fig. 5.1.2.1. Crecimiento de la mancha urbana de la ciudad de Manizales.



Fuente: Elaboración Propia a partir de Cartografía Oficial del IGAC. 2004.

Tabla 5.1.2.1. Crecimiento Poblacional Histórico de la ciudad de Manizales⁴

Período		Población
1854	1884	10.000*
1885	1924	25.000*
1925	1935	43.202*
1936	1949	43.202*
1950	1966	100.000**
1999		327.663**
2001		346.993***
2003		357.047****

Fuentes: * Convenio interadministrativo 000609189 Municipio de Manizales - Secretaría de Planeación- Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales. Departamento de Arquitectura. ** DANE, censo 1993. *** Base DANE 1993 actualizado por Secretaria de Planeación de Manizales. **** POT, Manizales, Acuerdo 573 de 2004.

Ahora bien, respecto al área de la zona urbana del Municipio de Manizales, se tiene que a partir de varios estudios realizados sobre la ciudad en diferentes años, se han obtenido valores diferentes, teniendo entonces que según los estudios realizados en el año de 1.992 y

⁴ RINCÓN, P.; CARRASCO, R. i ANGARITA, J. Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales - Informe de Avance la Fase Cero del Componente Urbanístico. Septiembre 2005.

1.994⁵, el área urbana del municipio era aproximadamente de 45 Km², pero según los estudios realizados en el 2.005⁶, el área incluida dentro del actual perímetro urbano del Municipio de Manizales ascendía a 34,26 Km², especificando que en este valor se están incluyendo las zonas ya desarrolladas, las zonas sin desarrollar aptas para ser desarrolladas, las zonas de parques, y las que tienen tratamiento de alto riesgo y de amenaza alta por deslizamiento.

Es de aclarar que el estudio del 2005 referencia como fuente de información, para determinar dicho valor la base cartográfica del POT y la información cartográfica obtenida a través de la Oficina de Planeación Municipal.

Es de notar entonces la alta discrepancia entre los valores del área de la zona urbana que se exponen en los estudios realizados, los cuales poseen aproximadamente 11 años de diferencia. Dado lo anterior, según dicha diferencia, el área urbana de la ciudad disminuyó. Así mismo, el estudio del año 2.005, determina que existen 3,18 Km² de área apta para el desarrollo urbano, en la Tabla 5.1.2.2. se aprecian las áreas aptas para el desarrollo por comuna.

Tabla 5.1.2.2. Zonas aptas para el desarrollo urbano, por comuna en Manizales⁷

Comuna	Estrato	Nombre	Área Total zonas aptas para el desarrollo (Ha)	Porcentaje
1	3 y 4	Atraderces	27,62	8,70%
2	1 y 2	San José	0,00	0,00%
3	3 y 4	Cumanday	1,26	0,40%
4	3 y 4	La Estación	2,09	0,66%
5	1 y 2	Ciudadela del Norte	46,50	14,64%
6	3 y 4	Ecoturístico Cerro de Oro	106,38	33,50%
7	3 y 4	Tesorito	86,72	27,31%
8	5 y 6	Palogrande	29,39	9,26%
9	3 y 4	Universitaria	3,15	0,99%
10	3 y 4	La Fuente	4,21	1,33%
11	3 y 4	La Macarena	10,22	3,22%
Total			317,54	100,00%

Fuente: Cartografía POT. Acuerdo 573 / 2.004. Citado en RINCÓN, P. et al. 2005.

⁵ Ingeniería de Consulta Ltda. Sistema de Transporte Público de la Ciudad de Manizales – Diagnóstico. Estudio Plan Vial y de Transporte de la Ciudad de Manizales. Secretaría de Planeación Municipal – Secretaría de Tránsito y Transporte. Documento 13. Agosto de 1992.
ESCOBAR, Fabián. "Manizales Hoy". Secretaría de Planeación Municipal. Diciembre de 1994.

⁶ RINCÓN, P.; CARRASCO, R. i ANGARITA, J. Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales - Informe de Avance la Fase Cero del Componente Urbanístico. Septiembre 2005.

⁷ Idem.

Comparando la estratificación del suelo con las áreas aptas para el desarrollo y teniendo en cuenta la tendencia nacional de que el crecimiento poblacional es superior en las familias de estratos bajos, se establece que las comunas pertenecientes a dichos estratos poseen una menor oferta de suelo de desarrollo, contrario a las comunas de estratos altos, las cuales poseen un bajo índice de crecimiento poblacional y una alta y variada oferta de suelo para urbanizar.

Ahora bien, si se tomasen las actuales densidades promedio de la ciudad (184,45 Hab./Ha)⁸ y se aplicasen a los valores de áreas aptas para el desarrollo, se obtendría que allí se pueden ubicar un máximo de 44.000 habitantes.

Dicha cifra supera las expectativas de crecimiento poblacional que han sido estimadas tanto por el POT como por el DANE para los próximos diez años como se aprecia en la Tabla 5.1.2.3.

Tabla 5.1.2.3. Expectativas de Crecimiento poblacional en la ciudad de Manizales⁹

ANO	DANE	POT
2.005	387.082	384.410
2.006	391.224	388.254
2.007	395.410	392.136
2.008	399.641	396.058
2.009	403.917	400.018
2.010	408.238	----
2.011	412.607	404.018
2.012	417.021	----
2.013	421.483	408.059
2.014	425.992	412.139
2.015	430.550	416.261

Fuente: Indicadores DANE – POT. Acuerdo 573/04. Citado en RINCÓN, P. et al. 2005.

Vale la pena entonces establecer que según el estudio del 2005, habrá un marcado problema de zonas para el desarrollo del área urbana de la ciudad, no obstante, allí mismo se manifiesta que: *“El POT aprobado mediante acuerdo N° 573 de diciembre del 2004 le apuesta de forma muy clara al desarrollo de áreas urbanas no ligadas directamente con el perímetro actual del municipio, de allí que prevea zonas de expansión y zonas suburbanas en*

⁸ POT Acuerdo 573. Componente General.

⁹ Idem.

áreas que siendo del municipio, han correspondido tradicionalmente a zonas rurales.¹⁰, teniendo en cuenta que estas nuevas zonas de expansión están ligadas de forma directa con una serie de proyectos estratégicos.¹¹

5.1.3. Planes de transporte urbano elaborados para la ciudad.

Los siguientes son los documentos que han abordado de una forma u otra la planificación de la movilidad en la ciudad de Manizales:

- 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. Secretaria de Planeación Municipal – Secretaría de Tránsito y Transporte. Documento 13. Agosto de 1.992.
- Plan de Transporte Masivo para Manizales. Alcaldía de Manizales. Octubre de 1.992.
- Estudio de Origen y Destino a partir de Encuestas Domiciliarias, en la ciudad de Manizales. Unión Temporal Asuntos Urbanos – Wilmer Pipicano. Manizales. 2001.
- Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Manizales. Acuerdo 573 de Diciembre de 2.004.
- Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Dirección Nacional de Extensión. Manizales. Septiembre/06.
- Diagnóstico general de la viabilidad preliminar para la construcción de un (1) Sistema de Transporte por Cable aéreo en la ciudad de Manizales. Informe Final. Convenio Interadministrativo OR 2005-0160. INFI MANIZALES – Metro de Medellín LTDA. Medellín, enero de 2.006.
- Propuesta para la reorganización del Transporte Público Colectivo de la ciudad de Manizales. Tercer informe de avance V-4. TRANSMILENIO S.A. – ALCALDÍA DE MANIZALES. Diciembre de 2.006.

¹⁰ Ídem.

¹¹ Ídem.

5.1.4. Datos de enmarcamiento del problema de la movilidad urbana y del transporte, extraídos de esos documentos.

En el **Estudio de tránsito y transporte llevado a cabo en el año 1.991. (Plan Vial 1.991)** y en el estudio del **Plan de Transporte Masivo para la ciudad de Manizales (1.992)**, se hace referencia al uso de la matriz O-D (obtenida en Octubre de 1.989), la cual fue debidamente actualizada según información socioeconómica de las ZAT's, para aquella época; la información fue obtenida a través de encuesta domiciliaria, pero no se profundiza en la metodología llevada a cabo, por lo que los datos de referencia tienen un valor relativo.

A ello se une el hecho de que sólo desde la Resolución 2252 de 1.999 del Gobierno Colombiano, define el *“Manual y los Formatos para determinar las necesidades de movilización de pasajeros para el transporte terrestre colectivo Metropolitano, Distrital y/o Municipal”*¹².

En dicho documento, se establecen normas de delimitación zonal para esos planes las llamadas Zonas de análisis de Transporte (ZAT), como las unidades básicas a las que quedan referenciadas las actividades de recopilación y análisis de datos para el desarrollo de los modelos básicos de planeación del transporte, que guardan, normalmente, correspondencia con la división administrativa de las ciudades del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE), base de las informaciones de tipo demográfico y económico.

En la Figura 5.1.4.1., se aprecia un ejemplo de dicho código, aplicado a la ciudad de Cali. El principal criterio de zonificación es agregar áreas básicas de información o el tipo de división que tenga la ciudad con información de interés. En general, puede partirse de los criterios señalados por Ortúzar (2.000)¹³, citado por CÁRDENAS (2.002).

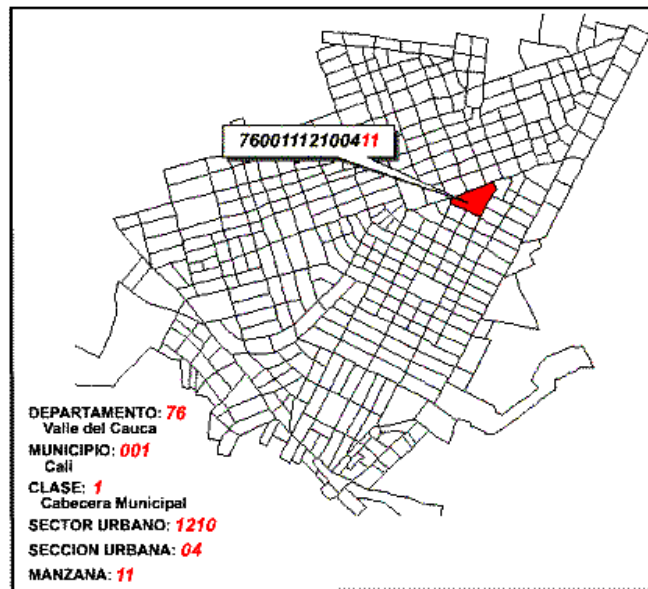
Por su parte, el **Estudio de Movilidad del año 2.000 – 2.001** fue desarrollado a partir de encuestas domiciliarias, realizadas durante los meses de noviembre y diciembre del año 2.000 y los meses de febrero y marzo del año 2.001; en éste se presentó una caracterización de los hogares, personas y viajes que se realizan en la ciudad, así mismo se construyó una

¹² RESOLUCIÓN No. 0002252 del 8 de Noviembre de 1999. Ministerio del Transporte. República de Colombia.

¹³ ORTUZAR, Juan de D. Apuntes ICT - 3210: Modelos de Demanda de Transporte. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago (Chile). 1988. Citado por CÁRDENAS, D. Valencia, 2.002.

Matriz O-D que no posee una sustentación clara de su calibración; se tomaron como insumo para los cálculos posteriores, los resultados y proyecciones obtenidos por el DANE en el Censo de 1.993.

Fig. 5.1.4.1. Malla Virtual de Santiago de Cali¹⁴.



Fuente: Página web DANE. <http://www.dane.gov.co/snie/snie.htm>. 27/11/05

Se partió entonces de la población reportada en el año 1.993 para los municipios de Manizales y Villamaría; en Manizales habían 327.663 hab. (92,51% zona urbana) y en Villamaría 33.848 hab. (73,93% zona urbana), teniendo entonces una población total para las dos municipios en la zona urbana de 361.511 hab.

Posteriormente, y luego de haber obtenido un valor promedio del número de habitantes por hogar de 4,2, se estimó un total de 78.133 hogares, en ambos municipios para el mismo año.

Luego, realizan una proyección del número de hogares para las áreas urbanas de ambos municipios, tomando el crecimiento de la población nacional en el período comprendido entre 1.993 y 2.000 (11,74%), obteniendo una proyección de 87.275 hogares. Téngase en cuenta que la norma colombiana, respecto a este tipo de estudios considera que es suficiente tomar una muestra del 5% del número total de hogares, de lo cual se tendría una muestra de 4.364 hogares.

¹⁴ Malla virtual de Santiago de Cali. <http://www.dane.gov.co/snie/snie.htm>

Dentro de este estudio, se hace referencia a la realización de una encuesta piloto en noviembre del año 2.000, no obstante, no fue posible conocer los resultados obtenidos en ella, ni su uso en los ajustes del tamaño y los procedimientos de la encuesta definitiva.

Se presentan los vectores de producción y atracción de viajes, los cuales resultan de la matriz OyD de viajes diarios, no obstante, según la revisión llevada a cabo por la Universidad Nacional de Colombia en la realización del Plan de Movilidad (2.005), encontró discrepancias significativas entre los vectores relacionados en el documento final y los vectores calculados a partir de la información de las matrices OyD suministradas en los archivos magnéticos; en la Tabla 5.1.4.1. se aprecia dicha diferencia.

Tabla 5.1.4.1. Vectores de atracción y generación de viajes en el estudio del 2.001.

Descripción	Viajes Atraídos	Viajes Generados
Vectores Documento	1674,266	1648,292
Vectores archivos	589.137,68	587.006,40
Matriz Total	506.435	506.435

Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe del Estudio Origen – Destino. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Octubre/05.

El **Estudio de movilidad del año 2.005**, refiere como parámetro crítico¹⁵ para la obtención del tamaño de muestra la media de viajes determinado por vivienda, estableciendo entonces que la unidad básica de la toma de información es la vivienda, no obstante, también toma hogares como si fuesen viviendas, lo que discrepa con la definición referida por el DANE.

Con el fin de establecer adecuadamente el tamaño del universo (viviendas en este caso) de ambos municipios (Manizales y Villamaría), recurren a las bases de datos con las que trabajan las empresas de servicio públicos domiciliarios, que son: en Manizales la empresa Aguas de Manizales S.A E.S.P. y en Villamaría la empresa Acuamaná, ambas son empresas de acueducto y alcantarillado.

Se hace referencia a la realización de una encuesta piloto, la cual tuvo como fin detectar las posibles inconsistencias en el procedimiento de realización de la encuesta; así mismo

¹⁵ Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe del Estudio Origen – Destino. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Dirección Nacional de Extensión. Manizales Octubre de 2005.

pretendió conocer la desviación típica de los viajes de la población a encuestar, respecto a este punto, el estudio dice:

“... se utilizó la desviación típica de los viajes de cada zona, obtenida en la encuesta de hogares del año 2001, entendiendo que dicha variable es intrínseca de los hogares y no es afectada por los problemas de temporalidad de dicha encuesta. Este dato fue de gran ayuda, ya que permitió realizar el diseño de muestra zonalmente y no globalmente como es usual en este tipo de encuesta, debido a la inexistencia de antecedentes al respecto y de lo costoso que sería realizar una encuesta piloto representativa.”¹⁶

“Se decidió tomar una muestra aleatoria zonal, gracias a que se contaba con la información para ello, y debido a la heterogeneidad de estratos residenciales que se encuentran en Manizales, dando una mayor precisión de la encuesta, la realización del muestreo sobre zonas y no sobre el total de las viviendas de la ciudad.”¹⁷

Inicialmente se obtuvo una muestra equivalente al 4,3% del universo, que para este caso fue de 81.407 viviendas u hogares (según Tablas N°2 y N°3 del estudio), no obstante, la muestra calculada fue incrementada en un 10%, para asegurar que el retorno de encuestas validas por zonas, fuera el establecido, por esto, la muestra finalmente obtenida fue un 1% mayor a la inicial; es decir, se tomó una muestra de 4.251 viviendas (5,22% del total).

Ahora bien, en este estudio hacen referencia al cálculo de factores de expansión de la muestra, en donde se tendría un factor de expansión para cada una de las zonas en que se desagregó el área de estudio. Es así como, según la información obtenida mediante la empresa de servicios domiciliarios de Manizales, se tenían a la fecha un total de 73.817 predios o viviendas con uso residencial, afirmando que: *“... en principio representaron el universo de muestreo, para efectos de la selección aleatoria, de la muestra correspondiente.”¹⁸*

Realizaron el cálculo de la cantidad de viviendas por el promedio de habitantes por vivienda que había sido establecido por el DANE (Censo de 1993) para la ciudad de Manizales (4,32 hab./vivienda), encontrando discrepancia entre el valor obtenido y el valor proyectado por el

¹⁶ Ídem.

¹⁷ Ídem.

¹⁸ Ídem.

DANE para el año 2.005; dado lo anterior, recurren a revisar las bases de datos que posee la Secretaría de Planeación Municipal del Municipio; en la Tabla 5.1.4.2. se presenta el resumen de la información referida por dicha entidad.

Tabla 5.1.4.2. Información por comunas, ciudad de Manizales.

COMUNA	No. BARRIOS	VIVIENDAS	POBLACIÓN	PER/MIV.	AREA (Has.)
1 - ATARDECERES	10	8267	30912,85	3,74	1162,91
2 - SAN JOSE	8	5511	27326,56	4,96	99,77
3 - CUMANDAY	6	7311	28874,46	3,95	116,8
4 - LA ESTACIÓN	9	5765	22806,01	3,96	135,56
5 - CIUDADELA DEL NORTE	15	11486	52211,39	4,55	486,89
6 - ECOTURISTICO CERRO DE ORO	10	6464	26279,1	4,07	383,79
7 - TESORITO	8	5119	22603,41	4,42	1599,01
8 - PALOGRANDE	14	7293	25635	3,52	389,31
9 - UNIVERSITARIA	9	8034	38901,99	4,84	171,49
10 - LA FUENTE	14	10186	46368,51	4,55	214,86
11 - LA MACARENA	10	7303	30627,79	4,19	265,1
SIN CLASIFICAR NOMBRE		131	4500		
TOTALES	113	82870	357047,07	4,31	5025,49

Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe del Estudio Origen – Destino. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Octubre/05.

Es importante notar como en este estudio hacen referencia a tres diferentes valores del número de viviendas con el cual han calculado la muestra, en un comienzo refieren 81.407 viviendas, luego afirman que la empresa de servicios públicos domiciliarios de Manizales posee registros de 73.817 viviendas de uso residencial y por último refieren el dato aportado por la Secretaria de Planeación Municipal, 82.870 viviendas; no obstante en ningún aparte del documento establecen a que dato del numero de viviendas refieren el valor de la muestra definitiva de encuestas.

Es decir, comienzan tomando como base unos datos referidos por empresas de servicios domiciliarios, pero finalmente toman los datos suministrados por la Secretaria de Planeación Municipal, sin establecer el por qué de ello.

Con el fin de realizar la expansión total de cada uno de los viajes encuestados, se aplican dos factores de ajuste, el de conversión al día típico y el de no respuesta, para finalmente aplicar el factor de expansión correspondiente a la relación, viviendas totales en una ZAT determinada, sobre viviendas encuestadas en la respectiva ZAT.

En las tablas adjuntas se aprecia un resumen de la distribución de viajes realizados por la población según el estrato socioeconómico, el tamaño del hogar y la disponibilidad de vehículo particular de los hogares, de donde establece las siguientes características:

- Se presenta en promedio, 3,92 Resid./Hogar; 6,22 Viajes/Hogar y 1,59 Viajes/Resid.
- El estrato socioeconómico de mayor cobertura en la ciudad es el estrato 3 (44,87% de los hogares). Se presenta un incremento en los viajes por hogar y en los viajes por residente a medida que aumenta el estrato socioeconómico, contrastando con el número de residentes por hogar, el cual disminuye a medida que aumenta el estrato.
- El tamaño de hogar más predominante es el compuesto por 4 personas, representando el 27,56% del total de hogares, encontrándose lógico que se presente un crecimiento del número de viajes por hogar a medida que el tamaño del hogar aumenta.
- Se obtuvo que el 68,29% de los hogares no poseen vehículo particular, observándose además cómo los viajes por hogar aumentan con la disponibilidad de vehículo particular.

Se aprecia en la Tabla 5.1.4.3. que los indicadores de Resid./Hogar, Viajes/Hogar y Viajes/Resid., para el caso de la estratificación socioeconómica, varían respecto a los valores obtenidos según el tamaño de hogar y según la disponibilidad de vehículo. Se tiene entonces que los indicadores según la estratificación socioeconómica son: 3,87 Resid./Hogar; 7,27 Viajes/Hogar y 1,92 Viajes/Resid.; lo anterior puede llevar a interpretarse como posibles errores en la depuración y tratamiento de los datos.

El estudio establece la importancia relativa que representa Villamaría con relación a Manizales. Se observa en la Tabla 5.1.4.4. que Villamaría representa el 11,5% de los viajes, el 10,2% de los hogares y el 9,9% de la población residente, del área de estudio.

En cuanto a los índices, destaca el mayor número de viajes por hogar y viajes por residente de Villamaría con relación a Manizales.

En la Tabla 5.1.4.5. se observan los resultados que refiere el estudio respecto al número de viajes diarios (Manizales y Villamaría); así mismo, la distribución de los viajes diarios según el propósito del viaje puede apreciarse en la Tabla 5.1.4.6. y en la Figura 5.1.4.2.

Tabla 5.1.4.3. Índices de Viajes según características socioeconómicas de la población, ciudad de Manizales y Villamaría.

Disp Veh	Hogares	Residentes	Trabajadores	Estudiantes	Viajes	Resid/Hog	Viajes/Hog	Viajes/Resid
0	68.745	267.779	92.558	80.843	391.431	3,90	5,69	1,46
1	26.519	103.040	41.311	33.360	189.651	3,89	7,15	1,84
2	4.414	19.090	8.386	5.796	36.377	4,33	8,24	1,91
>=3	991	4.228	1.946	1.662	9.140	4,27	9,22	2,16
Totales	100.669	394.137	144.200	121.662	626.599	3,92	6,22	1,59

Tamaño Hogar	Hogares	Residentes	Trabajadores	Estudiantes	Viajes	Resid/Hog	Viajes/Hog	Viajes/Resid
<=2	18.011	32.549	13.436	3.686	52.134	1,81	2,89	1,60
3	24.829	74.486	30.694	19.281	125.123	3,00	5,04	1,68
4	27.740	110.959	41.450	36.686	187.950	4,00	6,78	1,69
5	16.715	83.576	28.739	30.549	135.500	5,00	8,11	1,62
6	7.182	43.091	14.528	14.719	59.670	6,00	8,31	1,38
>=7	6.193	49.477	15.353	16.740	66.222	7,99	10,69	1,34
Totales	100.669	394.137	144.200	121.662	626.599	3,92	6,22	1,59

Estrato	Hogares	Resid/Hog	Viajes/Hog	Viajes/Resid
1	5.866	4,32	5,47	1,27
2	24.827	4,16	5,85	1,41
3	47.619	3,87	6,67	1,72
4	14.597	3,68	7,48	2,04
5	3.262	3,81	9,67	2,54
6	4.498	3,38	8,50	2,52

Tabla 5.1.4.4. Importancia relativa de Villamaría con relación a Manizales.

Ciudad	Hogares	Residentes	Trabajadores	Estudiantes	Viajes	Res./Hogar	Viajes/Hogar	Viajes/Res.
Manizales	91.357	358.782	131.251	109.877	562.022	3,93	6,15	1,57
Villamaría	9.312	35.355	12.949	11.785	64.577	3,80	6,93	1,83
%	10,19%	9,85%	9,87%	10,73%	11,49%			

Tabla 5.1.4.5. Resumen general de viajes realizados según la encuesta de Hogares

Tipo de viajes	Viajes	%
Viajes encuestados	24.760	4%
Total de Viajes diarios	626.599	100%
Viajes motorizados	404.724	65%
- Transporte público	277.111	68% *
- Transporte Privado	127.613	32% *
Viaje no motorizados	221.875	35%
- A pie	217.976	98% **
- Bicicleta	3.899	2% **

(*) % sobre viajes motorizados

(**) % sobre viajes no motorizados

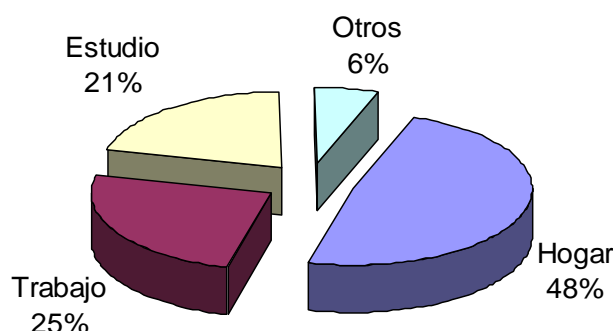
Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Dirección Nacional de Extensión. Manizales Septiembre/06.

La distribución porcentual entre transporte motorizado y transporte no motorizado u autónomo en la ciudad es de 65% y 35% respectivamente, y la distribución porcentual de los viajes motorizados según sea en modo de transporte público o privado (transporte especial, vehículo particular y motocicleta) es de 68% y 32%, respectivamente.

Tabla 5.1.4.6. Porcentaje de Viajes diarios según el propósito, Manizales y Villamaría.

Propósito del viaje	Número de viajes	% del total de viajes
Hogar	302.021	48%
Trabajo	157.903	25%
Estudio	130.333	21%
Otros	36.343	6%
Total	626.599	100%

Fig. 5.1.4.2. Viajes diarios según el propósito, Manizales y Villamaría.



Fuente: Elaboración propia a partir del estudio “Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales”. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Dirección Nacional de Extensión. Manizales Septiembre/06.

Respecto a la variación del número de viajes a lo largo del día, el estudio referencia que se presentan tres períodos pico durante el día, siendo el más importante el período de la mañana (06:30 – 07:30), que corresponde a los desplazamientos de los sitios de residencia a los de cumplimiento de las actividades diarias (principalmente de trabajo y estudio); seguido en importancia el período del final de la tarde y comienzo de la noche (18:00 – 19:00), que representa los viajes de sentidos contrarios a los anteriores, es decir, de los lugares de desarrollo de las actividades diarias a los hogares; y por último la hora pico del medio día (13:45 – 14:45), que corresponde a sentidos de flujo semejantes a los de la hora pico a.m., pero en menor intensidad.

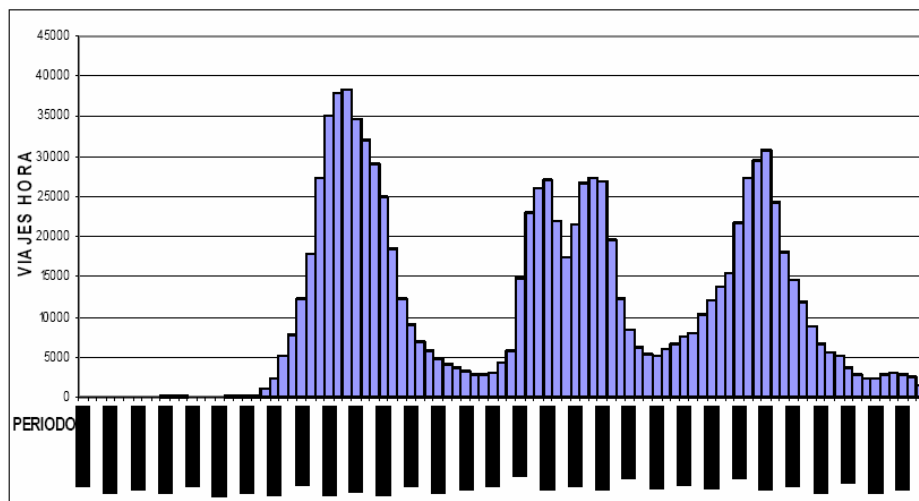
Tabla 5.1.4.7. Viajes en las horas pico en Transporte público, ciudad de Manizales y Villamaría.

Período de Hora Pico	Viajes	% del total de viajes
06:30 - 07:30	104.211	16,63%
13:15 - 14:15	69.050	11,02%
18:00 - 19:00	63.999	10,21%
Total en Horas pico	237.260	37,86%
Total viajes diarios	626.599	

Fuente: Elaboración Propia a partir del estudio “Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales”. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Dirección Nacional de Extensión. Manizales Septiembre/06.

La Figura 5.1.4.3 representa el histograma obtenido, para el caso de los viajes diarios observados en transporte público colectivo. Es importante destacar, cómo para los viajes totales diarios, el 35% de éstos corresponden a desplazamientos a pie y el 65% a desplazamientos motorizados.

Fig. 5.1.4.3. Histograma de los viajes en TPCU observados en el área de estudio, 2.005.



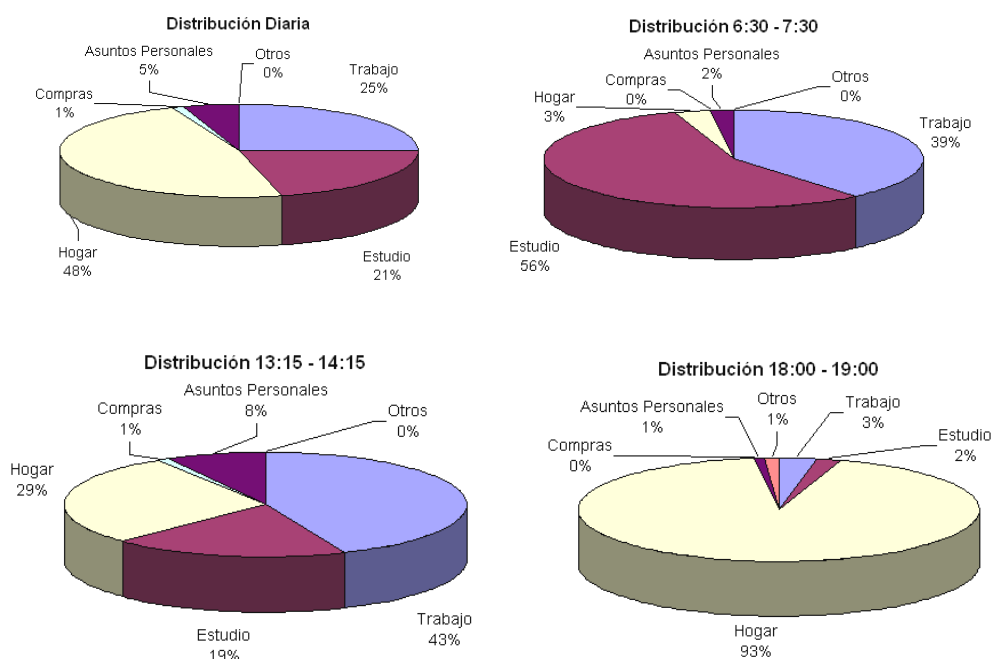
Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Dirección Nacional de Extensión. Manizales Septiembre/06.

En la Tabla 5.1.4.8. y en la Figura 5.1.4.4., se aprecia la participación porcentual de los propósitos de viajes para las diferentes horas pico. De forma semejante se presentan los resultados obtenidos, para el caso de la clasificación de los viajes por el modo de transporte utilizado, en la Tabla 5.1.4.9. y en la Figura 5.1.4.5..

Tabla 5.1.4.8. Participación porcentual de los propósitos de viaje en las horas pico, 2.005.

	Trabajo	Estudio	Hogar	Compras	Asuntos Personales	Otros
Total Día	25%	21%	48%	1%	5%	0%
6:30 - 7:30	39%	56%	3%	0%	2%	0%
13:15 - 14:15	44%	19%	29%	1%	8%	0%
18:00 - 19:00	3%	2%	94%	0%	1%	1%

Fig. 5.1.4.4. Distribución según propósito de los viajes en el área de estudio para las diferentes horas pico, 2.005.



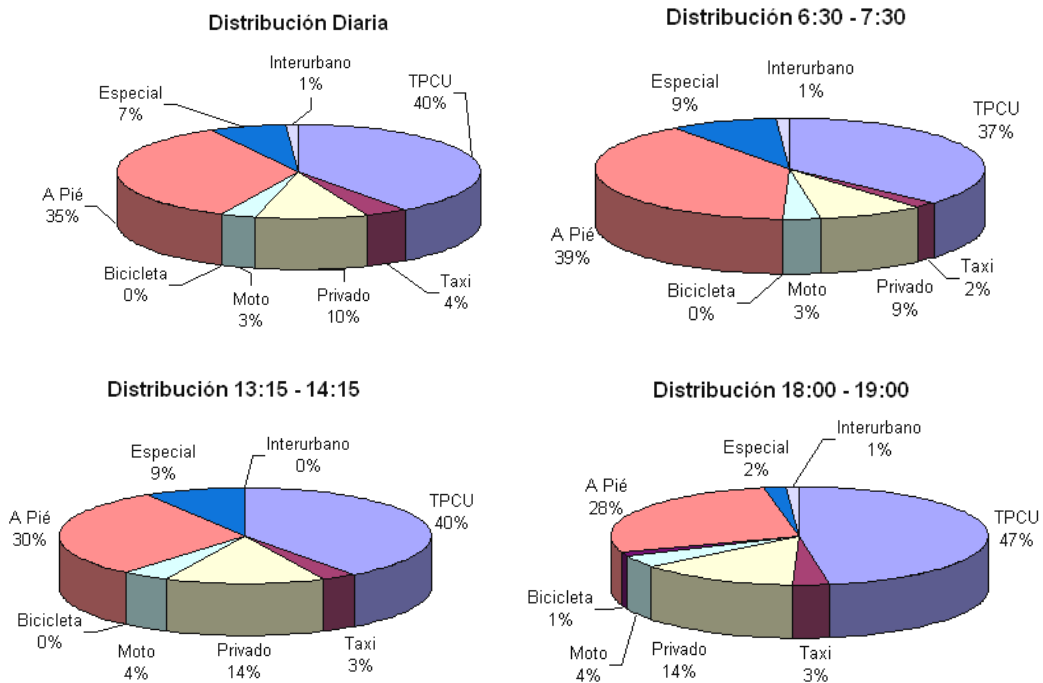
Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Manizales Septiembre/06.

Tabla 5.1.4.9. Participación porcentual de los modos de transporte en las horas pico, 2005.

	TPCU	Taxi	Privado	Moto	Bicicleta	A Pié	Especial	Interurbano
Total Día	40%	4%	10%	3%	0%	35%	7%	1%
6:30 - 7:30	37%	2%	9%	3%	0%	40%	9%	1%
13:15 - 14:15	40%	3%	14%	4%	0%	30%	9%	0%
18:00 - 19:00	48%	3%	14%	4%	1%	28%	2%	1%

Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Manizales Septiembre/06

Fig. 5.1.4.5. Distribución según modo de transporte de los viajes en el área de estudio para las diferentes horas pico, 2.005.



Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Manizales Septiembre/06.

Respecto al modo de transporte usado para realizar los viajes diarios, en la Tabla 5.1.4.10., se aprecia el número de viajes obtenido en las hora pico de máxima demanda, el estudio refiere que el transporte público colectivo (bus, buseta y colectivo) representa el 40% de los viajes diarios en la ciudad, seguido por el modo a pie con el 35% y vehículo particular con el 10% de los viajes.

Se relacionan también los resultados obtenidos respecto a los viajes peatonales, es así como, basándose en la matriz OyD de los viajes a pie realizados en el área de estudio, se obtiene la Tabla 5.1.4.11., en la cual se aprecia la distribución de distancias y tiempos de viaje recorridos en este modo de transporte.

Es de destacar que el 93,5% de los viajes a pie, recorren distancias menores a 3 Km., por otro lado, la distancia promedio de recorrido ponderada en este modo es de 1,35 Km., para la cual usan un tiempo promedio ponderado de 22,5 minutos.

Tabla 5.1.4.10. Distribución de Viajes diarios según el modo de transporte.

Modo de Transporte	% del total de viajes
Transporte Público Colectivo (Bus, Buseta, Colectivo)	40%
Especial	7%
Interurbano	1%
Taxi	4%
Vehículo particular	10%
Moto	4%
Bicicleta	0%
A pie	35%
Total	100,0%

Tabla 5.1.4.11. Distribución de las distancias y tiempos de viaje recorridos en modo de transporte a pie en el área de estudio.

RANGO DISTANCIAS (KM)	DISTANCIA MEDIA (KM)	No. VIAJES	PORCENTAJE	TIEMPO MEDIO (Minutos)
0 - 1	0,5	87.510	46,4%	8,3
1 - 2	1,5	63.220	33,5%	25,0
2 - 3	2,5	25.525	13,5%	41,7
3 - 4	3,5	6.415	3,4%	58,3
MAYOR 4	5,0	5.872	3,1%	83,3
	TOTAL	188.542	100,0%	

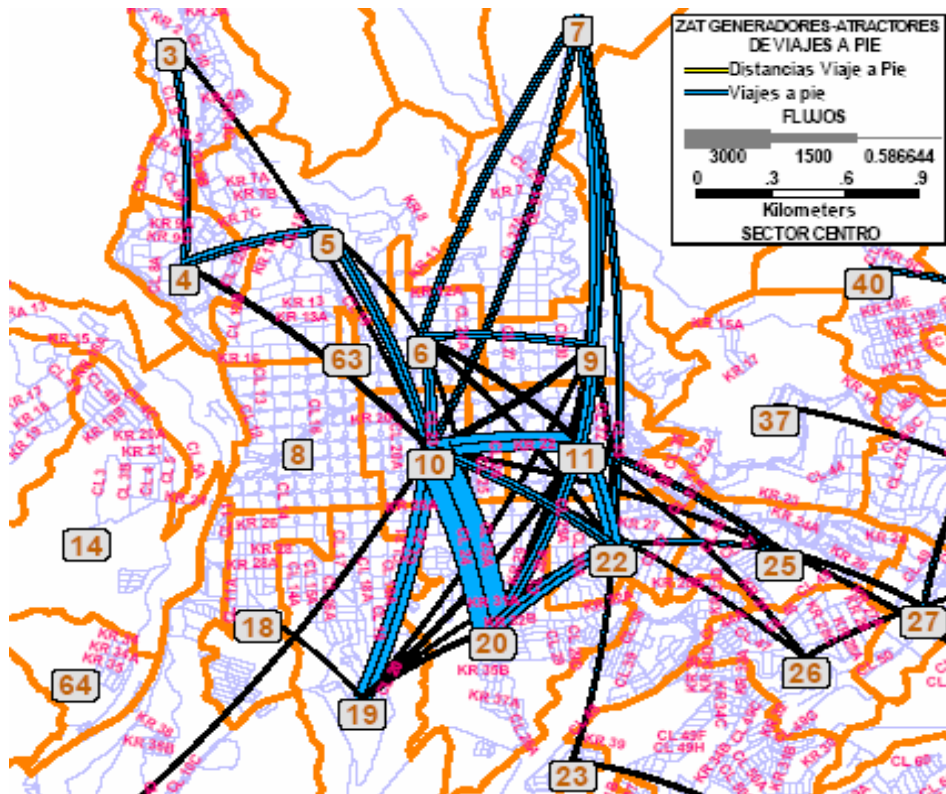
DISTANCIA PROMEDIO PONDERADA DE VIAJES A PIE EN MANIZALES	1.35 KM
TIEMPO PROMEDIO PONDERADA DE VIAJES A PIE EN MANIZALES:	22.5 MINUTOS

Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Manizales Septiembre/06.

En el área de estudio, se encontraron dos sectores importantes donde la población utiliza el modo a pie, con interrelaciones claramente establecidas, estos sectores son: Sector centro de Manizales (Catedral, Plaza de Bolívar) y el Sector Palogrande y Universitario.

En la Figura 5.1.4.6. se aprecia el caso del sector del centro de Manizales, encontrándose flujos importantes con las zonas adyacentes a este.

Fig. 5.1.4.6. Patrones de movilidad peatonal en la zona centro.



Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Manizales Septiembre/06.

Finalmente, hay que dejar constancia que el **Estudio de Reestructuración de rutas realizado por la empresa Transmilenio S.A** toma como insumo fundamental para su desarrollo, el Estudio OyD desarrollado por la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá dentro del marco del Plan Vial de Movilidad para la ciudad de Manizales del año 2.005, cuyos resultados se han expuesto.

5.1.5. Metodología aplicada a esos planes.

En el **Estudio de tránsito y transporte llevado a cabo en el año 1.991. (Plan Vial 1.991)** no se realizó modelación de la demanda como tal, no obstante este estudio fue insumo básico para la modelación de la demanda de TPCU realizada en el Plan de Transporte Masivo para la ciudad de Manizales (1.992).

Los modelos¹⁹ usados en esta ocasión son resultado de un convenio suscrito entre el INTRA, COLCIENCIAS y la Universidad Nacional de Colombia, los cuales fueron desarrollados por la Facultad de Ingeniería a través del Programa de Investigación en Transporte (PIT) en Bogotá. Los modelos desarrollados fueron los siguientes²⁰: Modelo METRAP, modelo para la evaluación de opciones de Transporte Urbano; Modelo MOSRUT, modelo para la evaluación y racionalización del sistema de rutas de Transporte Público; y Modelo DISRUT, modelo para el diseño de rutas de Transporte Público Urbano.

El modelo METRAP utiliza un algoritmo de cálculo del camino mínimo entre dos puntos, tanto para el vehículo privado (RUTA1UN), como para redes de transporte público (RUTA2UN), una vez aplicados los datos de las matrices estimadas para la distribución modal, aplica un tercer instrumento (ASIGNAUN) que termina por dar la carga en cada arco del grafo, de vehículos privados y públicos.

El modelo pretende realizar una asignación a la red de difícil comprobación, al no tener aforos y conteos de referencia, y sobre esa asignación determina rutas y líneas más sobrecargadas y necesitadas de intervención.

El modelo MOSRUT se aplica sólo al transporte público, y sobre la asignación efectuada va eliminando las rutas menos rentables, cargando sus viajes de origen-destino en las rutas más próximas (lo que implica modificar la matriz origen-destino y realizar un procedimiento iterativo hasta fijar las rutas óptimas y prever sus cargas futuras).

El modelo DISRUT no presenta variantes importantes respecto a la aplicación del modelo METRAP por lo que respecta al transporte colectivo.

Un análisis somero de esta metodología muestra sus claras deficiencias metodológicas; más allá del ingenio de su concepción y de su preocupación predominante por el transporte público, no dejan de ser métodos aproximados de cuantificación de la carga en cada tramo de las redes viaria y de transporte público que sustituyen a una observación continuada de la realidad.

¹⁹ Plan de Transporte Masivo para Manizales. Alcaldía de Manizales. Octubre de 1.992.

²⁰ Ídem.

Por el contrario, en el **Estudio de Movilidad del año 2.000 - 2.001** se utilizan ya claramente modelos de demanda con sus formulaciones matemáticas y procesales más habituales; no obstante, no se encuentra dentro de éste ningún documento que soporte dicha opción ni defina los pasos aplicados, sus decisiones intermedias y la filosofía en que se sustentan, limitándose a la descripción de cada uno de los pasos propios de este tipo de metodología. El software utilizado es el TransCad, pero no hace regencia a como a partir de la matriz O-D observada extrapola o estima las matrices futuras, pareciendo más bien que se limita a asignar las observadas a las grafos de las redes y, por un algoritmo de camino mínimo, deducir sus cargas en la actualidad, extrapolándolas a futuro.

El **Estudio de Movilidad del año 2.005**, presenta un desarrollo metodológico complejo e interesante, que merece ser analizado, tanto por inscribirse con claridad en los más elaborados métodos de los enfoques de demanda, como porque su aplicación, total o parcial, aparece en otros estudios recientes de las ciudades colombianas.

En los documentos del propio Plan se declara: *“De acuerdo con la información recolectada, gracias a la caracterización socioeconómica y de demanda del transporte de la ciudad, disponible a partir de la encuesta de hogares, se estableció que la opción que mejor representa la situación actual, corresponde al método de regresión lineal múltiple, como modelo para estimar los viajes generados y atraídos por cada zona para los diferentes escenarios de estudio.”*²¹

Así, se identifican las variables explícitas (número de personas en el hogar, estrato socioeconómico del hogar y número de vehículos disponibles en el hogar) que representan la generación y atracción de viajes, tomando los resultados del análisis de la encuesta domiciliaria, buscando correlaciones entre los viajes expresados y esas variables que pudieran servir para determinar las matrices origen-destino del horizonte del Plan.

Para la elaboración de las formulaciones matemáticas de esas correlaciones (modelos de generación - atracción) se tuvieron en cuenta los siguientes propósitos de viaje: Trabajo, estudio, Hogar y otros; así mismo, los modos de transporte se agruparon como sigue: Motorizado Transporte Público Colectivo (Bus, Busetas y Colectivo), Motorizado Transporte

²¹ Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Dirección Nacional de Extensión. Manizales Septiembre/06.

Público individual (Taxi), Motorizado Transporte Particular (vehículo Privado), Motorizado Otros (Transporte Especial, Interurbano y Motos) y No Motorizado (A pie, bicicleta y otros).

Se comenzó la elaboración de los modelos evaluando la correlación existente entre los viajes por propósito y modo de transporte, y las variables explícitas, para cada zona, tanto para los viajes diarios como para las horas pico de la mañana (06:30 – 07:30) y de la tarde (18:00 – 19:00).

Conociendo la correlación existente, se procedió a definir el conjunto de variables independientes que pueden describir el comportamiento de las variables dependientes (propósito y modo de transporte).

En la Tabla 5.1.5.1., se aprecian las correlaciones (r^2) a nivel zonal obtenidas en el análisis de los viajes diarios según el propósito; así mismo, en la Tabla 5.1.5.2., se aprecian las correlaciones a nivel zonal obtenidas en el análisis de los viajes diarios según el modo de transporte usado.

Tabla 5.1.5.1. Correlación a nivel zonal de los viajes diarios por propósito, ciudad de Manizales y Villamaría.

VARIABLES DEPENDIENTES		VARIABLES INDEPENDIENTES					
		Personas en el Hogar	Trabajadores en el Hogar	Estudiantes en el Hogar	Nº de Vehículos Privados	Puestos de Trabajo	Puestos de Estudio
VIAJES GENERADOS	Trabajo	0,94	0,97	0,94	0,60	0,15	0,54
	Estudio	0,96	0,94	0,97	0,52	0,04	0,53
	Hogar	0,09	0,13	0,11	0,12	0,97	0,53
	Otros	0,79	0,81	0,81	0,39	0,24	0,56
	Totales	0,52	0,55	0,53	0,35	0,82	0,68
VIAJES ATRAÍDOS	Trabajo	-0,03	0,01	-0,02	0,03	1,00	0,32
	Estudio	0,42	0,44	0,43	0,29	0,33	0,99
	Hogar	0,96	0,97	0,97	0,54	0,09	0,54
	Otros	0,10	0,13	0,12	0,04	0,98	0,35
	Totales	0,51	0,55	0,53	0,32	0,82	0,67

Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Manizales Septiembre/06.

Es así como se estimaron los modelos de regresión lineal para cada uno de los propósitos y modos de transporte, para el total de viajes diarios y para los períodos pico (06:30 – 07:30 y 18:00 – 19:00). La correlación expresa el valor de r^2 que se obtiene al realizar una estimación lineal separadamente entre cada una de las variables dependientes consideradas en términos de viajes, y las variables independientes de tipo socioeconómico escogidas.

Tabla 5.1.5.2. Correlación a nivel zonal de los viajes diarios por modo de transporte.

VARIABLES DEPENDIENTES		VARIABLES INDEPENDIENTES					
		Personas en el Hogar	Trabajadores en el Hogar	Estudiantes en el Hogar	Nº de Vehículos Privados	Puestos de Trabajo	Puestos de Estudio
VIAJES GENERADOS	Motorizado Transporte Público Colectivo	0,36	0,40	0,38	0,25	0,90	0,55
	Motorizado Transporte Público Individual	0,18	0,22	0,20	0,33	0,88	0,42
	Motorizado Transporte Particular	-0,10	-0,05	-0,08	0,37	0,86	0,34
	Motorizado Otros	0,17	0,23	0,21	0,52	0,58	0,59
	No Motorizado	0,77	0,78	0,76	0,27	0,49	0,71
	Totales	0,52	0,55	0,53	0,35	0,82	0,68
VIAJES ATRAÍDOS	Motorizado Transporte Público Colectivo	0,34	0,38	0,36	0,25	0,91	0,54
	Motorizado Transporte Público Individual	0,23	0,26	0,26	0,39	0,83	0,48
	Motorizado Transporte Particular	-0,10	-0,05	-0,08	0,37	0,86	0,33
	Motorizado Otros	0,16	0,22	0,20	0,47	0,62	0,60
	No Motorizado	0,76	0,77	0,76	0,27	0,50	0,70
	Totales	0,51	0,54	0,52	0,34	0,82	0,67

Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Dirección Nacional de Extensión. Manizales Septiembre/06.

Se definieron entonces el conjunto de variables independientes que sirven para describir el comportamiento de cada uno de los viajes estudiados (variables dependientes). En la Tabla 5.1.5.3. y en la Tabla 5.1.5.4. se aprecian los modelos lineales múltiples obtenidos según propósito y modo de transporte respectivamente.

Tabla 5.1.5.3. Modelos lineales múltiples para los viajes diarios por propósito, ciudad de Manizales y Villamaría.

VARIABLES DEPENDIENTES	COEFIC.	VARIABLES INDEPENDIENTES						r ²	TOTAL DE VIAJES	%
		Personas en el Hogar	Trabajadores en el Hogar	Estudiantes en el Hogar	Nº de Vehículos Privados	Puestos de Trabajo	Puestos de Estudio			
VIAJES GENERADOS	Trabajo	45,83	0,00	0,93		0,09		0,9519	158.761	25,3%
	Estudio	393,31	0,02		0,82			0,9374	130.258	20,8%
	Hogar	-880,84				1,67	1,23	0,9910	302.448	48,3%
	Otros	-422,39	-0,24	0,48	0,69			0,6753	35.131	5,6%
	Totales	-697,92	-0,41	1,49	1,99		1,81	0,9908	626.599	100,0%
VIAJES ATRAÍDOS	Trabajo	-221,86				1,35		0,9971	158.761	25,3%
	Estudio	-204,75					1,22	0,9826	130.258	20,8%
	Hogar	5,90	-0,55	1,94	1,96			0,9587	302.448	48,3%
	Otros	-287,93				0,41		0,9147	35.131	5,6%
	Totales	3.695,91					1,75	1,76	0,7897	626.599

Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Dirección Nacional de Extensión. Manizales Septiembre/06.

Tabla 5.1.5.4. Modelos lineales múltiples para los viajes diarios por modo de transporte, ciudad de Manizales y Villamaría.

VARIABLES DEPENDIENTES	COEFIC.	VARIABLES INDEPENDIENTES						r ²	TOTAL DE VIAJES	%	
		Personas en el Hogar	Trabajadores en el Hogar	Estudiantes en el Hogar	Nº de Vehículos Privados	Puestos de Trabajo	Puestos de Estudio				
VIAJES GENERADOS	Motorizado Transporte Público Colectivo	1152,19					0,82	0,71	0,8649	248.381	39,6%
	Motorizado Transporte Público Individual	189,47					0,10	0,02	0,7097	24.859	4,0%
	Motorizado Transporte Particular	434,41					0,27	0,06	0,7058	64.903	10,4%
	Motorizado Otros	612,19	-0,28	0,42	0,42		0,08	0,21	0,5225	66.581	10,6%
	No Motorizado	-2236,99	0,43	0,27	-0,03		0,46	0,73	0,8760	221.875	35,4%
	Totales	3737,26					1,72	1,76	0,7810	626.599	100,0%
	VIAJES ATRAÍDOS	Motorizado Transporte Público Colectivo	1108,15					0,84	0,71	0,0863	248.381
Motorizado Transporte Público Individual		207,89					0,09	0,02	0,6464	24.859	4,0%
Motorizado Transporte Particular		393,41					0,28	0,07	0,7169	64.903	10,4%
Motorizado Otros		593,36	-0,27	0,41	0,37		0,09	0,22	0,5748	66.581	10,6%
No Motorizado		-2183,54	0,48	0,12	-0,03		0,47	0,70	0,8758	221.875	35,4%
Totales		3695,91					1,75	1,76	0,7897	626.599	100,0%

Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Dirección Nacional de Extensión. Manizales Septiembre/06.

Como ejemplo, se muestran las ecuaciones obtenidas para establecer los viajes generados totales y los viajes generados con propósito trabajo, elaboradas a partir de los resultados de las tablas anteriores.

$$Vg_{total} = -0,41Ph + 1,49Th + 1,99Eh + 1,81Pt + 1,29Pe - 697,92$$

$$Vg_{trabajo} = 0,93Th + 0,09Vp + 45,83$$

- Donde: Vg total Viaje generados total
 Vg Trabajo Viajes generados propósito trabajo
 Ph Número de personas en el hogar
 Th Número de Trabajadores en el hogar
 Eh Número de Estudiantes en el hogar
 Pt Número de puestos de trabajo
 Pe Número de puestos de estudio
 Vp Número de vehículos disponibles en el hogar

En defensa de la aplicación del método, se dice en los documentos del Plan:

“La aplicación de cada uno de los modelos encontrados para la generación y la atracción de viajes, de acuerdo con las variables explícitas proyectadas según la tendencia natural del municipio y el POT, da como resultado los vectores de generación y atracción para cada una de las matrices que se estudiaron, los cuales son uno de los insumos para el desarrollo de la siguiente etapa en el proceso de modelación del transporte, los modelos de distribución.

Sin embargo, se debe garantizar que los vectores de generación y atracción conduzcan al mismo resultado de viajes totales, lo cual no sucede de forma directa debido al empleo de diferentes modelos. Por esto es necesario balancear los vectores para obtener el mismo resultado al sumar cada uno de sus elementos.”²²

Para la decisión del tipo de formulación adecuada a cada motivo y modo de viaje, el estudio calibra diferentes formulaciones matemáticas, funciones de impedancia, de tres distintos tipos. En la Tabla 5.1.5.5. se aprecian las expresiones matemáticas de cada una de las funciones de impedancia, en las cuales a, b y c son las constantes que deben calibrarse y d_{ij} es el valor de la impedancia en términos de distancia, tiempo o coste de viaje entre la zona i y la zona j.

Tabla 5.1.5.5. Expresiones matemáticas de las funciones de impedancia en el modelo de gravedad para la distribución de viajes.

Función	Expresión
Exponencial	$e^{-c*d_{ij}}$
Potencial Inversa	d_{ij}^{-b}
Gamma	$a*d_{ij}^{-b}*e^{-c*d_{ij}}$

Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Anexo Informe Modelación Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Manizales Septiembre/06.

Funciones que incluyen una distribución modal, por cuanto ajustan matrices para cada motivo y cada modo. Sobre este paso metodológico, la **distribución de los viajes por modos de**

²² Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Dirección Nacional de Extensión. Manizales Septiembre/06.

transporte, el estudio se limita, pues, a la reproducción a futuro de los porcentajes observados, y refiere lo siguiente:

“Las ecuaciones de regresión lineal establecidas en el modelo de generación y atracción para los modos de transporte público y privado en los viajes diarios motorizados de Manizales en los diferentes escenarios, establecieron una proporción constante del 65% para transporte público y del 35% para transporte privado.

En general en el caso nacional, las posibilidades de selección modal para la mayoría de la población no existen, si se tienen en cuenta la dependencia muy alta de la población del servicio de transporte público colectivo, sin disponer de otras alternativas, particularmente en el caso de los viajes motorizados. Esto hace que las aplicaciones de la modelación en la etapa de selección modal sean mínimas. Probablemente en la medida en que se disponga de un sistema adecuado de transporte público colectivo, éste se constituya en alternativa para el usuario del vehículo particular, desestimulando y reduciendo su participación.²³

Las funciones de impedancia probadas fueron, pues, de tipo exponencial, potencial inversa y propiamente gravitatoria, defendidas en el estudio con las siguientes consideraciones:

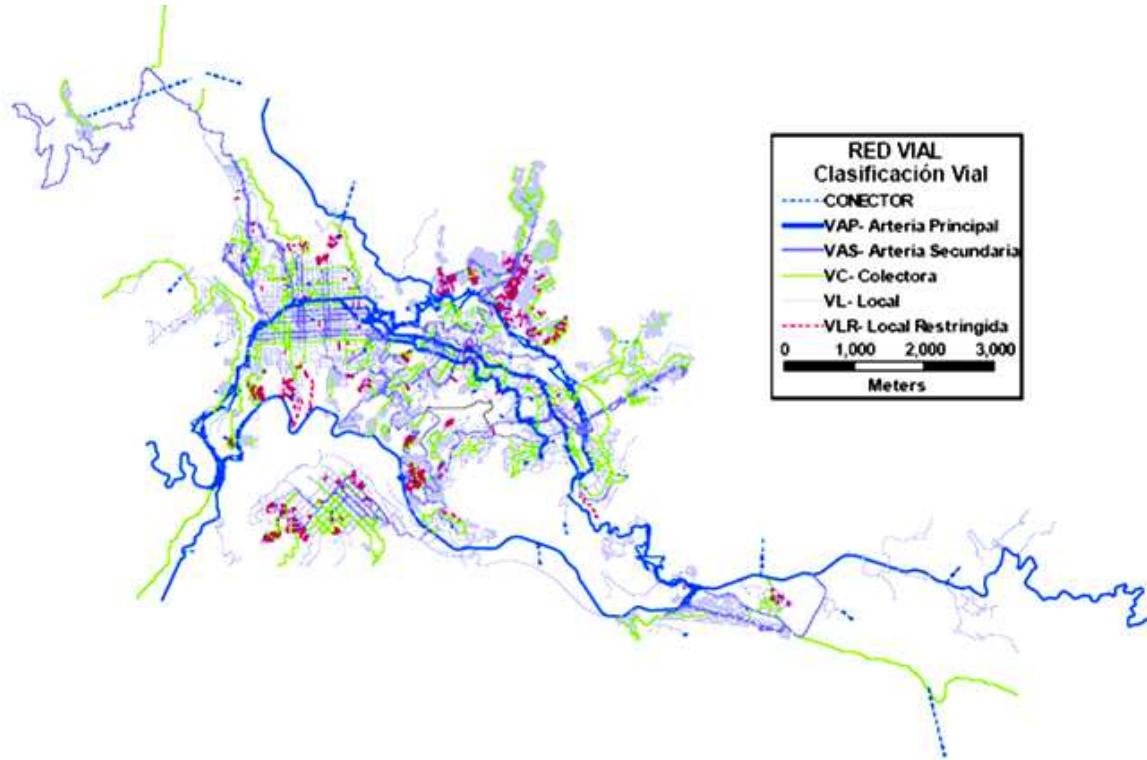
“De conformidad con experiencias previas de calibración de los modelos de distribución en ciudades semejantes a Manizales, como es el caso de Ibagué, se construyeron matrices de impedancia tanto para la distancia como para el tiempo de viaje, separadamente para el transporte privado, que utiliza toda la red disponible, y para el transporte público colectivo, que solo usa una parte de la red total. En el caso de la calibración de la distribución de la matriz de viajes motorizados, que incluye los dos componentes del sistema de transporte, se trabajó con matrices ponderadas de acuerdo con la participación de cada componente, 65% para el transporte público colectivo y 35% para el caso del privado.²⁴

Para esa calibración era necesario, entonces, establecer las distancias que existen entre las zonas, el tiempo de viaje entre ellas o el costo de viaje. Para ello, se seleccionó una red básica vial del área de estudio (Ver Figura 5.1.5.1), que define los caminos por los cuales se puede acceder a cada una de las zonas, y debe ser complementada con enlaces entre ésta y el centro de las zonas, llamados “conectores”, que complementan la relación entre las zonas y la red vial.

²³ Ídem.

²⁴ Ídem.

Fig. 5.1.5.1. Red Vial en el área de estudio, Manizales y Villamaría, 2.005.



Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Dirección Nacional de Extensión. Manizales Septiembre/06.

Posteriormente se realizó un análisis geográfico de la red vial para identificar la distancia más corta de recorrido entre las zonas. Ahora bien, con la caracterización de los corredores de la ciudad en cuanto a velocidad de marcha y recorrido, se estableció el tiempo de viaje en minutos entre cada par de zonas.

El tiempo de viaje intrazonal²⁵ fue caracterizado teniendo en cuenta una velocidad promedio de 20 Km./h, considerada representativa de acuerdo con la experiencia en la circulación en las vías locales de Manizales, esto conduce a estimar en uno y medio (1,5) minutos el tiempo de viaje intrazonal.

Se calcularon pues factores de impedancia de las matrices según las diferentes formulaciones, calibración de las constantes de cada una de las funciones del modelo, para cada una de las siguientes matrices de viajes:

²⁵ Ídem.

- Total de los viajes motorizados.
- Viajes realizados en Transporte Público Colectivo – TPC (bus, buseta y colectivo).
- Viajes realizados en modo de transporte privado, auto particular y en taxi (Privado).
- Viajes realizados en otros modos de transporte motorizado, como pasajero en bus particular, en moto y en otros medios de transporte no precisados en las encuestas de hogares (Otros).

Con lo anterior, se procedió a determinar las distintas posibilidades de modelación de la distribución de los viajes, teniendo en cuenta los diferentes modos de transporte (motorizado total, público colectivo, privado y otros), las matrices de impedancia (distancia y tiempo) y funciones de impedancia (exponencial, potencial inversa y gamma), tanto para la matriz de viajes diarios como para las matrices de viajes en la hora pico de la mañana y de la tarde.

En la Tabla 5.1.5.6. se aprecia un ejemplo de los resultados obtenidos en la calibración de las funciones de impedancia, en este caso, para las matrices de viajes diarios según el modo de transporte.

En consecuencia con los resultados obtenidos, propone efectuar la modelación de la distribución de los viajes, usando las matrices de impedancia de tiempos de viaje y la función de impedancias gamma, con los parámetros de calibración (a, b y c) respectivos.

Con la calibración del modelo matemático deducido y en aplicación de un modelo de tipo gravitatorio se procedió a la asignación a la red y al ajuste de las constantes por comparación a las observaciones reales de carga de la red, deducidas de aforos y conteos.

Como principal insumo para realizar esta modelación, toman la Matriz OyD para el modo privado (Vehículos Particulares + Taxis), en la cual deben tomar los viajes realizados y transformarlos en vehículos; dado lo anterior, hacen uso del valor de ocupación media vehicular de la ciudad (extraída de aforos hechos en campo) y suman el volumen de vehículos de TPCU expresado en vehículos equivalentes, lo cual llaman “precarga de la red”.

Tabla 5.1.5.6. Calibración de la funciones de impedancia para las matrices de viajes diarios, Manizales, 2.005.

		Funciones de Impedancia					
		Exponencial		Potencial		Gamma	
Matriz de Viajes Motorizados diarios	Impedancia por Distancia	c	0,0009	b	0,0045	a	No converge
		r ²	0,7000	r ²	0,7000	b	
						c	
	Impedancia por Tiempo	c	0,0015	b	0,0146	a	15,2055
		r ²	0,7000	r ²	0,7000	b	-0,6176
						c	0,0875
				r ²		0,7400	
Matriz de viajes en Transporte Público Colectivo diarios	Impedancia por Distancia	c	No converge	b	No converge	a	4,3803
		r ²	-----	r ²	-----	b	-1,1854
						c	0,1055
	Impedancia por Tiempo	c	No converge	b	No converge	a	3,9843
		r ²	-----	r ²	-----	b	-0,6904
						c	0,0701
				r ²		0,7600	
Matriz de viajes en Transporte Privado + Taxi diarios	Impedancia por Distancia	c	0,0534	b	0,1807	a	4,3803
		r ²	0,6600	r ²	0,6300	b	-1,1854
						c	0,1055
	Impedancia por Tiempo	c	0,0366	b	0,2676	a	1,0519
		r ²	0,6500	r ²	0,6200	b	-0,7548
						c	0,0506
				r ²		0,7600	
Matriz de viajes en otros modos de Transporte diarios	Impedancia por Distancia	c	0,0506	b	0,2001	a	1,0800
		r ²	0,4600	r ²	0,4500	b	-1,1648
						c	0,0770
	Impedancia por Tiempo	c	0,0299	b	0,2509	a	1,0519
		r ²	0,4600	r ²	0,4500	b	-0,7548
						c	0,0506
				r ²		0,4400	

Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Septiembre/06.

Se caracterizó la red de tráfico mediante la construcción del grafo correspondiente, al cual se le asignó la respectiva matriz OyD con los parámetros necesarios para el proceso de modelación; para ello, el grafo es definido con los siguientes atributos:

- Longitud de cada arco (Km.)
- Categoría de la vía (Principal, secundaria o conector)
- Capacidad del arco (vehículos equivalentes por hora)
- Tiempo de viaje a flujo libre de cada arco (min.)
- Precarga (vehículos equivalentes por hora)
- El parámetro α (primer parámetro de la función de congestión)
- El parámetro β (segundo parámetro de la función de congestión)

A los enlaces conectores se les asignó un tiempo de viaje calculado a partir de una velocidad de 20 Km./h, puesto que en general estos conectores están simulando unos recorridos por vías internas de barrios. Adicionalmente, se les asignó una capacidad muy grande teniendo en cuenta que a estos conectores se les asignará el total de los viajes originados en cada zona. Con estas características se trata de representar de una manera simplificada el comportamiento real de la red. El estudio no referencia cuales han sido las velocidades de operación asumidas para el modo privado y solamente refiere que asumió una velocidad de 20 Km./h en los arcos conectores.

Ahora bien, para la modelación de la asignación de tráfico han tomado las matrices OyD correspondientes a las horas pico de la mañana y tarde, a estos valores se les dividió entre la ocupación vehicular promedio de cada hora pico, convirtiendo los valores en vehículos; no obstante, el estudio aclara que algunos vehículos que han sido aforados en campo no han sido representado en la matriz OyD, como por ejemplo los taxis que no llevan pasajero y los vehículos privados comerciales; se tiene entonces que como una primera aproximación, se realizaron asignaciones sin tener en cuenta este tipo de vehículos en la matriz OyD.

Para la asignación del tráfico, se uso el método de Equilibrio Estocástico del usuario, teniéndose en cuenta los siguientes factores:

- variable a minimizar: el tiempo de viaje.
- La capacidad de los arcos, expresada en vehículos equivalentes por hora.
- Los parámetros Alfa (α) y Beta (β), que para este estudio se asumieron los valores de 0,50 y 5,0 respectivamente; para asumir estos parámetros, el estudio se basa en que éstos mismos valores fueron aplicados para el estudio “Evaluación Técnica de los Planes

Vial y de Transporte del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá”, realizado por la consultora SAIP Ltda. en Julio del 2000.²⁶

- Se incluyó el valor de la precarga del TPCU con base en los valores de las frecuencias observadas en campo para cada ruta, así como para cada una de las horas pico evaluadas. Estos datos se acumularon en los arcos, de acuerdo con la cantidad de rutas que los usaban.

Con el fin de comprobar la validez del modelo de asignación de tráfico, el estudio toma información de conteos vehiculares en 20 puntos de la ciudad (puntos de control), dichos volúmenes corresponden a las dos horas pico que han sido consideradas.

Dado que los viajes en la ciudad, se realizan principalmente en el sentido este – oeste y viceversa (desplazamientos de entrada y salida al centro de la ciudad y/o en sectores de desarrollo de actividades), en los puntos de control, se han tomado los volúmenes mas cargados en los sentidos mencionados. Es así como, los volúmenes vehiculares observados en los accesos de los puntos de control, se comparan posteriormente con los volúmenes vehiculares obtenidos mediante la aplicación del modelo de asignación en los mismos puntos, para cada una de las dos horas pico modeladas.

Posteriormente, mediante una regresión lineal, se busca la correlación (r^2) existente entre los valores observados y los modelados de asignación para ambas hora pico. A manera de ejemplo de las regresiones realizadas, en la Figura 5.1.5.2. se presenta la dispersión de resultados del modelo de asignación para la hora pico de la mañana.

El estudio reporta entonces, que la dispersión de los resultados para la hora pico de la mañana presenta un coeficiente de correlación r^2 de 0.7955, y para la hora de la tarde un r^2 de 0.8925, para lo cual el estudio dice:

“... los cuales se consideran buenos dentro de los valores obtenidos en otros estudios y considerados admisibles para este tipo de modelamiento.”²⁷,

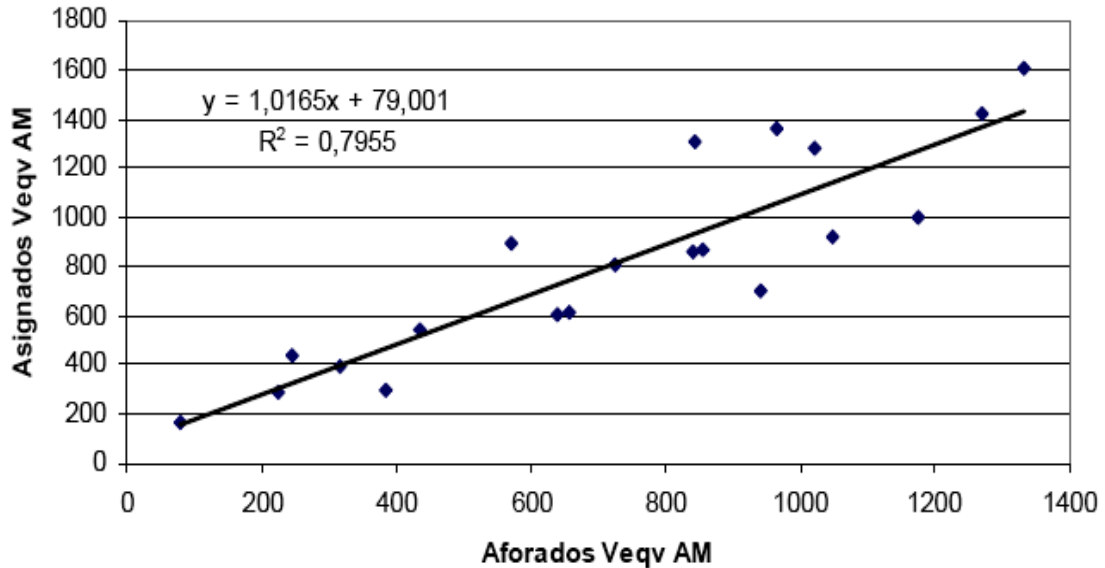
basando dicha afirmación al comparar dichos coeficientes de correlación con el obtenido en el estudio realizado en Bogotá²⁸ (r^2 de 0.6134), mencionado con anterioridad.

²⁶ Ídem.

²⁷ Ídem.

²⁸ Evaluación Técnica de los Planes Vial y de Transporte del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá”, realizado por la consultora SAIP Ltda. en Julio del 2000.

Fig. 5.1.5.2. Dispersión de resultados de la asignación de tráfico (Modo Privado) en la hora pico de la mañana 06:30 – 07:30, ciudad de Manizales y Villamaría.



Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia.. Manizales Septiembre/06.

En la Figura 5.1.5.3. se aprecia la asignación de tráfico para el modo privado en la hora pico de la mañana, así mismo, en la Figura 5.1.5.4. se aprecia la asignación de tráfico para el modo privado en la hora pico de la tarde.

Para la asignación de viajes del transporte público colectivo, se preparó también un grafo de la red, (Ver Figura 5.1.5.5.) las características mínimas que se asocian al grafo son:

- Longitud de cada arco (Km.).
- Categoría vial del arco.
- Capacidad por ruta (pasajeros por hora).
- Tiempo de viaje a partir de la velocidad de operación del sistema en cada arco (min.).
- La tarifa vigente del servicio (\$).
- El valor del tiempo para la ciudad de Manizales (\$ por minuto).
- El valor del tiempo de viaje, tiempo de espera, tiempo de trasbordo, tiempo de caminar y el tiempo en el paradero.
- El parámetro α y el parámetro β .
- El intervalo de paso de cada ruta (min.).
- Puntos de paradero, configurados en una capa geográfica de puntos.

Fig. 5.1.5.3. Asignación de tráfico para el área de estudio en la hora pico de la mañana 6:30 – 7:30. 2.005.

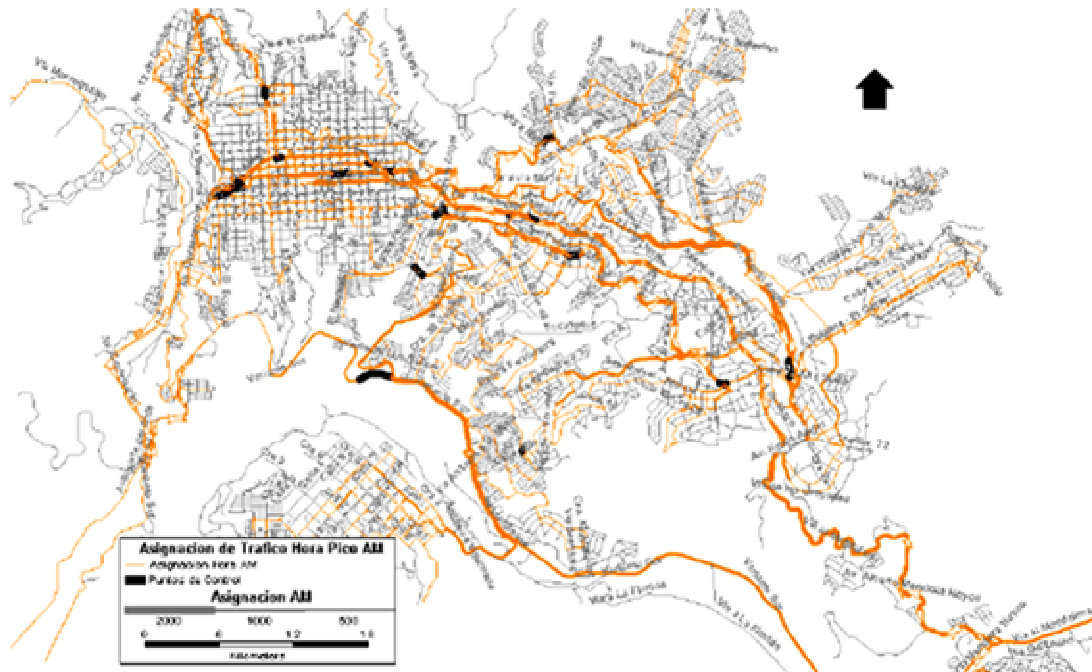
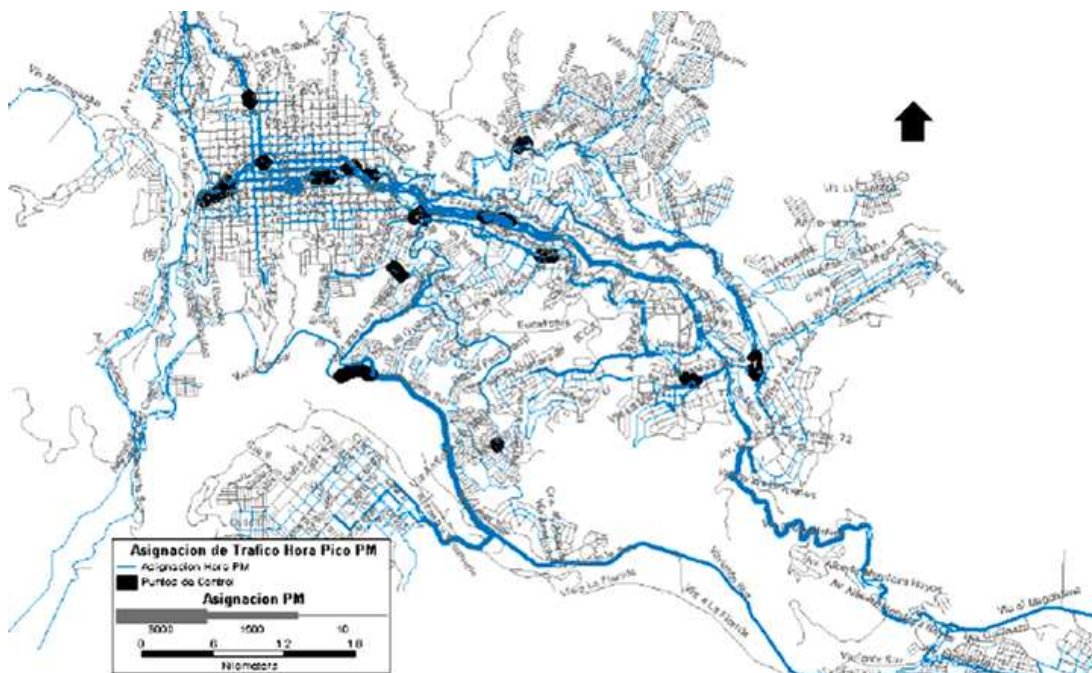
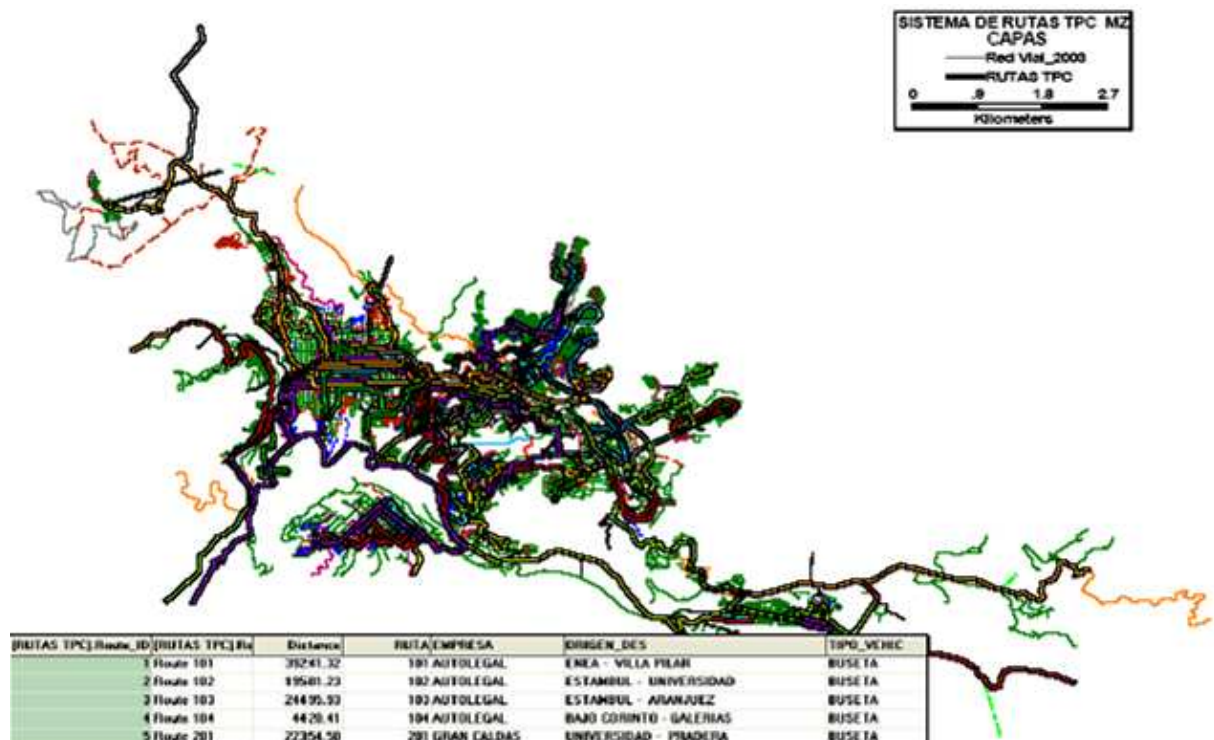


Fig. 5.1.5.4. Asignación de tráfico para el área de estudio en la hora pico de la tarde 18:00 – 19:00. 2.005.



Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Dirección Nacional de Extensión. Manizales Septiembre/06.

Fig. 5.1.5.5. Sistema de rutas de TPCU del área de estudio. 2.005.



Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Dirección Nacional de Extensión. Manizales Septiembre/06.

Se asumió una velocidad de operación del TPCU constante (15 Km./h) en todos los arcos del grafo, no obstante, se habían realizado estudio de velocidades de operación para los corredores de TPCU, que no fueron usados para la modelación.

El estudio resalta que para el caso de los arcos que conectan las diferentes zonas con la red de TPCU, se asignó un tiempo de viaje calculado a partir de una velocidad de movilización a pie, la cual fue asumida de 4 Km./h. Estos arcos conectores simulan los recorridos que deben realizar las personas caminando por las vías locales de los barrios hasta llegar al paradero.

Respecto a los valores de viajes usados para modelar la asignación del TPCU, éstos están representados en las matrices OyD (Horas Pico y medio día), para lo cual se tomó como insumo los resultados de los modelos tanto de generación y atracción de viajes como de distribución de viajes. Los valores de viajes encontrados en el estudio se aprecian en la Tabla 5.1.5.7..

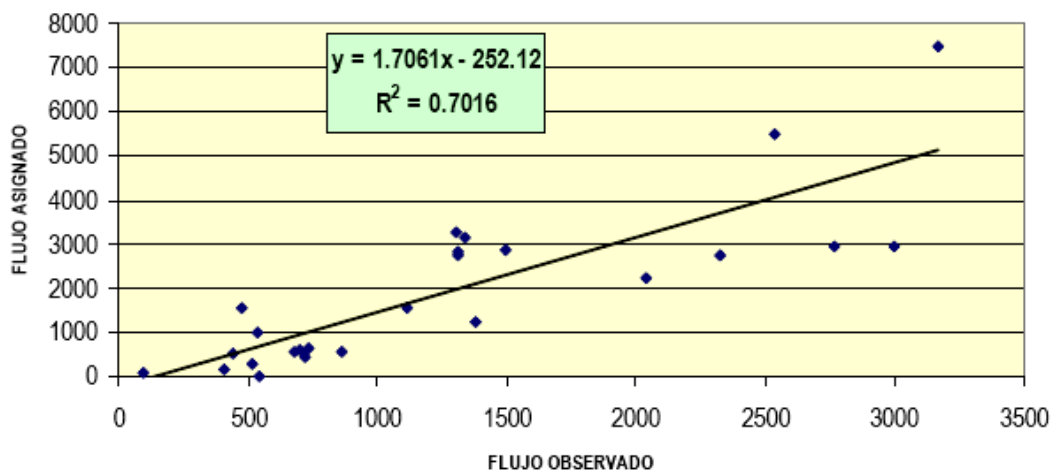
Tabla 5.1.5.7. Viajes en Modo TPCU en las Hora Pico, ciudad de Manizales y Villamaría.

Hora Pico	Viajes
06:30 - 07:30	38.268
18:00 - 19:00	30.809

Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Manizales Septiembre/06.

Con el fin de validar el modelo de asignación de TPCU, se tomó la información de conteos vehiculares en 18 puntos de la malla vial durante los períodos pico, así mismo se tuvo en cuenta un estudio de ocupación vehicular realizado por método visual. Los valores del número de pasajeros observados sobre los puntos de toma de información, se compararon con los valores arrojados por el modelo de asignación aplicado en los mismos puntos, para ambas horas pico modeladas. Se calculó el valor del coeficiente de correlación r^2 , resultante de la regresión lineal realizada a los valores observados y modelados, que se representa en la Figura 5.1.5.6..

Fig. 5.1.5.6. Dispersión de resultados de la asignación de TPCU en la hora pico de la mañana 06:30 – 07:30, ciudad de Manizales y Villamaría.



Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Manizales Septiembre/06.

En la Figura 5.1.5.7. se aprecia la asignación de tráfico para el modo de TPCU en la hora pico de la mañana, así mismo, en la Figura 5.1.5.8. se aprecia la asignación de tráfico para el modo de TPCU en la hora pico de la tarde. El estudio reporta entonces que para la hora pico de la mañana, se obtuvo un r^2 de 0.7016 y para la hora pico de la tarde un r^2 de 0.7706, valores que consideran adecuados.

Fig. 5.1.5.7. Asignación de pasajeros en TPCU para el área de estudio en la hora pico de la mañana 6:30 – 7:30. 2005.

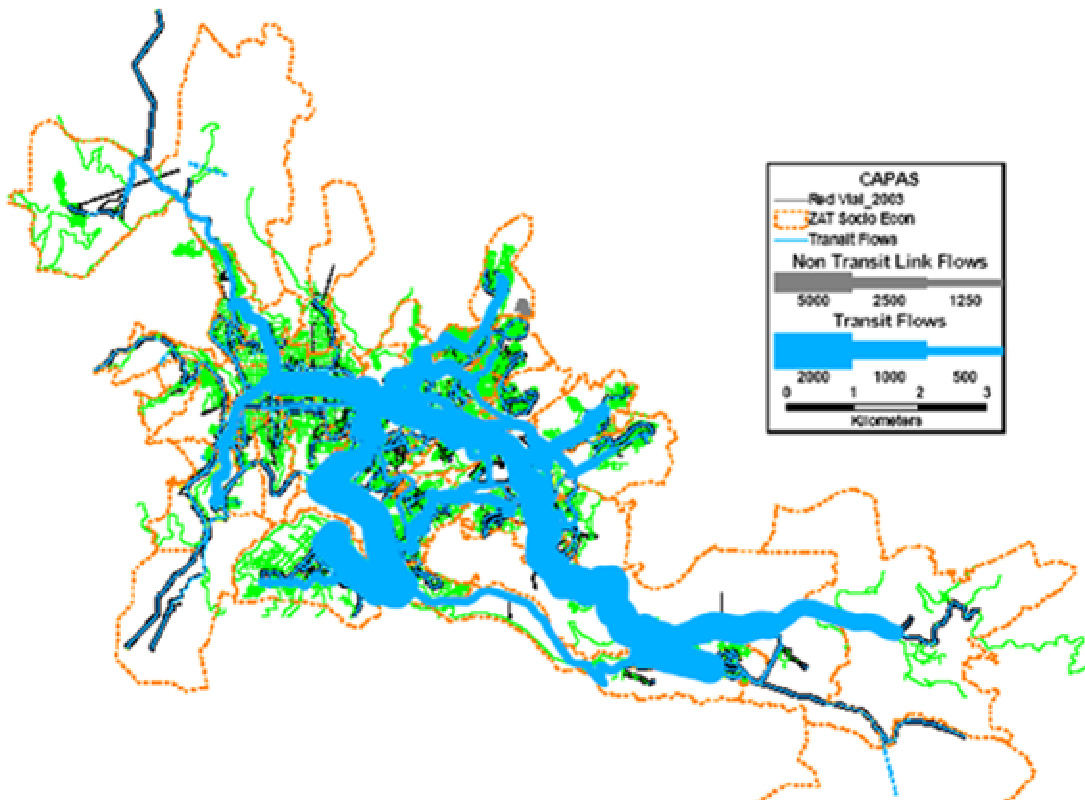
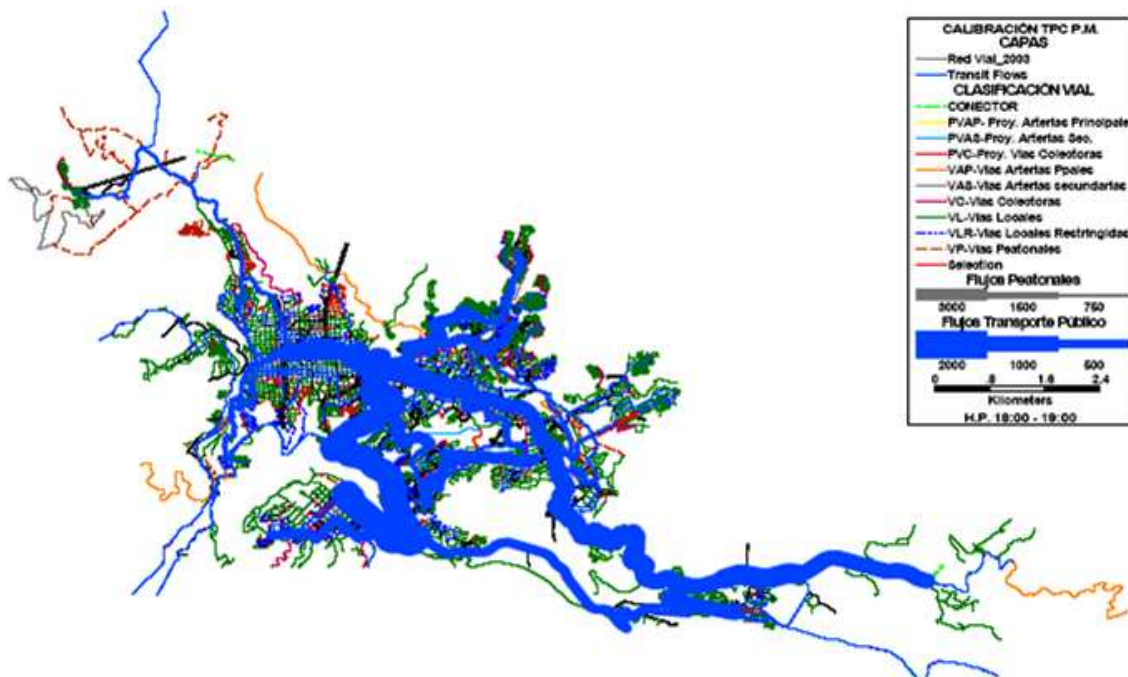


Fig. 5.1.5.8. Asignación de pasajeros en TPCU para el área de estudio en la hora pico de la tarde 18:00 – 19:00. 2005.



Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Manizales Septiembre/06.

5.1.6. Peculiaridades del estudio de reestructuración de rutas realizado por Transmilenio S.A.²⁹

La Alcaldía de Manizales, mediante contrato firmado con la empresa TRANSMILENIO S.A., estableció como objeto del mismo el de revisar la calibración del modelo de transporte entregado por la Universidad Nacional de Colombia en su Fase I (2005). Por medio de esta revisión, se busca establecer la capacidad del modelo propuesto al reproducir los comportamientos de los usuarios del TPCU mediante la comparación de las variables observadas en campo con las variables calculadas por el modelo. La revisión considera las características del modelo tales como: Red Vial Básica, Red Vial de TPCU, modo de transporte, tarifas, líneas de transporte y matrices OyD.

“La revisión de la modelación realizada en el Plan de Movilidad de la ciudad de Manizales se orientó hacia la generación de un nuevo escenario de modelación producto del ajuste de algunas variables de incidencia que representan mejor las condiciones reales.

Por esta razón se programó en el presente estudio la realización de tomas de información en campo que permitieran obtener indicadores generales del comportamiento del transporte público colectivo y también información específica acerca de ciertas rutas en particular, que permitieran posteriormente la inclusión de información de relevancia dentro del escenario de modelación generado.”³⁰

En este estudio se realizó una revisión de la información de rutas de TPCU suministrada por la Alcaldía de Manizales, definiendo para cada una de ellas sus atributos como: longitud, frecuencia, tiempo de ciclo, velocidad promedio, tipo de vehículo y tarifa, para lo cual TRANSMILENIO S.A. Así mismo, se validan los recorridos de las rutas trazados en el modelo del plan vial, luego de haber realizado la respectiva revisión en campo de algunas de ellas.

Se realizaron estudios de frecuencia y ocupación vehicular en diferentes puntos estratégicos de la ciudad (2 estaciones maestras y 7 estaciones específicas, el día 11 de mayo del 2.006), los cuales coincidían con estaciones analizadas por el Plan de Movilidad del 2.005.

²⁹ “Propuesta para la reorganización del Transporte Público Colectivo de la ciudad de Manizales”. Tercer informe de avance V-4. TRANSMILENIO S.A. – ALCALDÍA DE MANIZALES. Diciembre de 2006.

³⁰ “Propuesta para la reorganización del Transporte Público Colectivo de la ciudad de Manizales”. Primer informe de avance – segunda parte. Revisión y validación del modelo de transporte. TRANSMILENIO S.A. – ALCALDÍA DE MANIZALES. Junio 7 DE 2006.

Por otro lado, también se realizó un estudio de ascenso y descenso de pasajeros (23 rutas analizadas, los días 4 y 10 de mayo de 2006), con el fin de conocer el comportamiento de los usuarios en algunas rutas de TPCU específicas y poder establecer conclusiones acerca de la operatividad y eficiencia de las rutas, así como validar el modelo de transporte propuesto por el Plan Vial 2005. Las rutas estudiadas fueron seleccionadas bajo el criterio de cobertura, es decir, son rutas cuyos recorridos involucran zonas importantes en cuanto a la atracción y generación de viajes.

Ahora bien, con base en los resultados de los ensayos de campo se revisó la calibración del modelo de transporte del Plan de Movilidad y se realizó una optimización de la calibración, mejorando los valores de entrada de la modelación.

Para la validación del modelo propuesto por el Plan de Movilidad, se llevó a cabo el ajuste del escenario actual del sistema de rutas de transporte público de la ciudad de Manizales. Se revisaron las características del escenario base de modelación utilizado por TRANSMILENIO S.A., que había sido establecido anteriormente por el Plan de Movilidad, y producto de este proceso se llegó a las siguientes conclusiones:

- En lo que se refiere a recorridos se encontraron inconsistencias, las cuales fueron corregidas para lograr un escenario actual más acorde con la realidad en cuanto a itinerarios.
- Adicional a lo anterior fueron incluidas y eliminadas rutas, de acuerdo con las rutas que están prestando el servicio actualmente, alcanzando un total de 64 rutas para el escenario base de modelación.
- Se discutieron los parámetros de modelación y se alcanzaron acuerdos en cuanto a los parámetros más apropiados para las condiciones de la ciudad de Manizales.
- En cuanto a los parámetros generales se acuerda seguir utilizando un valor de 60 pesos el minuto, recomendado en el Plan de Movilidad.
- Se propone modelar con la penalización de trasbordo en un rango entre 3 y 5, para escoger el valor que asigne el mayor número de viajes en TPCU.
- El Plan de Movilidad de Manizales establece que el tiempo medio ponderado de recorrido a pie es de 22,5 min., se acordó utilizar este valor para el proceso de asignación de TPCU.

- El Plan de Movilidad establece que la distancia promedio de recorrido a pie es de 1,35 Km. De acuerdo con lo anterior se establece que la velocidad de caminata para Manizales es de 3,6 Km./h; acordándose usar este valor para el proceso de asignación de TPCU.
- Para vías tales como: Vía Panamericana, Av. Alberto Mendoza y la Vía a Maltería se sugiere utilizar una velocidad de 30 Km./h dentro de los atributos de la red vial, teniendo en cuenta que son vías en donde los vehículos alcanzan altas velocidades al realizar pocas paradas.

Es entonces, que teniendo en cuenta las anteriores conclusiones, se procedió a calibrar el escenario actual (llamado escenario base) con un total de 64 rutas de TPCU y con las características operacionales ajustadas con la información obtenida directamente de las empresas de transporte, complementada con la información de los abordajes que se presentan en cada ruta.

"El objetivo fue llegar a una calibración en el número de abordajes global de las rutas por empresa, considerando que hacer una calibración ruta a ruta no es posible debido a la dificultad de identificar la ocupación por ruta en campo. Esta calibración está de acuerdo con los abordajes en la hora pico de la mañana."³¹

Con base en los resultados de asignación de transporte público colectivo, se elaboró la curva de calibración del escenario actual, la cual se presenta en la Figura 5.1.6.1..

Posteriormente, se realizó la comparación entre la información calculada a partir de los datos suministrados por las empresas y los resultados arrojados por el modelo, en cuanto a los abordajes por empresa en la hora pico de la mañana, obteniéndose un coeficiente de correlación de 0.98; en la Tabla 5.1.6.1. se aprecian los datos sobre abordajes por empresa obtenidos y en la Figura 5.1.6.2. se aprecia la correlación de los datos mencionados.

Es necesario aclarar que la información aportada por las empresas corresponde al abordaje por presentado por cada ruta, con la cual se calculó el abordaje consolidado por cada empresa. No se logró hacer una correlación con la información tomada en campo, debido a que por la falta de codificación de las rutas en la ciudad de Manizales, la información tomada por ruta y por lo tanto por empresa no es confiable.

³¹ "Propuesta para la reorganización del Transporte Público Colectivo de la ciudad de Manizales". Tercer informe de avance V-4. TRANSMILENIO S.A. – ALCALDÍA DE MANIZALES. Diciembre de 2006.

Fig. 5.1.6.1. Curva de calibración final escenario base. Hora pico de la mañana.

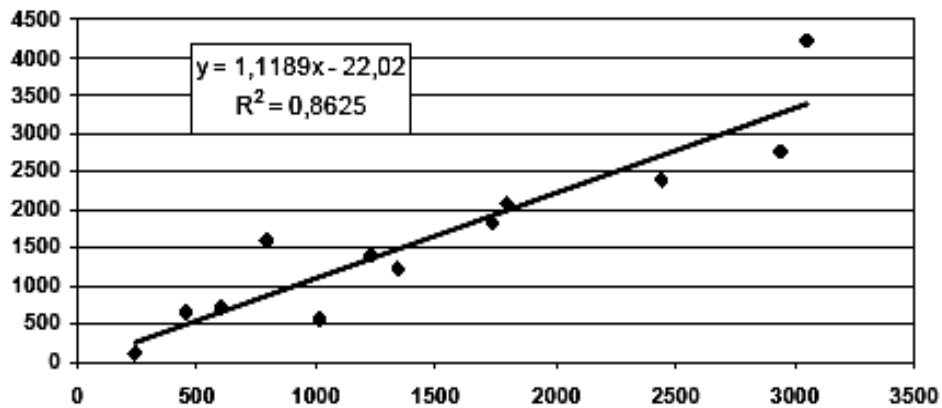
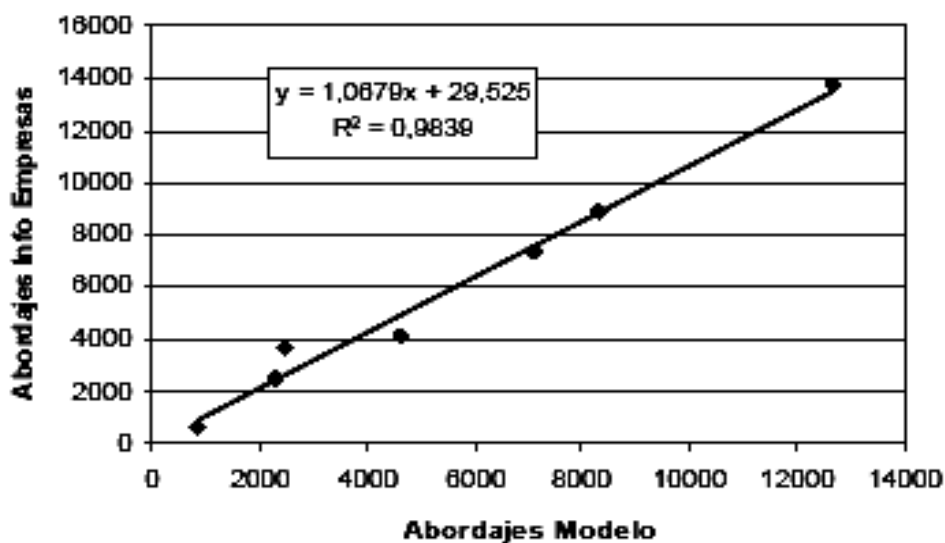


Tabla 5.1.6.1. Abordajes por empresa en hora pico de la mañana.

Empresa	Pas/HP empresas	Pas/HP modelo
Autolegal	2.460	3.730
Gran Caldas	4.600	4.179
Matropolitana	850	620
Serviturismo	2.280	2.487
Sideral	8.300	8.859
Socobuses	12.640	13.750
Unitrans	7.074	7.378
TOTAL	38.204	41.004

Fig. 5.1.6.2. Correlación de abordajes por empresa en hora pico de la mañana.



Fuente: “Propuesta para la reorganización del Transporte Público Colectivo de la ciudad de Manizales”. Tercer informe de avance V-4. TRANSMILENIO S.A. – ALCALDÍA DE MANIZALES. Diciembre de 2006.

Ahora bien, a pesar que el escenario base calibrado por TRANSMILENIO S.A. se trató de ajustar lo máximo a la realidad, se encuentra que en algunas de las rutas se presenta irregularidad en los recorridos, lo cual conlleva a que el trazado de la ruta puede variar dependiendo del día y de la hora.

Al apreciar este problema, se decidió realizar un análisis de sensibilidad con el fin de determinar si las variaciones menores en los recorridos podrían alterar significativamente los resultados obtenidos en la modelación.

Para el análisis de sensibilidad respecto a la modificación del recorrido de las rutas de TPCU del escenario base, se supuso que: dichas modificaciones no interfieren en el Origen y el Destino de la ruta y que el cambio de recorrido es atendido por vías paralelas a la reglamentada en un radio no mayor a 100 m.

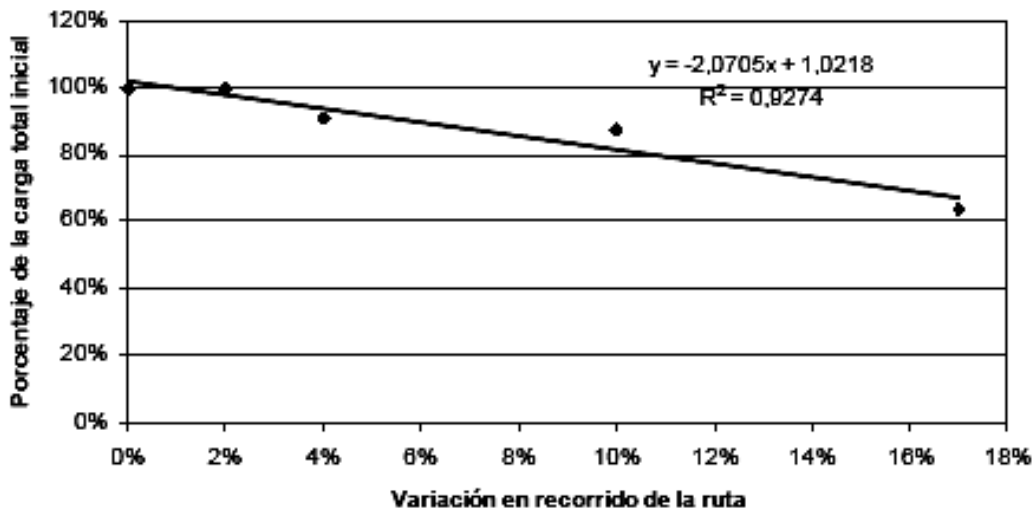
Los resultados permiten concluir que a partir de cambios drásticos de más del 10% de la longitud de la ruta, la demanda servida por ésta, comienza a tener variaciones importantes. En la Figura 5.1.6.3. se puede observar dicha situación.

"Esto es debido a que la formulación de estrategias de viaje se realiza teniendo en cuenta el tiempo de caminata, el tiempo de espera, el tiempo de viaje dentro del vehículo de transporte público y la tarifa. Ya que la tarifa y el tiempo de espera son elementos intrínsecos a la ruta en función del tipo de servicio (que define la tarifa) y la frecuencia de paso (que establece el tiempo de espera), la variación del trazado de la ruta sólo afecta los tiempos de caminata y de viaje dentro del vehículo."³²

Al tener en cuenta que los tiempos de caminata varían en función de la ubicación de los centroides y conectores de la red vial base de modelación, y considerando que el cambio en los recorridos de las rutas se presenta a través de vías paralelas al trazado original en un radio no mayor a 100 metros, los tiempos de caminata sólo podrían variar hasta en 1,5 min., lo cual representa un aumento de menos del 3% en el tiempo generalizado de viaje (considerando todos los componentes de la estrategia de viaje). Los tiempos de viaje dentro del vehículo se afectan solamente en la medida que el cambio en los trazados recorte de forma importante la longitud.

³² Ídem.

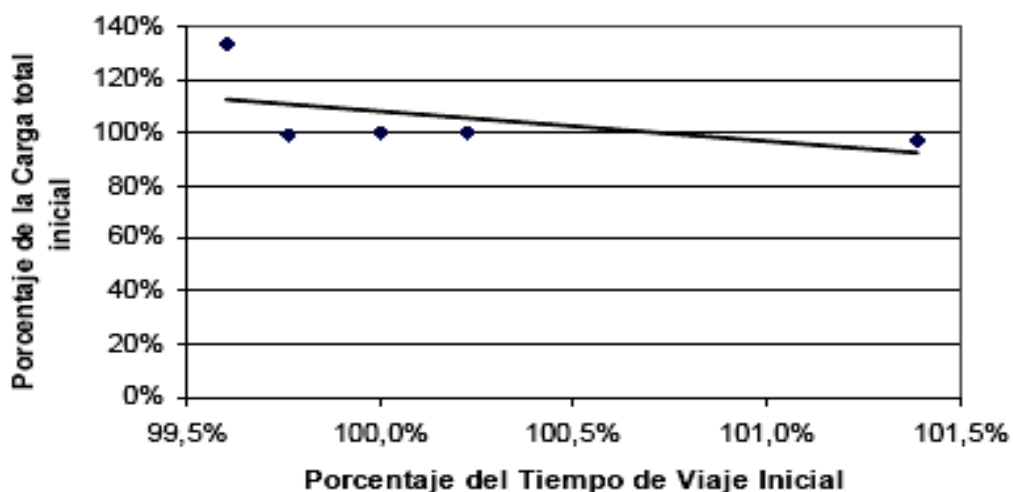
Fig. 5.1.6.3. Variación de la carga de pasajeros con variaciones de la distancia.



Fuente: “Propuesta para la reorganización del Transporte Público Colectivo de la ciudad de Manizales”. Tercer informe de avance V-4. TRANSMILENIO S.A. – ALCALDÍA DE MANIZALES. Diciembre de 2006.

Dado lo anterior, al considerarse un cambio en el trazado original de las rutas de TPCU, también puede representarse a través de un cambio en el tiempo de viaje mediante una variación en las velocidades de recorrido. La Figura 5.1.6.4. se muestra la sensibilidad de las cargas de pasajeros en las rutas de TPCU frente al cambio en los tiempos de viaje.

Fig. 5.1.6.4. Variación de la carga de pasajeros con variaciones del tiempo de viaje.



Fuente: “Propuesta para la reorganización del Transporte Público Colectivo de la ciudad de Manizales”. Tercer informe de avance V-4. TRANSMILENIO S.A. – ALCALDÍA DE MANIZALES. Diciembre de 2006.

Por todo ello, en el estudio de reestructuración de rutas se desarrolló un ajuste del modelo inicialmente propuesto por el Plan de Movilidad 2.005, con lo cual se mejoró la calibración obtenida y se logró un escenario base más aproximado a las condiciones reales de la ciudad.

Para el proceso de asignación de los viajes en TPCU se utilizó el Método Pathfinder, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Variable a minimizar: Tiempo de viaje.
- Valor del tiempo para la ciudad de Manizales en transporte público: \$60/min.
- Valor de la tarifa del servicio: Bus \$800, Buseta \$1000. Colectivo \$1,100, Cosmobus \$1,000 pesos colombianos.
- Los parámetros α y β generales: 0,50 y 5,00, respectivamente³³.
- Ponderaciones de los valores de los tiempos, para lo cual se tomó como referencia un estudio de Brown & Root para Cali, con los siguientes valores: Tiempo de viaje : 1.00; Tiempo de trasbordo : 3.00; Tiempo de espera : 2.00; Tiempo caminando : 1.35
- Intervalo de paso de cada ruta, con base en la frecuencia de paso del TPCU.
- Tiempo de espera máximo: 10 min., estimado en base a la sobreoferta establecida del TPCU, teniendo en cuenta que exceder este tiempo en la hora pico es realmente difícil.
- Sistema de rutas actual de la ciudad de Manizales con un total de 58 rutas, servicio prestado de forma combinada por buses, busetas y colectivos.
- Se uso un valor constante de velocidad de operación de 15 Km./h para todos los arcos, a pesar de que en la toma de información del estudio se obtuvieron velocidades de operación que no fueron tenidas en cuenta para la modelación.
- El Informe de modelación estableció una velocidad de movilización a pié de 4 Km./h, no obstante, para efectos del modelo en la red vial, se asignó una velocidad de movilización a pie de 2 Km./h. Según el estudio de TRANSMILENIO S.A., dicha variación no afecta la asignación de TPCU de manera importante.³⁴
- La red vial insumo para la modelación cuenta con información sobre la capacidad, velocidad de vehículos privados, etc.

Se tiene entonces que los cambios se realizaron con el fin de encontrar una calibración más ajustada a la información real de abordajes suministrada por las empresas, y obtener un mayor número de viajes asignados.

³³ Estos valores son iguales a los asumidos para la asignación de Transporte Privado.

³⁴ "Propuesta para la reorganización del Transporte Público Colectivo de la ciudad de Manizales". Primer informe de avance – segunda parte. Revisión y validación del modelo de transporte. TRANSMILENIO S.A. – ALCALDÍA DE MANIZALES. Junio 7 DE 2006.

Se realizaron modificaciones en los factores para la modelación, con el fin de lograr un mejor ajuste en los abordajes por empresa, teniendo en cuenta la flota que en la actualidad tiene cada empresa, en la Tabla 5.1.6.2. se aprecian los parámetros de modelación acordados con la administración municipal y los ajustados por la empresa TRANSMILENIO S.A..

Tabla 5.1.6.2. Ajuste de parámetros para la modelación.

Factor	Acordado en Mesa Técnica	Ajustado
Valor del tiempo	60 \$/min.	60 \$/min.
Número máximo de transferencias	3	3
Penalización en Tarifa	1	1
Penalización en Espera	1,5	1
Penalización en Transbordos	3 ± 1	5
Tiempo de trasbordo	5	5
Factor de caminata	3	2

Fuente: "Propuesta para la reorganización del Transporte Público Colectivo de la ciudad de Manizales". Tercer informe de avance V-4. TRANSMILENIO S.A. – ALCALDÍA DE MANIZALES. Diciembre de 2006.

Adicionalmente, dentro de la modelación se tuvo en cuenta una clasificación por "modos" con el fin de diferenciar los tipos de vehículos existentes para cada ruta, es decir, varían en el valor de su capacidad transportadora, sumando a ello, un factor de ponderación del tiempo de viaje de acuerdo con el tipo de vehículo.

"Es decir que el factor de ponderación afecta el tiempo de viaje de un modo determinado, reduciendo o aumentando la velocidad de viaje percibida, y esto le da mayor o menor preferencia a un tipo de vehículo dentro del modelo. Lo anterior se sustenta en que según estudios de transporte (Jara-Díaz, Guevara. Behind the Subjective Value of Travel Time Savings, 2003) el cálculo del valor subjetivo del tiempo a partir de modelos de elección discreta representa el deseo de pagar más por reducir el tiempo de viaje, lo que se refleja en preferencia por modos más rápidos. El cálculo de los factores consideró una relación de velocidades promedio general, de manera que se usan las velocidades y tiempos de viajes caracterizados en la red vial y se afectan por dicho factor según el tipo de vehículo."³⁵

³⁵ "Propuesta para la reorganización del Transporte Público Colectivo de la ciudad de Manizales". Tercer informe de avance V-4. TRANSMILENIO S.A. – ALCALDÍA DE MANIZALES. Diciembre de 2006.

Es entonces que los tiempos de viaje serán afectados por un factor dependiendo del tipo de vehículo, al ser la buseta el tipo de vehículo predominante, su factor se asumió como 1,0, los demás modos tuvieron factores dependiendo si su velocidad promedio de operación era mayor o menor con relación a la buseta. Así por ejemplo, el modo bus tiene una ponderación de 1.05, afectando el tiempo de viaje de manera que la velocidad promedio es menor un 5%, el colectivo de 0.8 para afectar el tiempo de viaje de manera que equivale a una velocidad un 20% mayor en promedio, y así con los otros modos. Los factores de ponderación del tiempo de viaje de acuerdo con el modo (tipo de vehículo) son los siguientes: Bus (1.05), Buseta (1.00), Colectivo (0.80), Cosmobus (0.85) y Metrocafé (0.85).

Al realizarse varias iteraciones, se encontraron mejores parámetros que llevaron a aumentar los viajes asignados en la hora pico de la mañana. Teniéndose que en la calibración inicial el modelo asignó un total de 35.270 viajes y en la última iteración, realizada para la optimización del diseño de rutas, el modelo asignó un total de 41.004 viajes.

5.1.7. Correspondencia entre la diagnosis efectuada y el programa de intervenciones.

Desde el año 2.005 se vienen tratando de forma continua en la ciudad los problemas que el tráfico rodado, tanto particular como privado, están generando en la movilidad general de la comunidad, dado lo anterior, se comenzó con la conformación de una mesa de trabajo³⁶ que involucrase los diferentes actores comprometidos con el tema para que debatiesen dichos problemas con el fin de poner en marcha un sistema de transporte que de verdad sea un servicio para la ciudad, para lo cual fijaron como primera labor, trabajar en el estudio de reestructuración general de rutas de TPCU de la ciudad.

Así mismo, el Plan de Desarrollo de Manizales 2.005 – 2.007, (Acuerdo No. 0617 de 22 de noviembre de 2.005), establece como metas en el área de desarrollo físico territorial³⁷, la intervención directa sobre la infraestructura vial y sobre el tránsito y transporte en la ciudad.

Ahora bien, luego de analizar y estudiar a fondo los resultados obtenidos en el estudio adelantado por la Universidad Nacional de Colombia, “Plan de movilidad para el Municipio de Manizales 2005 – Fase 0”, se puede generar una idea bastante clara de cómo se está presentando actualmente la movilidad general de la comunidad en la ciudad.

³⁶ Redacción Periódico “LA PATRIA”. Artículo “Mesa Técnica de Tránsito elige sus representantes”. Noviembre 25 de 2005.

³⁷ HIDALGO, D. Redactor. Periódico “LA PATRIA”. Artículo “Plan de Desarrollo de Manizales, con sentido comunitario”. Noviembre 27 de 2005.

“La radiografía que sobre la situación del transporte en Manizales hizo la Universidad Nacional, sede Bogotá, dejó ver algo que muchos han vaticinado en los últimos años: el servicio es desorganizado.”³⁸

La situación actual, se puede apreciar entonces desde los diferentes enfoques, análisis y conclusiones a los que permitió llegar la realización del mencionado Plan de Movilidad 2.005, del cual, de forma general se concluye que la ciudad depende en gran medida del servicio de TPCU para potenciar su desarrollo social y económico, dadas las características sociales que en ella se conjugan; la movilidad actual de la ciudad se encuentra estructurada mediante un corredor vial que la cruza en sentido este – oeste y viceversa (Carrera 23, Av. Santander) y que se emplaza sobre la cresta de la montaña que forma su territorio, lo cual define una topografía abrupta que dificulta y limita la movilidad en el sentido norte – sur y viceversa, al sumar a ello la poca infraestructura vial que permite una conexión entre las laderas norte y sur de la ciudad se tiene como consecuencia que el sistema de transporte debe realizar rutas complejas, afectando directamente los desplazamientos de quienes requieren efectuar ciertos recorridos.

Respecto al transporte colectivo urbano, se obtuvo que su operación actual es totalmente ineficiente, dado que opera bajo condiciones de sobreoferta, lo cual genera más congestión y aumento de externalidades negativas como la contaminación y la accidentalidad; dicha situación ha sido expresada por el Plan de Movilidad 2005 y confirmada por el estudio realizado por TRANSMILENIO S.A.³⁹, no obstante, vale la pena resaltar que ninguno de los dos estudios establece un porcentaje definitivo ni promedio de dicha situación, es así, como calculando el promedio ponderado de los datos aportados por el Plan de Movilidad 2005⁴⁰, el valor de la sobreoferta supera el 60%.

El sistema de TPCU presenta un alto nivel de informalidad y poca programación de recorridos en la prestación del servicio, lo cual se aprecia en que más del 30% de las rutas que en la actualidad operan en la ciudad (71 rutas según el Plan de Movilidad 2.005) no se encuentran debidamente autorizadas por la administración, en que algunas de las rutas presentan una baja ocupación en horas de máxima demanda y existe una superposición de recorridos en por lo menos el 70% de las rutas. Con lo anterior, se vislumbra la latente necesidad de

³⁸ HIDALGO, D.F. Redactor Periódico “LA PATRIA”. Artículo “Desorganización, la radiografía del transporte en Manizales”. Junio 4 de 2006.

³⁹ Redacción Periódico “LA PATRIA”. Artículo “TRANSMILENIO S.A. confirmó que hay sobreoferta de transporte”. Junio 14 de 2006. www.lapatria.com.co

⁴⁰ Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe del Estudio de Transporte. Fase 0. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Dirección Nacional de Extensión. Manizales Octubre/05.

reorganizar las rutas, congelar el parque automotor con el fin de evitar que siga aumentando la sobreoferta, y establecer un proceso de disminución del número de sillas ofrecidas por el servicio (chatarrización).

Por otro lado, la ciudad se está viendo afectada por la posición geográfica de los terminales de TPCU; son en total 50 terminales, los cuales en la mayoría de los casos usan el espacio público de forma directa y no poseen la adecuada infraestructura para su funcionamiento, generando desorden en sus alrededores y afectando las zonas residenciales cercanas.

Respecto al transporte privado, se tiene que en la actualidad, su promedio de ocupación es muy bajo, indicando la subutilización de dicho modo, teniendo que el 43% de los vehículos particulares entran a la zona centro de la ciudad con sólo un ocupante, el conductor, y el 35% de éstos, entra al centro de la ciudad con un acompañante (conductor + acompañante). El 33% de los hogares en la ciudad poseen vehículo particular para su desplazamiento y representan el 10,5% de los viajes obtenidos en la encuesta OyD. Por otro lado, los Taxis, el 43% de éstos ingresa a la zona centro de la ciudad sin pasajeros.

La velocidad de operación promedio (incluidas demoras) del TPCU sobre los principales corredores de la ciudad es de 15,10 Km./h, mientras la velocidad de operación promedio de los vehículos particulares en los principales corredores de la ciudad es de 23,96 Km./h; además de lo anterior se encuentran velocidades de operación del TPCU muy bajas en la zona centro de la ciudad (entre 3,2 y 6,4 Km./h)⁴¹. Es de notar que dichas velocidades son bajas para las características físicas que ofrecen los corredores viales estudiados.

Se presenta una alta oferta de estacionamientos públicos fuera de la vía (las llamadas zonas azules), pues actualmente presentan un promedio de subutilización del 56% de su capacidad⁴² en un día hábil, así mismo, un 86% de los usuarios usa la zona azul en períodos menores a una hora, a lo cual se debe sumar una buena oferta de estacionamientos públicos fuera de la vía (la ciudad cuenta con 72 en total)⁴³ y que por lo general se encuentra una zona azul a corta distancia de un parqueadero público, sobretodo en la zona centro de la ciudad; en otras zonas de la ciudad, dada su dinámica de movilidad, es común el uso del espacio

⁴¹ Ídem.

⁴² Ídem.

⁴³ Ídem.

público para el estacionamiento particular, sin ningún tipo de restricción, situación que empeora cuando se presentan actos públicos como partidos de fútbol (Sector Palogrande).

Respecto a la movilidad peatonal, se tiene que la infraestructura que actualmente ofrece la ciudad es muy deficiente en zonas específicas de ella, como por ejemplo en algunos sectores de la zona centro (bajo ancho de aceras, Ver Figura 5.1.7.1.), aunque es de notar que así mismo se están llevando a cabo obras que propician un mayor uso peatonal que vehicular, como los llamados bulevares que se están desarrollando en sitios de gran afluencia de la comunidad y las semipeatonalizaciones de calles, como la 19.

Fig. 5.1.7.1. Imagen de ausencia de aceras peatonales, sector Centro de Manizales.



Fuente: RINCÓN, P.; CARRASCO, R. i ANGARITA, J. Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales - Informe de Avance la Fase Cero del Componente Urbanístico. Septiembre 2005.

Con el análisis de las actuales características de movilidad que presenta la ciudad, se han venido desarrollando diferentes propuestas futuras sobre cómo lograr la prestación de un mejor servicio de TPCU y de cómo lograr una movilidad sostenible, es por ello que en la actualidad, la administración municipal se está enfocando de forma directa en el tema.

Los horizontes que se plantea el Plan de Movilidad actual de la ciudad (2.005), fueron establecido a 5, 10 y 20 años, es decir, se establecieron como horizontes los años 2.010, 2.015 y 2.025. Para calcular los posibles viajes de OyD en dichos horizontes o escenarios, se estableció la localización de los nuevos desarrollos urbanísticos, lo que llevó a proponer un posible crecimiento de la ciudad en dichos periodos.

"Se tomo como criterio de expansión territorial de la ciudad, la figura de "mancha de aceite" como se percibe en la superposición de planos de Manizales en diferentes épocas, donde se evidencia un crecimiento a partir de la continuación de la infraestructura vial original y la ocupación de las áreas aptas de urbanización inmediatas, dentro de la geografía montañosa del municipio.

Considerando esta particularidad del crecimiento de Manizales, se ordenaron las áreas aptas de urbanización establecidas por la cartografía del POT, según su proximidad o pertenencia a un tejido residencial existente y al tipo de vía que le puede dar accesibilidad al sistema urbano. Advirtiendo lo aleatorio que representa decidir la urbanización de un predio sin consultar a su propietario, asumimos que si la tendencia es construir sobre infraestructuras consolidadas, los lotes con conectividad directa al sistema vial arterial principal y secundario, se urbanizarían al 2010 y los mas alejados del tejido residencial o a vías periféricas al 2025."⁴⁴

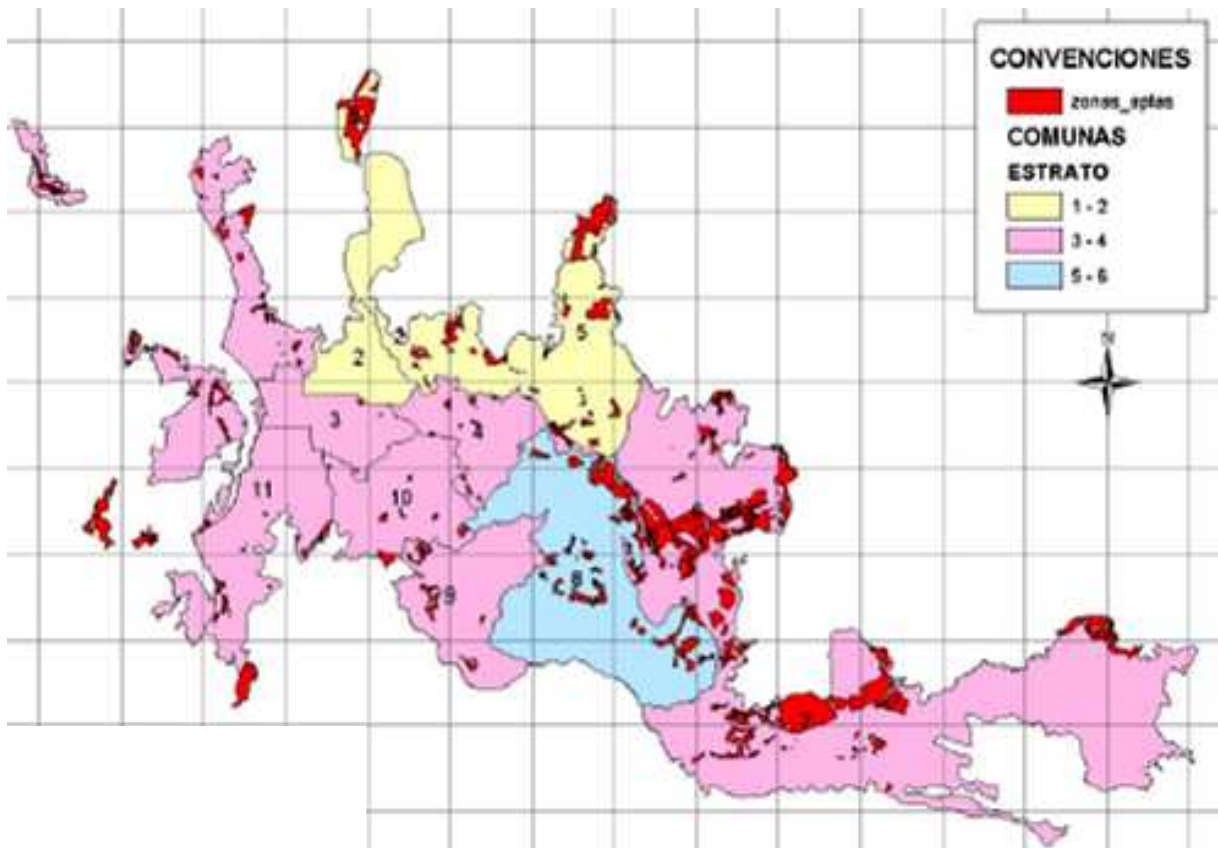
En la Figura 5.1.7.2. se aprecian las zonas aptas para el desarrollo según los estratos socioeconómicos. Luego se estableció la cantidad de área ofertada por cada grupo de estratos socioeconómicos en el perímetro urbanizado de la ciudad y se confrontó con la demanda, de acuerdo a la población proyectada para cada uno de los escenarios. Para establecer la población por grupo de estratos en cada uno de los escenarios futuros, se asumió un porcentaje similar a la tendencia actual, de acuerdo con las estadísticas de la Secretaría de Planeación de Manizales.

Se logró establecer, que existe un área de 317.54 Ha como zonas aptas para el desarrollo dentro del perímetro urbano del municipio, área en la cual se podrían ubicar un total de 19.395 nuevas viviendas y 67.883 habitantes.

En la Tabla 5.1.7.1. se encuentran las cifras de población, discriminadas por grupo de estrato socioeconómico. Así mismo, en la Tabla 5.1.7.2. se aprecia para cada uno de los grupos de estratos en consideración, el resumen de las cifras de localización de la nueva población, para cada uno de los escenarios a 5 años, 10 años y 20 años.

⁴⁴ Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Dirección Nacional de Extensión. Manizales Septiembre/06.

Fig. 5.1.7.2. Localización de zonas aptas para el desarrollo según estratos económicos.



Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Manizales Septiembre/06.

Tabla 5.1.7.1. Proyección de ocupación de las zonas aptas para el desarrollo por estrato socioeconómico.

ESTRATO	ÁREA TOTAL APTA PARA EL DESARROLLO (Ha)	DENSIDAD PROPUESTA VIV / HA*	TOTAL POSIBLES VIVIENDAS	TOTAL POSIBLES HABITANTES**
1 Y 2	46,50	80	3.720	13.020
3 Y 4	241,65	60	14.499	50.747
5 Y 6	29,39	40	1.176	4.116
TOTAL	317,54		19.395	67.883

* Densidad propuesta para cada grupo socioeconómico en viviendas / Ha.

** Con base en avance Censo DANE 2005 de 3,5 Hab./ Viv., promedio para el área urbana.

Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Dirección Nacional de Extensión. Manizales Septiembre/06.

Tabla 5.1.7.2. Distribución de la nueva población por estrato socioeconómico.

ESTRATO	NUEVOS HABITANTES ESTIMADOS A 2015*	NUEVOS HABITANTES ESTIMADOS A 2015*	NUEVOS HABITANTES ESTIMADOS A 2025*	TOTAL POSIBLES HABITANTES**
1 Y 2	4.538	9.298	19.532	13.020
3 Y 4	14.114	28.921	60.751	50.747
5 Y 6	1.462	2.996	6.294	4.116
TOTAL	20.114	41.215	86.577	67.883

* Calculadas según las tendencias de crecimiento actual de la población.

** De acuerdo a la Tabla 5.1.7.1.

Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Manizales Septiembre/06.

"Es posible observar, de acuerdo con los resultados obtenidos, que se dispone de suficientes zonas aptas para el desarrollo dentro del perímetro urbano actual de Manizales, para la localización en el futuro de nuevas viviendas y habitantes, para los escenarios correspondientes al año 2010 y al año 2015, pero se tendría la imposibilidad de ubicación de la totalidad requerida para el año 2025.

Los anteriores resultados referidos indican, que en el caso del escenario a 20 años (2025), si se mantiene la tendencia de crecimiento poblacional de Manizales considerada, parte de la nueva población debería localizarse en el suelo suburbano y / o de expansión, en zonas con el eventual desarrollo de procesos de densificación o en el municipio conurbado de Villamaría.⁴⁵

A partir de la propuesta de distribución de la población para los años horizonte, se procede a efectuar la modelación de los escenarios futuros, para el área de estudio (5 y 10 años).

"Dentro de la evaluación de los escenarios futuros, se requiere inicialmente establecer las implicaciones sobre la demanda de transporte, producidas por la evolución futura del área de estudio, lo cual se logra mediante la utilización del modelo de transporte calibrado previamente, en la fase de generación y atracción de viajes y en la fase de distribución, que permiten en conjunto, efectuar la estimación de las condiciones futuras de la demanda de transporte, en términos de las matrices origen – destino correspondientes.⁴⁶

⁴⁵ Ídem.

⁴⁶ Ídem.

Con la aplicación del modelo de asignación de viajes, se vislumbraron los problemas que existen en el sistema de movilidad actual y los eventuales problemas que podrán existir en los escenarios futuros, es así que las condiciones de infraestructura fueron actualizadas en base a las propuestas contenidas en el Plan de Ordenamiento Territorial, con el fin de establecer los efectos sobre el sistema de transporte, de los diferentes proyectos en consideración.

Por otra parte, teniendo en cuenta que la magnitud de viajes de la hora pico de la mañana, representan la mayor exigencia sobre el sistema de movilidad, se evaluaron los proyectos futuros bajo los resultados de la modelación de dicho período, y en consecuencia la modelación de los escenarios futuros corresponde a la estimación de las condiciones previstas en dicha hora pico.

Ahora bien, para aplicar los modelos de generación y atracción de viajes a los escenarios futuros, se asumió que la proporción de las variables de población trabajadora, población estudiantil y disponibilidad de vehículos privados, en cada uno de los ZAT's, se mantenían con la población, establecidas para el año base (2005), y teniendo en cuenta que las condiciones socioeconómicas de cada ZAT no deben cambiar en el mediano plazo de forma significativa, se determina la evolución esperada de dichas variables, en dichos escenarios futuros.

Para la estimación de la evolución de la disponibilidad de puestos de trabajo y puestos de estudio, en cada uno de los ZAT, se asumió que dichas variables evolucionan globalmente de manera tendencial, con la evolución de la población, y para la distribución del crecimiento a nivel de cada ZAT, se hará proporcional a la distribución establecida para el año base.

Se procede entonces a determinar la evolución esperada de las variables socioeconómicas, para cada uno de los escenarios y cada uno de los ZAT, con el fin de aplicar los modelos encontrados. Es de aclarar, que se modelaron los viajes realizados en vehículo particular, en TPCU y en Taxi.

"De acuerdo con los resultados obtenidos durante la fase de generación y atracción de viajes, se dispondrá una vez se aplique el modelo de distribución de viajes, de matrices durante la hora pico de la mañana de 9746 viajes en vehículo particular, 2612 viajes en

transporte público individual y 43484 viajes en transporte público colectivo, para el escenario 2010.

De manera semejante para el caso del escenario 2015 (10 años), se dispondrá una vez se aplique el modelo de distribución de viajes correspondiente, de matrices durante la hora pico de la mañana de 10252 viajes en vehículo particular, 2716 viajes en transporte público individual y 46318 viajes en transporte público colectivo.⁴⁷

Como producto de la modelación de la distribución de los viajes, en la Tabla 5.1.7.3. se aprecia el resumen de los resultados obtenidos, para cada uno de los dos escenarios considerados. Se observa para ambos escenarios la proporción de aumento que se espera tener en los modos de transporte analizados, esperándose un aumento significativo del uso de TPCU respecto al transporte particular para el escenario del año 2.015.

Tabla 5.1.7.3. Resumen de los resultados de la aplicación del modelo de distribución de viajes escenario 2.010 (5 años) y escenario 2.015 (10 años).

ANO	HP_PART	HP_TPI	HP_TPCU
2005	9033	2462	38248
2010	9746	2612	43484
INCRE/2005	7,9%	6,1%	13,7%
2015	10252	2716	46318
INCRE/2005	13,5%	10,3%	21,1%

Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Dirección Nacional de Extensión. Manizales Septiembre/06.

Ahora bien, dentro del proceso de modelación de la asignación de viajes en el área de estudio, se establecen como objetos principales del proceso, permitir la evaluación de los cambios en la demanda de vehículos que circulan por la malla vial, y evaluar el impacto de los escenarios de desarrollo urbano previstos, así como las proyecciones de viajes resultantes de este proceso de desarrollo y crecimiento urbano, obtenidas a partir de la aplicación de los modelos de generación - atracción y distribución de viajes.

⁴⁷ Ídem.

Los cambios se reflejan principalmente en los tiempos de viaje de los usuarios que utilizan el sistema y en corredores específicos en los volúmenes de vehículos asignados, que a su vez puede tener variaciones en los niveles de congestión, si los hay.

"La metodología que se aplica trata de establecer dichos cambios, mediante análisis comparativos resultantes de la asignación de la matriz de origen - destino de vehículos a las diferentes configuraciones de la red, que evalúen las condiciones con y sin proyectos, para los escenarios respectivos.

Los proyectos de intervención a evaluar se seleccionaron del banco de proyectos del POT, con el apoyo de la Secretaría de Tránsito y Transporte, a partir de los cuales se conformaron los escenarios futuros para el año 2.010 y el año 2.015.

Es importante mencionar que los propósitos de los proyectos, están orientados a establecer diferentes acciones, acordes con lo establecido en el POT de la ciudad en el componente urbano, pero los procesos de priorización de los proyectos, son desarrollados por las diferentes administraciones de acuerdo con el Plan de Desarrollo respectivo, propuesto y concertado con diferentes estamentos de la ciudad."⁴⁸

Frente a ellos, y ya desde los estudios de tránsito y transporte anteriores al año 2.000, se arrastran una serie de propuestas la red vial y de transportes (fijadas en 1.991 para el periodo que iba hasta el 2.006), dichas propuestas se basaron en su época en: patrones de uso del suelo, patrones deseables de crecimiento urbano, pronóstico de variables exógenas y aplicación de políticas y estrategias de desarrollo vial.

En el plan Vial de esta época se propone trabajar en 17 programas, entre los que se encuentran intervenciones directas sobre la red vial básica (principales, secundarias y colectoras), intervenciones sobre ordenamiento vial en zonas específicas de la ciudad, reorganización y administración del transporte público, intervenciones sobre puentes y otros proyectos especiales.

Los programas sobre Vías Arterias Principales, Secundarias y Colectoras comprenden la construcción de nuevas vías y el mejoramiento de las existentes; el mejoramiento lo definen en todas o algunas de las siguientes actividades: ampliación de una o dos calzadas,

⁴⁸ Ídem.

construcción de una calzada paralela a la vía existente, levantamiento y reconstrucción total del pavimento, construcción de puentes vehiculares en intersecciones existentes, construcción de puentes peatonales, iluminación y drenaje de la vía. Las vías nuevas a construir hacen parte de los corredores de transporte futuros de la ciudad.

En realidad, el Plan Vial de 1.991, fue base fundamental para el desarrollo, en el año de 1.992 del Plan de Transporte Masivo para Manizales, el cual prioriza los programas propuestos en el Plan Vial de 1.991 y mediante la aplicación del Modelo de Transporte QRS II, vislumbra lo que necesita la ciudad, respecto a la red vial básica, para los siguientes 15 años.

El Plan de Transporte Masivo (1.992) definió unas obras como prioritarias en la red vial y estableció la ejecución de éstas en un período de corto plazo (tres años), es decir, las obras deberían haberse terminado en el año 1.995. Las obras definidas en aquella época fueron: Avenida Sesquicentenario (No culminada totalmente), Vía Sancancio – Lusitania (No realizada), Conexión Avenida del Río – Fátima (Culminada), Vía Banca del Ferrocarril (No culminada totalmente), Conexión Sultana – Vía al Magdalena (No realizada), Continuación Avenida Centenario – Intersección Estación Uribe (Culminada).

Por otro lado, en el año 1.993, se aprobó el Código de Construcciones de Manizales, Acuerdo 054/93, en el cual nuevamente se define la red vial básica de la ciudad y se establece la normativa respecto a aspectos urbanísticos y aspectos geométricos de las vías, entre otros.

Mediante el Acuerdo 573/2004 (Aprobación del POT), se realizaron una serie de propuestas para llevar a cabo en lo que respecta a la infraestructura vial y de transportes, las cuales debieron ser tenidas en cuenta por el Plan de Movilidad 2.005. Es de aclarar que estas son propuestas de proyectos, más no proyectos planteados a realizar de forma definitiva; las principales propuestas planteadas son:

Avenida Sesquicentenario, la cual se encontraba como obra prioritaria en el plan vial de 1.991, pero que a la fecha no se ha realizado; Avenida nueva a Neira, que no se realizado; Avenida Sancancio, esta obra ha sido culminada; Intersección entre las Avenidas Gilberto Alzate y Bernardo Arango (Plaza Alfonso López), esta obra se encuentra en construcción; Avenida del Ferrocarril, esta obra no se encuentra culminada en su totalidad; Vía la

Sultana-Maltería, esta no se ha realizado, la importancia de esta vía radica en que con ella se llega al área de expansión y al suelo suburbano del sector, generando desarrollo para futuros asentamientos urbanos y propiciando una vía alterna a la existente hoy entre Manizales y Maltería; Doble calzada variante sur (carretera Panamericana), se han hecho labores de mejoramiento y rehabilitación de la vía, pero no se ha comenzado a realizar la doble calzada como tal; Doble calzada puente de la Libertad-Maltería, esta obra no se ha realizado; Conexión Planta Niza Antiguo Cerro de Oro, esta obra se encuentra en construcción; Conexión Avenida Paralela – Avenida Kevin Ángel, culminada; Sector Centro Occidente, Avenida Sesquicentenario – Avenida Gilberto Alzate, se deberán realizar estudios para la construcción de túneles que unan a futuro estas dos vías, entre las calles 19 y 28.

El POT propone también estructurar las principales vías de la ciudad en anillos o circuitos con el fin de disminuir la vulnerabilidad de la red vial básica y ofrecer adecuadas alternativas de movilización a la comunidad.

Se han definido circuitos de primer, segundo y tercer orden; las vías que conformen los circuitos deben ser homogéneas, es decir, que posean condiciones físicas, geométricas y operativas semejantes, garantizando además el doble sentido en éstos. La iniciación de la conformación de los circuitos, es el propósito del POT en el transcurso de su vigencia, tendiendo que en un futuro mediano (después de la vigencia del actual POT) se debe propender por la continuación de dichos circuitos.

En concordancia con ello, el Estudio de Movilidad del año 2.005, parte de la afirmación de que la ciudad debe aprovechar las diferentes tecnologías existentes para que hagan parte del nuevo sistema integrado de transporte, recomendando tres posibles programas a implementar que pueden llegar a conformar un solo sistema:

- Transporte Especial Centro (TEC): Es un sistema independiente que ha sido pensado para atender la movilidad en la zona Centro de la ciudad, su capacidad sería de 52 pasajeros y funcionaría a gas.
- Sistema tronco-alimentado: El cual se basa en vehículos de mediana capacidad (75 pasajeros) que circularían por los principales corredores viales, alimentado e integrado con vehículos de menor capacidad, pero mayor accesibilidad a las zonas periféricas (buses y colectivos actuales).

- Sistema troncal-cable: es un sistema que esencialmente logra dar una solución diferente a un sector de difícil acceso y que se integraría con los dos anteriores.

Con lo anterior, la Administración Municipal, tiene como una de sus principales metas⁴⁹ el sacar adelante las propuestas que han surgido del plan de Movilidad, la cual centra en:

Establecer un sistema integrado de transporte, con el pago de un solo tiquete para cualquier trayecto sin importar los trasbordos; poner en circulación vehículos de mayor capacidad como el Cosmobus (80 pasajeros), lo cual va en contra de la recomendación inicial realizada por el Plan; Reorganizar las rutas de TPCU; realizar una reposición paulatina de vehículos⁵⁰, para lo cual ya congelo la entrada de más parque automotor al sistema mediante el Decreto 0128/06; trasladar la Terminal de Transportes⁵¹ Intermunicipales al sector de Los Cámbulos, donde se ubicará la estación principal del Cable Aéreo, así mismo, plantea rutas alimentadoras del Cable que consisten en vehículos que esperarán en la carrera 23 con calle 31 o 32 a los pasajeros para llevarlos hasta a otros sitios, y el transporte especial del centro (TEC); se plantean vehículos con registradoras electrónicas que funcionan con tarjetas, con el fin de agilizar el proceso de ascenso y descenso de pasajeros.

Respecto al transporte particular, el Plan de Movilidad 2005 recomienda tomar las medidas necesarias para incentivar el aumento del promedio de ocupación vehicular, proponiendo que la subutilización de este modo de transporte sea castigado mediante el pago de un peaje por ingresar a la zona centro de la ciudad.⁵²

Así mismo propone que se estudie más a fondo la necesidad o no de las zonas azules, las cuales se comprobó estaban siendo también subutilizadas, por otro lado, el estudio recomienda prestar más atención al modo de transporte taxi, con el fin de incentivar su uso.

Por otra parte, la administración municipal propuso en septiembre del 2.005 realizar cinco obras por valorización⁵³, estas son: Desarrollo vial de la zona oriental que incluye el cuarto carril de la Avenida Alberto Mendoza Hoyos (culminado), la intersección en el Batallón Ayacucho (culminada) y la pavimentación y ampliación de la vía al Alto del Perro (culminada); Paseo de los Estudiantes que conecta la Av. Santander con la glorieta de la Universidad

⁴⁹ GÓMEZ, M.L. Editorial Local Periódico "LA PATRIA". Artículo "Alcalde, a medirse en el segundo semestre del 2006". Abril 22 de 2006. www.lapatria.com.co

⁵⁰ Redacción Periódico "LA PATRIA". Artículo "Frenan el ingreso de nuevos vehículos de servicio público". Junio 16 de 2006. www.lapatria.com.co

⁵¹ Redacción Periódico "LA PATRIA". Artículo "Terminal de Transportes se irá para los Cámbulos". Junio 14 de 2006. www.lapatria.com.co

⁵² HIDALGO, D.F. Redactor Periódico "LA PATRIA". Artículo "Desorganización, la radiografía del transporte en Manizales". Junio 4 de 2006. www.lapatria.com.co

⁵³ GÓMEZ, M. L. Editorial Local Periódico "LA PATRIA". Artículo "Alcalde, a medirse en el segundo semestre del 2006". Abril 22 de 2006. www.lapatria.com.co

Nacional pasando a lo largo de la Av. Lindsay (Obra en licitación); Renovación de la Plaza Alfonso López (Obra en construcción); y Túnel de la calle 52 (desde Lavautos hasta el Colegio Los Ángeles, obra en proceso de licitación).

Así mismo se proponen obras de movilidad vehicular como lo son: el puente de la carrera 20 con Av. del Centro, Av. del Guamo fase tres, túnel entre el barrio El Bosque y Los Alcázares a la altura de la carrera 24, vías internas de la Ciudadela La Linda, glorietas de la Avenida Kevin Ángel, conexión Kevin Ángel-Minitas; conexión Carretera Panamericana - La Enea; mantenimiento de la malla vial en las avenidas Santander, Paralela y Centenario; Ondas de Otún - La Fuente -Panamericana, Ruta 30, vía antigua a Villamaría y vías internas de las comunas.

Obras de movilidad peatonal, como lo son: El Bulevar de los Deportistas (calle 62), Paseo de los Colonizadores desde Media Torta de Chipre hasta el Monumento y Bulevar de la Santander desde el Fundadores hasta terrazas de la Autónoma.⁵⁴

Sobre ello establece un plan de actuaciones escalonado a cinco y diez años. Para el primero, escenario 2.010, selecciona varios proyectos del Banco de Proyectos del POT, que presentan características operativas de mejoramiento de la movilidad o complementación de la red vial actual.

A continuación se presenta una breve descripción de dichos proyectos.

a) La Avenida Sesquicentenario. Es una obra que, junto con la Av. Colón (obra en proyecto), la Av. Gilberto Alzate Avendaño y la Av. Centenario, conforman el anillo vial del Centro, alojando el tráfico que proviene de las principales avenidas que confluyen actualmente en el sector oriental del Centro, provenientes de la Av. Kevin Ángel, la Av. Santander y la Av. Paralela Sur. En la Figura 5.1.7.3. se aprecia un esquema general del proyecto. La obra es considerada de vital importancia para descongestionar la Zona del Centro Histórico. El proyecto se conectaría con la Av. Centenario al occidente, donde requiere de una intersección a desnivel, continúa hacia el oriente en calzadas separadas, con conexiones habilitadas con las calles 18, 21 y 25 entre otras, permitiendo el ingreso al sector centro; en el sector occidental, la avenida culminaría con las conexiones a desnivel de las Avenidas Paralela y Kevin Ángel en la Glorieta de la Autónoma (Conexiones ya construidas).

⁵⁴ Redacción Periódico "LA PATRIA". Artículo "Día Clave para Plan de Obras del Alcalde". Mayo 16 de 2006. www.lapatria.com.co

Fig. 5.1.7.6. Intersección Plaza Alfonso López Pumarejo.



Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Manizales Septiembre/06.

d) Proyecto Túnel Calle 52. Este proyecto está catalogado dentro de los que permiten la complementación de la red, mejorando su conectividad. Su importancia radica principalmente en mejorar la movilidad entre los sectores norte y sur de las Avenidas Paralela Sur y Santander, beneficiando a un amplio sector de los barrios La Argentina, Arboleda, La Asunción, El Sol, etc. e indirectamente los barrios localizados al norte de la Avenida Kevin Ángel. En las Figuras 5.1.7.7. y 5.1.7.8. se aprecia un esquema general y un detalle del proyecto, respectivamente.

Fig. 5.1.7.7. Proyecto Túnel Calle 52.



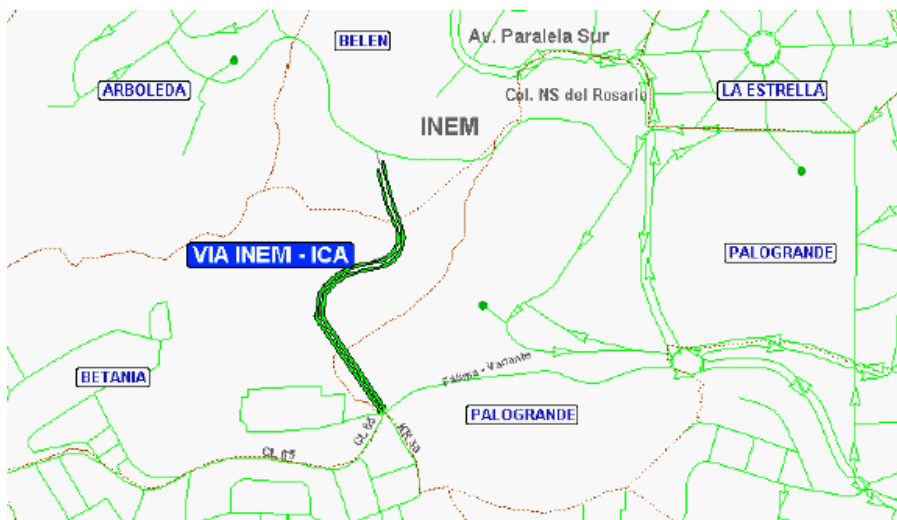
Fig. 5.1.7.8. Detalle del Proyecto Túnel Calle 52.



Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia.. Manizales Septiembre/06.

e) Proyecto Vía INEM - ICA: Este proyecto de menos de 500 metros de longitud, no solo comunica dos entidades importantes, sino el sector estudiantil y deportivo de Palogrande con los barrios residenciales de Fátima y Betania. En el futuro podrá tener continuidad con la conexión Sancancio Lusitania y comunicar este sector con la Vía Panamericana. En la Figura 5.1.7.9. se aprecia un esquema general del proyecto.

Fig. 5.1.7.9. Proyecto conexión INEM – ICA.

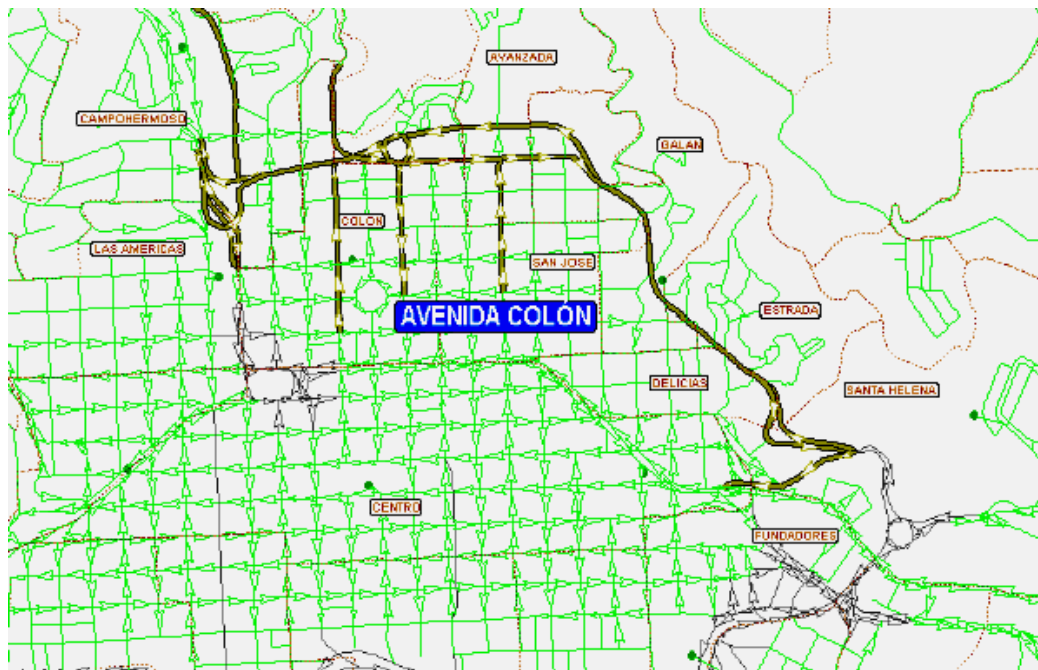


Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Manizales Septiembre/06.

Para el horizonte a 10 años (2.015), se parte del supuesto de que ya estarán concluidas las obras de la etapa anterior, y se incorporan nuevos proyectos:

a) Proyecto Avenida Colón. Esta es una avenida que proporciona una mejor movilidad para el tráfico que se desplaza del sur oriente al nororiente de la ciudad, con destino a Villapilar y a la Ciudadela La Linda. Sin embargo, esta vía se convertiría en un eje perimetral que, además de alternativa de circulación con la Av. Gilberto Alzate, le daría un impulso al desarrollo de los barrios cercanos como San José, Colón, Galán, Campo Hermoso, Las Américas, entre otros. En la Figura 5.1.7.8. se aprecia un esquema general del proyecto.

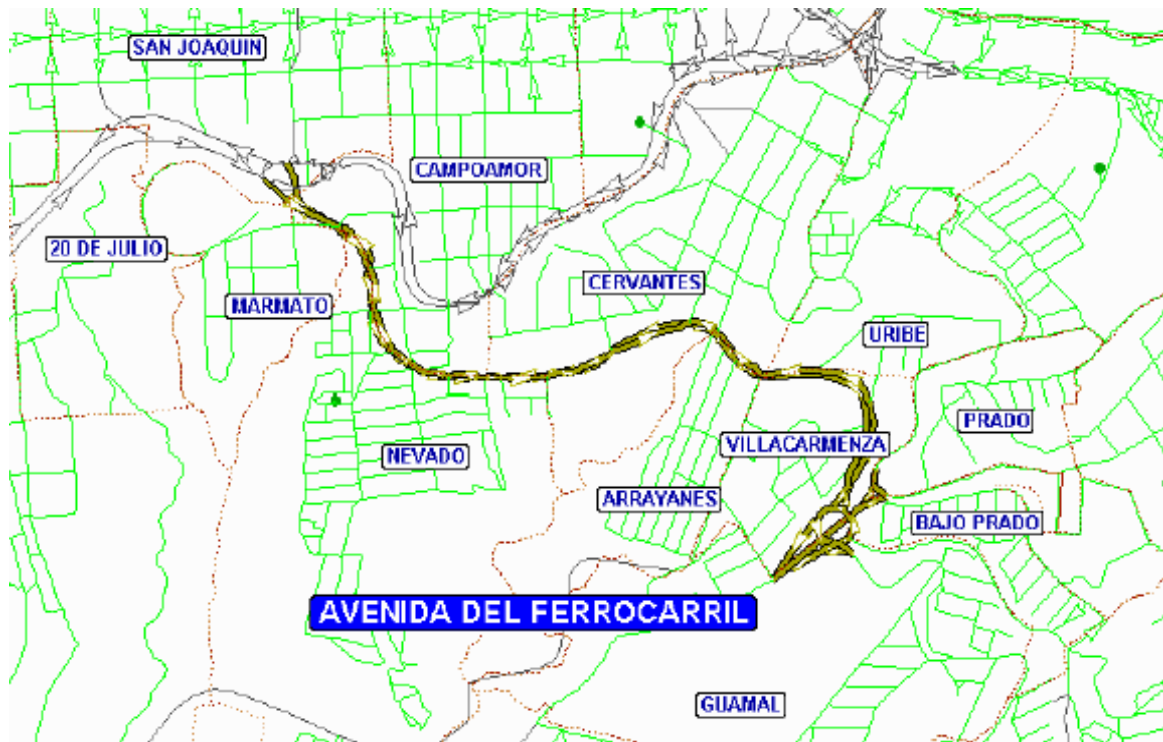
Fig. 5.1.7.10. Proyecto Avenida Colón.



Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Manizales Septiembre/06.

b) Proyecto Avenida del Ferrocarril (Primera fase). Este proyecto, concebido en doble calzada, aprovecha el antiguo recorrido del ferrocarril y su primera fase beneficiaría principalmente a los barrios Bajo Prado, Villa Carmenza, Arrayanes, Cervantes, Uribe, entre otros. Sin embargo, su verdadero potencial de impulso al desarrollo, se evidenciaría en un futuro escenario cuando se continuaría hasta conectarla con nuevos proyectos como la Av. Villa Carmenza, la Av. Sancancio al sur y su conexión con la Variante Sur. En la Figura 5.1.7.11. se aprecia un esquema general del proyecto.

Fig. 5.1.7.11. Proyecto Avenida del Ferrocarril (Primera fase).



Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Manizales Septiembre/06.

c) Proyecto Avenida El Guamo Fase III. Este proyecto se propone con el fin de cumplir dos objetivos principales: Mejorar el acceso del TPCU a los barrios ubicados al norte de la ciudad, como Solferino, San Sebastián, Bosques del Norte, El Caribe, entre otros, y darle impulso a nuevos proyectos de desarrollo de estratos 1 y 2, ubicados en el Barrio San Sebastián I y II etapa y Bosques del Norte. En la Figura 5.1.7.12. se aprecia un esquema general del proyecto.

d) Proyecto Conexión Sancancio Lusitania. Este proyecto también posee dos objetivos principales: En primera instancia, darle otras posibilidades de acceso a las zonas en desarrollo de los barrios Sancancio, Camelia y Palermo, comunicándola con una vía principal como es la Variante Sur de la Vía Panamericana; y adicionalmente, Los barrios Lusitania, San Marcel, La Enea entre otros, tendrán una vía de acceso a los barrios antes mencionados y de paso, conectarse con las Avenidas Paralela Sur y Santander en forma directa. En la Figura 5.1.7.13. se aprecia un esquema general del proyecto.

Fig. 5.1.7.12. Proyecto Avenida del Guamo Fase III.

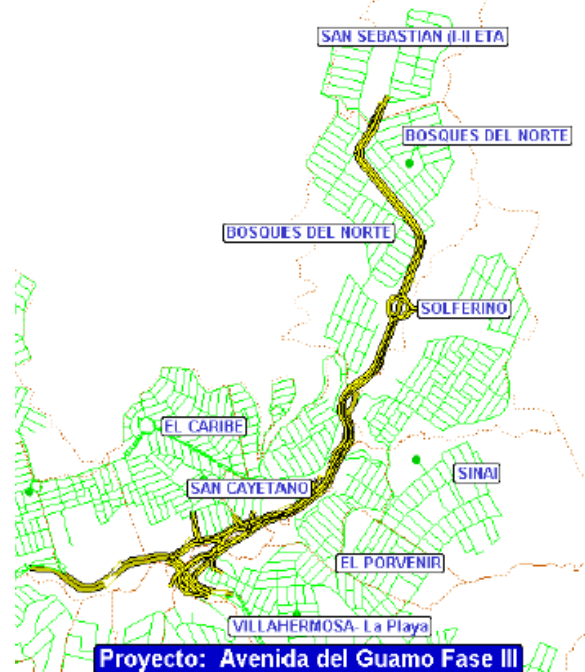
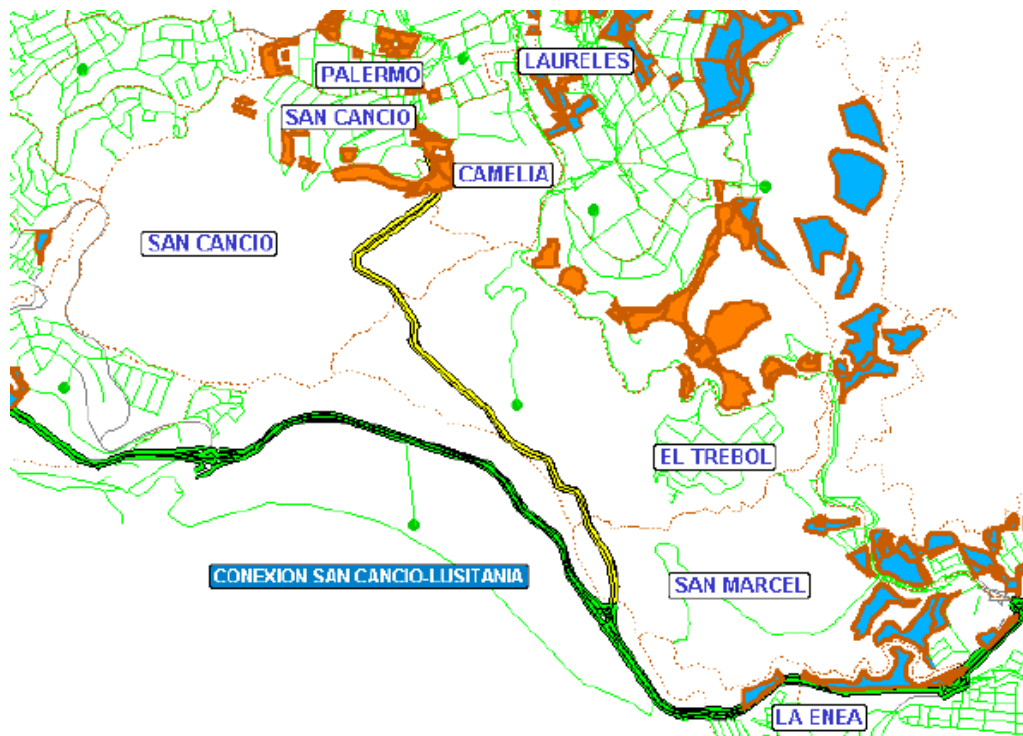


Fig. 5.1.7.13. Proyecto Conexión Sancancio Lusitania.



Fuente: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe Final Fase I. Alcaldía de Manizales - Universidad Nacional de Colombia. Manizales Septiembre/06.

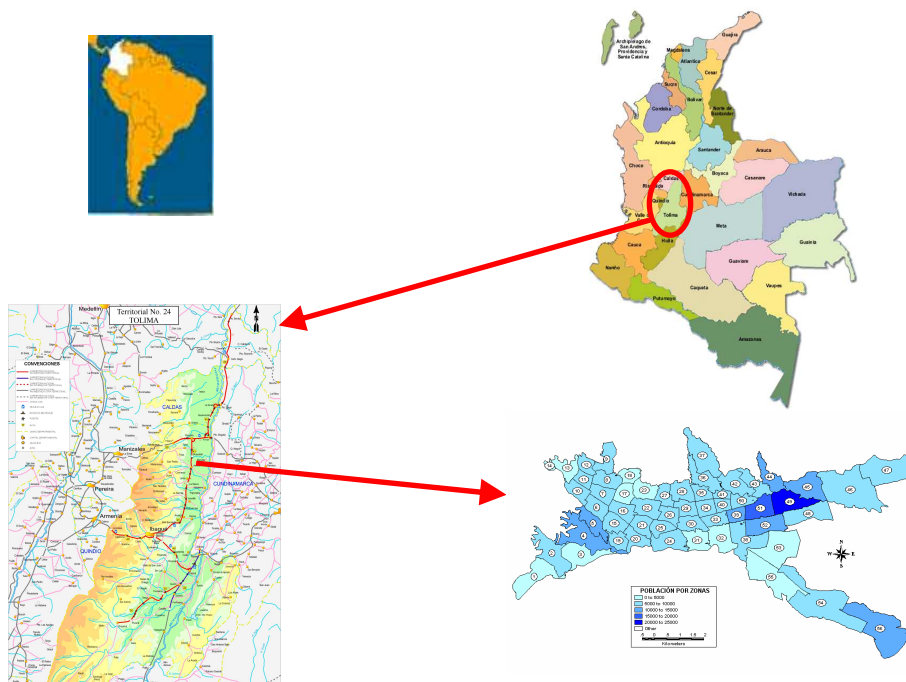
5.2. ANÁLISIS DE CASOS: IBAGUÉ.

5.2.1. Descripción general.

La ciudad de Ibagué, fundada el 14 de octubre de 1.550, se encuentra ubicada (Ver Figura 5.2.1.1.) en la región central de Colombia, capital del Departamento del Tolima, a 1.225 m.s.n.m., entre los 02° 52' 59" y 5° 19' 59" latitud norte y los 74° 24' 18" y 76° 06' 23" longitud oeste; se encuentra entre los valles del Magdalena y del Cauca de la Cordillera Central.

El suelo urbano del municipio⁵⁵ tiene un área de 46,05 Km² distribuidos en una zona montañosa que se extiende por la cordillera central y una amplia zona conocida como la meseta de Ibagué, su temperatura media es de 24° C.

Fig. 5.2.1.1. Ubicación de la ciudad de Ibagué.



Fuente: Elaboración Propia. Febrero de 2007.

Actualmente, se considera que la ciudad de Ibagué es una de las más estudiadas y diagnosticadas por la Nación en el tema del transporte. El Departamento Nacional de Planeación–DNP, en los últimos años ha promovido y coordinado seis estudios relacionados con los aspectos de vialidad, tránsito y transporte de Ibagué.

⁵⁵ Plan de Ordenamiento Territorial. Componente Genaro. Tercera Parte. Clasificación del Territorio. Artículo 100. Delimitación del Suelo Urbano.

En el año 1.996 se realizó el estudio de “Bases de una Política Nacional en Transporte Urbano”⁵⁶, mediante el cual se definieron unas directrices en materia de política nacional de transporte urbano, identificándose a los responsables en la implantación de las acciones correspondientes, con el fin de poseer una mejor gestión de los sistemas y buscar una solución de los problemas existentes. Para cumplir con el objetivo establecido, se trabajó con diez ciudades, previamente seleccionadas por el DNP.⁵⁷ Desde el punto de vista comparativo, Ibagué fue considerada como una de las peores en materia de gestión de este tema.

En el año 1.999, la Universidad Nacional de Colombia elaboró el Estudio de Capacidad Vial en Intersecciones a Nivel de Ibagué⁵⁸, que sirvió de insumo para la posterior realización del Plan Piloto de Tránsito y Transporte – PPTT⁵⁹ en el año 2.000.

En el año 2.001 se realizó el Estudio para el Análisis de Alternativas Tecnológicas para los Vehículos de Transporte Urbano Colectivo que hacen Parte del Programa de Reposición del Parque Automotor⁶⁰. En él se hace un análisis financiero de la actividad transportadora desde el punto de vista del propietario, afectada por altos niveles de sobreoferta y la evaluación económica, para la sociedad en general, donde se evalúa la consecuencia de esta sobreoferta en términos de congestión, accidentalidad y contaminación ambiental.

En el año 2.002 la Universidad Nacional de Colombia, realizó el Seguimiento y Aplicación del Plan Piloto de Tránsito y Transporte de Ibagué⁶¹. El objeto de este estudio fue diseñar y aplicar los proyectos definidos de corto plazo dentro del estudio para la Elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué.

Por último, en el año 2.003, la misma entidad, realizó el estudio “Asesoría para la Reestructuración del Sistema de Transporte Público para Ibagué”⁶², cuyo principal objeto fue apoyar al municipio en la implantación de los resultados obtenidos en el “Estudio para la Elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte de Ibagué” para la reestructuración del sistema de rutas de transporte público colectivo de la ciudad.

⁵⁶ DUARTE GUTERMAN & CIA. LTDA. - PNUD. - DNP. Bases de una Política Nacional en Transporte Urbano, 1996.

⁵⁷ Las ciudades escogidas, además de Ibagué, fueron: Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, Cartagena, Bucaramanga, Manizales, Pereira y Cúcuta.

⁵⁸ UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA – PNUD – DNP. Estudio de Capacidad Vial en Intersecciones a Nivel de Ibagué, 1999.

⁵⁹ UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA – PNUD – DNP. Plan Piloto de Tránsito y Transporte de Ibagué, 2000.

⁶⁰ DUARTE GUTERMAN & CIA. LTDA. - PNUD. - DNP. Estudio para el Análisis de Alternativas Tecnológicas para los Vehículos de Transporte Urbano Colectivo que hacen Parte del Programa de Reposición del Parque Automotor, 2001.

⁶¹ UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA – PNUD – DNP. Seguimiento y Aplicación del Plan Piloto de Tránsito y Transporte de Ibagué, 2002.

⁶² UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA – PNUD – DNP. Asesoría para la Reestructuración del Sistema de Transporte Público para Ibagué. 2003.

5.2.2. Crecimiento poblacional. Evolución y perspectivas.

El DANE desde el punto de vista demográfico, a partir del Censo del año de 1.993, proyectó que la población de la ciudad de Ibagué seguiría creciendo bajo una serie de fórmulas, obteniendo los resultados que se presentan en la Tabla 5.2.2.1., así mismo, en la Tabla 5.2.2.2., se presentan los resultados obtenidos en el Censo del año 2.005.

Tabla 5.2.2.1. Estimaciones anuales de población de Ibagué (1.995 – 2.010).

ANO	POBLACION
1995	403.471
1996	407.842
1997	412.219
1998	416.648
1999	421.195
2000	425.770
2001	430.400
2002	435.074
2003	439.785
2004	444.460
2005	449.037
2006	453.532
2007	458.072
2008	462.657
2009	467.288
2010	471.966

Tabla 5.2.2.2. Población total censada en hogares particulares y lugares especiales de alojamiento, por sexo, según municipios y áreas. 2.005.

MUNICIPIOS Y ÁREAS	POBLACIÓN TOTAL			HOGARES PARTICULARES			LUGARES ESPECIALES DE ALOJAMIENTO		
	H	M	Total	H	M	Total	H	M	Total
Ibagué	235.040	260.206	495.246	231.332	259.644	490.976	3.708	562	4.270
Ibagué Cabecera	219.375	246.484	465.859	215.784	245.955	461.739	3.591	529	4.120
Ibagué Resto	15.665	13.722	29.387	15.548	13.689	29.237	117	33	150

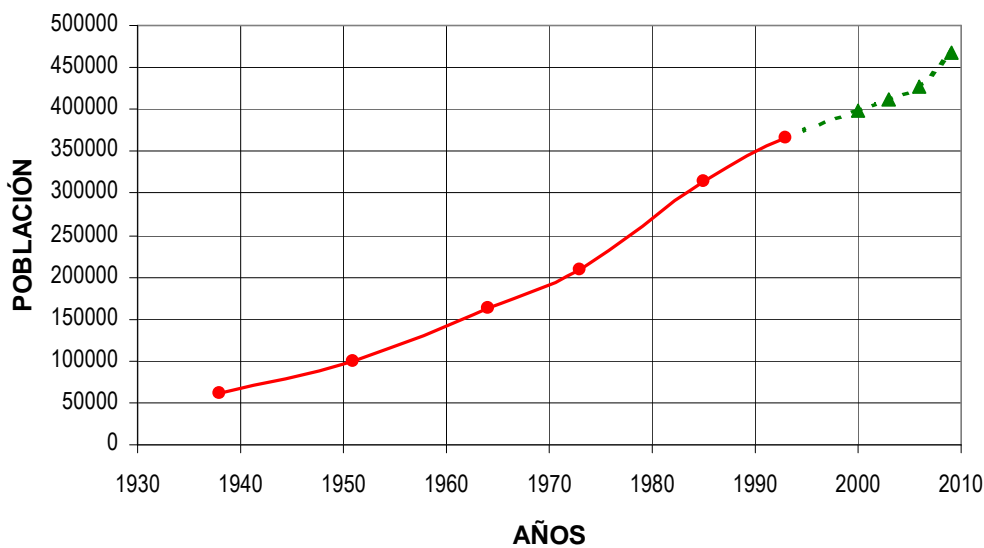
Fuente: Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE. www.dane.gov.co
15/11/06.

El Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué (PPTT, 2.000), estableció una tendencia histórica de población con datos censales desde 1.938 hasta 1.993, usando entonces los datos proyectados por el DANE, que para ese año eran los oficiales.

El Plan de Contingencia de Tránsito de agosto de 1.998 tampoco tuvo en cuenta un análisis de crecimiento poblacional, dicho plan sólo tuvo en cuenta a foros peatonales y vehiculares para su proyecto en el centro de la ciudad.

El DANE cuenta con proyecciones de población hasta el año 2.015, de forma que se pudo estimar la población para los años 2.003, 2.006 y 2.009 de acuerdo con los escenarios planteados por el POT. (Ver Figura 5.2.2.1.)

Fig. 5.2.2.1. Variación y proyecciones de la población de Ibagué, según el DANE.



Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 4. Modelación.

La encuesta en hogares realizada en junio de 2.000 incluyó como variable de estudio el número de personas por hogar encuestado, dado lo anterior, se pudo estimar la población total de Ibagué gracias al factor de expansión, pero considerando que la encuesta de hogares fue diseñada a partir de la información cartográfica y socioeconómica del DANE del año 1.993. En la Tabla 5.2.2.3. se aprecia el dato de población obtenido partir de la EDH 2.000.

Según el censo 2.005 el total de la población de Ibagué es de 495.246 hab., en el cual se hizo un conteo del total de la población y según las estimaciones del DANE en base a los censos realizados hasta el año 1.993 la población de Ibagué para el año 2.005 iba a ser de 449.037 hab., teniendo entonces que las estimaciones realizadas están por debajo del valor real de la población.

Tabla 5.2.2.3. Resultados de Población en Ibagué obtenidos a partir de la encuestas de hogares de junio de 2000.

Personas Encuestadas	13.916
Total de Población en Ibagué	359.262

Considerando factor de corrección de 1.1093.

Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 4. Modelación.

En la Tabla 5.2.2.4. se aprecia una comparativa entre los datos de población registrados por la EDH 2.000, el censo del DANE del año 2.005 y la estimación realizada por el DANE para los años 2.000 y 2.005.

Tabla 5.2.2.4. Comparativa de Población según EDH 2.000 y DANE

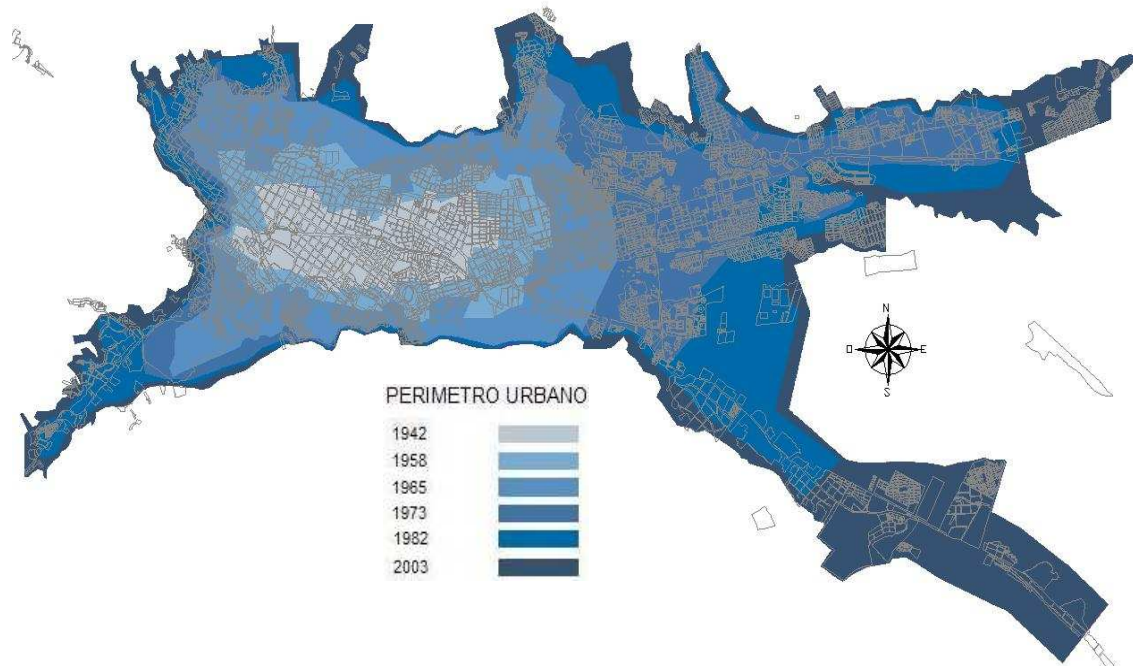
	ANO 2.000	ANO 2.005
Estimación anual de población (DANE)	425.770	449.037
Población según encuestas de hogares junio de 2000	398.371	
Censo General año 2005		495.246

Fuente: Elaboración Propia a partir del “Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué”. DANE. www.dane.gov.co 15/11/06

Ahora bien, respecto al crecimiento de la mancha urbana del Municipio, se realizó una investigación cartográfica mediante planos históricos obtenidos a través del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), encontrándose información sobre el tema a partir del año 1.942 hasta el año 2003, es así como el crecimiento de la mancha urbana del municipio se aprecia en la Figura 5.2.2.2..

Por otro lado, el PPTT (2.000), analiza el crecimiento del municipio teniendo en cuenta la dinámica de la localización del empleo y la población, lo que les permitió formular una segregación funcional del área central de la ciudad, teniéndose entonces que para ésta, se definieron varias zonas internas, las cuales fueron denominadas: Centro Histórico; la primera expansión del centro, que sumada a la anterior se denominará Centro Tradicional; y la segunda expansión del Centro que sumada a las dos anteriores se denominará Centro Expandido.

Fig. 5.2.2.2. Crecimiento de la mancha urbana del Municipio de Ibagué.



Fuente: Elaboración Propia a partir de Cartografía Oficial del IGAC. 19/02/07

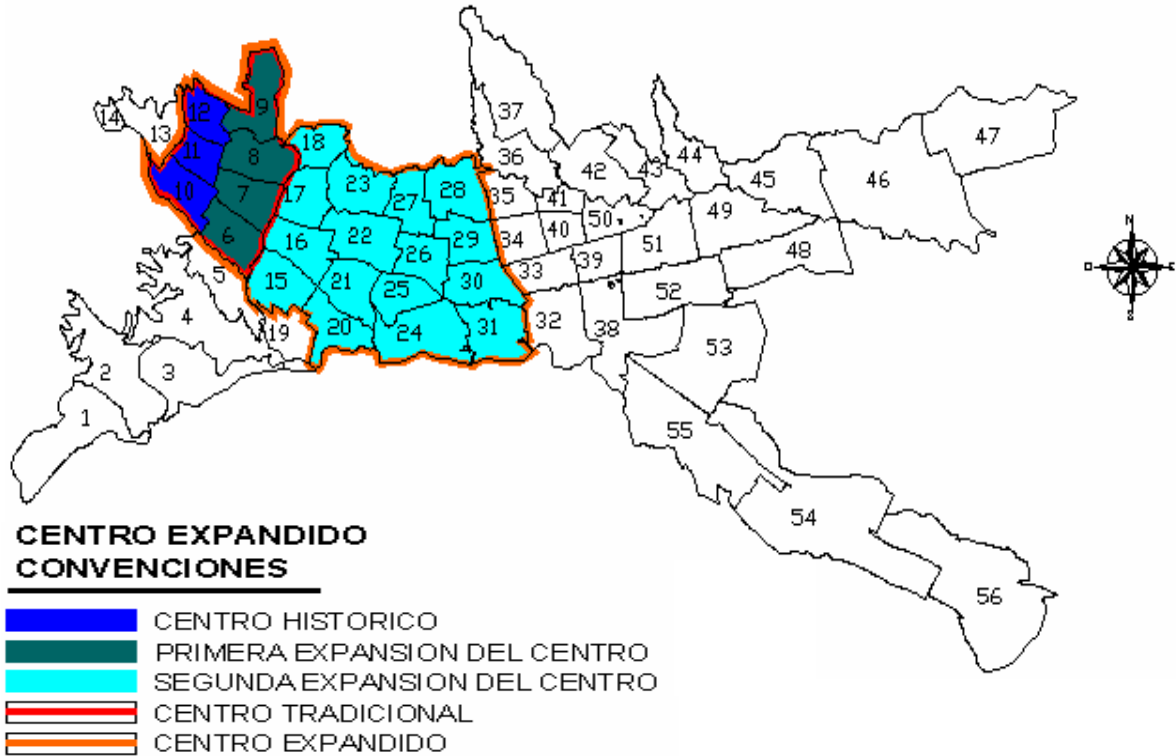
Sin embargo, la categoría de centro histórico no pretende reemplazar ni avanzar en los atributos sobre el valor patrimonial de esta área, sólo distinguirla dentro del área central de la ciudad. Dicha formulación de crecimiento se aprecia en la Figura 5.2.2.3.

Así mismo, el PPTT (2.000), detectó la consolidación de un centro expandido como área central de la ciudad, donde coinciden tres fenómenos: la expulsión de la población, la concentración del empleo y por último, desde el punto de vista del transporte, el crecimiento de los deseos de viaje hacia y desde esta área central expandida.

Con la denominación primera y segunda expansión del centro se pretende diferenciar el crecimiento y desborde del centro, desde su antiguo contexto fundacional hacia el oriente, sobre el tejido residencial existente.

Esta delimitación inicial del centro expandido ha servido para definir la dinámica económica urbana entre empleo y residencia, y contextualizar desde el punto de vista de transporte los deseos de viaje entre las distintas actividades urbanas, desde y hacia los centros de empleo y la vivienda.

Fig. 5.2.2.3. Zonas que conforman el centro expandido de Ibagué. Año 2000.

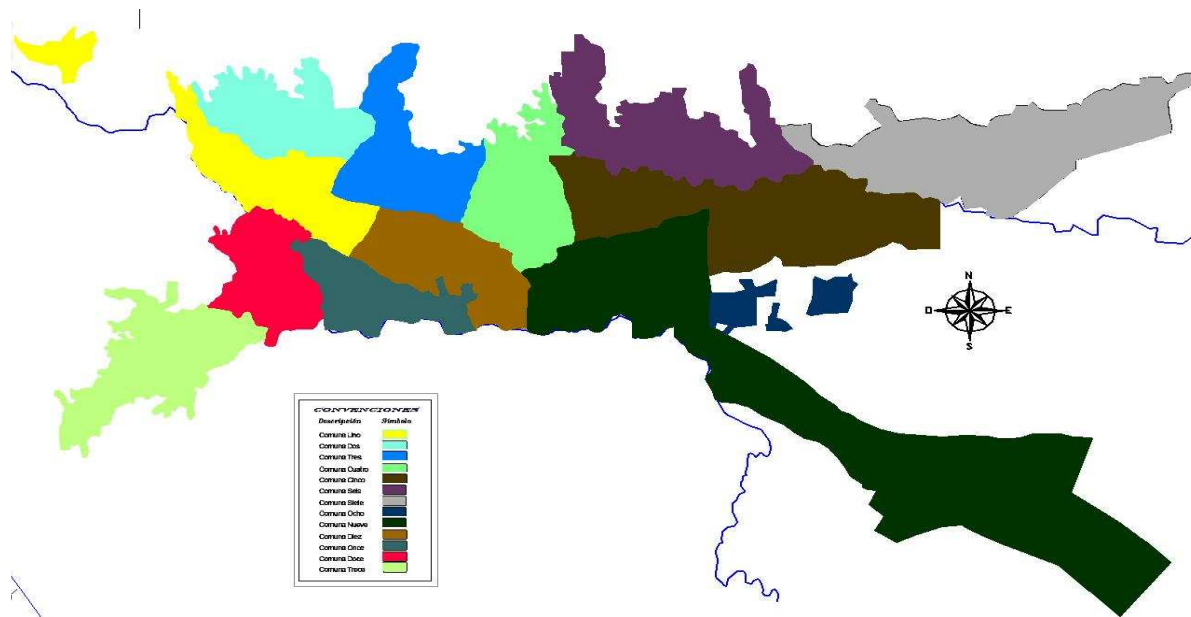


Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 3. Escenarios.

Es importante apreciar la forma como la relación entre el empleo, la población y el transporte han direccionado el crecimiento de la ciudad, en la propuesta de formulada por el PPTT y su apreciable discrepancia con los datos cartográficos aportados por el IGAC.

Por otro lado, mediante el acuerdo 044 de 1989 el Concejo de Ibagué determinó la división territorial urbana y administrativa del casco urbano en 13 comunas, las cuales se aprecian en la Figura 5.2.2.4., así mismo, mediante el acuerdo 037 de 1992 el Concejo de Ibagué determinó la división territorial del municipio de Ibagué en su área rural para la creación de los 17 corregimientos.

Fig. 5.2.2.4. División política por comunas del municipio de Ibagué.



Fuente: Elaboración propia a partir del Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Ibagué.

5.2.3. Planes de transporte urbano elaborados para la ciudad.

Los documentos que se encontraron respecto al tema de Planes de Movilidad, Viales y/o de Transporte, a pesar de no ser compactos, han servido para establecer un cierto diagnóstico sobre lo que a este tema se refiere en el municipio, dichos documentos fueron:

- Plan de Contingencia de Tránsito. Alcaldía de Ibagué. Secretaría de Tránsito y Transporte de Ibagué. Agosto de 1.998.
- Estudio de capacidad vial en intersecciones a nivel para la ciudad de Ibagué. Informe final. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo – Universidad Nacional de Colombia. Diciembre 10 de 1.999.
- Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Ibagué. Diciembre de 2.000.
- Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - Universidad Nacional de Colombia. 2.000.
- Asesoría para la Reestructuración del Sistema de Transporte Público para Ibagué. Universidad Nacional de Colombia. 2.003

- Plan de Desarrollo económico, social y de obras públicas del Municipio de Ibagué 2.004-2.007. “Ibagué construyendo futuro”. Acuerdo N° 005 Junio de 2.004.
- Estudio técnico de Demanda del Transporte Público Colectivo del Municipio de Ibagué. Informe Final. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Diciembre de 2.004.
- Decretos establecidos por la Alcaldía de Ibagué. Pico y Placa para los vehículos particulares, Decreto No. 1.1-0665. Pico y placa para los taxis, Decreto No. 1.1-0664. Pico y placa para los vehículos de servicio público colectivo y mixto, Decreto No. 1.1-0663. Septiembre de 2.006.

5.2.4. Datos de enmarcamiento del problema de la movilidad urbana y del transporte, extraídos de esos documentos.

A pesar de tan amplia lista, en el Municipio de Ibagué, hasta el momento, sólo se ha realizado un estudio que se considerase un Plan de Movilidad, es el PPTT del año 2.000, en el cual se realizaron encuestas domiciliarias y todos los trabajos de campo relacionados con el tema de transporte, diferenciándose de los otros estudios en que éstos últimos no han involucrado un análisis completo de la movilidad general de la comunidad y simplemente se han centrado en el estudio del transporte público colectivo como tal o se han centrado en el análisis de problemas concretos que sobre tráfico.

Para este estudio, se encuestaron en total 3.221 viviendas⁶³, las cuales representan el 3,8% del marco muestral, las cuales representaron un total de 3.246 hogares⁶⁴ encuestados. En la Tabla 5.2.4.1. se aprecia el resumen de los resultados de las variables relacionadas con los residentes de los hogares encuestados; y en la Tabla 5.2.4.2. se aprecian las características de motorización de dichos hogares.

Al analizar el estudio PPTT 2.000, se deduce que se realizaron un total de 18.216 viajes⁶⁵, de los cuales el 1% fueron no motorizados y el 99% de los viajes, motorizados. En la Figura 5.2.4.1. se aprecia la distribución de los viajes realizados según el propósito del viaje y en la Figura 5.2.4.2. se aprecia la distribución de los viajes según el modo de transporte empleado.

⁶³ Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 1. Información.

⁶⁴ Ídem.

⁶⁵ Ídem.

Tabla 5.2.4.1. Resumen de la información de residentes en la EDH de Ibagué.

	Número de personas	%	Personas por hogar
Personas Residentes	13.916	100%	4,29
Personas que trabajan	5.482	39%	1,69
Personas que estudian	4.512	32%	1,39
Personas que se transportan	7.120	51%	2,19

Tabla 5.2.4.2. Resumen de la información relacionada con los vehículos de transporte privado disponibles en los hogares encuestados en Ibagué.

Hogares no motorizados	80%
Hogares motorizados	20%

Fig. 5.2.4.1. Distribución de los viajes realizados por las personas encuestadas en la EDH según el propósito del viaje.

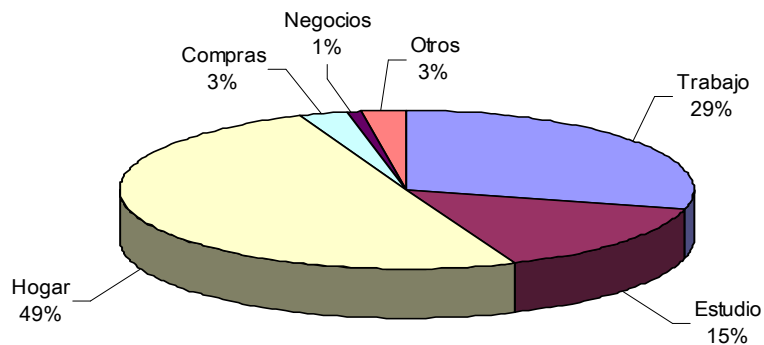
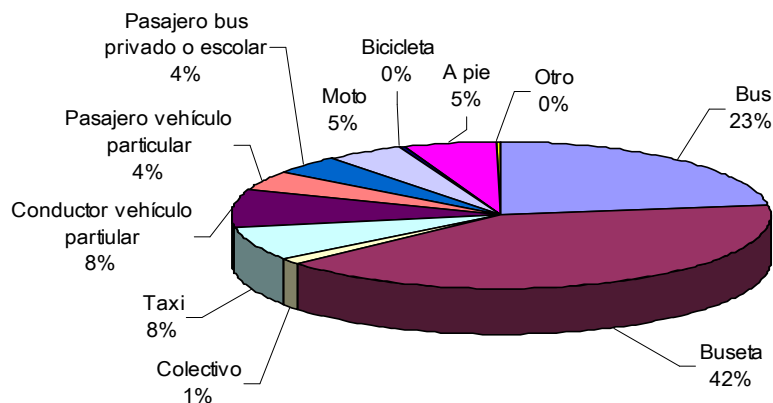


Fig. 5.2.4.2. Distribución de los viajes realizados por las personas encuestadas en la EDH según el modo de transporte empleado.



Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 1. Información.

Al analizar sólo los viajes motorizados, el estudio reporta que el 77%⁶⁶ de éstos se realizan en transporte público, mientras que el 23% restante se realizan en transporte privado.

La principal información obtenida en la EDH está relacionada con la movilidad de las personas, representada en los viajes que se dan entre dos lugares. Dado lo anterior, el estudio refiere el uso de tres factores de expansión.

- El primero de ellos (F1), relaciona el número de días en los cuales se realizaba cada viaje con el número de días hábiles de la semana, lo que permite establecer los viajes diarios realizados en Ibagué.
- El segundo factor (F2), llamado “factor de no respuesta” relaciona el número de personas que se transportan en el hogar con el número de personas que mencionaron el detalle de sus viajes. De esta forma se consigue incluir los viajes de las personas que no se encontraban en el momento de realizar la encuesta o que no desearon informar sobre el detalle de sus viajes.
- El factor de expansión zonal (F3), relacionaba el número de hogares encuestados en cada zona con el número total de hogares de la zona. Este factor permite conocer las variables socioeconómicas de la población.

Conociendo estos tres factores se expandieron las variables de la encuesta para que mostrasen las características de la población de Ibagué y sus viajes. En la Tabla 5.2.4.3. se aprecia el número de viajes encuestados y el número de viajes expandidos.

Tabla 5.2.4.3. Resultado global de movilización en Ibagué, según la EDH

Viajes encuestados	18.216
Total de Viajes en Ibagué	499.253

Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 1. Información.

Por otro lado, el estudio refiere la realización de *encuestas en cordón externo*, para la cual se hicieron conteos vehiculares sobre nueve puntos de acceso, en los que se discriminaron los flujos vehiculares de entrada y de salida (Ver Tabla 5.2.4.4.). Para el caso de los vehículos de

⁶⁶ Ídem.

transporte público de pasajeros, se entrevistó al conductor y a una muestra del 20% del total de los pasajeros ocupantes del vehículo.

Tabla 5.2.4.4. Volúmenes vehiculares en cordón externo. Ejemplo de volúmenes aforados en una estación y sentido durante las 14 horas en Ibagué.

FECHA: 26/07/00
ESTACION BOQUERON
SENTIDO S - N

		LIVIANOS	TAXIS	SERVICIO INTERVEREDAL			SERVICIO INTERMUNICIPAL			CAMIONES
				CAMPERO	MICROBUS	BUSES	BUS	BUSETA	COLECTIVO	
VOLUMEN TOTAL		652	194	115	154	0	56	5	48	705
	n	29	26	24	25	0	20	4	19	29

K 1.65
e 0.15
P,Q 0.5

Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 1. Información.

La muestra calculada para el período total de control, se dividió proporcionalmente a los volúmenes correspondientes a cada hora, efectuándose las encuestas a lo largo del día de forma distribuida.

Se encuestaron un total de 2.645 viajes⁶⁷, a los cuales se les aplicó un factor de expansión para determinar el número total de viajes que se producen desde las zonas externas hacia Ibagué. El cálculo de dicho factor de expansión comprendió lo siguiente:

- Inicialmente para los vehículos de transporte público se aplicó un factor de expansión de pasajeros, el cual tiene en cuenta la cantidad total de pasajeros que iban en el vehículo y la muestra de los pasajeros que fueron encuestados.
- Paso seguido, se aplicó un factor de expansión de vehículo relacionando el valor total del volumen aforado en la hora en la que se hizo la encuesta, teniendo en cuenta el volumen de cada uno de los tipos de vehículos por separado.
- Finalmente, se multiplican los dos factores anteriores para obtener el factor de expansión total. Para el caso de vehículos privados el factor de expansión por pasajeros se asume como uno.

⁶⁷ Ídem.

Aplicando el anterior procedimiento a la totalidad de los viajes encuestados, el estudio refiere un total de 35.592 viajes expandidos⁶⁸ (Ver Tabla 5.2.4.5.) que se realizan por los puntos del cordón externo. Adicionalmente es necesario separar los viajes que son realizados por personas que viven en Ibagué de los que son realizados por personas que no viven en Ibagué, debido a que los primeros ya han sido considerados en los resultados de las encuestas domiciliarias. Como todos los viajes encuestados han sido previamente codificados con base en las zonas de origen y destino, los resultados pueden ser incorporados en las matrices de origen y destino de forma directa, teniendo en cuenta el modo, propósito y hora en que se realiza cada uno.

Tabla 5.2.4.5. Resultados globales de la encuestas del cordón externo realizada en Ibagué.

ENCUESTAS CORDON EXTERNO		
Viajes encuestados	2.645	100%
Expandidos	35.592	
Viajes de Residentes	580	31,34%
Expandidos	11.153	
Viajes de no Residentes	2.065	68,67%
Expandidos	24.440	

Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 1. Información.

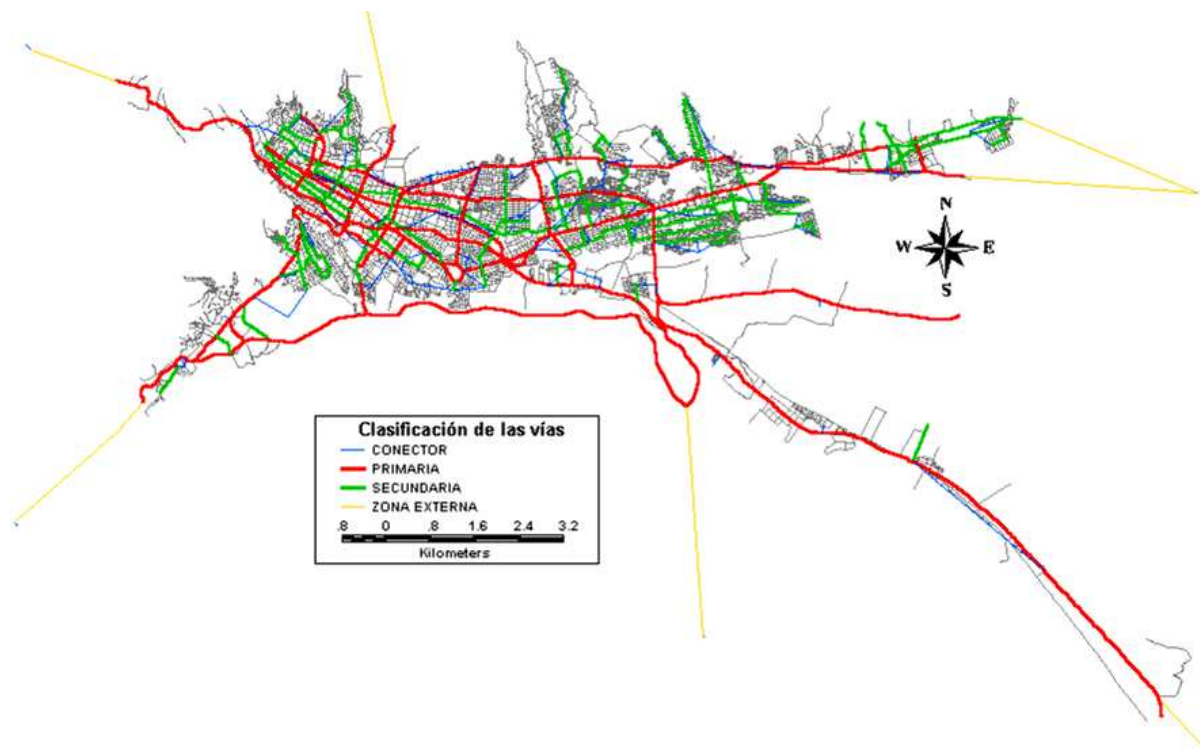
También se realizaron estudios de campo de transporte público de frecuencias de paso, tiempos de recorrido y demoras, ocupación vehicular, ascenso y descenso de pasajeros, de la misma forma que la información relacionada con la infraestructura y seguridad vial.

Ahora bien, la movilidad que se presenta en el municipio fue analizada, en primera instancia, a partir del estudio minucioso de la red vial por la cual discurren los diferentes flujos, dicha red vial, constituye un insumo fundamental en los análisis de transporte que se quieran hacer.

Luego de tener en cuenta las propuestas viales realizadas por el POT del municipio y de analizar estudios anteriores sobre capacidad vial de la ciudad, se estableció estudiar la red vial simplificada (2000) que se muestra en la Figura 5.2.4.3.

⁶⁸ Ídem.

Fig. 5.2.4.3. Red Vial simplificada de Ibagué. 2.000.



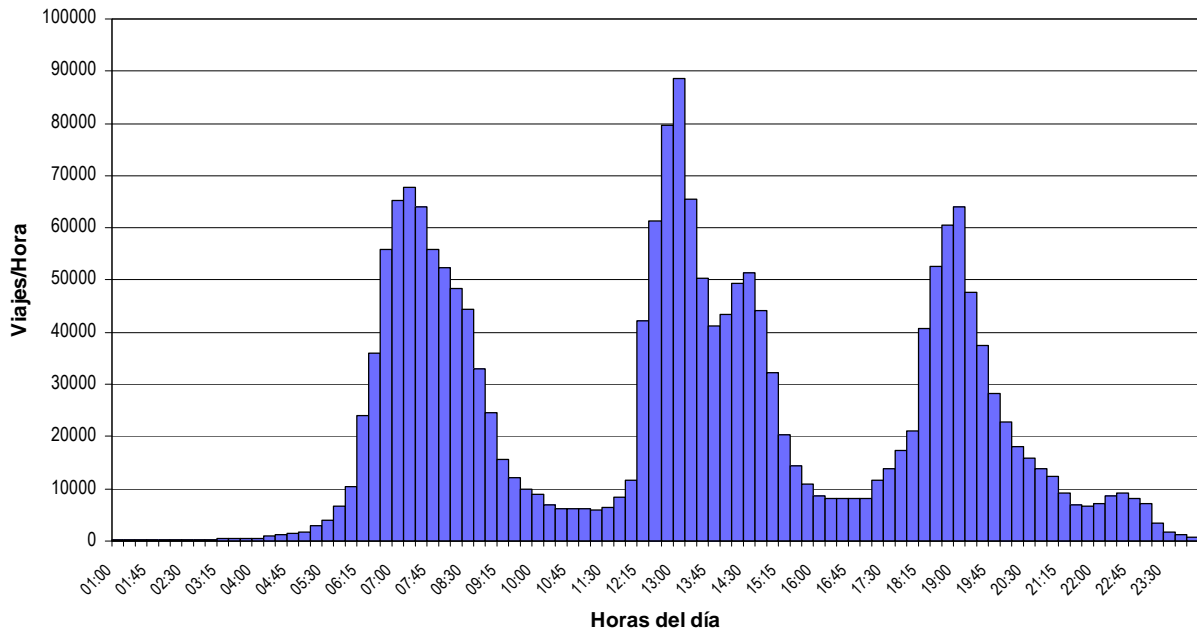
Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 4. Modelación.

A partir de la información cartográfica de la red vial, se identificó la distancia de recorrido más corta entre las zonas, así mismo, a partir de la observación del tamaño medio de las zonas y la distancia promedio de recorrido que existe entre cualquier punto de cada zona y su centroide, se definió una distancia intrazonal de 500 metros.

Con los anteriores datos y con la caracterización de los corredores de la ciudad en cuanto a velocidad de marcha y recorrido, se estableció el tiempo de viaje en minutos entre cada zona, el tiempo de viaje intrazonal fue caracterizado teniendo en cuenta una velocidad promedio de 20 Km./h, lo que conduce a estimar en uno y medio (1,5) minutos el tiempo de viaje intrazonal.

El cálculo efectuado para la elaboración del histograma de viajes se realizó evaluando el porcentaje de cada viaje que se encontraba dentro de cada período de 15 minutos a lo largo de todo el día. Se encontraron cuatro horas pico representadas en la Figura 5.2.4.4., las cuales también se aprecian en la Tabla 5.2.4.6..

Fig. 5.2.4.4. Histograma de los viajes diarios observados en Ibagué según EDH. 2.000.



Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 4. Modelación.

Tabla 5.2.4.6. Viajes que se efectúan en las horas de máxima demanda en Ibagué, 2.000.

HORA PICO		VIAJES	%
06:15	- 07:15	67.650	13,55%
12:00	- 13:00	88.697	17,77%
13:30	- 14:30	51.472	10,31%
18:00	- 19:00	63.936	12,81%
TOTAL VIAJES EN EL DIA		499.253	

Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 1. Información.

En la Figura 5.2.4.5. se aprecia la distribución de los viajes según el propósito a lo largo de cada una de las horas pico, así mismo en la Tabla 5.2.4.7. se aprecia dicha distribución de viajes. Analizando la participación de cada uno de los propósitos dentro de los viajes realizados en cada hora pico, junto con la ubicación de los lugares donde se realizan con mayor intensidad las actividades, es posible establecer una direccionalidad en las matrices de viajes OyD. Así, por ejemplo, durante el período de 12:00 – 13:00, el 83% de los viajes tiene como propósito ir al hogar y al tener en cuenta que existe una mayor densidad habitacional en las zonas periféricas de la ciudad, se puede afirmar que los viajes en este período son realizados hacia el perímetro de ésta.

Fig. 5.2.4.5. Distribución por propósito de los viajes de Ibagué para las diferentes horas pico. 2.000.

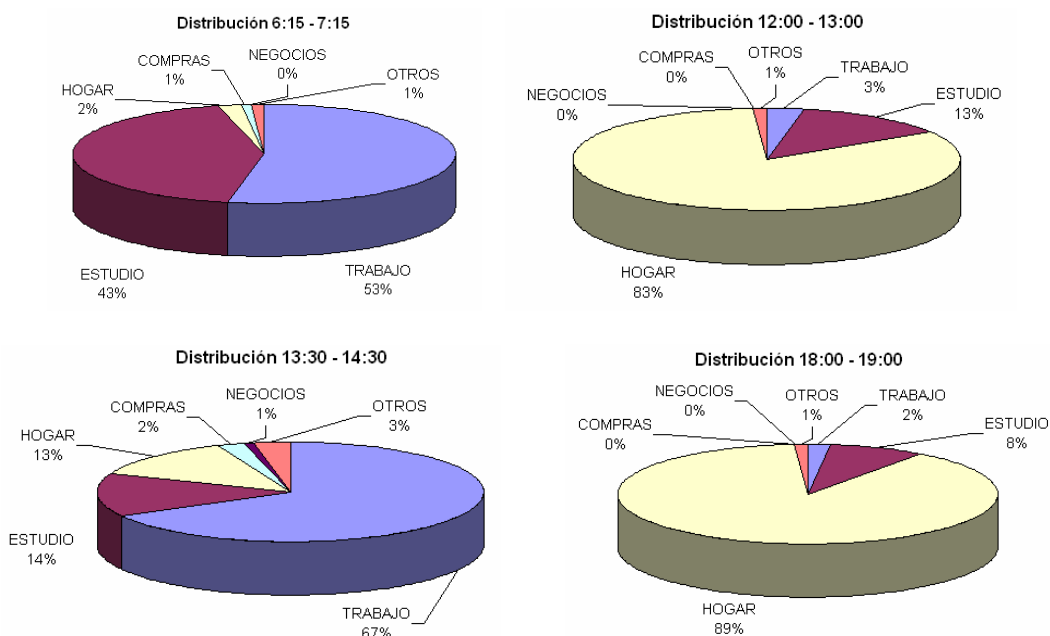


Tabla 5.2.4.7. Participación de los motivos de viaje de Ibagué en las diferentes horas pico, 2.000.

HORA PICO	TRABAJO	ESTUDIO	HOGAR	COMPRAS	NEGOCIOS	OTROS
06:15 - 07:15	51,0%	43,0%	2,0%	1,0%	0,0%	1,0%
12:00 - 13:00	3,0%	13,0%	83,0%	0,0%	0,0%	1,0%
13:30 - 14:30	67,0%	14,0%	13,0%	2,0%	1,0%	3,0%
18:00 - 19:00	2,0%	8,0%	90,0%	0,0%	0,0%	1,0%
TOTAL VIAJES EN EL DIA	30,0%	16,0%	50,0%	2,0%	1,0%	2,0%

Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 1. Información.

En el caso de la hora pico de la mañana (06:15 – 07:15), el 96% de los viajes corresponden a los propósitos trabajo (53%) y estudio (43%), con una participación mínima de los demás propósitos. Las otras dos horas pico (13:30 – 14:30 y 18:00 – 19:00), representan en su orden participaciones semejantes a los períodos antes referidos, pero con magnitudes absolutas inferiores.

En la Tabla 5.2.4.8. y en la Figura 5.2.4.6. se aprecia la distribución de los viajes según el modo de transporte utilizado para cada una de las horas pico obtenidas.

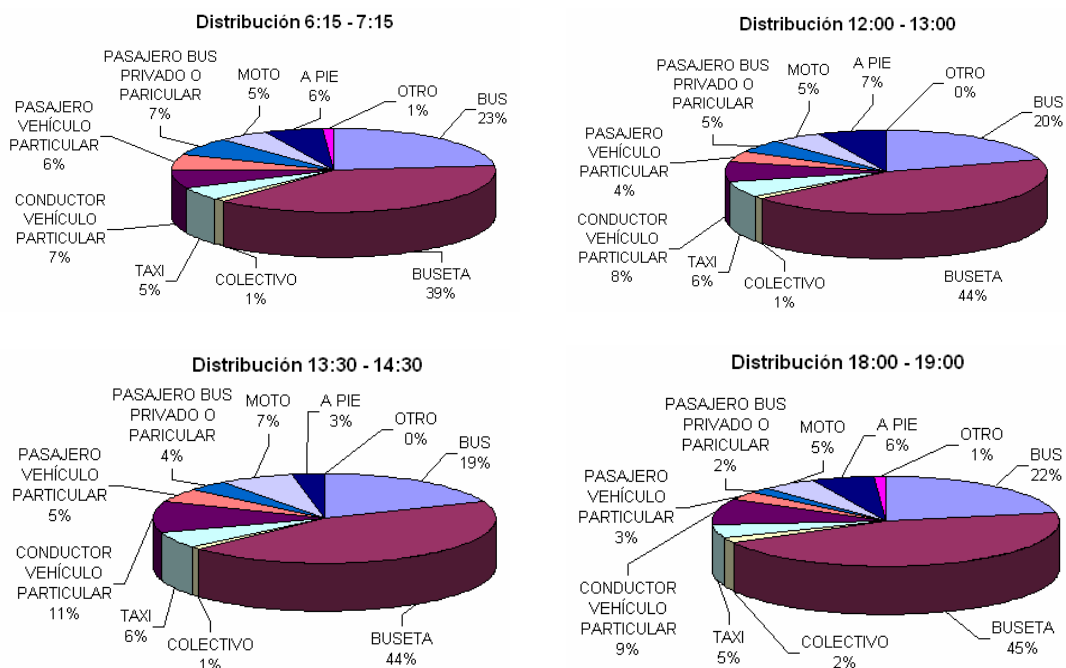
Tabla 5.2.4.8. Participación de los modos de transporte en Ibagué para las diferentes horas pico, 2.000.

HORA PICO	BUS	BUSETA	COLECTIVO	TAXI	CONDUCTOR VEHÍCULO PARTICULAR	PASAJERO VEHÍCULO PARTICULAR	PASAJERO BUS PRIVADO O PARTICULAR	MOTO	A PIE	OTRO
06:15 - 07:15	23,0%	39,0%	1,0%	5,0%	7,0%	6,0%	7,0%	5,0%	6,0%	1,0%
12:00 - 13:00	20,0%	44,0%	1,0%	6,0%	8,0%	4,0%	5,0%	5,0%	7,0%	0,0%
13:30 - 14:30	19,0%	44,0%	1,0%	6,0%	11,0%	5,0%	4,0%	7,0%	3,0%	0,0%
18:00 - 19:00	22,0%	45,0%	2,0%	5,0%	9,0%	3,0%	2,0%	5,0%	6,0%	1,0%
TOTAL VIAJES EN EL DIA	22,0%	41,0%	1,0%	7,0%	9,0%	4,0%	4,0%	5,0%	5,0%	2,0%

Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 1. Información.

Analizando la distribución de los viajes diarios a lo largo de cada una de las hora pico según vehículo público o privado, el estudio referencia una alta dependencia del transporte público en la movilidad de la población, teniendo que tanto en dichas horas pico como a lo largo del día, el porcentaje de movilidad en dichos vehículos mayor al 69%, como se aprecia en la Tabla 5.2.4.9.

Fig. 5.2.4.6. Distribución por modo de transporte de los viajes de Ibagué para las diferentes horas pico. 2.000.



Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 1. Información.

Tabla 5.2.4.9. Participación del transporte público y privado en los viajes de Ibagué para las diferentes horas pico, 2.000.

HORA PICO		PUBLICO	PRIVADO
06:15	- 07:15	69%	31%
12:00	- 13:00	70%	30%
13:30	- 14:30	70%	30%
18:00	- 19:00	74%	26%
TOTAL VIAJES EN EL DIA		72%	28%

Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 1. Información.

5.2.5. Metodología aplicada a esos planes.

Como se ha dicho, el primer y único estudio de planeación integral de transporte de una cierta entidad realizado en Ibagué fue el Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - Universidad Nacional de Colombia. 2.000. Aún cuando sobre sus datos y estimaciones se hayan realizado con posterioridad aplicaciones para la Reestructuración del Sistema de Transporte Público para Ibagué (Universidad Nacional de Colombia. 2.003) y el Estudio técnico de Demanda del Transporte Público Colectivo del Municipio de Ibagué (Informe Final. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Diciembre de 2004), que también se comentarán.

En aquel estudio se realizó la modelación de la demanda de transporte privado y transporte público, mediante el uso del software TransCad, utilizando un modelo de generación y atracción respecto a las observaciones de viales urbanos, sobre la base de funciones de Regresión Lineal Múltiple como método para estimar los viajes generados y atraídos por cada zona; metodología, pues, análoga a la descrita para Manizales.

Con esta finalidad, se identificaron las variables explícitas que representasen la generación y atracción de viajes, resumiendo los resultados de la EDH por estratos socioeconómicos, cantidad de personas en el hogar y el número de vehículos en el hogar.

En las Tablas 5.2.5.1., 5.2.5.2. y 5.2.5.3. se aprecia la caracterización de los viajes encontrados en la ciudad de Ibagué según el estrato socioeconómico, el número de personas por hogar y el número de vehículos por hogar respectivamente.

Tabla 5.2.5.1. Caracterización de los hogares encuestados en Ibagué según el estrato socioeconómico, 2.000.

ESTRATO	HOGARRES ENCUESTADOS	PERS. / HOGAR	VIAJES / HOGAR	VIAJES / PERS.
1	468	4,51	5,25	1,16
2	1.140	4,44	5,28	1,19
3	1.179	4,19	5,88	1,40
4	303	3,92	6,16	1,57
5	108	3,83	5,57	1,45
6	48	4,15	6,89	1,66

Tabla 5.2.5.2. Caracterización de los hogares encuestados en Ibagué según el número de personas residentes, 2.000.

PERS. / HOGAR	HOGARRES ENCUESTADOS	VIAJES / HOGAR	VIAJES / PERS.
= 2	400	3,21	1,74
3	696	4,59	1,53
4	863	5,46	1,37
5	649	6,20	1,24
6	651	6,25	1,04
= 7	287	6,97	0,87

Tabla 5.2.5.3. Caracterización de los hogares encuestados en Ibagué según el número de vehículos disponibles, 2.000.

VEH. / HOGAR	HOGARRES ENCUESTADOS	PERS. / HOGAR	VIAJES / HOGAR	VIAJES / PERS.
0	2586	4,30	5,10	1,19
1	648	4,24	6,40	1,51
2	12	4,42	6,68	1,51

Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 4. Modelación.

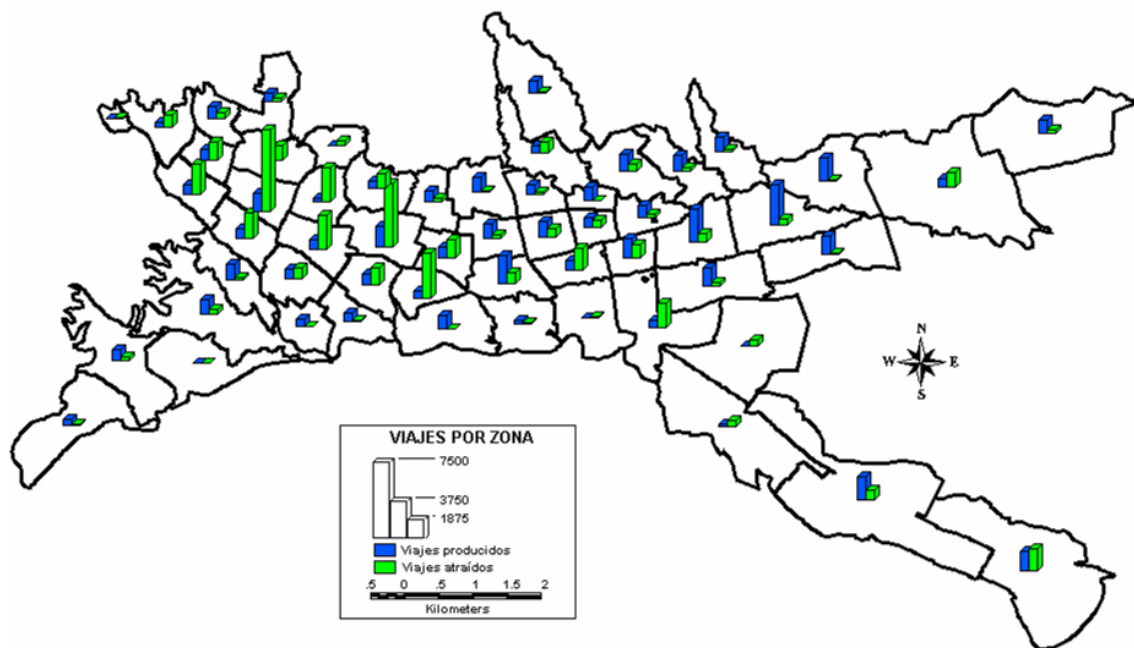
La ventaja más importante de formular modelos desagregados tiene relación con el mayor nivel de detalle con el que se efectúa el proceso, puesto que se dispone de una mayor cantidad de parejas de datos OyD; no obstante, cuando se trata de aplicar los modelos resultantes en los escenarios futuros se encuentra la desventaja de requerir igualmente mayor nivel de detalle en la estimación de la evolución de las variables explícitas. En este estudio se emplearon los resultados agregados por zonas, a partir de los cuales se caracterizó el municipio, de forma que las variables a tener en cuenta estuviesen

relacionadas con la población y la actividad económica por zona, que podían ser proyectadas en los diferentes escenarios a partir de la información del DANE y del POT.

El estudio agregado por zonas de los viajes implica entonces determinar el número de viajes que se generan y se atraen por cada zona, así como las variables explícitas, de forma que se puedan elaborar los modelos.

En la Figura 5.2.5.1. se aprecia la relación entre la generación y atracción de viajes por zona en la ciudad de Ibagué. Así mismo, el estudio presenta una desagregación de los viajes para las horas pico de la mañana y del medio día según el propósito del viaje y el modo de transporte.

Fig. 5.2.5.1. Relación de Generación y Atracción de viajes por zona en Ibagué.



Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 4. Modelación.

Al hacer uso de modelos, es importante una adecuada simplificación de la información a analizar, es por ello que en este estudio se simplifican los propósitos en 4 categorías (Trabajo, Estudio, Hogar y Otros) y los modos en 3 categorías (Público, Privado y Otros).

Para la elaboración de los modelos, primero se evaluó la correlación existente entre los viajes por propósito y modo, y las variables explícitas (número de personas en el hogar, el número de trabajadores en el hogar, el número de estudiantes en el hogar, el número de vehículos en el hogar, los puestos de trabajo y los puestos de estudio existentes) por zona.

En las siguientes Tablas se presenta dicha correlación tanto para el total de viajes en el día como para las dos horas de máxima demanda. (Tabla 5.2.5.4. a Tabla 5.2.5.9.)

Tabla 5.2.5.4. Correlación a nivel zonal de los viajes diarios por propósito.

		VARIABLES					
		Personas en el hogar	Trabajadores en el hogar	Estudiantes en el hogar	Nº de vehículos privados	Puestos de trabajo	Puestos de estudio
VIAJES GENERADOS	Totales	0,29	0,37	0,31	0,35	0,94	0,64
	Trabajo	0,94	0,96	0,95	0,52	0,20	0,37
	Estudio	0,82	0,84	0,88	0,71	0,28	0,24
	Hogar	0,02	0,10	0,04	0,18	0,96	0,60
	Otros	0,76	0,77	0,77	0,57	0,21	0,29
VIAJES ATRAÍDOS	Totales	0,29	0,36	0,31	0,35	0,94	0,64
	Trabajo	0,01	0,09	0,03	0,18	0,99	0,42
	Estudio	0,03	0,05	0,04	0,12	0,45	0,95
	Hogar	0,94	0,95	0,96	0,62	0,21	0,33
	Otros	0,04	0,11	0,05	0,15	0,96	0,28

Tabla 5.2.5.5. Correlación a nivel zonal de los viajes diarios por modo de transporte.

		VARIABLES					
		Personas en el hogar	Trabajadores en el hogar	Estudiantes en el hogar	Nº de vehículos privados	Puestos de trabajo	Puestos de estudio
VIAJES GENERADOS	Público	0,32	0,38	0,33	0,25	0,94	0,63
	Privado	0,14	0,22	0,20	0,56	0,84	0,53
	Otros	0,30	0,37	0,36	0,48	0,64	0,51
	Total	0,29	0,37	0,32	0,35	0,94	0,63
VIAJES ATRAÍDOS	Público	0,32	0,38	0,32	0,25	0,94	0,64
	Privado	0,14	0,23	0,20	0,55	0,85	0,55
	Otros	0,31	0,38	0,36	0,49	0,66	0,50
	Total	0,29	0,36	0,31	0,35	0,94	0,64

Tabla 5.2.5.6. Correlación a nivel zonal de los viajes de la hora pico 06:15 – 07:15 por propósito.

		VARIABLES					
		Personas en el hogar	Trabajadores en el hogar	Estudiantes en el hogar	Nº de vehículos privados	Puestos de trabajo	Puestos de estudio
VIAJES GENERADOS	Totales	0,88	0,89	0,91	0,58	0,21	0,28
	Trabajo	0,93	0,92	0,92	0,38	0,08	0,24
	Estudio	0,71	0,74	0,76	0,71	0,27	0,22
	Hogar	0,00	0,03	0,02	0,08	0,45	0,33
	Otros	0,46	0,44	0,51	0,28	0,13	0,38
VIAJES ATRAÍDOS	Totales	0,05	0,12	0,07	0,20	0,83	0,78
	Trabajo	0,03	0,11	0,04	0,20	0,96	0,52
	Estudio	0,03	0,07	0,05	0,14	0,45	0,91
	Hogar	0,62	0,66	0,61	0,51	0,30	0,31
	Otros	0,05	0,12	0,08	0,18	0,93	0,38

Tabla 5.2.5.7. Correlación a nivel zonal de los viajes de la hora pico 06:15 – 07:15 por modo de transporte.

		VARIABLES					
		Personas en el hogar	Trabajadores en el hogar	Estudiantes en el hogar	Nº de vehículos privados	Puestos de trabajo	Puestos de estudio
VIAJES GENERADOS	Público	0,90	0,88	0,88	0,22	0,13	0,24
	Privado	0,28	0,33	0,38	0,85	0,16	0,14
	Otros	0,38	0,40	0,44	0,61	0,03	0,08
	Total	0,87	0,88	0,90	0,59	0,17	0,26
VIAJES ATRAÍDOS	Público	0,06	0,13	0,07	0,18	0,84	0,78
	Privado	0,03	0,04	0,00	0,20	0,77	0,66
	Otros	0,01	0,02	0,03	0,14	0,40	0,49
	Total	0,04	0,11	0,06	0,20	0,83	0,77

Tabla 5.2.5.8. Correlación a nivel zonal de los viajes de la hora pico 12:00 – 13:00 por propósito.

		VARIABLES					
		Personas en el hogar	Trabajadores en el hogar	Estudiantes en el hogar	Nº de vehículos privados	Puestos de trabajo	Puestos de estudio
VIAJES GENERADOS	Totales	0,09	0,16	0,11	0,23	0,92	0,69
	Trabajo	0,35	0,36	0,37	0,26	-0,03	0,25
	Estudio	0,76	0,74	0,78	0,31	0,03	0,09
	Hogar	0,01	0,09	0,03	0,19	0,91	0,68
	Otros	0,37	0,41	0,38	0,48	0,22	0,29
VIAJES ATRAÍDOS	Totales	0,70	0,74	0,75	0,59	0,44	0,63
	Trabajo	0,15	0,22	0,14	0,12	0,91	0,46
	Estudio	0,07	0,08	0,09	0,09	0,28	0,66
	Hogar	0,84	0,87	0,89	0,68	0,29	0,83
	Otros	-0,02	-0,05	0,01	0,16	0,65	0,48

Tabla 5.2.5.9. Correlación a nivel zonal de los viajes de la hora pico 12:00 – 13:00 por modo de transporte.

		VARIABLES					
		Personas en el hogar	Trabajadores en el hogar	Estudiantes en el hogar	Nº de vehículos privados	Puestos de trabajo	Puestos de estudio
VIAJES GENERADOS	Público	0,11	0,18	0,12	0,21	0,94	0,66
	Privado	0,01	0,09	0,04	0,22	0,86	0,62
	Otros	0,05	0,10	0,11	0,25	0,51	0,59
	Total	0,09	0,16	0,11	0,23	0,92	0,68
VIAJES ATRAÍDOS	Público	0,77	0,78	0,79	0,35	0,35	0,63
	Privado	0,20	0,27	0,29	0,83	0,29	0,29
	Otros	0,43	0,46	0,48	0,52	0,30	0,38
	Total	0,70	0,74	0,75	0,61	0,39	0,62

Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 4. Modelación.

A partir de los resultados de r^2 encontrados, se definió el conjunto de variables independientes que sirven para describir el comportamiento de cada uno de los viajes. Es así como se estimó el modelo de regresión lineal para cada uno de los propósitos y modos de viaje para el total de viajes diarios y para los períodos pico. En las siguientes tablas (Tablas 5.2.5.10. a 5.2.5.15.) se aprecian los modelos lineales encontrados los cuales explican la generación y atracción de viajes de cada zona en función de las variables socioeconómicas.

El valor de r^2 que se presenta en la parte final de los cuadros muestra la correlación o grado de ajuste que se obtiene al comparar los resultados del modelo con los datos observados.

Tabla 5.2.5.10. Modelos lineales múltiples para los viajes diarios por propósito.

		COEFICIENTES DE VARIABLES							
		Coficiente	Personas en el hogar	Trabajadores en el hogar	Estudiantes en el hogar	Nº de vehículos privados	Puestos de trabajo	Puestos de estudio	r^2
VIAJES GENERADOS	Totales	1237,700					1,83398	1,22647	0,9580
	Trabajo	104,181		0,92706					0,9303
	Estudio	50,724	-0,27251		1,42196				0,8224
	Hogar	-1959,000					1,74851	0,82169	0,9632
	Otros	52,661	-0,03862	0,09483	0,14437				0,6052
VIAJES ATRAÍDOS	Totales	1242,020					1,83174	1,22707	0,9580
	Trabajo	-891,389					1,39611		0,9749
	Estudio	-738,055						0,93987	0,8901
	Hogar	136,214	-0,65593	1,49717	2,07517				0,9522
	Otros	-373,911					0,29944		0,9154

Tabla 5.2.5.11. Modelos lineales múltiples para los viajes diarios por modo de transporte.

		COEFICIENTES DE VARIABLES							r ²
		Coefficiente	Personas en el hogar	Trabajadores en el hogar	Estudiantes en el hogar	Nº de vehículos privados	Puestos de trabajo	Puestos de estudio	
VIAJES GENERADOS	Público	473,425					1,30008	0,82800	0,9451
	Privado	293,604					0,37509	0,19571	0,7453
	Otros	252,744	-0,22245	0,19521	0,51900	0,26899	0,07365	0,06899	0,5650
	Total	1182,280					1,76172	1,11851	0,9548
VIAJES ATRAIDOS	Público	449,361					1,29127	0,84880	0,9470
	Privado	283,446					0,36705	0,20947	0,7590
	Otros	251,371	-0,21136	0,17591	0,50944	0,28130	0,07848	0,06082	0,5925
	Total	1152,740					1,74912	1,14607	0,9553

Tabla 5.2.5.12. Modelos lineales múltiples para los viajes de la hora pico 06:15 – 07:15 por propósito.

		COEFICIENTES DE VARIABLES							r ²
		Coefficiente	Personas en el hogar	Trabajadores en el hogar	Estudiantes en el hogar	Nº de vehículos privados	Puestos de trabajo	Puestos de estudio	
VIAJES GENERADOS	Totales	32,348	-0,15804	0,30356	0,62821				0,8402
	Trabajo	-27,952	0,08154	0,02438					0,8620
	Estudio	33,545	-0,20798	0,27360	0,52238				0,6759
	Hogar	10,970					0,00332	0,00271	0,2163
	Otros	0,709	-0,00518	-0,01438	0,04412		0,00014	0,00437	0,3040
VIAJES ATRAIDOS	Totales	-211,393					0,23664	0,34903	0,9084
	Trabajo	55,833					0,21332		0,9215
	Estudio	167,473						0,30311	0,8238
	Hogar	-8,633	-0,00131	0,01708	-0,00343		0,00109	0,00059	0,4160
	Otros	-12,480					0,01902		0,8680

Tabla 5.2.5.13. Modelos lineales múltiples para los viajes de la hora pico 06:15 – 07:15 por modo de transporte.

		COEFICIENTES DE VARIABLES							r ²
		Coefficiente	Personas en el hogar	Trabajadores en el hogar	Estudiantes en el hogar	Nº de vehículos privados	Puestos de trabajo	Puestos de estudio	
VIAJES GENERADOS	Público	-101,184	0,16732	0,06343	0,06394				0,8012
	Privado	61,156	-0,23181	0,22462	0,51084				0,4017
	Otros	35,836	-0,07864	0,06491	0,21152				0,2628
	Total	-4,192	-0,14313	0,22609	0,65842				0,8256
VIAJES ATRAIDOS	Público	-217,385					0,16749	0,23887	0,9308
	Privado	-26,485					0,04558	0,05508	0,7204
	Otros	75,676	-0,07127	0,02470	0,16571		0,01083	0,04165	0,2925
	Total	215,749					0,22578	0,33015	0,9012

Tabla 5.2.5.14. Modelos lineales múltiples para los viajes de la hora pico 12:00 – 13:00 por propósito.

		COEFICIENTES DE VARIABLES							
		Coficiente	Personas en el hogar	Trabajadores en el hogar	Estudiantes en el hogar	Nº de vehículos privados	Puestos de trabajo	Puestos de estudio	r ²
VIAJES GENERADOS	Totales	-481,366					0,45217	0,39040	0,9540
	Trabajo	13,943	-0,01235	0,01314	0,03342			0,00297	0,1180
	Estudio	-66,568	-0,01479		0,16583				0,6035
	Hogar	-694,348					0,45386	0,36662	0,9331
	Otros	-5,113	0,00629	0,01587	0,00601		0,00016	0,00160	0,1467
VIAJES ATRAIDOS	Totales	53,810	-0,38152	0,44920	1,08900		0,03891	0,16158	0,7907
	Trabajo	-0,941					0,01817		0,8307
	Estudio	-76,172						0,12615	0,4329
	Hogar	90,500	-0,35106	0,52476	0,97537				0,8474
	Otros	2,858	-0,00753	0,00933	0,00938		0,00293	0,00342	0,4752

Tabla 5.2.5.15. Modelos lineales múltiples para los viajes de la hora pico 12:00 – 13:00 por modo de transporte.

		COEFICIENTES DE VARIABLES							
		Coficiente	Personas en el hogar	Trabajadores en el hogar	Estudiantes en el hogar	Nº de vehículos privados	Puestos de trabajo	Puestos de estudio	r ²
VIAJES GENERADOS	Público	-182,991	-0,03409				0,33004	0,25651	0,9666
	Privado	6,940	-0,02135				0,09266	0,08246	0,8451
	Otros	49,127	-0,09875	0,04575	0,23008		0,01600	0,05262	0,4649
	Total	-135,663	-0,27587	0,09944	0,54677		0,43573	0,39131	0,9659
VIAJES ATRAIDOS	Público	-98,793	-0,00996	0,00074	0,37329		0,02119	0,11623	0,7673
	Privado	104,814	-0,31007	0,35326	0,57951		0,00143	0,02532	0,4089
	Otros	26,470	-0,07031	0,06479	0,18185		0,00385	0,01355	0,3290
	Total	32,491	-0,39034	0,41880	1,13465		0,02646	0,15509	0,7820

Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 4. Modelación.

Los valores de r^2 demuestran la funcionalidad de los modelos planteados y, a pesar de que se encuentran correlaciones inferiores a 0,60, es necesario considerar la significancia que cada modelo posee sobre la totalidad de los viajes de Ibagué. De esta forma se puede asegurar que los valores bajos de r^2 encontrados en los modelos de generación y atracción de viajes para modos de transporte motorizados diferentes a la definición de público y privado, no afectan la modelación de transporte para Ibagué pues representan menos del 10% de los viajes diarios del municipio.

La aplicación de cada uno de los modelos encontrados da como resultado los vectores de generación y atracción para cada una de las matrices que se estudiaron, los cuales son uno de los insumos para el desarrollo de la siguiente etapa en el proceso de modelación. No obstante, se debe garantizar que los vectores de generación y atracción conduzcan al mismo

resultado de viajes totales, lo cual no sucede de forma directa debido al empleo de diferentes modelos, dado lo anterior es necesario balancear los vectores para obtener el mismo resultado al sumar cada uno de sus elementos.

El balanceo de los vectores se realizó distribuyendo la diferencia existente entre la suma de cada uno de ellos proporcionalmente en cada uno de los valores que componen el vector que difiere. Esto implica que uno de los dos vectores expresa correctamente el total de los viajes de la ciudad, pero en el proceso de modelación del transporte en escenarios futuros no es fácil decidir cual es el vector correcto. Como criterio de decisión se empleó el vector cuyo modelo posea el más alto valor de correlación en la evaluación que se efectuó con los viajes actuales. De esta forma se obtuvo un vector base, mientras el segundo fue ajustado de acuerdo con lo descrito.

Antes de aplicar los modelos agregados de distribución de viajes, se estableció una función de impedancia a la cual estarán asociados; la calibración de estos modelos incluye la estimación de parámetros del modelo, con una o más funciones de impedancia, calibración de coeficientes, que es un proceso iterativo que calcula los coeficientes como son: las réplicas del modelo gravitacional, la longitud del viaje, la distribución de frecuencias y la relación entre la producción en el año base con las atracciones o ambos, producción y atracción.

Actualmente, existen herramientas de cómputo mediante las cuales se pueden estimar distribuciones de viajes, incluyendo procedimientos para poner en marcha métodos de factores de crecimiento, calibración de modelos gravitacionales, generar factores de crecimiento y calibrar parámetros para los nuevos modelos. Así mismo, existen diferentes medidas de impedancia como son: la distancia de viaje, el tiempo de viaje, o el costo del mismo. Igualmente diferentes funciones potenciales de impedancia que pueden ser usadas para derivar la atracción relativa de cada zona, una selección de la función exponencial y las funciones de potencia inversa, típicamente usadas en el modelo de entropía, como es la función gamma la cual es recomendada dentro de las prácticas de planeación. Como una alternativa a las funciones de impedancia se puede usar un factor de impedancia (esencialmente esto es una función de impedancia discreta que relaciona la impedancia entre zonas con la atracción entre zonas).

Ahora bien, en la ciudad de Ibagué en particular, se consideró que el modelo de distribución de viajes más apropiado era el modelo de gravedad, y como se mencionó con anterioridad, este modelo determina los viajes existentes entre una zona y otra de acuerdo con la generación y la atracción de viajes que existen entre las zonas relacionadas y una función de impedancia que depende de la distancia de viaje, el tiempo de viaje o el costo del viaje.

Los tres tipos de funciones de impedancia analizadas fueron las mismas estudiadas para el caso de la ciudad de Manizales (Ver Tabla 5.1.5.5., Pág. 224). Se tiene entonces que al poseer las matrices de impedancia, se realizó la calibración de las constantes inherentes a cada una de las funciones del modelo de gravedad para cada una de las siguientes matrices de viajes:

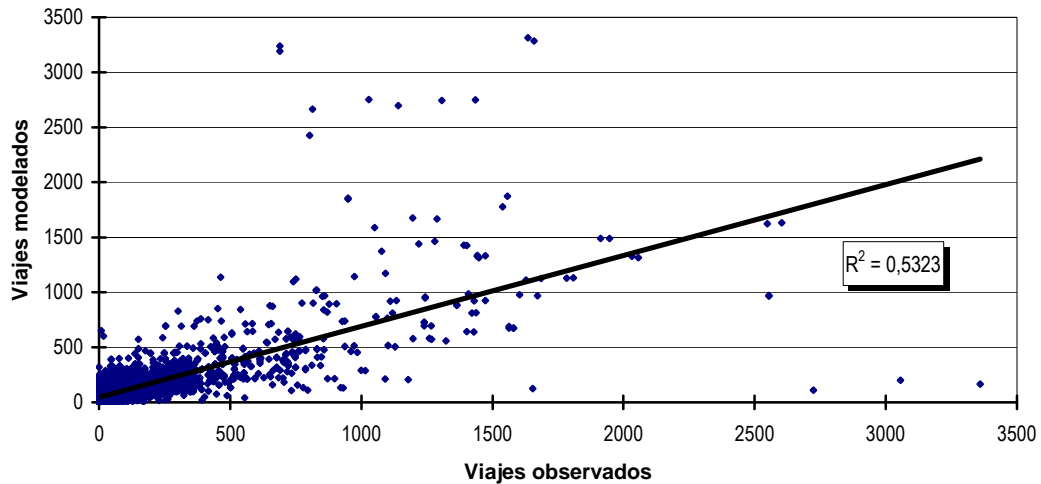
- Total de los viajes en la ciudad.
- Viajes realizados en modo de transporte público, dados por los viajes en bus, buseta y colectivo.
- Viajes realizados en modo de transporte privado, dados por los viajes en auto particular, como conductor y como pasajero, y en taxi.
- Viajes realizados en otros modos de transporte motorizado, dados por los viajes como pasajero en bus particular, en moto y en otros medios de transporte no precisados en las encuestas de hogares.

La primera calibración se realizó con base en la matriz de distancias, se calibraron las constantes para las funciones exponencial y potencial, dado que las constantes para la función gamma no convergieron al no encontrarse valores válidos para éstas. Las matrices obtenidas a partir de la aplicación de los modelos de acuerdo con las constantes encontradas en la calibración, fueron comparadas con las matrices de viajes observados, y para evaluar la efectividad de los modelos se estimó el r^2 que existente entre los viajes observados y los viajes modelados. En la Figura 5.2.5.2. se aprecia un ejemplo de evaluación de los resultados de los modelos de distribución de viajes aplicado para el municipio de Ibagué.

Los valores de r^2 encontrados con los modelos iniciales, calibrados a partir de la matriz de distancias y las funciones potencial y exponencial, oscilaban entre 0,20 y 0,55, de acuerdo con los viajes estudiados (por propósito y por modo). Estos valores de r^2 se consideran muy bajos, por lo cual se descartaron los modelos obtenidos. Dado lo anterior y con el fin de obtener un modelo que se acercase más a la realidad, se consideró emplear las funciones de

impedancia basadas en la matriz de tiempos de viaje entre zonas, sin incluir los viajes intrazonales (Diagonal principal de la matriz igual a cero).

Fig. 5.2.5.2. Ejemplo de evaluación de los resultados de los modelos de distribución de viajes para el municipio de Ibagué.



Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 4. Modelación.

Para esta segunda calibración, la función gamma tampoco convergió y la función exponencial divergió, teniendo que es la función potencial la única que arrojó valores de las constantes de calibración válidos. Con dicha función se evaluaron los nuevos modelos, encontrando valores de r^2 entre 0,40 y 0,60, valores que aún se consideraron bajos para aceptar los modelos.

Ahora bien, con el fin de ajustar mejor los modelos se decidió evaluar de forma independiente los tiempos de viaje en transporte público y en transporte privado. Los tiempos de viaje en transporte público fueron evaluados considerando la velocidad de marcha de éste sobre los corredores (valores obtenidos en campo mediante el ensayo de ascenso y descenso de pasajeros) y estimando que el recorrido intrazonal sobre los conectores se realiza a pie a una velocidad promedio de 4 Km./h; mientras que los tiempos de viaje en transporte privado se obtuvieron a partir de la consideración de velocidad a flujo libre sobre los corredores (resultado del “Estudio de Capacidad en Intersecciones a nivel para la ciudad de Ibagué”) y una velocidad intrazonal sobre los conectores de 20 Km./h. Como resultado se obtuvieron dos matrices de tiempos de viaje.

El estudio refiere tener en cuenta que el 75%⁶⁹ de los viajes son realizados en transporte público y el 25% en transporte privado, con el fin de emplear esta proporción sobre las matrices de tiempo de viaje para estimar una matriz de tiempos de viaje ponderados para los viajes totales; no obstante, el mismo estudio había establecido una proporción de 77% y 23% respectivamente, lo cual puede haber inducido un pequeño error en la modelación.

Fue entonces que se calibró la función potencial del modelo de gravedad para cada una de las matrices de viajes estudiadas, teniendo en cuenta la matriz de impedancia correspondiente para cada matriz de viajes. Al evaluar los modelos obtenidos, se obtuvieron valores de r^2 entre 0,50 y 0,60; ello obligó a usar un factor de ajuste K, el cual es un factor que se determina empíricamente para ajustar los viajes interzonales en función de las condiciones socioeconómicas; es así como al realizar la calibración de los modelos se obtiene una matriz de factores k para cada una de las matrices de viajes estudiadas.

Las matrices de factores k se interpretan de acuerdo con la cercanía de los valores a uno (1), ya que ilustran una relación entre matrices. Así que, si la matriz de factores k esta compuesta por unos, la matriz modelada sería idéntica a la matriz observada. El promedio de los valores de la matriz de factores k es entonces otra medida de la bondad del modelo aplicado.

Tabla 5.2.5.16. Valores promedio de las matrices de factores k para cada matriz de viajes diarios.

VIAJES	<i>k</i> promedio
Total	1,37
Público	1,5
Privado	1,65
Otro	2,12

Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 4. Modelación.

Ahora bien, al evaluar nuevamente los modelos calibrados y empleando las matrices de factores k obtenidas, se obtuvieron los valores de r^2 que se muestran en la Tabla 5.2.5.17..

⁶⁹ Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 4. Modelación.

Tabla 5.2.5.17. Correlación existente entre las matrices de viajes diarios observados y las matrices modeladas, empleando la función potencial y las matrices de factores k, para Ibagué.

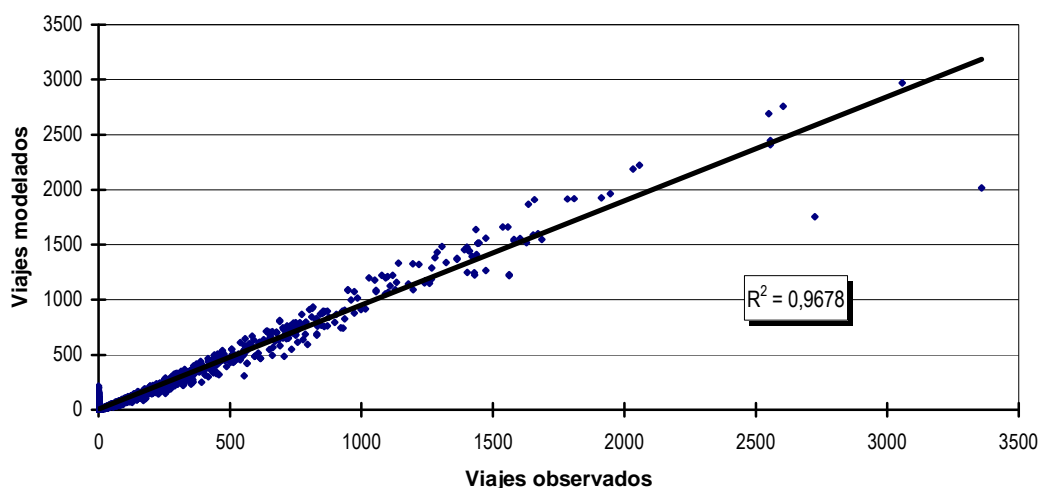
VIAJES	r2
Total	0,967778
Público	0,961175
Privado	0,929508
Otro	0,910397

Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 4. Modelación.

Estos valores de correlación permiten asegurar que el modelo encontrado es adecuado para representar la distribución de viajes de acuerdo con los vectores de generación y atracción y estimar los valores futuros posibles en diversos escenarios.

En la Figura 5.2.5.3. se aprecia un ejemplo de correlación existente entre los viajes modelados y los observados empleando la matriz de factores k.

Fig. 5.2.5.3. Ejemplo de evaluación de los resultados finales de los modelos de distribución de viajes, empleando la matriz de factores k, para Ibagué.



Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 4. Modelación.

Posteriormente se continuó con la elaboración de los modelos correspondientes a matrices de viajes en las horas pico (6:15 – 7:15 y 12:00 – 13:00), usando el mismo procedimiento utilizado para el caso de los viajes diarios antes descrito.

En las Tablas 5.2.5.18. y 5.2.5.19. se aprecian las correlaciones encontradas en la evaluación de los modelos para las dos horas pico.

Tabla 5.2.5.18. Correlación existente entre las matrices de viajes observados en la hora pico 06:15 – 07:15 y las matrices modeladas, empleando la función potencial y las matrices de factores k, para Ibagué.

VIAJES	r ²
Total	0,978144756
Público	0,967434086
Privado	0,916765262
Otro	0,932858513

Tabla 5.2.5.19. Correlación existente entre las matrices de viajes observados en la hora pico 12:00 – 13:00 y las matrices modeladas, empleando la función potencial y las matrices de factores k, para Ibagué.

VIAJES	r ²
Total	0,9814690
Público	0,9739444
Privado	0,9429040
Otro	0,9155394

Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 4. Modelación.

De esta forma se obtuvieron los modelos para los viajes totales, de transporte público, de transporte privado y de otros medios de transporte, para todo el día y para las dos horas pico, para los escenarios tendencial y P.O.T. en los años 2003, 2006 y 2009, calibrados a partir de las matrices de viajes actuales diarios y en las horas pico.

En cuanto a los modelos de distribución modal, que tienen como objeto predecir la proporción de viajes que se realizarán en cada modo de transporte estudiado, pueden aplicarse a nivel agregado o desagregado de zona; los modelos a nivel agregado buscan predecir las cuotas zonales de viajes por modo y se calculan de manera típica por medio de la utilización de cuotas según modo, por pares de OyD y de promedios de datos demográficos por zona; los modelos desagregados se basan en datos a nivel individual obtenidos de encuestas, a nivel

individual la escogencia es discreta (una persona elige una entre un conjunto de alternativas modales). Los modelos “logit” se estiman con frecuencia con base en datos a nivel individual, y entonces se elaboran pronósticos basados en variables agregadas explicativas.

En este estudio de la ciudad de Ibagué se tendrán sólo dos modos para escoger: transporte privado y transporte colectivo. El modelo de selección modal aplicado para la ciudad de Ibagué fue el mismo modelo de regresión lineal múltiple que fue usado para estimar los viajes generados y atraídos, desde y hacia cada una de las zonas en cada uno de los escenarios planteados, y teniendo en cuenta que los modos de transporte estudiados en Ibagué comprenden el transporte público y el transporte privado, de acuerdo con lo descrito anteriormente, resulta igualmente apropiado para describir la selección de modos de transporte que se hará en Ibagué.

Las ecuaciones de regresión lineal establecidas en el modelo de generación y atracción para los modos de transporte público y privado en los viajes diarios motorizados de Ibagué en los diferentes escenarios, establecieron una proporción constante del 72% para transporte público y del 28%⁷⁰ para transporte privado.

Los porcentajes anteriores incluyen los viajes interurbanos de quienes no son residentes de Ibagué pero acuden a la ciudad para realizar sus actividades. Al estudiar sólo los viajes urbanos de la ciudad estos porcentajes varían a 77% para transporte público y 23% para transporte privado, pero de igual forma son constantes sin importar el escenario de estudio.

Luego de haberse definido una red vial de la ciudad de Ibagué y haber establecido cuales de estas vías son usadas por el Transporte Público Colectivo, se llevó a cabo el proceso de asignación, para ello, la base de datos de dicha red vial debe cumplir con las siguientes características:

- Longitud de los segmentos de vía (Km.)
- Nombre de la vía.
- Jerarquía vial (principal, secundaria, conectores).
- Capacidad del segmento (vehículos equivalentes por hora).
- Velocidad a flujo libre (Km./h.).
- Velocidad de operación del transporte público (Km./h.).

⁷⁰ Ídem.

Ahora bien, con el fin de obtener una modelación del comportamiento de los viajes de la ciudad sobre la red vial de una forma más adecuada, fue necesario realizar por separado la asignación de los viajes por modo, es decir, separando los viajes que se realizan en el modo privado (Autos y Taxis) y el modo público (Buses, Busetas y Colectivos).

Por lo que hace a la asignación de los viajes en transporte privado, a partir de la matriz O-D en este modo, para viajes obligados, y a partir de un índice de ocupación promedio observado en la ciudad, se ha aplicado el algoritmo de camino mínimo propio del TransCad, con la limitación de la capacidad de cada arco. Para ello, el grafo viario fue cargado con atributos mínimos de la red fueron: el tiempo de viaje a flujo libre de cada segmento (minutos), el valor de la Precarga (vehículos equivalentes por hora), el parámetro α (primer parámetro de la función de congestión) y el parámetro β (segundo parámetro de la función de congestión).

En el caso de los enlaces conectores (centroide de cada zona), a éstos se les asignó un tiempo de viaje (asumiendo una velocidad de 20 Km./h). Adicionalmente, se les asignó una capacidad elevada, teniendo en cuenta que a estos conectores se les asignará el total de los viajes originados en cada zona. Con estas características se trata de representar de una forma simplificada el comportamiento real de la red.

Las matrices usadas para la modelación fueron las matrices OyD correspondientes a las dos horas pico del día, tomándose como insumos los resultados de la aplicación de los modelos de generación y atracción y distribución de viajes, aplicados a las matrices. Estos valores de las matrices fueron divididos entre el índice de ocupación promedio para cada hora pico, con el fin de convertir los viajes en vehículos.

Ahora bien, al tener en cuenta que una proporción de los vehículos aforados en campo no fueron representados en las matrices OyD, como es el caso de los taxis que no llevan pasajeros o los vehículos privados comerciales, se procedió a la realización de una primera asignación sin tener en cuenta dichos vehículos en las matrices, obteniéndose que los valores asignados fueron un 20% menores a los aforados en campo, por lo cual fue necesario disminuir el valor del índice de ocupación promedio en ese mismo porcentaje. Dado lo

anterior, los valores encontrados⁷¹ para Ibagué, y con los cuales se realiza nuevamente el proceso de asignación, Se aprecia en la Tabla 5.2.5.20..

Tabla 5.2.5.20. Valores de Viajes, Índices y Vehículos encontrados para las horas pico en Ibagué.

HORA PICO	VALORES
06:15 – 07:15	12.593 viajes
	Ocupación 1,31 personas por vehículo
	Ocupación corregida 1,05 personas por vehículo
	11.993 vehículos
12:00 – 13:00	16.353 viajes
	Ocupación 1,76 personas por vehículo
	Ocupación corregida 1,41 personas por vehículo
	11.598 vehículos

Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 4. Modelación.

El proceso de asignación de tráfico se realizó teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Método: Equilibrio estocástico del usuario.
- Variable a minimizar: Tiempo de viaje.
- Capacidad: Capacidad de los enlaces en vehículos equivalentes por hora.
- Parámetros Alfa y Beta: Para el caso de la ciudad de Ibagué se trabajó con valores generales de 0,50 y 5,00, respectivamente⁷². En casos específicos se realizaron ajustes al valor α , los cuales se muestran en la Tabla 5.2.5.21., con el fin de calibrar el modelo.

Tabla 5.2.5.21. Valores específicos del parámetro α para la ciudad de Ibagué.

CORREDOR	PARAMETRO ALFA
Avenida Guabinal	0,8
Carrera 5	0,8
Carrera 2 (Cl. 25 – Cl. 32)	0,8

Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 4. Modelación.

⁷¹ Ídem.

⁷² Estos valores también fueron aplicados en Bogotá. SAIP Ltda. "Evaluación Técnica de los Planes Vial y de Transporte del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá". Bogotá. Julio 2000

Estos altos valores fueron justificados por la congestión que se presenta en dichas vías; efecto que no es función de los volúmenes que transitan, puesto que en general la capacidad de las vías es superior al volumen que soportan, sino función del mal estado del pavimento y la indisciplina y los hábitos de los conductores. Estos efectos son los que se reúnen en el parámetro α .

Para el parámetro β se mantuvo el valor de 5,00, teniendo en cuenta que la relación volumen/capacidad para Ibagué tiene valores relativamente bajos y al aumentarlo, esta relación sería aun menor.

El modelo de asignación de tráfico fue validado mediante la información de los conteos vehiculares que fueron realizados sobre 12 puntos estratégicos de la red vial durante las dos horas pico consideradas, se tomó la información de los arcos más cargados, que para el caso de la ciudad de Ibagué fueron las carreras, dado que los viajes fueron realizados principalmente en el sentido este – oeste y viceversa, movimientos de entrada y salida del centro de la ciudad (Ver Tabla 5.2.5.22. y 5.2.5.23.).

Tabla 5.2.5.22. Resultados de la asignación de tráfico en la hora pico 06:15 – 07:15.

	SENTIDO	PRECARGA	VOLUMEN TOTAL (Veq)		
		(Veq)	OBSERVADO	ASIGNADO	
1	BOQUERON	E-W	248	546	505
2	CLL 28 X CR 2	E-W	55	200	363
3	CLL 28 X CR 4	E-W	153	200	156
4	CLL 28 X AV FERR.	E-W	148	652	661
5	CL 26 X CR 5	E-W	569	1070	1025
6	CL 25 X CR 6	E-W	74	397	266
7	CL 25 X AV. GUABINAL	E-W	76	589	583
8	CL 25 X AV. AMBALA	E-W	90	712	586
9	CL 60 X AV. AMBALA	E-W	160	877	796
10	CL 60 X AV. GUABINAL	E-W	220	905	977
11	CL 60 X AV. JORDAN	E-W	600	1165	1187
12	CL 60 X AV. MIROLINDO	E-W	120	671	806
13	BOQUERON	W-E	248	704	476
14	CLL 28 X CR 2	W-E	55	25	97
15	CLL 28 X CR 4	W-E	153	438	292
16	CLL 28 X AV FERR.	W-E	148	590	286
17	CL 26 X CR 5	W-E	569	979	699
18	CL 25 X CR 6	W-E	74	352	383
19	CL 25 X AV. GUABINAL	W-E	76	534	282
20	CL 25 X AV. AMBALA	W-E	90	555	303
21	CL 60 X AV. AMBALA	W-E	160	945	495
22	CL 60 X AV. GUABINAL	W-E	220	897	385
23	CL 60 X AV. JORDAN	W-E	600	1268	942
24	CL 60 X AV. MIROLINDO	W-E	120	723	404

Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 4. Modelación.

Tabla 5.2.5.23. Resultados de la asignación de tráfico en la hora pico 12:00 – 13:00.

	SENTIDO	PRECARGA	VOLUMEN TOTAL (Veq)		
		(Veq)	OBSERVADO	ASIGNADO	
1	BOQUERON	E-W	216	759	406
2	CLL 28 X CR 2	E-W	51	26	146
3	CLL 28 X CR 4	E-W	127	190	129
4	CLL 28 X AV FERR.	E-W	142	496	364
5	CL 26 X CR 5	E-W	550	1261	922
6	CL 25 X CR 6	E-W	68	427	113
7	CL 25 X AV. GUABINAL	E-W	68	454	231
8	CL 25 X AV. AMBALA	E-W	96	556	329
9	CL 60 X AV. AMBALA	E-W	130	568	343
10	CL 60 X AV. GUABINAL	E-W	210	739	424
11	CL 60 X AV. JORDAN	E-W	590	1312	754
12	CL 60 X AV. MIROLINDO	E-W	110	714	507
13	BOQUERON	W-E	216	659	384
14	CLL 28 X CR 2	W-E	51	56	142
15	CLL 28 X CR 4	W-E	127	647	360
16	CLL 28 X AV FERR.	W-E	142	933	660
17	CL 26 X CR 5	W-E	550	1263	947
18	CL 25 X CR 6	W-E	68	740	714
19	CL 25 X AV. GUABINAL	W-E	68	880	649
20	CL 25 X AV. AMBALA	W-E	96	770	619
21	CL 60 X AV. AMBALA	W-E	130	1005	876
22	CL 60 X AV. GUABINAL	W-E	210	1026	800
23	CL 60 X AV. JORDAN	W-E	590	1479	1168
24	CL 60 X AV. MIROLINDO	W-E	110	864	741

Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 4. Modelación.

Analizando las Figuras 5.2.5.4. y 5.2.5.5, se aprecia que en la calibración del modelo de asignación en la hora pico de la mañana, se obtuvo un r^2 de 0.6311, y para la hora pico del medio día un r^2 de 0.8153, valores que fueron considerados buenos al ser comparados con otros valores obtenidos en otros estudios y considerados admisibles en este tipo de modelamiento⁷³.

Por otro lado, el estudio refiere la comparación del valor de la velocidad promedio de viaje en los mismos puntos de aforo, en la Figura 5.2.5.6, se aprecia la correlación de las velocidades observadas y las modeladas para el periodo de la mañana y en la Figura 5.2.5.7., se aprecia dicha correlación para el periodo pico del medio día.

En base a los resultados obtenidos en la validación y calibración de los modelos para ambas hora pico estudiadas, el estudio consideró evaluar los proyectos futuros bajo los resultados arrojados por el modelo obtenido para la hora pico del medio día, ya que es este período pico en el cual se aprecian valores de viajes mayores.

⁷³ En Bogotá se obtuvo un $R^2 = 0.6134$. SAIP Ltda. "Evaluación Técnica de los Planes Vial y de Transporte del Plan de Ordenamiento Territorial". Bogotá. Julio 2000.

Fig. 5.2.5.4. Correlación de la asignación de tráfico en la hora pico 06:15 – 07:15.

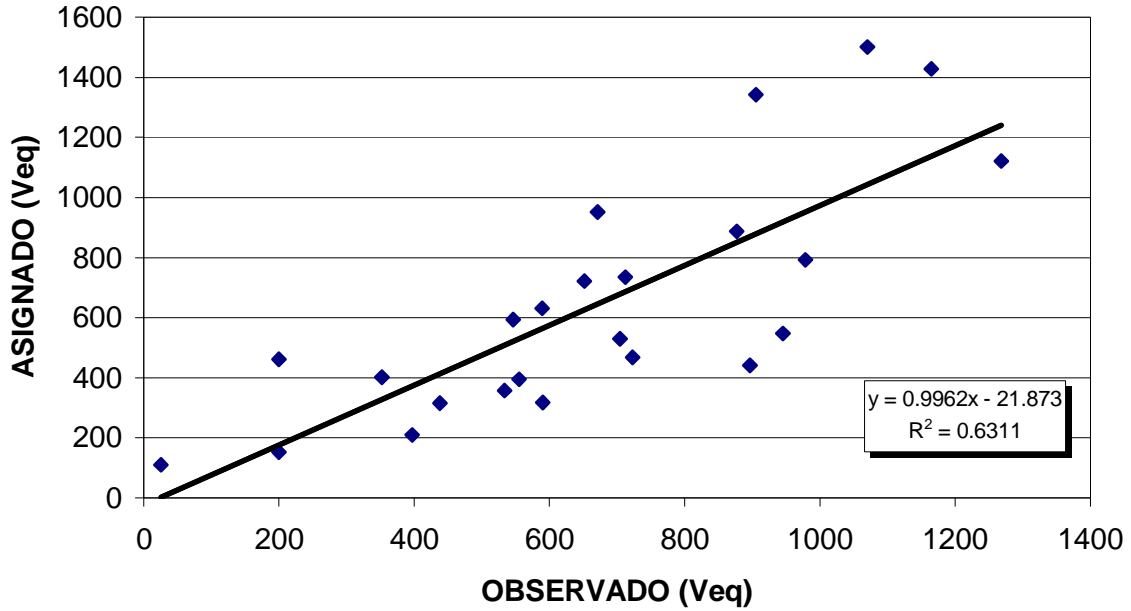
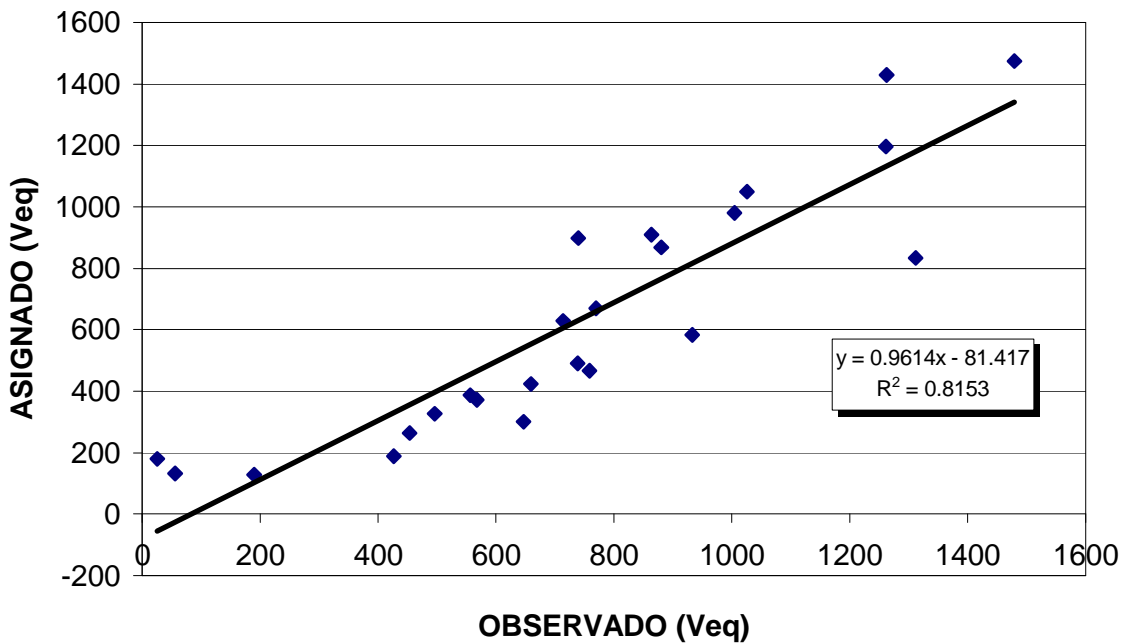


Fig. 5.2.5.5. Correlación de la asignación de tráfico en la hora pico 12:00 – 13:00.



Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 4. Modelación.

Fig. 5.2.5.6. Dispersión de los resultados de velocidad (Km./h) encontrados en la asignación de tráfico de Ibagué en la hora pico 06:15 – 07:15.

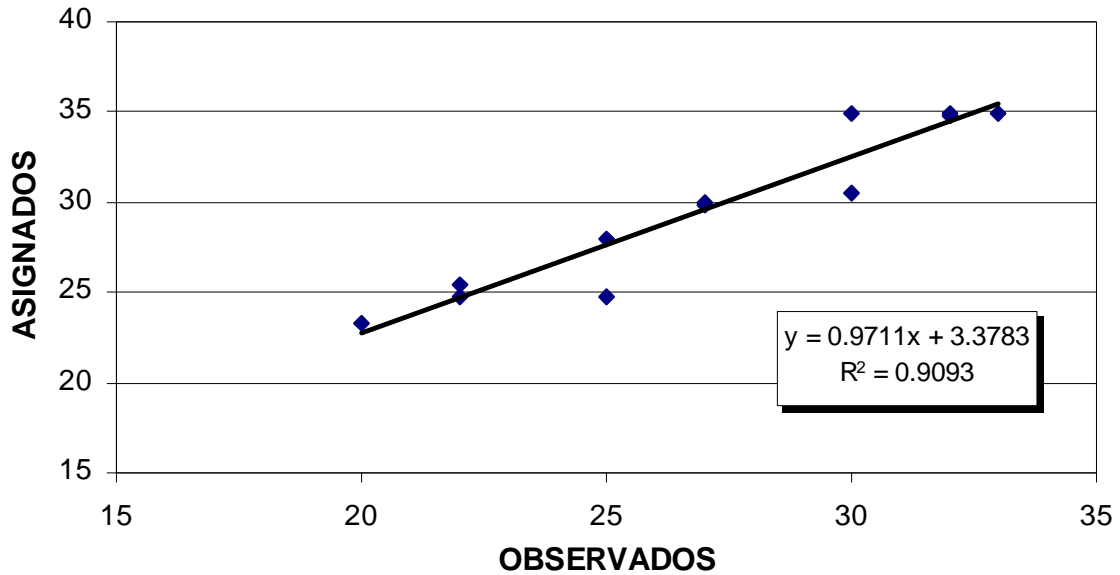
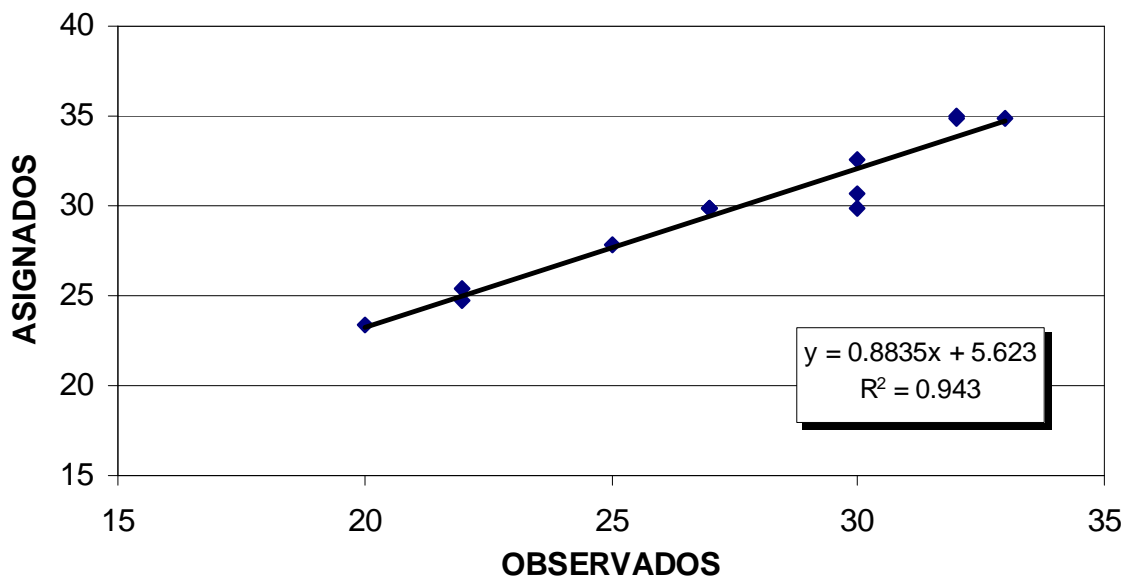


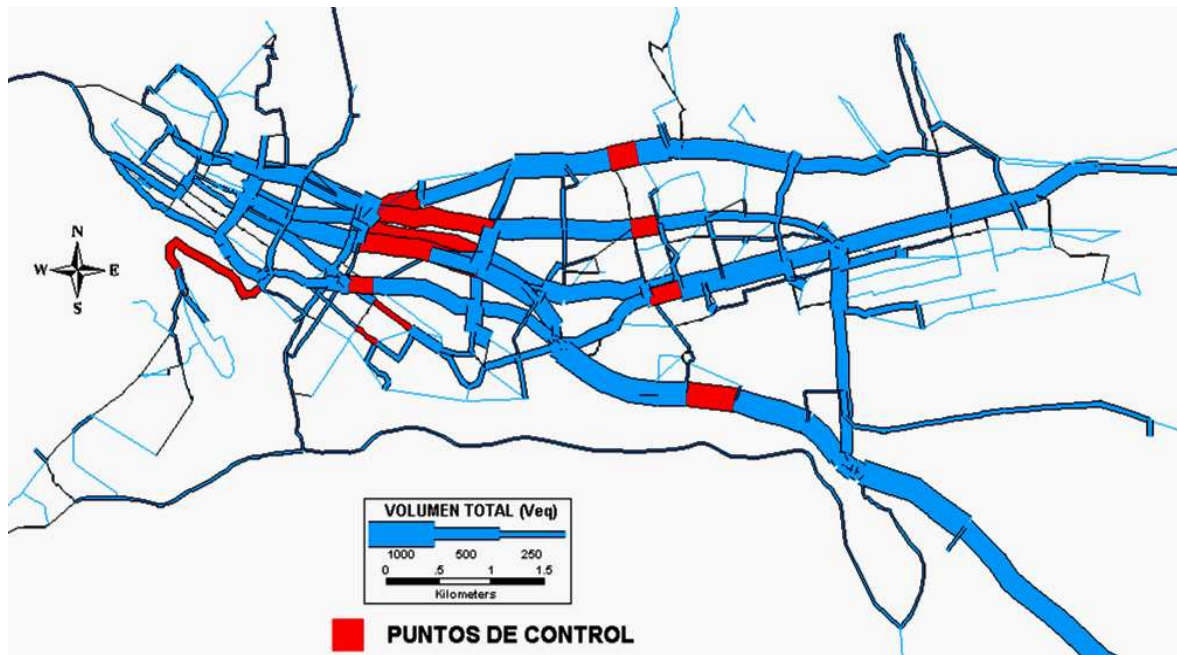
Fig. 5.2.5.7. Dispersión de los resultados de velocidad (Km./h) encontrados en la asignación de tráfico de Ibagué en la hora pico 12:00 – 13:00.



Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 4. Modelación.

En la Figura 5.2.5.8., se aprecia el mapa con la asignación de tráfico (Modo privado) para el año 2.000, así como los puntos de control usados en la validación y calibración de los modelos para ambas horas pico estudiadas, no obstante, cabe resaltar que dicho mapa sólo representa los volúmenes de vehículos privados sin tener en cuenta la precarga en los arcos.

Fig. 5.2.5.8. Asignación del tráfico (Modo Privado) para Ibagué en la hora pico 12:00 – 13:00.



Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 4. Modelación.

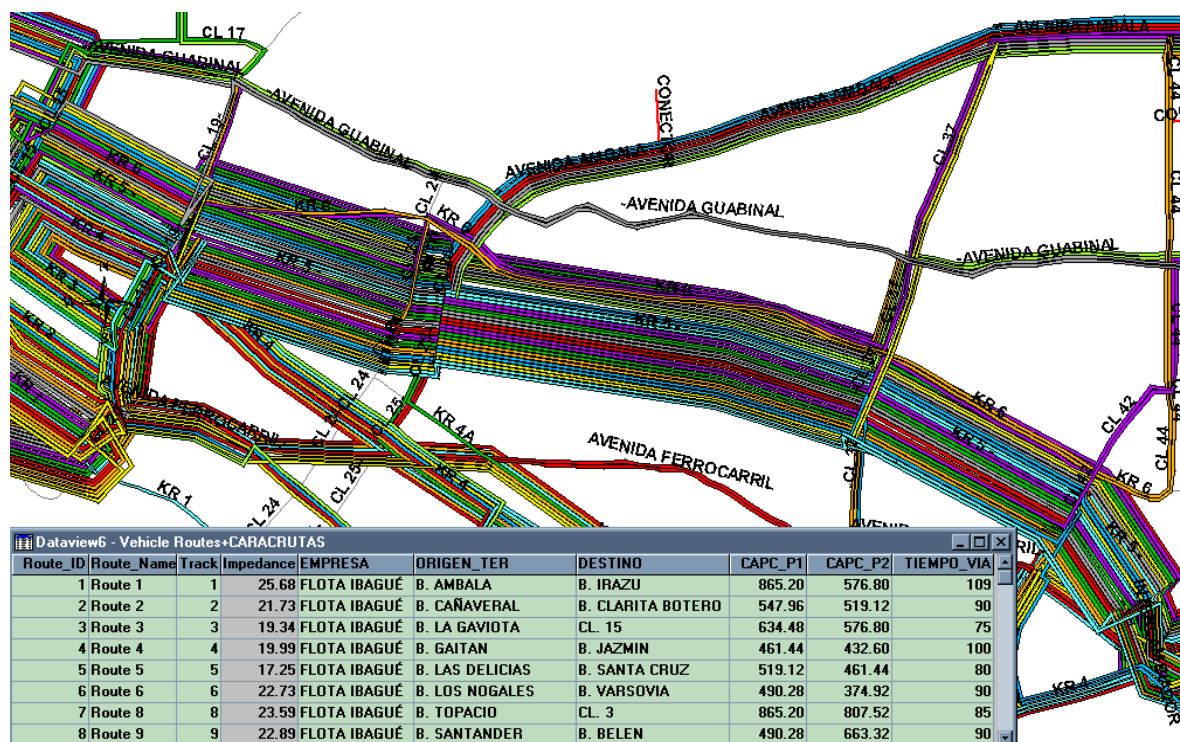
Con el fin de asignar los viajes realizados en Modo de Transporte Público, el estudio contó con la información de los recorridos de cada una de las rutas autorizadas en la ciudad (año 2.000), ya que los viajes sólo fueron asignados a los corredores que albergasen dicho modo, a diferencia de la asignación de tráfico (modo privado) en los cuales, para el caso de Ibagué y de la mayoría de ciudades colombianas, los vehículos pueden usar todas las vías de la malla de la ciudad. En la Figura 5.2.5.9. se aprecia un ejemplo de la caracterización de las rutas de Ibagué.

Ahora bien, las características que posee el grafo de transporte público colectivo son:

- Longitud de cada segmento (Km.).
- Jerarquía vial (tipo de segmento).
- Capacidad por ruta (pasajeros por hora).

- Tiempo de viaje partir de la velocidad de operación del sistema en cada segmento (minutos).
- La tarifa vigente del servicio (\$).
- El valor del tiempo para la ciudad de Ibagué (\$ por minuto).
- El valor del tiempo de viaje, tiempo de espera, tiempo de trasbordo, tiempo de caminar y el tiempo en el paradero sobre el vehículo.
- El parámetro α .
- El parámetro β .
- El intervalo de paso de cada ruta (minutos).
- Puntos de paradero, configurados en una capa geográfica de puntos.

Fig. 5.2.5.9. Características de las rutas de Transporte Público Colectivo de Ibagué. 2.000.



Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 4. Modelación.

Así mismo, es de resaltar que para el caso de los arcos que conectan las zonas con la red de transporte público (conectores), se asumió un tiempo de viaje calculado a partir de la velocidad de movilización a pie (4 Km./h), dichos arcos conectores simulan los recorridos que

se realizan caminando por las vías locales de los barrios; a estos arcos, se les asignó la misma capacidad de la red de tráfico, es decir, una capacidad elevada.

Para el proceso de asignación de viajes, se tomaron las matrices OyD de las dos horas pico del día, resultantes de la aplicación de los modelos de generación y atracción, y distribución de viajes. El estudio referencia un total de 44.112⁷⁴ viajes entre las 06:15 y las 07:15 y un total de 58.120⁷⁵ viajes entre las 12:00 y las 13:00, y es con estos valores de movilización con los cuales se realizó el proceso de asignación.

Ahora bien, con el fin de calibrar y validar el modelo de asignación, se usó la información de los conteos realizados en los mismos 12 puntos de control de la malla vial usados para la calibración del modelo de asignación de tráfico (modo privado) en los dos periodos pico del día considerados, se tomó la información de los volúmenes de transporte público sumado a su respectiva ocupación por método visual.

Se compararon entonces el número de pasajeros observados en dichos puntos de control con el número de pasajeros obtenidos por el modelo de asignación, calculándose el valor de correlación r^2 para ambas horas pico.

En las Tablas 5.2.5.24. y 5.2.5.25. se aprecian los datos de pasajeros observados y asignados por el modelo para ambas hora pico; así mismo, en las Figuras 5.2.5.10. y 5.2.5.11. se aprecia la correlación existente entre los datos, para ambas hora pico.

Según los datos de correlación r^2 obtenidos para ambas hora pico, el estudio considera el modelo como válido, al compararlos con valores obtenidos en otros estudios y considerados admisibles para este tipo de modelamiento.

A pesar que los modelos obtenidos para ambas horas pico mostrarían un comportamiento similar al real de la ciudad, para la evaluación de los proyectos futuros se tomaron en cuenta los resultados de la matriz de la hora pico del medio día, ya que fue en esta hora en la que se presentaron mayores volúmenes.

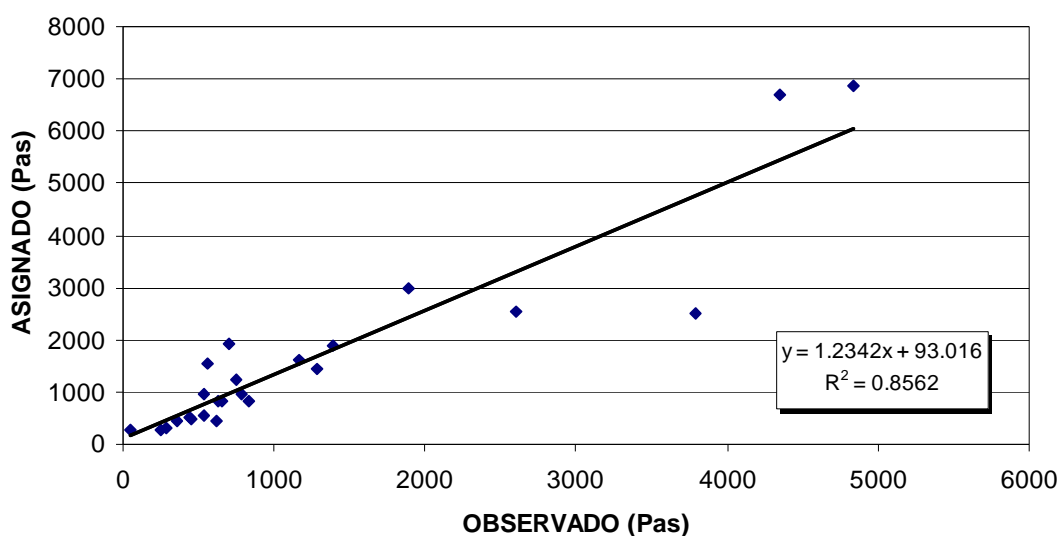
⁷⁴ Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 4. Modelación.

⁷⁵ Ídem.

Tabla 5.2.5.24. Resultados de la asignación de pasajeros de transporte público en Ibagué en la hora pico 06:15 – 07:15.

		SENTIDO	PASAJEROS	
			OBSERVADO	ASIGNADO
1	BOQUERON	E-W	1288	1430
2	CLL 28 X CR 2	E-W	282	307
3	CLL 28 X CR 4	E-W	700	1909
4	CLL 28 X AV FERR.	E-W	533	559
5	CL 26 X CR 5	E-W	4352	6683
6	CL 25 X CR 6	E-W	654	808
7	CL 25 X AV. GUABINAL	E-W	529	954
8	CL 25 X AV. AMBALA	E-W	745	1248
9	CL 60 X AV. AMBALA	E-W	1163	1624
10	CL 60 X AV. GUABINAL	E-W	1391	1898
11	CL 60 X AV. JORDAN	E-W	4834	6866
12	CL 60 X AV. MIROLINDO	E-W	782	957
13	BOQUERON	W-E	1887	2999
14	CLL 28 X CR 2	W-E	245	271
15	CLL 28 X CR 4	W-E	621	440
16	CLL 28 X AV FERR.	W-E	50	258
17	CL 26 X CR 5	W-E	2602	2534
18	CL 25 X CR 6	W-E	356	446
19	CL 25 X AV. GUABINAL	W-E	452	496
20	CL 25 X AV. AMBALA	W-E	437	502
21	CL 60 X AV. AMBALA	W-E	564	1559
22	CL 60 X AV. GUABINAL	W-E	828	835
23	CL 60 X AV. JORDAN	W-E	3789	2500
24	CL 60 X AV. MIROLINDO	W-E	630	824

Fig. 5.2.5.10. Dispersión de los resultados de la asignación de pasajeros de transporte público en Ibagué en la hora pico 06:15 – 07:15.

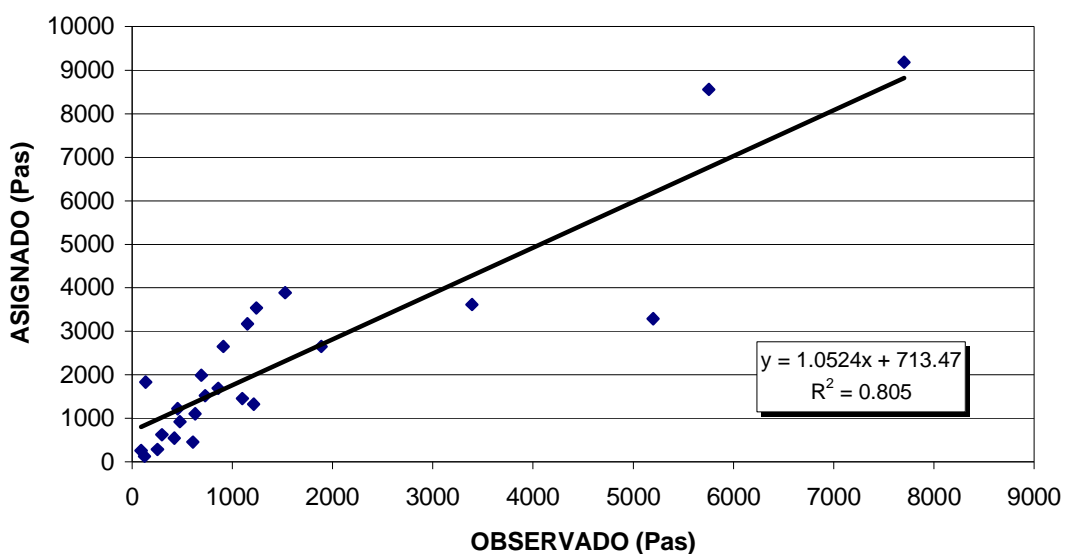


Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 4. Modelación.

Tabla 5.2.5.25. Resultados de la asignación de pasajeros de transporte público en Ibagué en la hora pico 12:00 – 13:00.

	SENTIDO	PASAJEROS		
		OBSERVADO	ASIGNADO	
1	BOQUERON	E-W	1242	3536
2	CLL 28 X CR 2	E-W	125	132
3	CLL 28 X CR 4	E-W	251	286
4	CLL 28 X AV FERR.	E-W	604	451
5	CL 26 X CR 5	E-W	3389	3615
6	CL 25 X CR 6	E-W	91	262
7	CL 25 X AV. GUABINAL	E-W	298	619
8	CL 25 X AV. AMBALA	E-W	478	921
9	CL 60 X AV. AMBALA	E-W	730	1521
10	CL 60 X AV. GUABINAL	E-W	908	2650
11	CL 60 X AV. JORDAN	E-W	5201	3284
12	CL 60 X AV. MIROLINDO	E-W	628	1107
13	BOQUERON	W-E	861	1697
14	CLL 28 X CR 2	W-E	421	549
15	CLL 28 X CR 4	W-E	1525	3892
16	CLL 28 X AV FERR.	W-E	134	1833
17	CL 26 X CR 5	W-E	5756	8557
18	CL 25 X CR 6	W-E	1215	1325
19	CL 25 X AV. GUABINAL	W-E	689	1989
20	CL 25 X AV. AMBALA	W-E	453	1216
21	CL 60 X AV. AMBALA	W-E	1151	3170
22	CL 60 X AV. GUABINAL	W-E	1885	2650
23	CL 60 X AV. JORDAN	W-E	7702	9177
24	CL 60 X AV. MIROLINDO	W-E	1100	1452

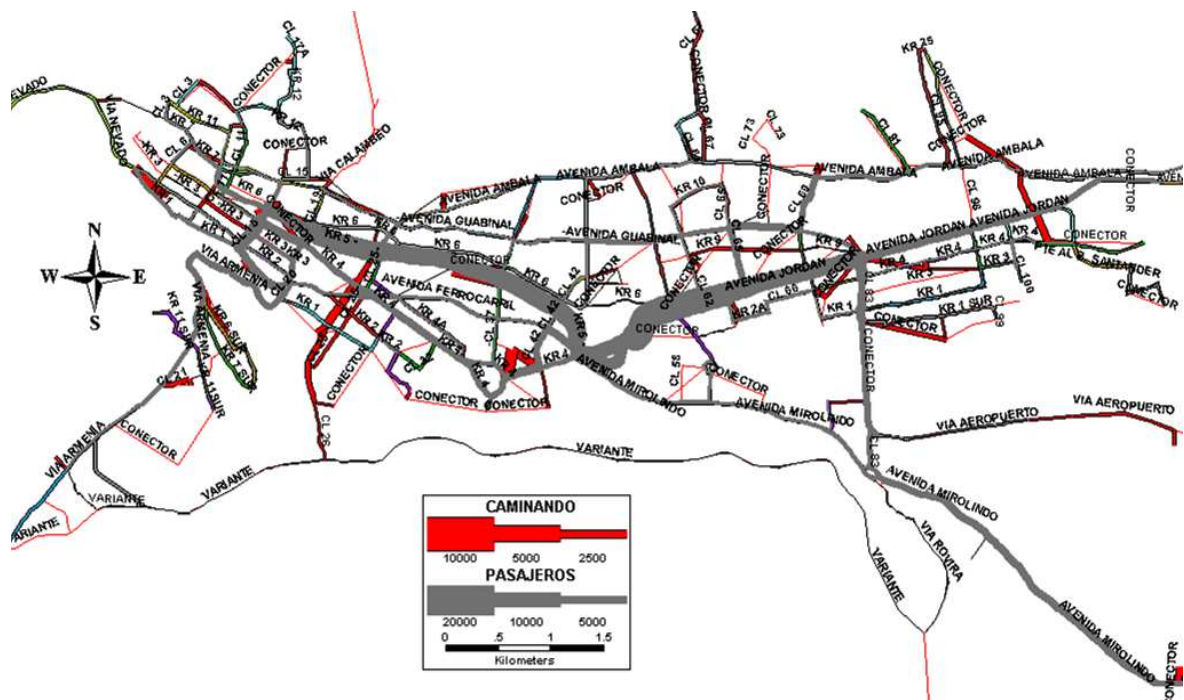
Fig. 5.2.5.11. Dispersión de los resultados de la asignación de pasajeros de transporte público en Ibagué en la hora pico 12:00 – 13:00.



Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 4. Modelación.

En la Figura 5.2.5.12, se aprecia el mapa con la asignación de TPCU para el año 2.000 en el periodo pico del medio día. Los resultados de la asignación de pasajeros al sistema de rutas, ratificaron que el corredor de la carrera 5ª y la Av. Jordán son los de mayor participación en movilización de pasajeros.

Fig. 5.2.5.12. Asignación de viajes en el Transporte Público Colectivo de Ibagué en la hora pico 12:00 a 13:00.



Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 4. Modelación.

Para el proceso de asignación de los viajes en TPCU se comenzó analizando el costo del tiempo de viaje en la ciudad, para lo cual se estudiaron diferentes fuentes de información relacionadas con estudios anteriores. En primera instancia se analizaron los costos del tiempo de viaje encontrados para la ciudad de Cali, los cuales se aprecian en la Tabla 5.2.5.26.. Las cifras fueron actualizadas a precios de Julio del año 2.000 (actualizando los precios según el IPC), obteniéndose que el costo promedio del tiempo sería⁷⁶:

- Transporte Privado: \$129,18 pesos por minuto = 7751 pesos hora.
- Transporte Público: \$22,28 pesos por minuto = 1337 pesos hora.

⁷⁶ Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 4. Modelación.

Tabla 5.2.5.26. Valores de tiempo (pesos de 1997 por minuto).

TIEMPO	TRANSPORTE PRIVADO	TRANSPORTE PÚBLICO
De Espera		10,93
De Caminata	82,82	16,8
De Transbordo	179,97	28,86
En Vehículo	21,3	3,33
Promedio Simple	94,7	16,3

Fuente: Cal y Mayor y Asociados. “Estudio del sistema de transporte masivo de Cali”. 1997. Datos obtenidos a partir de encuestas de preferencia declarada. Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 4. Modelación.

Otra alternativa estudiada, fue la metodología basada en el principio de que el valor del tiempo es función del nivel de ingresos (metodología también usada por el Banco Mundial); en dicha metodología, una vez se conocen los niveles de ingreso, se supone que el valor del tiempo de viaje equivale a una fracción de dicho ingreso (por lo general el 30%), suponiéndose que nadie viaja por cuestión de trabajo en horas laborales, no obstante, al no cumplirse dicha suposición el porcentaje a aplicarse es mayor (del orden de 133%).

Aplicando dicha metodología y usando los datos de la Encuesta Nacional de Hogares (ENH) del DANE del año 1.999, se estimó un costo promedio del tiempo y costos para transporte público y privado separadamente. Se asumió entonces que los viajeros en transporte público corresponden a ingresos de hasta 3 salarios mínimos, mientras que los viajeros en auto reciben más de 3 salarios mínimos; por otro lado, se analizaron dos escenarios, el primero asumiendo que toso los viajes son no laborales, es decir, los ingresos se afectaban por el 30% y en el segundo escenario se supuso que el 10% de los viajes son por motivo trabajo en horas laborales, es decir los ingresos se afectan por un factor de 1,33. (Ver Tabla 5.2.5.27.)

Tabla 5.2.5.27. Valores del tiempo (pesos de 2000 por hora)⁷⁷

	ESCENARIO 1	ESCENARIO 2
Transporte Público (hasta 3 salarios mínimos)	854	1.148
Transporte Privado (más de 3 salarios mínimos)	3.886	5.220
Promedio General	1.222	1.641

Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 4. Modelación.

⁷⁷ Si se opta por trabajar en valores económicos y no de mercado se debe aplicar una RPC o precio sombra de 0,95.

Como tercera alternativa, se analizó el uso de los valores subjetivos del tiempo de viajar (pesos colombianos de 2000 por minuto) que fueron obtenidos por Brown & Root para la ciudad de Cali. (Ver Tabla 5.2.5.28.)

Tabla 5.2.5.28. Valores del tiempo (pesos colombianos de 2000 por minuto)

TIEMPO	TRANSPORTE PRIVADO	TRANSPORTE PÚBLICO
De Espera	229,7	45,1
De Caminata	229,7	48,6
De Transbordo	619,9	60
En Vehículo	139,6	36

Fuente: Brown & Root. 1999. Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 4. Modelación.

El proceso de asignación de viajes en transporte público se aplicó al sistema de rutas del año 2.000 de la ciudad de Ibagué, para un total de 35 rutas, prestadas con servicios combinados entre buses, busetas y colectivos. En el proceso se tuvo en cuenta los siguientes aspectos⁷⁸:

- Método: Equilibrio estocástico del usuario.
- Variable a minimizar: Tiempo de viaje.
- Valor del tiempo para la ciudad de Ibagué en transporte público: \$19,13 el minuto (valor tomado luego de aplicar la segunda alternativa).
- Valor de la tarifa del servicio: \$600 pesos.
- Los parámetros α y β generales: 0,50 y 5,00, respectivamente.
- Ponderaciones de los valores de los tiempos, con los valores del estudio de Brown & Root realizado para la ciudad de Cali, con los siguientes valores relativos al valor del tiempo de viaje: Tiempo de trasbordo 1,66; Tiempo de espera 1,25 y Tiempo caminando 1,35.
- Intervalo de paso de cada ruta, con base en el trabajo de campo realizado en la Fase I del Plan Piloto, llamado frecuencia de paso del transporte público.
- Tiempo de espera máximo: 10 minutos, estimado con base en la sobreoferta encontrada del transporte público, teniendo en cuenta que exceder este tiempo en la hora pico es realmente difícil.

⁷⁸ Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 4. Modelación.

5.2.6. Correspondencia entre la diagnosis efectuada y el programa de intervenciones.

Hace ya varios años se vienen realizando estudios de tránsito y transporte en la ciudad de Ibagué, no obstante, el problema aun no ha podido ser solucionado, dada la cantidad de actores involucrados en el conflicto y la poca concertación existente entre ellos.

Los problemas se presentan e intensifican tanto por la circulación de vehículos particulares como de transporte público y en la actualidad se están comenzando a tomar cierto tipo de medidas restrictivas de circulación y se está llevando a cabo un proceso de reestructuración total del sistema de Transporte Público Colectivo de la ciudad.

Fue por medio del Plan Piloto de Tránsito y Transporte (PPTT 2.000) que la administración municipal aceptó la necesidad de reestructurar el sistema de transporte colectivo de Ibagué.

“El progresivo incremento de la sobreoferta en el transporte colectivo de Ibagué se constituyó, así, en un elemento de congestión vehicular, mayor accidentalidad y contaminación. Para iniciar la búsqueda de la solución de este problema fue necesario convocar a los diferentes actores de la problemática, en particular, al gremio transportador (empresarios, propietarios y conductores de vehículos) y a los usuarios del sistema y sociedad en general. Se inició, de esta manera, un proceso de socialización de los resultados y recomendaciones del PPTT.”⁷⁹

Ahora bien, el Gremio de Transportadores de la ciudad aceptó las propuestas de solución planteadas por la Universidad Nacional y elaboró una “contrapropuesta”, en la cual planteó un convenio de colaboración entre las principales empresas que operan en la ciudad, en el cual se disminuyó el número de rutas, se modificó el recorrido de algunas de ellas y se ajustaron sus frecuencias de servicio. Fue por medio de varios actos administrativos⁸⁰ que se reestructuraron las rutas de TPCU y se creó una Unión Temporal que agrupo a cinco de las siete empresas que prestan dicho servicio de transporte. Finalmente el número total de rutas reestructuradas para la ciudad fue de 40.

Se tiene entonces que en el estudio de reestructuración de rutas, que actualmente se encuentra en proceso de implementación, buscó realizar una comparación de la situación del

⁷⁹ PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO. “Estudio técnico de Demanda del Transporte Público Colectivo del Municipio de Ibagué. Informe Final”. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Diciembre de 2004.

⁸⁰ El decreto 502 del 30 de agosto del 2004 creo la Unión Temporal. El decreto 586 realizó ajustes a las rutas de TPCU.

TPCU antes y después de implementarse los cambios planteados; lo anterior permitió hacer recomendaciones de ajustes al sistema de transporte, buscando mejoras desde el punto de vista social y técnico.

El proyecto de reestructuración de transporte público se reglamentó mediante el decreto 502 del 2004, en el cual las empresas que conformaron la unión temporal, sirven las rutas reestructuradas, realizando una autorregulación del 20% de su parque, trabajando con 973 vehículos entre Buses, Busetas y Microbuses. Las dos empresas que no entraron a la unión cuentan con un total de 94 vehículos, y estas dos empresas no se autorregulan, con lo cual en total dentro del municipio se tiene autorizado para rodar diariamente 1.067 vehículos.

En la Tabla 5.2.6.1. se aprecian las empresas de la unión temporal así como el número de vehículos autorizados a cada una y en la Tabla 5.2.6.2. se aprecian las empresas que no ingresaron a la Unión Temporal y el número vehículos de cada una.

Tabla 5.2.6.1. Empresas de la Unión Temporal. Vehículos autorizados en la reestructuración.

EMPRESA	MATRICULADO	REPONER	CAPACIDAD	REGULACIÓN	EN OPERACIÓN
COTRAUTOL	355	30	385	20%	308
EXPRESO IBAGUÉ	377	29	406	25%	304
LOGALARZA	304	12	316	20%	252
TRASLAIN	65	3	68	--	68
TURES TOLIMA	40	1	41	--	41
TOTAL	1.141	75	1.216		973

Tabla 5.2.6.2. Vehículos Totales de empresas fuera de la Unión Temporal.

EMPRESA	BUS	BUSETA	MICROBUS	TOTAL
CÁMBULOS	---	4	50	54
LA IBAGUERENA	---	17	23	40
				94

Fuente: PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO. “Estudio técnico de Demanda del Transporte Público Colectivo del Municipio de Ibagué. Informe Final”. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Diciembre de 2004.

Se tiene entonces que para la ciudad de Ibagué, según lo actualmente reglamentado deberían estar en operación un total de 1.067 vehículos de transporte público (Buses, Busetas y Colectivos); ahora bien, en la Tabla 5.2.6.3. se aprecia el parque automotor que se encontró en operación por empresa, dicha información fue obtenida directamente de los archivos que cada empresa suministró sobre sus operaciones.

Tabla 5.2.6.3. Parque Automotor por empresa en operación. 2.004.

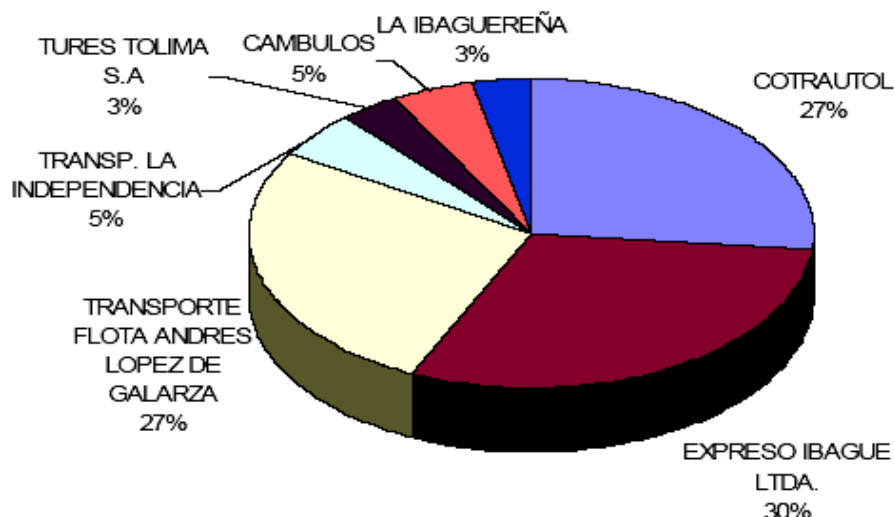
EMPRESA	BUS	BUSETA	MICROBUS	TOTAL
COTRAUTOL	98	215	---	313
EXPRESO IBAGUÉ	31	325	---	356
LOGALARZA	106	109	97	312
TRASLAIN	31	29	---	60
TURES TOLIMA	9	12	19	40
CÁMBULOS	---	4	50	54
LA IBAGUERENA	---	17	23	40
TOTAL	275	711	189	1.175

Fuente: PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO. “Estudio técnico de Demanda del Transporte Público Colectivo del Municipio de Ibagué. Informe Final”. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Diciembre de 2004.

El número de vehículos físicos que actualmente operan en el municipio es de 1.175, en total; de éstos, 275 son buses, 189 microbuses y 711 busetas. Indicando que hay más vehículos operando (108 en total) que el número de vehículos aprobados por el decreto de reestructuración.

En la Figura 5.2.6.1. se aprecia la participación de cada una de las empresas en el total del sistema de transporte de la ciudad.

Fig. 5.2.6.1. Participación del Parque automotor de TPCU por empresa.



Fuente: PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO. “Estudio técnico de Demanda del Transporte Público Colectivo del Municipio de Ibagué. Informe Final”. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Diciembre de 2004.

Así mismo, las empresas suministraron los datos sobre el número de vehículos que servían diariamente cada ruta, con lo cual se pudo establecer que el número promedio de vehículos que a diario rueda por la red vial de la ciudad (sin tener en cuenta los vehículos en reparación) fue de 959 para días laborales.

También se estableció el Índice de Ocupación Vehicular y el Índice de Pasajeros por Kilómetro para las cinco empresas de la Unión Temporal para tres meses del año 2.004. En las Tablas 5.2.6.4. y 5.2.6.5. se aprecia la relación de dicha información por empresa.

Tabla 5.2.6.4. Promedio diario de vehículos en servicio por empresa.

EMPRESA	BUS	BUSETA	MICROBUS	TOTAL
COTRAUTOL	67	173	---	240
EXPRESO IBAGUÉ	---	286	---	286
LOGALARZA	58	126	40	224
TRASLAIN	24	52	---	76
TURES TOLIMA	9	12	19	40
CÁMBULOS	---	4	50	54
LA IBAGUERENA	---	17	23	40
TOTAL	158	670	132	960

Tabla 5.2.6.5. Índices de Ocupación e IPK por empresa.

EMPRESA	AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE	
	Ocupación	IPK	Ocupación	IPK	Ocupación	IPK
EXPRESO IBAGUÉ	245	1,21	253	1,19	248	1,19
COTRAUTOL	---	---	---	---	273	1,23
LOGALARZA	171	---	220	0,99	210	0,92
TRASLAIN	249	---	296	---	275	1,29
TURES TOLIMA	285	0,78	262	0,67	273	0,71
TOTAL	247	---	244	0,99	262	1,20

Fuente: PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO. "Estudio técnico de Demanda del Transporte Público Colectivo del Municipio de Ibagué. Informe Final". Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Diciembre de 2004.

Se tiene que las mejores rutas movilizan⁸¹ entre 10.000 y 15.000 pasajeros al día, las rutas intermedias se encuentran entre 5.000 y 10.0000 pasajeros al día y las rutas que menos pasajeros movilizan, llegan a sólo 2.000 pasajeros por día. Se encontró que existía cierta diferencia entre el número de pasajeros movilizadas por una misma ruta con diferente

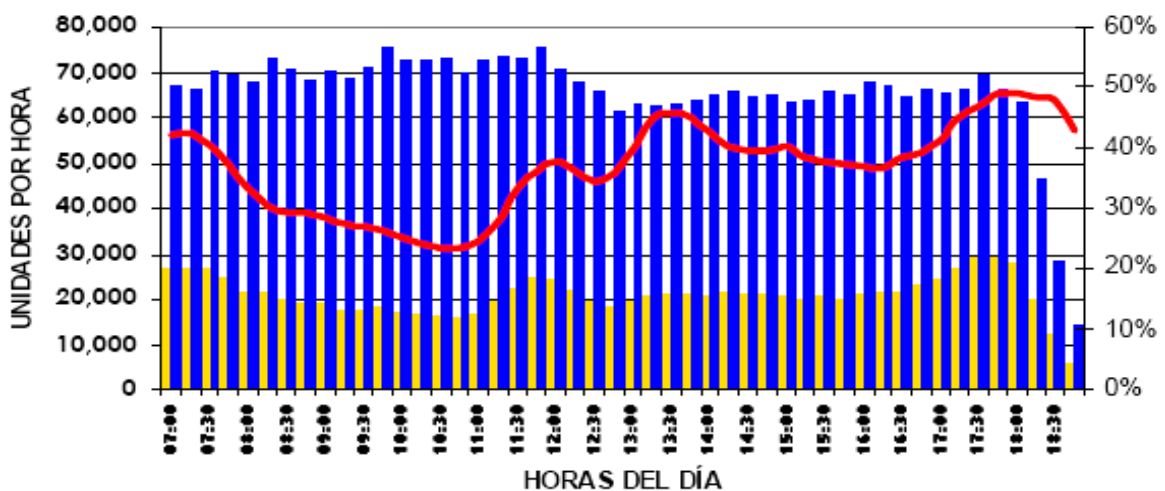
⁸¹ PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO. "Estudio técnico de Demanda del Transporte Público Colectivo del Municipio de Ibagué. Informe Final". Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Diciembre de 2004.

vehículo de transporte, por ejemplo, se encontró una ruta que cuando fue servida por busetas movilizó en promedio 6.000 pasajeros al día, mientras que con los microbuses, sólo se movilizaron 3.000 pasajeros al día.

En la Figura 5.2.6.2. se observan los períodos pico de desplazamiento, característicos de ciudades intermedias como Ibagué. Dichos periodos pico se dan al comienzo de la mañana, al medio día y al final de la tarde reflejando las horas donde más personas se movilizan. Se aprecia además cómo la oferta de sillas se mantiene relativamente estable durante el día, sin responder a las necesidades reales de la demanda.

Este comportamiento errático disminuye los valores de las ocupaciones vehiculares promedio de la ciudad. No obstante, es posible determinar los periodos durante los cuales el intervalo de despacho de vehículos en los terminales es mayor o menor, con el fin de solucionar el problema. La ocupación promedio máxima durante el día para toda la ciudad fue de 50%, al final de la tarde. Mientras que la mínima fue del 20% hacia la mitad de la mañana.

Fig. 5.2.6.2. Ocupación vehicular – Consolidado. Después de la reestructuración.



Fuente: PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO. “Estudio técnico de Demanda del Transporte Público Colectivo del Municipio de Ibagué. Informe Final”. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Diciembre de 2004.

En las Figuras 5.2.6.3. y 5.2.6.4. se aprecia un ejemplo de los resultados obtenidos de ascenso y descenso de pasajeros en la Ruta 1 luego de la reestructuración del sistema para la hora pico de la mañana y la hora valle de la tarde.

Fig. 5.2.6.3. Ruta 1 – Análisis de Ascenso y Descenso de pasajeros, Hora pico A.M.

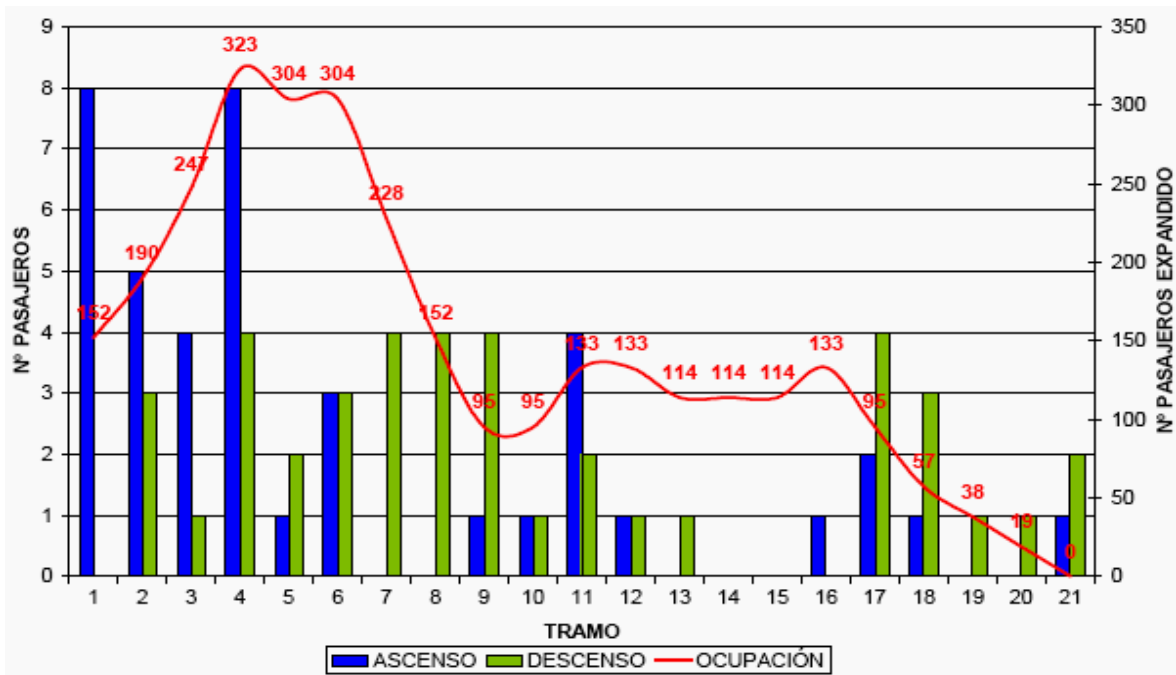
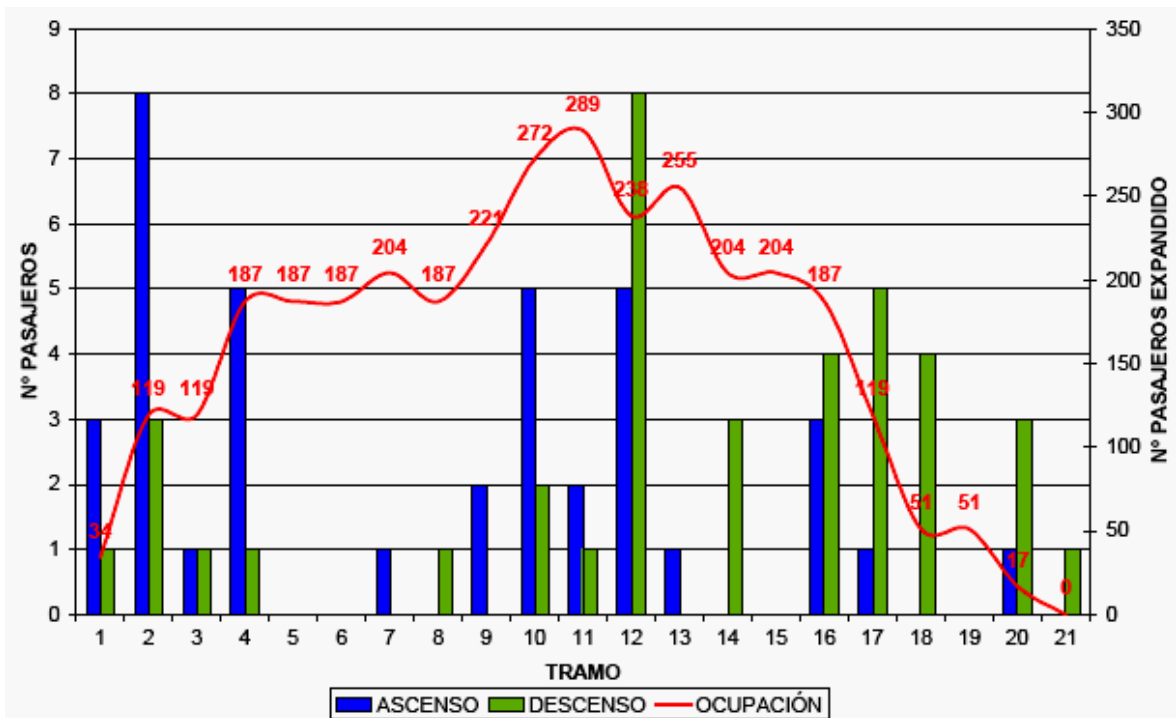


Fig. 5.2.6.4. Ruta 1 – Análisis de Ascenso y Descenso de pasajeros, Hora Valle P.M.



Fuente: PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO. “Estudio técnico de Demanda del Transporte Público Colectivo del Municipio de Ibagué. Informe Final”. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Diciembre de 2004.

Se hace necesario mencionar también que actualmente se presentan inconvenientes en relación con los puntos finales de las rutas, destacándose el deterioro e insuficiencia de la red vial, agravando los problemas de transporte especialmente en áreas periféricas en donde se encuentran las zonas de expansión urbana y generalmente menores recursos económicos. Unido a lo anterior, por ser zonas extremas, las empresas transportadoras ubican sus terminales de ruta en estos sectores, sin tener en cuenta que no existen lotes o zonas previamente definidas para ello, pues la reglamentación urbana omite estos requerimientos y no se crean o reservan los espacios necesarios para este tipo de equipamientos urbanos. Respecto a esto el estudio refiere:

“Se pueden determinar como las principales causas de este problema, la inexistencia de una organización empresarial sólida que ofrezca a conductores y vehículos los servicios necesarios para la adecuada operación del transporte tales como infraestructura para terminales, estaciones de servicio, talleres para mantenimiento, garajes y depósitos para el estacionamiento de larga duración, seguridad social a conductores, entre otros. Por otra parte, la reglamentación urbana no ha tenido en cuenta la necesidad de exigir y garantizar los espacios requeridos para la operación de los puntos terminales de ruta, que no deben ser entendidos como sitios para estacionamiento permanente de vehículos.”⁸²

Actualmente se han tomado medidas restrictivas para la circulación de vehículos, tanto particulares como públicos, dichas medidas se han establecido con el objetivo de disminuir el alto impacto que tiene la circulación de vehículos automotores en todos los ámbitos. La medida es llamada “Pico y Placa”. Se establecieron tres períodos del día (7:30 a.m. a 9:00 a.m., 11:30 a.m. a 2:00 p.m. y 5:30 p.m. a 7:00 p.m.) como franjas de restricción vehicular para los vehículos privados⁸³, dicha restricción se aplica solamente de Lunes a Viernes y establece que vehículos tiene restricción de circulación dependiendo del último dígito de la placa.

Para los vehículos de de servicio público individual (taxi)⁸⁴, la medida restringe la circulación de éstos dentro del perímetro urbano de la ciudad de Ibagué durante todo un día a la semana. Dicha medida se aplica de Lunes a Viernes, teniendo en cuenta el último dígito de la placa.

⁸² Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 0. Informe Ejecutivo.

⁸³ Alcaldía de Ibagué. Pico y Placa para los vehículos particulares. Decreto No. 1.1-0665. Septiembre 2006.

⁸⁴ Alcaldía de Ibagué. Pico y placa para los taxis. Por medio del Decreto No. 1.1-0664. Septiembre 2.006.

Para los vehículos de servicio público colectivo y mixto⁸⁵, la medida restringe la circulación de éstos dentro de todo el perímetro urbano de la ciudad de Ibagué durante todo un día. Los vehículos de transporte público colectivo y mixto que aún estando bajo la restricción a la circulación, requieran mantenimiento, podrán circular siempre que porten la plaqueta de “FUERA DE SERVICIO”. La restricción se aplica de Lunes a Viernes, teniendo en cuenta el último dígito de la placa.

La Alcaldía sustenta la aprobación de dichas medidas de restricción vehicular a partir del estudio realizado por la Secretaría de Tránsito y Cortolima, en el cual se refiere lo siguiente:

“Con el Pico y Placa hubo una mejoría del 30.59% en el índice de calidad del aire (ICA), una mejoría del 36.17% en el material particulado y una mejoría del 1,92% en el ruido vehicular”. Por lo que se recomienda implementar el PICO Y PLACA, teniendo en cuenta que se bajaron los valores tanto de material particulado como de ruido, con una medida que sólo se cumple durante algunas horas.”⁸⁶

Frente a estas características de la movilidad en Ibagué, el PPTT para definir el direccionamiento de la ciudad o su estructura general futura define tres escenarios de modelación: el escenario tendencial o no planificado, el escenario P.O.T o planificado y el escenario alternativo P.O.T., para los cuales se tomó como base el año 2000, el cual cuenta con información de los documentos del P.O.T., el Estudio de Capacidad Vial en Intersecciones a Nivel para la Ciudad de Ibagué, el estudio de semaforización⁸⁷ y la encuesta de hogares y se realizan proyecciones para los años 2.003, 2.006 y 2.009.

El escenario tendencial o no planificado retoma la crítica de las altas densidades existentes y las también altas que plantea el P.O.T. por un lado. Mientras por otro lado, el del empleo, retoma el objetivo de conformación de un nuevo subcentro de oficinas y comercio sobre la calle 60 con avenida Guabinal.

Ahora bien, el estudio referencia, para este escenario de trabajo lo siguiente:

⁸⁵ Alcaldía de Ibagué. Pico y placa para los vehículos de servicio público colectivo y mixto. Por medio del Decreto No. 1.1-0663. Septiembre 2.006.

⁸⁶ Aparte del documento presentado por la Alcaldía de Ibagué. http://www.alcaldiadeibague.gov.co/recursos_user/transito/decreto_pico_placa.doc.

⁸⁷ PNUD, U.N., “Estudio de capacidad vial en intersecciones a nivel para la ciudad de Ibagué”, Informe final, diciembre 10 de 1999

“De acuerdo con las proyecciones del número de viajes internos para los años 2003, 2006 y 2009, basadas en el crecimiento y distribución tendencial de la población, empleo y estudio, y obtenidas a partir de la aplicación del modelo de generación – atracción calibrado para el presente estudio, los viajes totales diarios para el municipio crecen para el año 2003 un 5,9% con respecto al año base 2000, y un 10,7% y 17,6% para los años 2006 y 2009 respectivamente.”⁸⁸

En las Tablas 5.2.6.6. y 5.2.6.7. se aprecian los resultados de aplicar los modelos de generación y atracción de viajes en el escenario tendencial para los años de análisis.

Tabla 5.2.6.6. Resultados de los modelos de generación y atracción aplicados en el escenario tendencial para los años 2.003, 2.006 y 2.009.

	2000	2003	2006	2009
Nº viajes generados	512.184	542.424	567.230	602.469
Diferencia con respecto a año base 2000		30.240	55.046	90.285
Tasa de crecimiento base 2000		5,90%	10,70%	17,60%
Tasa de crecimiento por periodo		5,90%	4,60%	6,20%

Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 3. Escenarios.

En este escenario, en términos de localización de estos viajes, se tiene que para la zona central de la ciudad, considerando el centro expandido, los viajes generados/atraídos representan el 54,9% de los viajes totales diarios de la ciudad para el año 2.003, mientras que para los demás años de proyección el porcentaje de participación de esta zona permanece constante; dicho resultado se mostró consecuente con las tendencias de crecimiento urbano establecidas en el estudio, en donde el área central continua siendo el principal polo atractor de viajes del municipio.

⁸⁸ Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 3. Escenarios.

Tabla 5.2.6.7. Variación en la generación y atracción de viajes por zonas para los años 2.003, 2.006 y 2.009, de acuerdo con el escenario tendencial.

ZONA	TASAS DE CRECIMIENTO GENERACION			TASAS DE CRECIMIENTO ATRACCION		
	2000-2003	2000-2006	2000-2009	2000-2003	2000-2006	2000-2009
1	2,4%	21,2%	22,9%	2,4%	21,2%	22,8%
2	5,6%	13,2%	17,3%	5,6%	13,2%	17,3%
3	1,1%	1,9%	2,9%	1,0%	1,9%	2,8%
4	8,4%	11,6%	16,1%	8,4%	11,6%	16,0%
5	3,1%	5,2%	6,5%	3,1%	5,2%	6,6%
6	6,7%	12,3%	17,6%	6,7%	12,3%	17,6%
7	7,0%	12,9%	18,5%	7,0%	12,9%	18,5%
8	4,9%	6,9%	8,2%	4,9%	6,9%	8,2%
9	5,2%	17,2%	33,6%	5,3%	17,2%	33,6%
10	4,9%	8,6%	11,6%	4,9%	8,5%	11,6%
11	4,4%	7,7%	10,4%	4,4%	7,7%	10,4%
12	3,6%	6,2%	8,2%	3,6%	6,2%	8,3%
13	11,1%	14,5%	17,8%	11,1%	14,4%	17,8%
14	3,7%	5,4%	13,3%	3,7%	5,4%	13,3%
15	5,7%	10,3%	14,7%	5,7%	10,3%	14,7%
16	6,6%	12,1%	17,3%	6,6%	12,1%	17,3%
17	5,6%	10,0%	17,2%	5,6%	10,0%	17,2%
18	29,8%	31,9%	33,9%	29,8%	31,9%	33,9%
19	3,2%	5,7%	7,7%	3,2%	5,7%	7,7%
20	2,0%	3,1%	3,7%	2,0%	3,1%	3,7%
21	4,7%	8,3%	11,3%	4,7%	8,3%	11,3%
22	3,8%	6,3%	8,0%	3,8%	6,3%	8,0%
23	4,6%	23,0%	25,5%	4,6%	23,0%	25,5%
24	7,4%	10,8%	15,1%	7,4%	10,8%	15,1%
25	3,2%	5,0%	6,0%	3,2%	5,0%	6,0%
26	5,7%	10,1%	14,1%	5,7%	10,1%	14,1%
27	4,7%	7,1%	8,8%	4,7%	7,1%	8,8%
28	5,9%	16,4%	29,2%	5,9%	16,4%	29,2%
29	3,9%	6,9%	9,4%	3,9%	6,9%	9,4%
30	6,5%	10,8%	14,7%	6,5%	10,8%	14,7%
31	3,9%	7,1%	11,2%	3,9%	7,1%	11,1%
32	5,2%	7,8%	10,3%	5,2%	7,7%	10,3%
33	3,7%	6,2%	8,0%	3,7%	6,2%	8,0%
34	5,3%	9,6%	13,5%	5,3%	9,6%	13,5%
35	4,5%	8,0%	13,4%	4,4%	8,0%	13,4%
36	7,7%	9,7%	56,7%	7,7%	9,7%	56,7%
37	4,6%	14,8%	23,1%	4,6%	14,8%	23,1%
38	11,2%	13,9%	16,7%	11,2%	13,9%	16,7%
39	4,7%	8,4%	11,5%	4,7%	8,4%	11,5%
40	3,8%	6,7%	9,1%	3,8%	6,7%	9,1%
41	3,4%	5,9%	8,0%	3,4%	5,9%	8,0%
42	6,1%	8,2%	23,6%	6,1%	8,2%	23,6%
43	3,4%	6,0%	8,0%	3,4%	6,0%	8,0%
44	4,9%	10,9%	15,3%	5,0%	11,0%	15,3%
45	4,3%	7,5%	15,9%	4,3%	7,5%	15,9%
46	5,4%	9,7%	23,5%	5,4%	9,7%	23,6%
47	4,5%	15,3%	35,2%	4,5%	15,2%	35,1%
48	8,3%	10,0%	11,4%	8,3%	10,0%	11,4%
49	3,6%	6,1%	7,9%	3,6%	6,1%	7,8%
50	4,6%	8,3%	10,4%	4,6%	8,3%	10,4%
51	4,7%	8,2%	11,2%	4,7%	8,2%	11,2%
52	7,5%	9,6%	70,2%	7,5%	9,6%	70,2%
53	6,2%	11,8%	17,5%	6,2%	11,8%	17,5%
54	5,9%	13,7%	20,6%	5,9%	13,7%	20,6%
55	5,3%	9,9%	14,6%	5,2%	9,9%	14,6%
56	6,2%	11,4%	33,8%	6,2%	11,4%	33,8%
57	14,1%	28,4%	42,3%	14,1%	28,4%	42,3%
58	14,1%	28,4%	42,3%	14,1%	28,4%	42,3%
59	14,1%	28,3%	42,2%	14,2%	28,5%	42,5%
60	14,2%	28,4%	42,4%	14,1%	28,3%	42,2%
61	14,1%	28,4%	42,3%	14,1%	28,4%	42,3%
62	14,2%	28,6%	42,6%	14,0%	28,3%	42,1%

Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 3. Escenarios.

En el escenario P.O.T. o planificado, los parámetros principales para su construcción se basan en el análisis de la densidad poblacional en la zona urbana del municipio, así como el uso del suelo. El estudio referencia lo siguiente:

“Con base en el crecimiento y distribución de la población, empleo y estudio según los lineamientos dados por el P.O.T. se obtuvieron las proyecciones del número de viajes internos para los años 2003, 2006 y 2009, aplicando el modelo de generación - atracción calibrado para el presente estudio, los viajes totales diarios para el municipio crecen para el año 2003 un 6,0% con respecto al año base 2000, y un 11,1% y 17,5% para los años 2006 y 2009 respectivamente.”⁸⁹

En la Tabla 5.2.6.8. se aprecian los resultados de aplicar los modelos de generación y atracción de viajes aplicados en el escenario P.O.T. para los años de análisis.

Tabla 5.2.6.8. Resultados de los modelos de generación y atracción aplicados en el escenario P.O.T. para los años 2.003, 2.006 y 2.009

	2000	2003	2006	2009
Nº viajes diarios	512.184	542.697	569.072	601.596
Diferencia con respecto a año base 2000		30.513	56.888	89.412
Tasa de crecimiento base 2000		6,00%	11,10%	17,50%
Tasa de crecimiento por periodo		6,00%	4,90%	5,70%

Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 3. Escenarios.

Al comparar los dos escenarios, el tendencial y el P.O.T., se vislumbran cuatro conclusiones centrales. La primera es la similitud existente entre ambos escenarios; la segunda es la consolidación del llamado centro expandido de la ciudad como zona central de actividades, el cual se encuentra por fuera del centro histórico y en donde suceden tres fenómenos: la expulsión de la población, las mayores concentraciones de empleo, la alta participación en los deseos de viaje; la tercera, es la continua dispersión tendencial del empleo detectada en la década de 1990, sobre la periferia residencial y por fuera del centro expandido y la cuarta, la confirmación de un eje de actividad económica, Centro Tradicional – carrera 5ª – Jordán – El Salado.

⁸⁹ Ídem.

Ahora bien, desde el punto de vista de los viajes presentados en la ciudad, se encuentra que existe una alta participación de los deseos de viaje hacia el centro expandido, y desde éste hacia la periferia residencial, lo cual confirma una dinámica importante en este sentido, tanto para el año base (año 2.000), como para el año 2.009 (Ver Tablas 5.2.6.9. a 5.2.6.11. y Figura 5.2.6.5.). Se tiene entonces que las pocas variaciones entre los deseos de viaje de ambos escenarios, confirman la similitud entre estos.

Tabla 5.2.6.9. Viajes generados y atraídos al centro expandido de Ibagué, 2.000.

	Viajes generados en el centro expandido	Viajes atraídos al centro expandido	Total
Nevado (Zona 1)	4733	4773	9507
Boquerón (Zona 5)	18915	18967	37882
Ambalá (Zona 6)	36310	36114	72425
Jordán (Zona 7)	42182	41785	83967
Picaleña (Zona 8)	23474	23580	47054
Total	125614	125220	

Tabla 5.2.6.10. Pronóstico de viajes en el escenario tendencial para el 2.009.

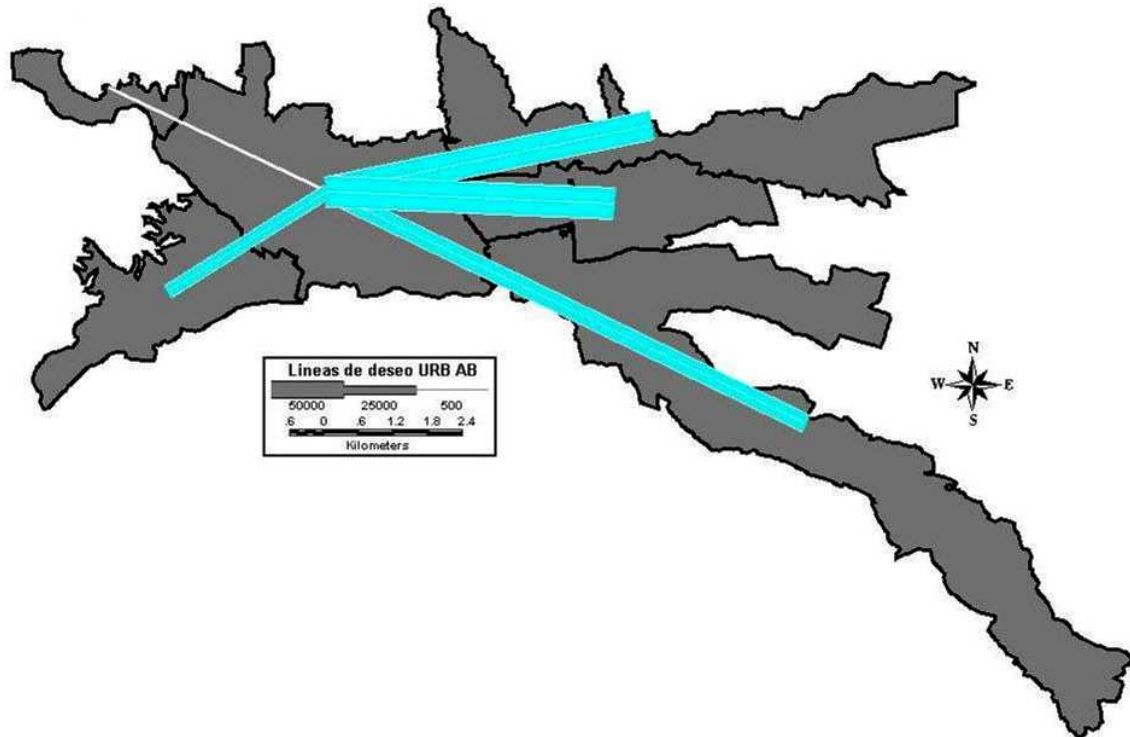
	Viajes generados en el centro expandido	Viajes atraídos al centro expandido	Total
Nevado (Zona 1)	5456	5515	10972
Boquerón (Zona 5)	20951	21008	41960
Ambalá (Zona 6)	44199	43993	88192
Jordán (Zona 7)	47816	47262	95078
Picaleña (Zona 8)	28158	28280	56438
Total	146580	146059	

Tabla 5.2.6.11. Pronóstico de viajes generados y atraídos al centro expandido de Ibagué, en el escenario P.O.T. para el 2.009.

	Viajes generados en el centro expandido	Viajes atraídos al centro expandido	Total
Nevado (Zona 1)	5485	5552	11037
Boquerón (Zona 5)	21315	21368	42683
Ambalá (Zona 6)	42704	42504	85208
Jordán (Zona 7)	47852	47314	95166
Picaleña (Zona 8)	27621	27738	55359
Total	144977	144476	

Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 3. Escenarios.

Fig. 5.2.6.5. Pronóstico de las líneas de deseo de los viajes diarios en Ibagué en el escenario P.O.T., 2.009.



Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 3. Escenarios.

El tercer y último escenario estudiado, es el llamado escenario alternativo P.O.T., el cual fue propuesto directamente por el Departamento Administrativo de Planeación de Ibagué, luego de evaluar los dos escenarios anteriores. Este escenario conserva los mismos parámetros del escenario P.O.T. en todos sus aspectos, salvo en la distribución del crecimiento poblacional y del empleo. Es decir, conserva los proyectos tomados en consideración respecto de la infraestructura vial, los equipamientos y los parques (Ver Tabla 5.2.6.12.). El estudio referencia para este escenario lo siguiente:

“Los nuevos planteamientos que define el escenario Alternativo P.O.T. relacionados con la distribución de la población, el empleo y el estudio, permiten aplicar los modelos de generación y atracción de viajes y de esta forma obtener las proyecciones del número de viajes urbanos que se producirán en los años 2003, 2006 y 2009, concluyendo que el incremento de viajes para dichos años, con respecto al año 2000, es de 5,8%, 11,2% y 17,5% respectivamente.”⁹⁰

⁹⁰ Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 3. Escenarios.

Tabla 5.2.6.12. Resultados de los modelos de generación y atracción aplicados en el escenario alternativo P.O.T. para los años 2.003, 2.006 y 2.009.

	2000	2003	2006	2009
Nº viajes diarios	512.184	541.954	569.489	607.033
Diferencia con respecto a año base 2000		29.770	57.305	94.849
Tasa de crecimiento base 2000		5,80%	11,20%	18,50%
Tasa de crecimiento por periodo		5,80%	5,10%	6,60%

Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 3. Escenarios.

Se encuentra entonces que bajo este escenario el número de viajes que se dan en el municipio es relativamente similar al obtenido bajo los otros dos escenarios estudiados, no obstante la distribución del crecimiento de los viajes si presenta una diferencia considerable, pues se observa una disminución de los viajes generados y atraídos en algunas zonas y aumentos hasta del 100% de viajes generados y atraídos en otras zonas para el año 2.009 (Ver Tabla 5.2.6.13.).

Tabla 5.2.6.13. Variación en la generación y atracción de viajes por zonas para los años 2.003, 2.006 y 2.009, de acuerdo con el escenario alternativo P.O.T.

ZONA	TASAS DE CRECIMIENTO GENERACION			TASAS DE CRECIMIENTO ATRACCION		
	2000-2003	2000-2006	2000-2009	2000-2003	2000-2006	2000-2009
1	0,9%	3,0%	5,8%	0,9%	3,0%	5,8%
2	2,8%	7,7%	13,8%	2,8%	7,6%	13,8%
3	1,1%	1,9%	2,9%	1,0%	1,9%	2,9%
4	0,1%	4,6%	11,4%	0,0%	4,5%	11,4%
5	-0,9%	3,3%	10,1%	-0,9%	3,3%	10,1%
6	5,7%	11,8%	18,5%	5,7%	11,8%	18,5%
7	-14,6%	-11,1%	-6,6%	-14,6%	-11,1%	-6,6%
8	-0,8%	3,4%	10,1%	-0,8%	3,4%	10,1%
9	2,1%	6,7%	12,7%	2,1%	6,7%	12,7%
10	1,7%	7,0%	14,4%	1,7%	7,0%	14,4%
11	1,3%	6,2%	13,2%	1,3%	6,2%	13,2%
12	0,5%	4,7%	11,0%	0,5%	4,7%	11,0%
13	0,9%	5,4%	11,9%	0,9%	5,4%	11,8%
14	1,7%	3,5%	5,6%	1,7%	3,5%	5,5%
15	4,2%	9,6%	16,0%	4,2%	9,6%	16,0%
16	12,1%	18,5%	26,0%	12,1%	18,5%	26,0%
17	21,8%	27,4%	36,9%	21,8%	27,4%	36,9%
18	1,1%	3,7%	7,1%	1,1%	3,7%	7,1%
19	0,7%	4,5%	9,9%	0,7%	4,4%	9,9%
20	-1,5%	1,5%	6,8%	-1,5%	1,4%	6,8%
21	1,8%	6,9%	13,9%	1,8%	6,9%	13,9%
22	24,6%	30,4%	40,6%	24,6%	30,4%	40,6%
23	-2,5%	1,4%	8,0%	-2,5%	1,4%	8,0%
24	1,4%	5,7%	11,8%	1,3%	5,7%	11,7%
25	-2,0%	2,6%	10,5%	-2,0%	2,6%	10,5%
26	3,4%	9,0%	16,1%	3,3%	9,0%	16,1%
27	0,0%	4,1%	10,4%	0,0%	4,1%	10,4%
28	32,7%	72,3%	81,5%	32,7%	72,2%	81,5%
29	59,2%	64,4%	100,4%	59,1%	64,4%	100,3%
30	33,7%	38,7%	45,4%	33,6%	38,6%	45,4%
31	21,6%	24,6%	28,5%	21,6%	24,5%	28,4%
32	20,0%	22,5%	25,2%	19,9%	22,4%	25,2%
33	20,9%	25,2%	32,3%	20,8%	25,2%	32,3%
34	51,6%	57,1%	65,1%	51,6%	57,1%	65,1%
35	28,9%	33,6%	41,9%	28,8%	33,6%	41,9%
36	-4,4%	-0,5%	6,7%	-4,4%	-0,5%	6,7%
37	-0,1%	3,9%	10,1%	-0,1%	3,9%	10,1%
38	-0,8%	3,4%	10,2%	-0,8%	3,4%	10,2%
39	2,2%	7,2%	13,7%	2,2%	7,2%	13,7%
40	1,1%	5,4%	11,6%	1,0%	5,4%	11,6%
41	0,9%	4,7%	10,2%	0,9%	4,7%	10,3%
42	-2,0%	1,6%	8,3%	-2,0%	1,6%	8,3%
43	0,6%	4,7%	10,6%	0,6%	4,7%	10,7%
44	0,1%	4,4%	10,9%	0,1%	4,4%	11,0%
45	-1,4%	2,3%	8,6%	-1,4%	2,3%	8,6%
46	0,2%	4,9%	11,9%	0,2%	4,9%	12,0%
47	-0,2%	3,7%	9,7%	-0,2%	3,8%	9,8%
48	-1,6%	1,4%	6,8%	-1,6%	1,5%	6,9%
49	-0,4%	4,2%	11,4%	-0,4%	4,2%	11,4%
50	1,1%	5,1%	10,6%	1,2%	5,1%	10,6%
51	1,9%	6,9%	13,7%	1,9%	6,9%	13,7%
52	-2,1%	1,7%	8,4%	-2,0%	1,7%	8,5%
53	6,2%	11,8%	17,5%	6,3%	11,9%	17,5%
54	55,1%	60,8%	69,2%	55,1%	60,8%	69,2%
55	4,8%	9,5%	14,3%	4,9%	9,5%	14,3%
56	3,9%	9,3%	16,3%	3,9%	9,4%	16,3%
57	14,1%	28,4%	42,3%	14,1%	28,4%	42,3%
58	14,1%	28,4%	42,3%	14,1%	28,4%	42,3%
59	14,1%	28,3%	42,2%	14,2%	28,5%	42,5%
60	14,2%	28,4%	42,4%	14,1%	28,3%	42,2%
61	14,1%	28,4%	42,3%	14,1%	28,4%	42,3%
62	14,2%	28,6%	42,6%	14,0%	28,3%	42,1%

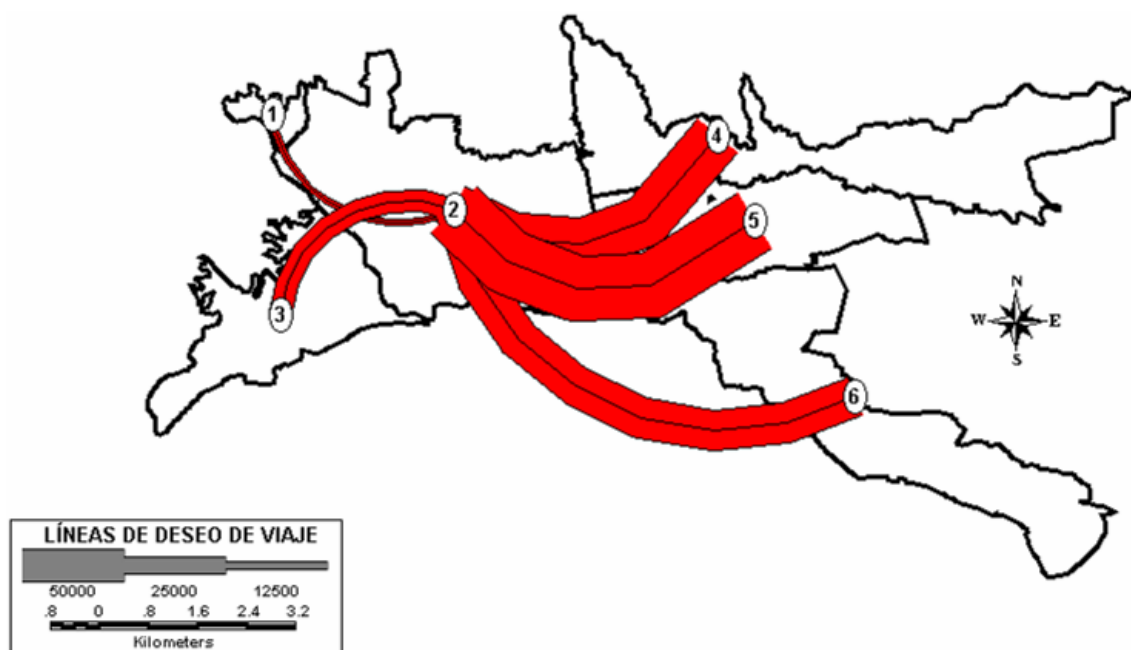
Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 3. Escenarios.

El estudio refiere:

“La crítica central del escenario Alternativo P.O.T. se formula en torno de la localización del crecimiento de la nueva población y del empleo, sobre zonas carentes, en las nuevas proporciones demandadas, de suelos vacantes y de dotaciones colectivas. Esto significa procesos de redensificación y trae consecuencias sobre el patrimonio inmobiliario existente, los modelos urbanos, los programas de Vivienda de Interés Social (VIS), y el suelo para dotaciones.”⁹¹

En la Figura 5.2.6.6. se aprecia el pronóstico de las líneas de deseo de los viajes diarios en Ibagué en el escenario alternativo P.O.T. 2.009.

Fig. 5.2.6.6. Pronóstico de las líneas de deseo de los viajes diarios en Ibagué en el escenario Alternativo P.O.T., 2.009.



Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 3. Escenarios.

Así pues, los proyectos propuestos se basaron en el diagnóstico realizado en cada una de las áreas consideradas en desarrollo del estudio: infraestructura vial, transporte público, tránsito, urbanismo y comunidad; teniendo en cuenta en forma complementaria el análisis de los

⁹¹ Ídem.

escenarios de desarrollo urbano tendencial y POT, así como las proyecciones de viajes resultantes de este proceso de desarrollo y crecimiento urbano, obtenidas a partir de la aplicación de los modelos de generación - atracción y distribución de viajes.

En el PPTT se definieron los proyectos tanto de infraestructura vial como de transporte público que fueron considerados prioritarios con el fin de garantizar el éxito del Plan. Así, por ejemplo, se insiste en que sin recuperación de la malla vial no es viable avanzar en el proceso tendiente al mejoramiento de las condiciones del tránsito y del transporte en Ibagué.

Dentro del proceso de planeación aplicado al municipio de Ibagué, el sistema de transporte se analiza como un sistema que evoluciona, en donde dada la interdependencia existente entre los flujos de tráfico y los usos de la tierra, se tienen en cuenta los cambios de los primeros en respuesta al crecimiento de la ciudad y a las modificaciones en la distribución de actividades planteadas por el POT. Por tanto, se considera que debe existir una coordinación de objetivos entre el desarrollo de la infraestructura vial y de transporte, y el desarrollo físico espacial establecido en el Plan de Ordenamiento Territorial.

De acuerdo con las obras de infraestructura faltantes, se plantea inicialmente la necesidad de priorizar dichas obras para que puedan ser desarrolladas en tres escenarios temporales para los años 2.003, 2.006 y 2.009 (Ver Tabla 5.2.6.14.).

Los beneficios que ofrece cada uno de los proyectos de infraestructura faltante, se relacionan con los ahorros en costos de operación y tiempos de viaje, y estos a su vez están relacionados con las mejoras en la velocidad y en la relación volumen/capacidad que son proporcionadas por cada proyecto.

“En cada caso se analizó el efecto de mejorar la superficie de rodadura, lo cual incrementa el IRI (Índice de Rugosidad) y permite aumentar la velocidad de operación. Este procedimiento se hace para cada tipo de proyecto con ayuda de indicadores generales obtenidos a partir de corridas con el VOC⁹². El resultado global de los proyectos de mantenimiento periódico y mejoramiento genera un incremento de la velocidad de operación en un 16% y ante proyectos de construcción un cambio del 20%.”⁹³

⁹² VOC, Vehicle Operation Cost. Módulo del programa HDM III, para la estimación de costos de operación vehicular

⁹³ Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 0. Informe Ejecutivo.

Tabla 5.2.6.14. Proyectos de Infraestructura vial propuestos.

VÍA	DESDE	HASTA	PROYECTO
Av Ambalá	Calle 150	Calle 95	Construcción
Av. Ambalá	Calle 65	Calle 72	Construcción
Carrera 1 Sur	Río Combeima	Transporte	Construcción
Av Ambalá	Calle 95	Calle 25	Mejoramiento
Av Guabinal	Calle 25	Calle 83	Mejoramiento
Carrera 8	Calle 10	Calle 25	Mejoramiento
Calle 60	Kr 4	Av. Ambalá	Mejoramiento
Calle 65	Av. Jordán	Av. Ambalá	Mejoramiento
Calle 37	Kr 4	Av. Ambalá	Mejoramiento
Carrera 4	Calle 6	Calle 43	Mejoramiento
Carrera 1	Calle 6	Calle 28	Mejoramiento
Calle 10	Kr 1	Kr 10	Mejoramiento
Calle 83	Av. Mirolindo	Av. Ambalá	Mantenimiento
Vía Aeropuerto	Calle 83	Aeropuerto	Mantenimiento
Carrera 5	Calle 10	Calle 43	Mantenimiento
Calle 15	Kr 1	Kr 8	Mantenimiento
Calle 19	Kr 1	Kr 8	Mantenimiento
Av Ricaurte	El Boquerón	Calle 19	Mantenimiento
Av Jordán	Calle 43	Calle 106	Mantenimiento

Fuente: Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 0. Informe Ejecutivo.

La comparación entre las operaciones vehiculares para el año 2.009, con y sin la ejecución de las obras, permite evaluar el ahorro que se obtiene mediante la realización de los proyectos propuestos.

Dicha jerarquización estableció el corredor de la Avenida Jordán y la carrera 5ª como una de las primeras vías a ser intervenidas. Sin embargo, dado el estado actual del corredor y teniendo en cuenta las necesidades de accesibilidad y movilización que deben ser atendidas en otras zonas del municipio, se priorizan las intervenciones de la avenida Ambalá (reciclaje del tramo entre las calles 103 a 25), la Cra. 1ª sur (construcción del tramo entre la Cl. 19 y el puente sobre el río Combeima) y la Avenida Guabinal (reciclaje de toda la vía, Cl. 83 a Cl. 10); mientras que la intervención sobre el corredor de la Avenida Jordán y la carrera 5ª se pospone para el año 2006.

Por otro lado, en el estudio se evalúa la posibilidad de establecer un sistema de carriles exclusivos para el transporte público colectivo, refiriendo lo siguiente:

“Buscando evitar una afectación fuerte sobre la infraestructura actual de la ciudad, el proyecto de carriles exclusivos de transporte público ofrece una alternativa para priorizar el transporte público colectivo sobre el transporte privado. Esta priorización obliga a la reducción de la sección transversal de las vías dispuesta para el tráfico de vehículos particulares, por lo cual se espera una redistribución en los volúmenes de circulación por la malla vial de la ciudad.

La comparación de los dos escenarios (sin y con proyecto) ilustra el deterioro en el transporte privado que se daría al incurrir en la disminución de la capacidad de las vías en las cuales se propone el corredor de carriles exclusivos de transporte público, aumentando considerablemente las relaciones volumen/capacidad que se observarían sobre las vías lo que representa una disminución en los niveles de servicio. A pesar de esta consideración, es necesario atender la evaluación que puede realizarse sobre el mismo proyecto desde el punto de vista del transporte público colectivo, pues este proyecto está orientado a beneficiar a la mayor parte de la población movilizadora en dicho modo de transporte, de forma que las disminuciones en los niveles de servicio de las vías intervenidas pueden verse subsanados por los beneficios ofrecidos a la población.”⁹⁴

Ahora bien, teniendo en cuenta el diagnóstico del sistema de transporte público, así como el análisis de los resultados obtenidos a partir de la matriz OyD y las proyecciones de ésta para los años de estudio, se proponen cuatro proyectos: Sistema de paraderos sobre andén corredor carrera 5ª – Av. Jordán; Reestructuración del sistema de rutas; Priorización del sistema de transporte público sobre principales corredores y Sistema integrado de transporte público.

Con los resultados obtenidos de indicadores de operación del sistema de rutas de TPCU, se planteó un rediseño del sistema, en el cual, para cada una de las rutas se definió el tramo más cargado, así se ajustó cada ruta de acuerdo con la demanda real de pasajeros.

Finalmente, se propone que el sistema de transporte público tenga para su óptimo funcionamiento de 889 vehículos, sirviendo las rutas desde las cinco de mañana hasta las nueve y media de la noche, a través de 40 rutas, incluyendo las de carácter veredal.

⁹⁴ Estudio para la elaboración del Plan Piloto de Tránsito y Transporte del Municipio de Ibagué. Volumen 0. Informe Ejecutivo.

Buscando lo anterior, establece una cantidad considerable de estrategias⁹⁵ para la implementación del sistema vial y de transporte, de las cuales vale la pena mencionar las siguientes:

- Optimizar el sistema vial interno del municipio y garantizar la conectividad entre la cabecera municipal y los diferentes corregimientos y Veredas, fortaleciendo el sistema vial radial que partiendo del perímetro urbano comunica con Juntas, Toche, Dantas, Carmen de Bulira y San Juan de la China.
- Optimizar la comunicación con los municipios vecinos de Rovira, San Luís y Anzoátegui.
- Realizar los estudios de factibilidad y socialización del Sistema Regional de Cables.
- Localizar un nuevo Terminal de Transporte de Pasajeros.
- Propiciar la construcción de un Terminal de Carga Avenida Ciudad Musical.

Con el fin de lograr el objetivo planteado para la mejora del sistema vial y de transporte, el P.O.T. propone la implantación de anillos perimetrales y la adecuación de la estructura vial existente.

Con el fin de lograr el objetivo planteado para la mejora del sistema vial y de transporte, el P.O.T. propone la implantación de anillos perimetrales y la adecuación de la estructura vial existente. Así mismo, establece como acciones prioritarias⁹⁶ relacionadas directamente con el sistema viario de la ciudad las siguientes:

- Construcción de las vías que conforman los Anillos Principales de Circulación.
- Terminación de la Av. Ambalá, desde la intersección de la avenida Jordán con el barrio Pacandé hasta la intersección con la variante Armenia.
- Construcción Avenida Industrial (Calle 103). Intersección Avenidas Ambalá – Picaleña.

Por último, el P.O.T., establece unos compromisos⁹⁷, referidos en la Tabla 5.2.6.15.

⁹⁵ Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Ibagué. Título II. Componente General. Art. 10. Estrategias para la Implementación del Sistema Vial y de Transporte. Diciembre de 2000.

⁹⁶ Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Ibagué. Título III. Componente Urbano. Artículo 66. Acciones Prioritarias Relacionadas con el Sistema Vial Urbano. Diciembre de 2000.

⁹⁷ Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Ibagué. Título VI. Disposiciones finales. Artículo 8. Tabla de compromisos del P.O.T.. Diciembre de 2000.

Tabla 5.2.6.15. Compromisos establecidos en el P.O.T del municipio de Ibagué.

TÍTULO	RESPONSABLE
Sistema Regional de Cables	Admón. Municipal
Localización de escombreras	Entidad municipal competente en asocio con la autoridad ambiental
Implementación de los usos y tratamientos urbanísticos	Admón. Municipal
Estudio de las políticas y normativas específicas para las plazas de mercado, centros de abasto y zonas de influencia	Admón. Municipal
Elaboración de programas de mitigación de impactos por emisiones, ruidos y utilización del espacio público	Industrias de alto impacto
Normas Específicas de Urbanización y Construcción	Departamento Administrativo de Planeación
Iniciar estudios tendientes a la definición de la malla vial	Departamento Administrativo de Planeación
Levantamiento topográfico detallado de las vías integrantes de los sistemas	Secretaría de Infraestructura
Definición de la Malla Urbana y Rural de Ciclorutas	Departamento Administrativo de Planeación
Levantamiento topográfico de las áreas aferentes a las intersecciones viales	Admón. Municipal
Adoptar el plan de transporte	
Adopción de los modelos y especificaciones de amoblamiento urbano para el Municipio de Ibagué.	Admón. Municipal
Definir la reglamentación, la zonificación de acuerdo con el impacto, los servicios y sistemas de transporte	Plan parcial

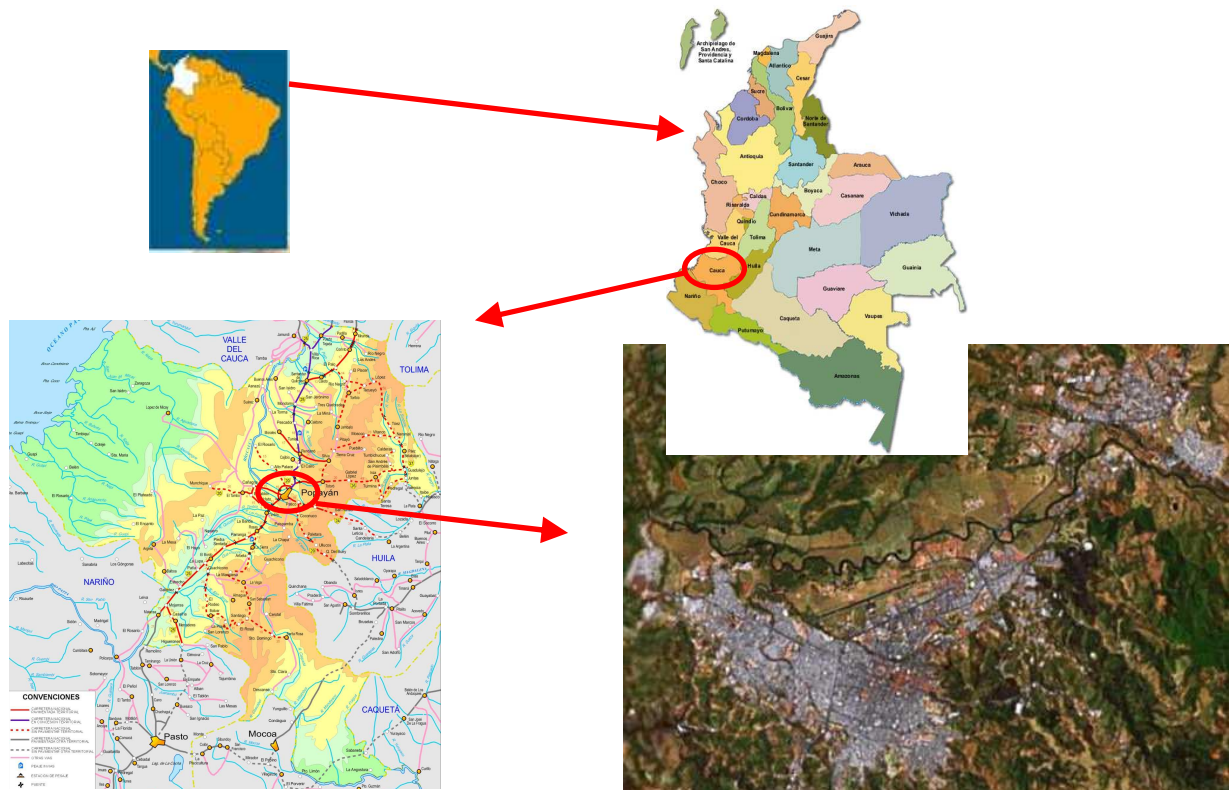
Fuente: POT del Municipio de Ibagué. Disposiciones finales. 2.000.

5.3. ANÁLISIS DE CASOS: POPAYÁN.

5.3.1. Descripción general.

Popayán, capital del departamento del Cauca, se encuentra localizado en las coordenadas 20° 26' 51" de latitud norte y 60° 36' 13" de longitud oeste (Ver Figura 5.3.1.1.), a partir del meridiano de Greenwich; en dos de sus costados está demarcado por las Cordilleras Occidental y Central, que son ambas prolongaciones de la cordillera de los Andes que se desarrollan dentro del territorio Colombiano. Su altura sobre el nivel del mar es de 1750 m.s.n.m. y presenta una temperatura media de 19°C y una humedad relativa promedio de 76%.

Fig. 5.3.1.1. Ubicación de la ciudad de Popayán.



Fuente: Elaboración Propia. Septiembre 2006

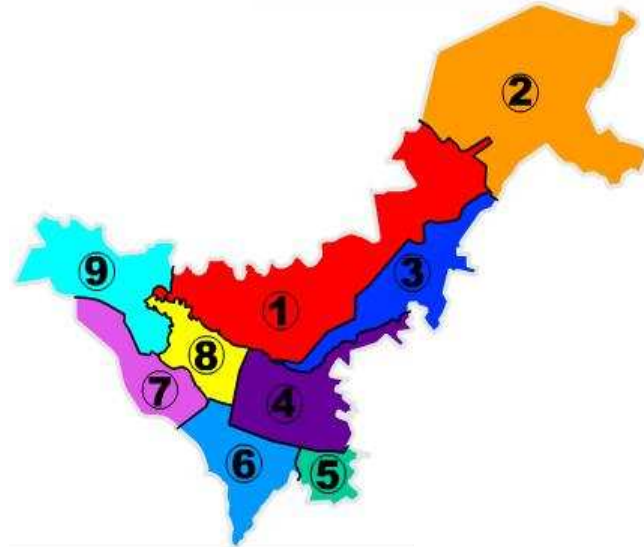
El municipio se encuentra ubicado sobre un importante sistema de fallas geológicas, las cuales han presentado alta actividad en algunas épocas, lo cual ha provocado cierta cantidad de sismos que sacuden la zona urbana del municipio, el último sismo de grandes magnitudes que se presentó fue en el año de 1.983, y según los estudios geológicos, existen posibilidades claras de que en un futuro se presenten sismos.

Posee una superficie total⁹⁸ de 52,1 Km², de los cuales el 52,3% (27,25 km²) corresponden al área urbana, la cual se encuentra dividida en 9 comunas que albergan un total de 142 barrios. En la Tabla 5.3.1.1. y la Figura 5.3.1.2. se aprecia la distribución por comunas, así como la superficie que cada una de ellas abarca dentro de la zona urbana del municipio.

⁹⁸ "Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Popayán – 2002 – 2011". <http://pot.popayan.gov.co/estructuraactual.htm>

Tabla 5.3.1.1. y Fig. 5.3.1.2. División por comunas y sus correspondientes áreas del municipio de Popayán.

Comuna	Área (Km ²)
1	6,43
2	7,01
3	2,43
4	2,73
5	0,76
6	2,03
7	1,68
8	1,32
9	2,85
Total	27,25



Fuente: Elaboración propia a partir del “Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Popayán – 2002 – 2011”. <http://pot.popayan.gov.co/estructuraactual.htm>.

5.3.2. Crecimiento poblacional. Evolución y perspectivas.

Respecto a la población del Municipio de Popayán, las proyecciones presentadas por el DANE, reportan un total de 218.350 hab. en la zona urbana y de 20.737 hab. en la zona rural, para un total de 239.087 hab. para el año 2.005; ratificándose entonces la tendencia que señala que cada vez más la participación de la población en la zona urbana del municipio es mayor, lo cual se ha venido presentando por el fenómeno de migración que se ha convertido tan común en Colombia; es así como en Popayán, que para el año de 1.951 el componente urbano era del 71,7% del total de la población, pasó a ser el 81,3% en 1.973, luego el 90,20% en 1.995, el 90,77% en el año 2.000 y de 91,33% en el 2005⁹⁹.

La comuna 7 es la de mayor concentración de población con una participación del 16,2% con relación al total; le sigue la Comuna 4 con el 15% y las Comunas 2 y 8 con el 13,7% y el 12,2% respectivamente. En conjunto, estas 4 comunas concentran cerca del 57% de la población urbana de la ciudad. Por su parte, las comunas más densamente pobladas corresponden en su orden a la 7, 5 y 8, mientras que las comunas 1, 2 y 4 registran las densidades de población más bajas.

⁹⁹ “Plan Vial y de Transporte del Área Central de Popayán 1997- 2007”. Ingeniería de Consulta Ltda. Popayán. Julio de 1997.

En cuanto a la estratificación socioeconómica, se tiene que el 53,7% de la población pertenece al estrato bajo (estratos 1 y 2)¹⁰⁰.

Por otro lado, se tiene que el crecimiento porcentual anual de Popayán¹⁰¹, desde 1.938, ha sido similar al del Departamento del Cauca y al de la Nación, caracterizándose por una disminución en la tasa de crecimiento, excepto para el año de 1.983, año en el cual a causa del terremoto, la ciudad atrajo migrantes intensados en las expectativas de empleo y vivienda, lo que generó un aumento del número de habitantes especialmente en la zona urbana del municipio. Ya en el año 1.985, la tendencia de disminución continuó y según los datos del DANE se conserva una tasa de 1,4% hasta el 2.005.

Según el Plan de Ordenamiento del Municipio, se tienen tres zonas especiales en el municipio que han sido consideradas como zonas de expansión territorial (San Bernardo, El Aljibe y Lame), en la Tabla 5.3.2.1. se aprecian las áreas de expansión total según su uso, en ella se observa cómo el 62,94% del total del área de expansión será destinada a uso residencial, así como un alto porcentaje para el desarrollo de la penitenciaria del municipio.

En el apartado 7.1.2. de esta tesis, se realiza un breve análisis de la relación existente entre el crecimiento urbano de la ciudad de Popayán y las infraestructuras de transporte que han influenciado en dicho crecimiento (Ver Fig. 7.2.1.9.).

Tabla 5.3.2.1. Áreas de expansión en el Municipio de Popayán.

Área de Expansión (Ha)		
Residencial	234,35	62,94%
Servicio a la comunidad	32,10	8,62%
Zona de Protección Variante	1,30	0,35%
Área de Protección	24,88	6,68%
Área de Protección de la penitenciaría	79,70	21,41%
Total	372,33	100,00%

Fuente: Elaboración Propia a partir del “Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Popayán – 2002 – 2011”. <http://pot.popayan.gov.co/mapas.htm>.

¹⁰⁰ “Plan de Gestión de Tránsito y Transporte para El Municipio de Popayán.” Informe 3 (V. 1). Universidad Nacional de Colombia. Octubre de 2003.

¹⁰¹ “Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Popayán – 2002 – 2011”. <http://pot.popayan.gov.co/poblacion.htm>

5.3.3. Planes de transporte urbano elaborados para la ciudad.

Para el análisis de los instrumentos de Planificación usados, se han podido obtener los siguientes estudios referidos al municipio de Popayán:

- Plan Vial Urbano de Popayán. Informe Preliminar. COINCO Ltda. Ingenieros Consultores. Mayo de 1.984, el estudio no se encuentra completo, haciendo falta los capítulos finales, pero la información necesaria para el análisis que se realiza si se encuentra referenciada.
- Plan vial y de transporte del área central de Popayán. Secretaria y Tránsito y Transporte Municipal, 1997. En este estudio se modelizaron algunas intersecciones y se modelizó la red de semáforos de la ciudad, pero no se calibraron modelos para el planeamiento del transporte como tal. Además de lo anterior, solo se centra en el estudio de la movilidad en zona central de la ciudad.
- Estudio de reestructuración de rutas de Transporte Público Colectivo Urbano. Municipio de Popayán. INGENIERÍA DE CONSULTA Ltda. Junio 2003. Este estudio se encuentra completo, aunque sólo se refiere al transporte público colectivo de la ciudad y no es un estudio de movilidad general de la comunidad.

5.3.4. Datos de enmarcamiento del problema de la movilidad urbana y del transporte, extraídos de esos documentos.

Ya para el Plan Vial Urbano de Popayán de 1.984, se hicieron encuestas OyD, para lo cual se referencia que tomaron la información de campo y luego usaron programas de computador especialmente preparados con el fin de obtener las matrices de viajes de vehículos y personas para el período comprendido entre las 6:00 y las 20:00 horas. Las encuestas fueron realizadas durante los meses de marzo y abril.

Ahora bien, respecto a la movilidad observada, el estudio refiere que mediante el análisis de los conteos realizados se identificaron los siguientes patrones de tránsito en la ciudad:

- Los viajes relacionados con el hogar y con propósito trabajo o estudio (movilidad obligada), responden a franjas de horarios más o menos fijas, presentando picos pronunciado al comienzo de la mañana y al final de la tarde; el pico del mediodía se presenta en un período más corto; se aprecia entonces que el patrón es semejante y consecuente con los patrones presentes en cualquier ciudad media, en donde las

personas realizan hasta cuatro viajes al día por su facilidad de regresar a casa a la hora de la comida.

- Los viajes que poseen una base distinta al hogar (viajes durante la jornada de trabajo, viajes de reparto, viajes de taxis, etc.) y los viajes con base en el hogar y propósito diferente al trabajo o estudio, no presentan picos pronunciados y se caracterizan por un incremento gradual y moderado de los volúmenes medios en los períodos de la media mañana y de media tarde, teniendo que los efectos direccionales no son muy marcados.

De acuerdo con los datos arrojados por la encuesta, se estimó que en la zona urbana del Municipio de Popayán, se presentaron 236.446 viajes de personas en un día laboral promedio de la semana, sin incluir el desplazamiento a pie.

En la Tabla 5.3.4.1. se presenta la distribución de los viajes diarios registrados según el modo de transporte y el tipo de viaje para el año de 1.984.

Tabla 5.3.4.1. Distribución de los viajes diarios de las personas según el modo de transporte y las características de localización en el municipio de Popayán. 1.984.

Tipo de Viaje	Modo de Transporte											
	Bicicletas		Motocicletas		Autos Particulares		Autos Públicos		Buses		Total	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Internos (Dentro del área de estudio)	22.437	11,12%	24.757	12,27%	52.432	25,98%	29.857	14,79%	72.354	35,85%	201.837	85,36%
Hacia o desde el área de estudio	1.429	4,71%	1.805	5,95%	9.467	31,20%	9.875	32,54%	7.768	25,60%	30.344	12,83%
Viajes de paso	13	0,30%	27	0,63%	1.099	25,77%	930	21,81%	2.196	51,49%	4.265	1,80%
Totales	23.879	10,10%	26.589	11,25%	62.998	26,64%	40.662	17,20%	82.318	34,81%	236.446	100,00%

Fuente: Elaboración Propia a partir del "Plan Vial Urbano de Popayán. Informe Preliminar." COINCO Ltda. Ingenieros Consultores. Mayo de 1.984.

Es de apreciar como los buses y los autos-taxis representan aproximadamente el 52% de los viajes y los autos particulares representan el 26,64% del total de viajes registrados en la zona urbana. Es de aclarar que los vehículos comerciales son analizados aparte y en total registran 6.481 viajes¹⁰², que por ser una cifra baja respecto al total de viajes registrados, la analizan de forma separada. En la Tabla 5.3.4.2. se aprecia la ocupación promedio de cada tipo de vehículo y el número total de viajes de estos tipos de entre las 6:00 y las 20:00 horas.

¹⁰² "Plan Vial Urbano de Popayán. Informe Preliminar." COINCO Ltda. Ingenieros Consultores. Mayo de 1.984.

Tabla 5.3.4.2. Distribución de los viajes diarios en los vehículos según el modo de transporte y las características de localización en el municipio de Popayán. 1.984.

	Bicicletas	Motos	Autos Particulares	Autos Públicos	Buses
Ocupación promedio	1,13	1,56	2,33	3,10	39,92
Viajes totales de los vehículos	21.317	17.105	27.103	13.164	2.068

Fuente: Elaboración Propia a partir del “Plan Vial Urbano de Popayán. Mayo de 1.984.

Según los anteriores datos, los buses poseen una alta ocupación, así mismo los taxis y los autos particulares si se comparasen con las ocupaciones promedio de otras ciudades; por otro lado, se hace extraño una ocupación de 1,13 en una bicicleta, lo que muestra el uso en Colombia de más de una persona por bicicleta en un mismo desplazamiento.

El estudio concluye que la hora pico se presenta entre las 11:30 y 12:30, incluyendo viajes en transporte público y vehículos privados y que el volumen en dicha hora representa el 9,6% del total de viajes; no obstante, en el estudio se define que para fines de análisis del período pico se adopta el período pico de la mañana, de 7:30 a 8:30, como el período representativo de los períodos picos de la mañana y la tarde a pesar de existir diferencias entre ellos; el período pico de la mañana representa el 7,59% del total de viajes registrados, es decir, 17.945 viajes.

En la Tabla 5.3.4.3. se aprecia la distribución de los viajes (sin incluir los viajes de paso) que se realizan en la hora pico estudiada según el propósito del viaje y el modo de transporte y en la Figura 5.3.4.1. se aprecia la distribución de los viajes (sin incluir los viajes de paso) que se realizan en la hora pico estudiada según el propósito del viaje; es de aclarar que la clasificación que este estudio aborda, tiene en cuenta los viajes basados en el hogar, los cuales clasifica como: Trabajo, negocios, compras, recreación y educación; y los viajes no basados en el hogar, los cuales no clasifica; no obstante el la encuesta OyD se indagó sobre un mayor número de propósitos como se menciona con anterioridad, pero que no se han analizado.

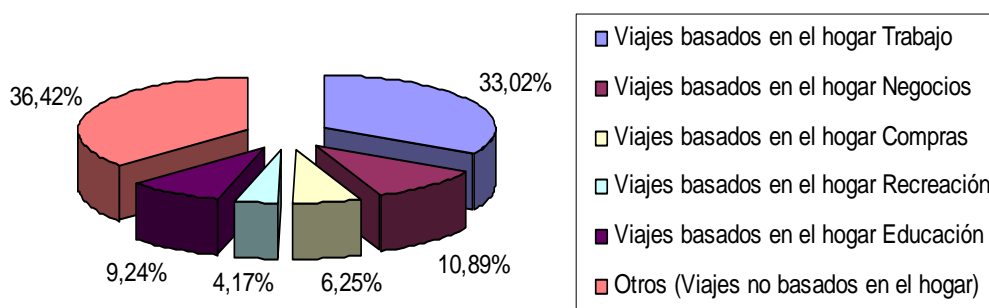
Se tiene entonces que aproximadamente el 64% de los viajes son basados en el hogar, de los cuales el mayor propósito es representado por el trabajo.

Tabla 5.3.4.3. Distribución de los viajes de las personas en la hora pico según el modo de transporte y el propósito, en el Municipio de Popayán. 1.984.

Propósito del Viaje		Modo de Transporte											
		Bicicletas		Motocicletas		Autos Particulares		Autos Públicos		Buses		Total	
		Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Viajes basados en el hogar	Trabajo	866	14,61%	891	15,04%	1.497	25,26%	345	5,82%	2.327	39,27%	5.926	33,02%
	Negocios	194	9,93%	256	13,10%	632	32,34%	71	3,63%	801	40,99%	1.954	10,89%
	Compras	68	6,06%	54	4,81%	189	16,84%	89	7,93%	722	64,35%	1.122	6,25%
	Recreación	26	3,47%	93	12,42%	295	39,39%	35	4,67%	300	40,05%	749	4,17%
	Educación	96	5,79%	41	2,47%	435	26,22%	12	0,72%	1.075	64,80%	1.659	9,24%
Otros (Viajes no basados en el hogar)		314	4,80%	365	5,59%	1.561	23,89%	2.500	38,26%	1.795	27,47%	6.535	36,42%
Totales		1.564	8,72%	1.700	9,47%	4.609	25,68%	3.052	17,01%	7.020	39,12%	17.945	100,00%

Fuente: Elaboración Propia a partir del “Plan Vial . Mayo de 1.984.

Fig. 5.3.4.1. Distribución de los viajes de las personas en la hora pico según el propósito, en el municipio de Popayán. 1.984.



Fuente: Elaboración Propia a partir del “Plan Vial Urbano de Popayán. Informe Preliminar.” COINCO Ltda. Ingenieros Consultores. Mayo de 1.984.

Al estudiar el documento se ha encontrado que definen el período de la hora no pico, es decir periodo valle entre las 9:00 y 10:00¹⁰³, no obstante el numero de viajes que registran en este período es de 130.463¹⁰⁴, cifra muy superior a la que establecida en la hora pico, lo cual es un error importante en este estudio.

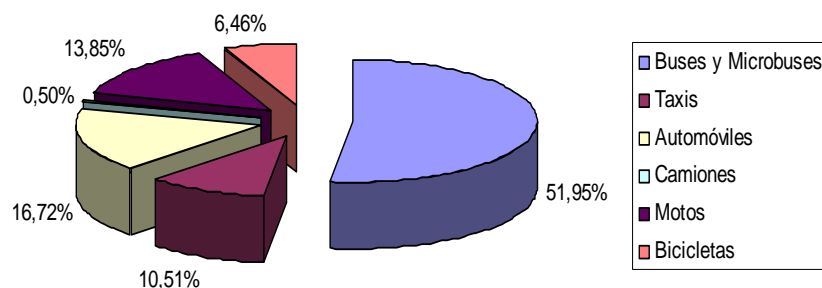
El Plan Vial y de Transporte del Área Central de 1.997, reelaboró estos datos con nuevas encuestas OyD a conductores de vehículos particulares y a pasajeros de vehículos de TPCU, en el período comprendido entre el 9 y 18 de abril con el fin de conocer los patrones de movilidad entre las diferentes zonas del área central de la ciudad (área de estudio) y las demás zonas que componen el municipio de Popayán.

¹⁰³ “Plan Vial Urbano de Popayán. Informe Preliminar.” COINCO Ltda. Ingenieros Consultores. Mayo de 1.984.

¹⁰⁴ Ídem.

Al analizar los valores presentados y compararlos con los obtenidos en el año de 1.984, se pueden realizar las siguientes observaciones. Se presentó una variación en el porcentaje de viajes de personas en la hora pico según el modo de transporte usado (Ver Figura 5.3.4.2.), en donde, para el año 1.984, aprox. el 52% de los viajes se realizaban en TPCU y Taxi, cifra que para el año de 1.997 aumento un poco más del 4%, teniendo que un 56,13% del total de viajes en la hora pico se realizaron en dichos modos; contrario sucedió con el vehículo particular, en donde para 1.984 este modo representaba el 25,68% del total de los viajes en la hora pico y para el año 1.997 representó el 16,72%, lo cual es una disminución casi del 9%.

Fig. 5.3.4.2. Distribución de los viajes de las personas en la hora pico según el modo de transporte, en el municipio de Popayán. 1.997

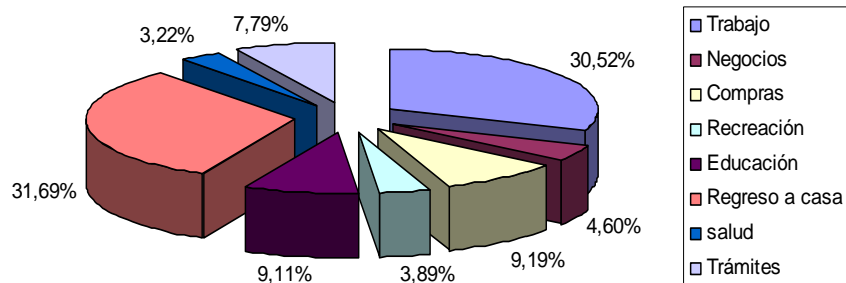


Fuente: Elaboración Propia a partir del “Plan Vial y de Transporte del Área Central de Popayán. Secretaria y Tránsito y Transporte Municipal.” INGENIERÍA DE CONSULTA Ltda. Cáp. 3 - Sistema Vial y de Transporte del Área Central de Popayán en el Año Base de 1.997. Julio 1.997

No obstante, al comparar el número de viajes realizados en las hora pico de ambos estudios, se aprecia que hubo un incremento superior al 200% en el numero de viajes, pasando de 17.749 viajes en el año de 1.984 hasta 43.000 viajes en el año de 1.997.

Por otro lado, vale la pena apreciar como en ambos estudios no hay concordancia total en la clasificación de los propósitos de viaje analizados, sin embargo, la variación más importante radica en que en el estudio de 1.997 no se analizaron los viajes dependiendo si estaban basados o no en el hogar; teniendo que los propósitos educación y recreación son similares y las mayores variaciones se presentaron en los propósitos negocios y compras (Ver Figura 5.3.4.3.).

Fig. 5.3.4.3. Distribución de los viajes de las personas en la hora pico según el propósito, en el municipio de Popayán. 1.997



Fuente: Elaboración Propia a partir del “Plan Vial y de Transporte del Área Central de Popayán. Secretaria y Tránsito y Transporte Municipal.” INGENIERÍA DE CONSULTA Ltda. Cáp. 3 - Sistema Vial y de Transporte del Área Central de Popayán en el Año Base de 1.997.

Ahora bien, como este estudio se centra en el área central de la ciudad, agrupan las zonas en seis sectores y analizan qué porcentaje de viajes en cada modo de transporte tienen como destino y como origen el centro de la ciudad; de lo cual concluyen que del total de viajes de todos los vehículos que tienen como destino el Sector Centro, el 32,2% proviene del Sector Norte, 26,1% del Sector Occidente y el 24,5% del Sector Centro; y que del total de viajes de todos los vehículos que tienen como origen el Sector Centro el 27,8% se dirige al Sector Occidente, el 26,7% al Sector Norte y el 25,9% al Sector Centro.

Finalmente, en el Estudio de Reestructuración de Rutas de TPCU de Popayán del 2.003, se referencia la realización de Encuestas OyD a pasajeros del servicio de TPCU y Encuestas OyD a los pasajeros de servicio de taxi. No se efectuaron encuestas domiciliarias. Esta encuesta se realizó del 24 de marzo al 4 de abril de 2.003, arrojando los siguientes resultados:

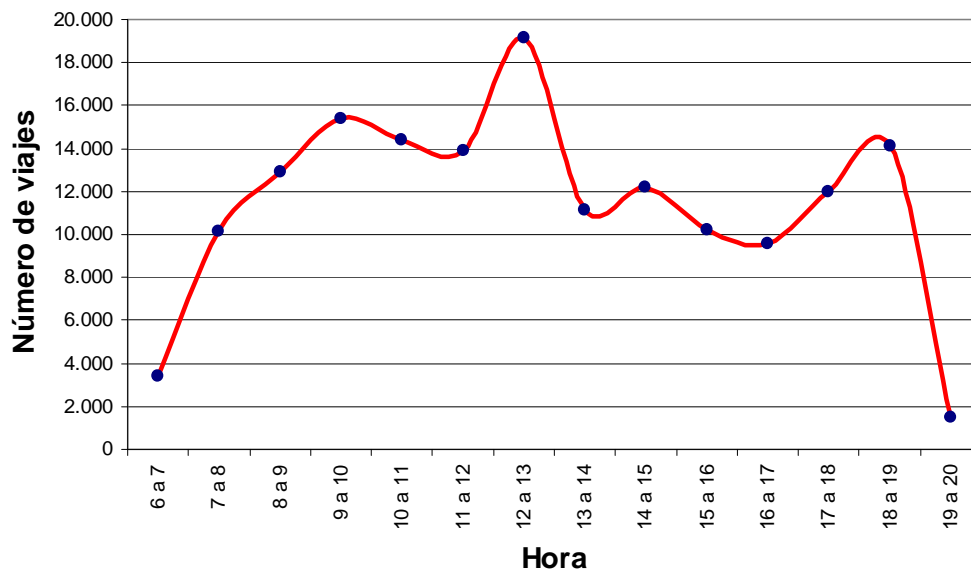
- El número total de viajes diarios que se realiza en la ciudad de Popayán en servicio de TPCU es 159.972 viajes, de los cuales el 58.37% se realiza en microbús y 41.63% se realiza en bus (el estudio no referencia vehículo tipo buseta), teniendo que 88.14% de los viajes se realiza entre las 7:00 y las 18:00 horas. Los períodos pico respecto a estos viajes se presentan en los siguientes intervalos horarios: de las 7.00 a las 9:00 horas (14.40%), de las 10:00 a las 13:00 horas (29.67%) y de las 14:00 a las 18:00 horas (27.50%). A partir de las 19:00 horas el sistema de TPCU empieza a tener poca movilización de pasajeros.

En la Tabla 5.3.4.4. se aprecia la distribución de los viajes según el tipo de vehículo de TPCU y en la Figura 5.3.4.4. se aprecia la variación horaria del número de viajes en el período de las 6:00 y las 20:00 horas.

Tabla 5.3.4.4. Variación horaria de los viajes diarios de las personas según el tipo de vehículo de TPCU en el municipio de Popayán. 2.003.

Hora	Numero de viajes			% del total
	Bus	Microbus	Total	
6 a 7	1.716	1.664	3.380	2,11%
7 a 8	3.848	6.263	10.111	6,32%
8 a 9	5.978	6.940	12.918	8,08%
9 a 10	6.001	9.379	15.380	9,61%
10 a 11	5.648	8.721	14.369	8,98%
11 a 12	4.889	9.046	13.935	8,71%
12 a 13	11.019	8.133	19.152	11,97%
13 a 14	4.010	7.142	11.152	6,97%
14 a 15	4.482	7.738	12.220	7,64%
15 a 16	3.836	6.381	10.217	6,39%
16 a 17	3.673	5.910	9.583	5,99%
17 a 18	4.097	7.871	11.968	7,48%
18 a 19	6.939	7.168	14.107	8,82%
19 a 20	455	1.025	1.480	0,93%
Total	66.591	93.381	159.972	100,00%
%	41,63%	58,37%	100,00%	

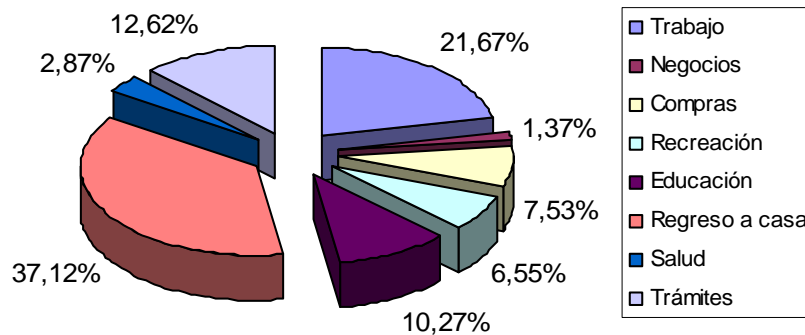
Fig. 5.3.4.4. Variación horaria de los viajes de las personas en servicio de TPCU en el municipio de Popayán. 2003.



Fuente: Elaboración Propia a partir del “Estudio de reestructuración de rutas de Transporte Público Colectivo Urbano”. Municipio de Popayán. INGENIERÍA DE CONSULTA Ltda.

- Respecto al propósito del viaje, éstos se han clasificado, como lo indica la Figura 5.3.4.5., en la cual se destacan los siguientes propósitos, el 37,12% del total de viajes, tiene como propósito regreso a casa, el 21,67% el trabajo y el 12,62% realizar trámites.

Fig. 5.3.4.5. Distribución de los viajes diarios en TPCU según el propósito en el municipio de Popayán. 2003. (de las 6 a las 20 horas)



Fuente: Elaboración Propia a partir del “Estudio de reestructuración de rutas de Transporte Público Colectivo Urbano”. Municipio de Popayán. INGENIERÍA DE CONSULTA Ltda.

Por otro lado, también se efectuó una Encuesta de OyD de viajes de las personas en taxis. Como resultado de la matriz OyD de los viajes en taxi, se obtuvo que en la ciudad de Popayán se presentaron 33.000 viajes, para lo cual el estudio refiere:

“valor considerado alto para una ciudad intermedia como es Popayán. Si se multiplica este valor por el índice de ocupación promedio de 1.5, se tiene como resultado que 45.000 viajes de las personas se realizan diariamente utilizando el servicio de taxi de la ciudad.”¹⁰⁵.

El periodo de mayor demanda se presenta en las horas de la mañana (de 6:30 a 8:30), lo que coincide con el desplazamiento de estudiantes a colegios y universidades y el inicio del día laboral.

Vale la pena resaltar que no se presenta un período pico de viajes en taxis al medio día, situación que sí se presenta en los viajes en TPCU, encontrándose además que la solicitud del servicio no decae de forma apreciable durante el transcurso de la mañana, situación que si se presenta en las horas de la tarde. Nuevamente se presenta un repunte en el final de la tarde.

¹⁰⁵ “Estudio de reestructuración de rutas de Transporte Público Colectivo Urbano”. Municipio de Popayán. INGENIERÍA DE CONSULTA Ltda. Cap. 11. Estudio y Análisis del Servicio de Transporte Público en Taxis en el Área Central de Popayán. Junio 2003.

5.3.5. Metodología aplicada a esos planes.

El Plan Vial Urbano de Popayán (1.984) utilizó una cierta aproximación de enfoque demanda, sin modelización de estimación futura, a partir de los datos de conteos vehiculares y de las matrices OyD de viajes de personas y vehículos. El estudio supone entonces que al expandir o proyectar las matrices de viajes al futuro, de acuerdo con un índice de crecimiento debidamente seleccionado, logran estimar el valor del tráfico futuro en cada uno de los tramos de la red vial básica definida para 1.984. Según lo anterior, el estudio realiza proyecciones de tráfico futuro sobre las vías actuales para la época y no tiene en cuenta la futura expansión de la red vial.

El proceso de estimación de la demanda abarcó las siguientes etapas:

- Análisis de las matrices OyD iniciales, producto de los conteos y encuestas.
- Definición de la red vial básica del año 1.984.
- Análisis del sistema de automóviles público urbanos.
- Análisis del sistema de buses y busetas urbanos.
- Análisis de estacionamientos.
- Determinación del índice de crecimiento anual de tráfico, lo cual permitió la aplicación del Modelo de Factor de Crecimiento, el cual fue considerado el más adecuado para el nivel de la información estadística disponible.
- Cálculo de los tráficos futuros en la hora pico, en cada uno de los tramos de la red vial básica para los años 1990, 1995 y 2000.
- Análisis de resultados y definición de mejoras.

El Plan Vial y de Transporte del Área Central (1.997) aplicó diferentes modelos para el análisis de las intersecciones y modelos para simular la semaforización de la zona analizada (área central de la ciudad), no se aplicaron modelos de demanda propiamente dichos, por lo tanto no existe un planeamiento del transporte para la ciudad como tal, pues simplemente analiza dicho sector, con el fin de definir las obras prioritarias que provean una mejor movilidad.

Es así como con el fin de estructurar una red coordinada que produjese mejoras sustanciales en la movilidad del área central de la ciudad, estudiaron un modelo de optimización de

desfases y fases mediante el software TRANSYT, el cual requiere la modelación de la red estudiada e investigación en campo.¹⁰⁶

Finalmente, el Estudio de reestructuración de rutas de TPCU de Popayán (2.003), no realizó modelización propia, sino que partió de las mismas matrices obtenidas en el plan anterior para realizar una asignación de viajes a las rutas de transporte colectivo.

El primero de los planes citados parte de las matrices O-D observadas, y a partir de ellas deduce donde se dan las principales líneas de deseo entre zonas de la ciudad, suponiendo en consecuencia que ello se traduce en congestión sobre las líneas que las usan. Concluyen que el área central de la ciudad genera y atrae el 45% de los viajes de los automóviles particulares y que el sector norte genera y atrae el 25% de los viajes, estableciendo que la generación y atracción de viajes en vehículos particulares por los demás sectores es baja. Así mismo, obtienen que respecto a los taxis, es el área central de la ciudad la que más viajes genera y atrae con un 38% del total de los viajes, seguida por el sector norte con un 25% del total de viajes en este modo de transporte.¹⁰⁷

No se aplica un modelo de asignación de los viajes ni se referencian estudios de velocidades en los arcos (para determinar algoritmos de caminos mínimos), a pesar de ello, calculan la capacidad de las vías que conforman la red vial básica de la ciudad, pero no establecen cuál fue el procedimiento para obtener dichos valores, para luego compararlos con los volúmenes de tráfico proyectados.

Por cuanto se refiere al Plan vial y de transporte del Área Central, la metodología no fue más sofisticada. A partir de las matrices O-D, esta vez mejor diferenciadas por motivos de viaje y modos de transporte, determina las líneas de deseo entre zonas, pero no aplica formulación matemática ninguna para ajustar, y estimar a futuro, valores de la generación y la atracción de viajes que explicasen la movilidad desde y hacia el centro de la ciudad.

Sin embargo, sí se modeló el funcionamiento de la red de vías del área central de la ciudad con el fin de obtener un sistema de semaforización coordinado y controlado, para ello se usó el software TRANSYT (que permite simulaciones de comportamiento de la circulación), para lo cual se debió establecer un grafo con sus respectivos arcos, nodos y características. Es de

¹⁰⁶ "Plan Vial y de Transporte del Área Central de Popayán 1997- 2007". Ingeniería de Consulta Ltda. Documento 8. Modelación d el red. Popayán. Julio de 1997.

¹⁰⁷ "Plan Vial Urbano de Popayán. Informe Preliminar." COINCO Ltda. Ingenieros Consultores. Mayo de 1.984.

destacar que es la primera vez que se reporta la aplicación de un instrumental de simulación de circulación en tiempo real en las ciudades medias colombianas.

Se definen entonces las características de los arcos y nodos pertenecientes a la red, para lo cual toman las investigaciones realizadas en campo respecto a volúmenes vehiculares, velocidades en los arcos y tiempos de fase y desfase en cada intersección analizada.

Respecto a las velocidades en los arcos, y luego de realizar las mediciones correspondientes, el estudio concluye que la velocidad media de operación en dicho sector es relativamente baja, la cual se ve afectada en un alto porcentaje por el sistema de control de tráfico en las intersecciones, encontrándose además, que al comparar las velocidades medias de operación en diferentes corredores y direcciones, se presentan diferencias significativas, lo que lleva a identificar los patrones de movilización y los sitios neurálgicos.

5.3.6. Especificidades metodológicas del estudio de reestructuración de rutas del TPCU del 2003.

En este estudio, partiendo de las matrices O-D ya estimadas y con el fin de reestructurar el sistema de rutas de TPCU de la ciudad, se hace necesario el uso de modelos de asignación de viajes, para lo cual desarrollaron un modelo que llamaron RutasWin, que facilita la asignación de viajes a rutas mediante algoritmos.

El principio general del modelo es el de establecer los patrones espaciales y en el tiempo de las diversas variables, enmarcadas en una red de transporte, (nodos, arcos y rutas), que en conjunto conforman un Sistema de Información de la red de TPCU.

Este modelo fue implementado en Visual Basic 6, el software permite evaluar el sistema de TPCU y plantear alternativas de solución teniendo como base información primaria, las zonas que conforman la red y los indicadores básicos que permiten establecer las necesidades reales de movilización de los usuarios para cualquier periodo del día.

Los elementos básicos del sistema son:

- Zonificación del área de estudio.

- Determinación exacta de las zonas para la definición del centroide de cada una de ellas, teniendo en cuenta que en el centroide de cada zona es el centro de ésta en relación a la concentración poblacional de la misma.
- Establecimiento de los conectores, que son los nodos de la red de TPCU que se asignan a cada zona, teniendo en cuenta su centroide y su contorno, con el fin de garantizar la cobertura del servicio.
- Matriz OyD de los viajes de las personas en el sistema de TPCU.
- Clasificación de los vehículos de TPCU estableciendo su capacidad.
- Rutas actuales de TPCU diferenciadas según el tipo de vehículo que presta el servicio.
- Clasificación de los propósitos de los viajes realizados en el sistema de TPCU.
- Volúmenes de vehículos de TPCU por ruta.
- Índices de ocupación vehicular por ruta.
- Estudios de ascenso y descenso de pasajeros.
- Estudios de velocidad de operación y de demoras por ruta.
- Definición de los puntos de transferencia o trasbordo de cada ruta de TPCU.

Se definieron y evaluaron diferentes alternativas de rutas para la prestación del servicio, para lo cual primero analizaron la situación actual del sistema de rutas y luego realizaron modificaciones (por ejemplo, creación de nuevas rutas) con el fin de verificar su mayor o menor beneficio en la movilidad de las personas. En este estudio se analizaron y evaluaron cinco alternativas diferentes:

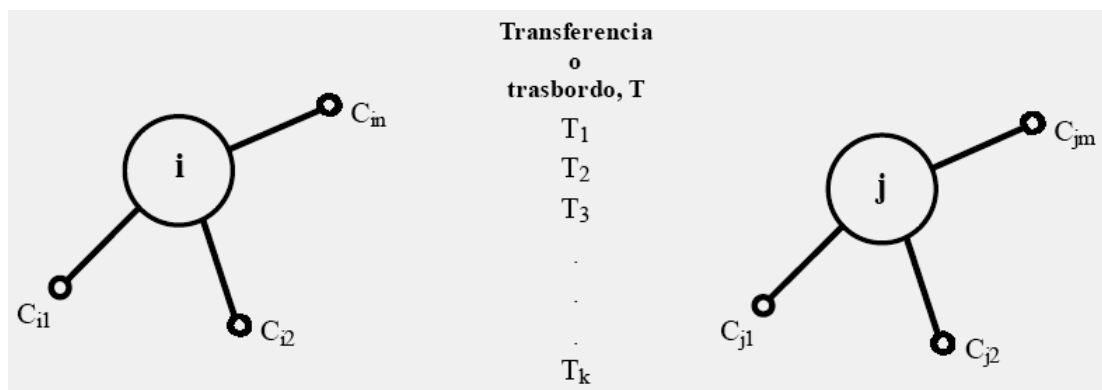
- Alternativa 0, A0 - Sistema actual de rutas: En total, el sistema actual de rutas considera 42 rutas de TPCU.
- Alternativa 1, A1 - Sistema actual de rutas mejorado: Luego de evaluar el sistema actual de rutas (Alternativa 0, A0), se procedió a la eliminación de las rutas que desde el punto de vista operacional no eran eficientes. Fueron consideradas 18 rutas de TPCU.
- Alternativa 2, A2 - Sistema actual de rutas reducido: Esta alternativa contempla varias de las rutas de la alternativa 0, A0, con modificaciones parciales del recorrido, en especial a su paso por el área central de la ciudad. Las rutas consideradas en esta alternativa se definieron después de estudiar la superposición de rutas, lo que permitió su reducción.
- Alternativa 3, A3 - Sistema de rutas radiales: Este sistema considera rutas entre el área central de Popayán y las distintas zonas de la periferia. La gran mayoría de rutas radiales

tiene una configuración circular en el área central y de lazo hacia la periferia. En total, esta alternativa consideró 22 rutas.

- Alternativa 4, A4 - Sistema de rutas radiales y diametrales: En esencia, esta alternativa toma la mayoría de rutas radiales de la alternativa 3, y agrega rutas diametrales que conectan los sectores orientales y occidentales de la ciudad. En total, esta alternativa considera 20 rutas.
- Alternativa 5, A5 - Sistema de rutas troncales y de rutas alimentadoras: Esta alternativa considera rutas a lo largo de los principales corredores de TPCU de la ciudad estableciendo 5 rutas troncales, y 12 rutas alimentadoras que cubren áreas específicas de la ciudad.

El modelo RutasWin permite la asignación de viajes a las rutas de la alternativa en consideración, el diseño de la operación de la ruta y el cálculo de indicadores para la evaluación de cada una de las rutas y de la alternativa estudiada como un todo. En general, para una situación entre dos zonas de transporte (Ver Figura 5.3.6.1.), se tiene lo siguiente:

Fig. 5.3.6.1. Relación general entre dos zonas de transporte.



Zona i, con conectores a la red de TPCU $C_{i1}, C_{i2}, \dots, C_{in}$
 Zona j, con conectores a la red de TPCU $C_{j1}, C_{j2}, \dots, C_{jm}$
 Puntos de transferencia o trasbordo, $T : T_1, T_2, \dots, T_k$.

Fuente: Estudio de reestructuración de rutas de Transporte Público Colectivo Urbano. Municipio de Popayán. INGENIERÍA DE CONSULTA Ltda. Junio 2003.

El Algoritmo básico de asignación de viajes de las personas a las rutas de una alternativa de sistemas de rutas contempla los siguientes pasos:

- Paso 1: seleccionar las rutas que viajan de $C_{i1}, C_{i2}, \dots, C_{in}$ a $C_{j1}, C_{j2}, \dots, C_{jm}$
- Paso 2: seleccionar las rutas que viajan de $C_{i1}, C_{i2}, \dots, C_{in}$, hacen trasbordo T_k y llegan a $C_{j1}, C_{j2}, \dots, C_{jm}$
- Paso 3: asignar probabilidades iniciales de selección de rutas en función de las longitudes de las rutas. En caso de trasbordos, la longitud se incrementa.
- Paso 4: para un período de tiempo dado, hallar el polígono de carga, inicial, de cada ruta.
- Paso 5: calculo de la frecuencia y el intervalo de cada ruta. Para el efecto es necesario asignar el tipo de vehículo a la ruta.
- Paso 6: recalcular la probabilidad, $p(r_i)$ en función del intervalo o frecuencia de la ruta.
- Paso 7: volver al paso 4 hasta cuando las frecuencias (intervalos) sean aproximadamente iguales.
- Paso 8: calculo del número de vehículos requeridos en la ruta, N .
- Paso 9: generación de reportes y estadísticas básicas de cada ruta y del sistema de rutas.
- Paso 10: repetir para el período siguiente.

En el caso de la ciudad de Popayán, el dimensionamiento de las rutas de las alternativas, se realizó teniendo en cuenta dos consideraciones: Contar en todo momento con la capacidad suficiente para atender la demanda de los usuarios y establecer una frecuencia mínima que mantenga el servicio.

Para el cálculo de la frecuencia, f , se usó la siguiente expresión:

$$f = \frac{P}{\alpha * C_V} ,$$

donde:	f	Frecuencia, en vehículos por hora
	α	Factor de ocupación
	P	Volumen de diseño, en número de pasajeros
	C_v	Capacidad del vehículo, en pasajeros/vehículo

α debe ser menor que la relación C_s/C_v , donde C_s es el número de sillas del vehículo. El α_{\min} es aproximadamente igual a la relación C_s/C_v y el α_{\max} es menor a 0,9.

Para el cálculo del intervalo, i , se usó la siguiente expresión:

$$i = \frac{60 * \alpha * C_V}{P}$$

Los valores recomendados para el intervalo son: 6, 7.5, 10, 12, 15, 20 y 30 min.

En la Tabla 5.3.6.1. se aprecian los principales indicadores de operación de las diferentes alternativas de rutas estudiadas.

Tabla 5.3.6.1. Resultados de Alternativas analizadas para el servicio de TPCU en el municipio de Popayán. 2.003.

	Alternativas Analizadas					
	A0	A1	A2	A3	A4	A5
Número de Rutas	42	18	18	22	20	5 Troncales, 12 Alimentadoras
Velocidad Promedio (Km./h)	43,7	40,6	40,8	39,0	40,2	41,9
Vehículos requeridos	268	223	223	144	180	159
Buses	20	115	115	84	96	108
Microbuses	248	108	108	60	84	51
Pasajeros movilizados	159.002	156.649	156.649	152.326	155.851	294.100
Distancia media de viaje (Km.)	8,00	8,15	8,15	6,41	7,17	4,62

Fuente: Elaboración Propia a partir del “Estudio de reestructuración de rutas de Transporte Público Colectivo Urbano”. Municipio de Popayán. INGENIERÍA DE CONSULTA Ltda.

Así mismo, al evaluar y comparar las diferentes alternativas, el estudio referencia lo siguiente:

- Todos los sistemas de rutas, desde la alternativa A0 hasta la A5, si se operan adecuadamente, son eficientes. El principal parámetro de operación para lograr dicha eficiencia es el número de vehículos requerido, por lo tanto, en la medida en que sostenga dicho número de vehículos, el sistema de rutas será adecuado.
- Para movilizar la demanda actual de viajes en TPCU se requieren máximo 225 vehículos, entre buses y microbuses.
- Con todas las alternativas de sistemas de rutas estudiadas se tiene una buena velocidad de operación: entre 39 y 44 Km./h., la cual se considera demasiado alta, si se comparase con datos de otras ciudades análogas.

- La alternativa que presenta las mejores características de operación es la Alternativa 5, troncales y alimentadoras, no obstante, debe estudiarse en más detalle y pensar en operarla a mediano o largo plazo.
- La Alternativa 4, rutas radiales y algunas diametrales, se muestra como la más adecuada para poner en operación en el corto plazo. Esta alternativa considera rutas entre el área central de Popayán y las distintas zonas de la periferia, con rutas radiales hacia el área central y de lazo hacia la periferia. A las rutas radiales se agregan rutas diametrales que conectan los sectores orientales de la ciudad con los sectores occidentales.

5.3.7. Correspondencia entre la diagnosis efectuada y el programa de intervenciones.

La situación actual de la movilidad de las personas en la ciudad, se ve reflejada en los resultados obtenidos en los estudios anteriormente analizados, de los cuales se vislumbra que actualmente, uno de los mayores problemas se presenta en el sector céntrico de la ciudad, por el cual cruzan la mayoría de las rutas de TPCU, lo que está generando congestión, procesos acelerados de contaminación atmosférica y auditiva, deterioro de las vías y elevados niveles de estrés, a lo anterior, se debe sumar el alto volumen de vehículos particulares que llegan a la zona e invaden el espacio público dada la carencia de espacios adecuados para su estacionamiento y la alta movilidad peatonal en las calles periféricas e internas de la zona.

Se tiene entonces que el área de la ciudad que presenta el mayor problema de congestión, que por una parte es ocasionado por el servicio de TPCU, está localizado en el perímetro del sector central y a lo largo de las Carreras 3 y 4 y las Calles 7 y 8, ya que las vías de esta zona soportan en una u otra forma casi el 100% de las rutas existentes en la ciudad. Lo cual se agrava con el deficiente control del tránsito en las intersecciones en el período de horas pico.

Por otro lado, el POT afirma que existe una desarticulación e insuficiencia vial que genera la existencia de una sola vía para comunicar la ciudad en el sentido Norte – Sur y Centro – Occidente, lo cual ocasiona dificultades de accesibilidad desde y hacia algunas zonas de la ciudad, conllevando a un aumento tanto de los costos como de los tiempos de desplazamiento y deterioro del espacio público. Teniendo que la mayoría de los desplazamientos de las personas tiene como destino el centro de la ciudad, dadas las

características socioeconómicas de la zona, convierte a la ciudad en una ciudad monocéntrica, en la cual el volumen de tráfico a lo largo del día presenta tres períodos pico marcados y característicos de todas las ciudades medias, en donde las personas acostumbran desplazarse a la hora de la comida hasta sus hogares y luego regresar al trabajo al comienzo de la tarde, para finalmente al finalizar la jornada laboral regresar a sus hogares.

Actualmente, el sector urbano tiene un total de 302 Km. de vías, de las cuales el 74,48% (234 Km.) se encuentran en pavimento, el 13,91% (42 Km.) se encuentran en afirmado y el 8,61% (26 Km.) se encuentran sin ninguna superficie de rodadura (destapada); respecto al estado de la superficie de rodadura el 33% se encuentra en regular y mal estado, consecuencia de la mala calidad de los materiales utilizados.

A pesar de no contarse con datos actuales sobre la movilidad en vehículo particular, se tiene que la movilidad en servicio de TPCU ha rebajado en los últimos años, teniendo que para el año 1.997 se realizaron 193.998 viajes y para el año 2.003, 159.972 viajes, lo que representa una disminución de un poco más del 20%, situación que lleva a pensar, primero, o se esta incentivando el uso del vehículo particular ó, segundo, el servicio de TPCU posee una operación tan deficiente que no motiva su uso por parte de la comunidad.

Actualmente existe una sobreoferta de TPCU de aproximadamente el 50%, lo que significa que la sobreoferta de vehículos ha aumentado más del 50% en 6 años, según el estudio de reestructuración de rutas. Dicha sobreoferta conlleva a una disminución del número de pasajeros movilizadas por vehículo, del índice de pasajeros por kilómetro (IPK) y del porcentaje de ocupación vehicular (40% en la actualidad), no obstante, las velocidades de operación de los vehículos han aumentado en los últimos años (22,5 Km./h para los buses y 31,3 Km./h para los microbuses, actualmente), así como el número de kilómetros de la red, que paso de 72 Km. a 135 Km. en el período comprendido entre 1.997 y 2.003.

Respecto a los taxis, la ciudad cuenta con un parque automotor de 1038 vehículos, teniendo que en promedio las personas realizan 45.000 viajes diarios en este modo de transporte. Se destaca que el Período de mayor demanda se presenta entre las 6:30 y las 8:30 horas, y la fluctuación diaria del servicio presenta solo dos picos en el día, uno en la mañana y otro al finalizar la tarde.

Los viajes con origen el Norte de la ciudad y destino al centro, y viajes dentro del mismo centro son los de mayor demanda. En segundo plano se destacan los viajes desde el occidente al centro y es escasa la demanda de viajes con origen en el oriente de la ciudad, por otro lado, se advierte la alta demanda de viajes con destino a las galerías comerciales (Bolívar y Esmeralda), al Seguro Social, y supermercados de cadena.

Adicionalmente, en la infraestructura vial de la ciudad se hace notoria la inadecuada señalización, la falta de cultura ciudadana frente a las normas de tránsito sumando a ello la evidente falta de autoridad para el control del transporte público y privado, lo que ha llevado a generar importantes problemas de accidentalidad en algunos sectores, teniendo como los más críticos la intersección de las calles 25 N con 6 y , la calles 4 y 5 con Cras 11 y 17, la Cll. 13 con la Av. Panamericana y la intersección de la Cll. 5 con la Variante Panamericana.

Por último, vale la pena mencionar que actualmente se presentan un problema respecto al control de circulación de los vehículos de TPCU, en donde el empleo de controlador de despachos o de ruta se esta realizando de una manera informal, lo que ha aumentado la desorganización de este servicio público. Es así como un periódico local informa la situación:

“Los jóvenes y niños, quienes de manera informal ejercen el control de frecuencias de buses y colectivos de transporte público urbano en Popayán, son un problema creciente que comienza a reflejarse en inconvenientes en el tránsito y en la puesta en riesgo de la seguridad de quienes ejercen este oficio, sin garantía alguna para su seguridad personal, todo por unas cuantas monedas que reciben de vez en cuando de los conductores, a cambio de revelarles información sobre atrasos o invasión de rutas... aunque se trata de controles que son necesarios para las empresas y que efectivamente deben tener, esta labor debe cumplirse en condiciones técnicas y de seguridad adecuadas y no de la manera informal en que viene haciéndose”¹⁰⁸

En el estudio del Plan Vial Urbano de 1984, la expansión de las matrices se efectuó aplicando el método del factor de crecimiento, lo que supone que la distribución de viajes en el futuro será similar a la distribución de los viajes actuales, viéndose afectada tan sólo por los valores que representan el crecimiento previsto para las diferentes zonas que componen el área de

¹⁰⁸ Periódico El Liberal. Artículo “Se requieren correctivos: Controladores informales, un inconveniente para la movilidad”. Popayán, lunes 2 de octubre de 2006. <http://www.colombiavirtual.com/elliberal/lunes/titulares/index.htm>

estudio; en este estudio se determinó que todas las zonas poseían un factor de crecimiento uniforme.¹⁰⁹

Por otro lado, el estudio consideró que no era aconsejable introducir variaciones en los factores de ocupación de los vehículos, lo cual sustentan por la carencia de estadísticas que permitiesen adoptar criterios razonables para los casos en los cuales podría presumirse que ocurrirían cambios en el futuro.

Respecto a los indicadores de crecimiento, el estudio refiere que es difícil establecer una correlación entre el crecimiento del tránsito y algunos de los parámetros que deberían estar relacionados con éste, debido a la falta de datos estadísticos; dado lo anterior, y luego de analizar las tasas de crecimiento de la población, del parque automotor y la tasa de crecimiento histórica del tránsito en algunos de los tramos de la red vial de la ciudad, se llegó a la determinación de adoptar como tasa del crecimiento futuro del tráfico en las vías urbanas de la ciudad de Popayán un 5% anual para el período comprendido entre 1.984 y 1.990 y una tasa del 4% anual para el período comprendido entre 1.991 y el año 2.000.¹¹⁰

Es así como en el estudio se obtienen los volúmenes de tránsito a partir de las matrices expandidas para el final de cada horizonte (1990, 1995 y 2000); los volúmenes referidos son los correspondientes a la hora pico, para cada tramo de la red vial y medidos en unidades de vehículos de pasajeros, así mismo, realizan la comparación de la capacidad máxima de las vías, lo que permite establecer si algún tramo de la red vial está próximo a la saturación.

En el estudio del Plan vial y de transporte del área central de Popayán de 1.997 se realizó una proyección del tráfico, con simple aplicación de una tasa del 2% anual para el crecimiento del flujo vehicular, con miras a realizar la evaluación económica de las mejoras propuestas para el área de estudio (área central de la ciudad).

Dado lo anterior, a pesar de tratarse de un plan vial de un área específica de la ciudad con vigencia de 10 años, se puede decir que su principal objetivo es la modelación de un sistema semaforizado para dicha área y evaluar la financiación del programa de coordinación escogido, aunque también se proponen ciertas mejoras estructurales en algunas vías del área estudiada. Las propuestas abarcan diferentes programas de intervención que se desarrollan diferentes aspectos constructivos, de mejoramiento, de intervención institucional,

¹⁰⁹ "Plan Vial Urbano de Popayán. Informe Preliminar." COINCO Ltda. Ingenieros Consultores. Mayo de 1.984.

¹¹⁰ Ídem.

etc., no obstante, para efectos de la presente investigación, sólo se mencionarán los programas que intervengan directamente sobre las características de movilidad de la población.

Un primer programa comprende el mejoramiento de las vías arterias principales, secundarias y las vías colectoras, el mejoramiento puede consistir en todas o algunas de las siguientes actividades: adecuación y pavimentación de las calzadas de servicio, levantamiento y reconstrucción total del pavimento, construcción de una capa de rodadura sobre el pavimento existente, iluminación y drenaje de la vía. También, actividades de mantenimiento y conservación, tales como limpieza de sumideros y demás elementos necesarios para el adecuado drenaje superficial, revisión de la iluminación, revisión del sistema de control del tránsito, demarcación y señalización de las vías, limpieza general de las zonas verdes, separadores y demás elementos de las vías.

Se estableció intervenir sobre tres vías arterias principales, con horizonte a mediano plazo, no obstante, al estudiar el documento se aprecia que se proponen ejecutar estas intervenciones entre los años 2.003 y 2.009, conociendo de antemano que el plan vial se supone está estudiado hasta el año 2.007; las vías a intervenir son: Cra.17 entre Cll.2 (Av. Mosquera) y Cll.13, Cll.13 entre Cra.17 y Cra.3 y Av. Mosquera (Cra.6) entre Cra.17 y Cll.15 Norte. Cinco vías arterias secundarias, en corto y mediano plazo, las cuales son: Calle 1 Norte (Av. Vásquez Cobo) entre Cra.3 y Cra.6, Cll.8 entre Cra.3 y Cra.17, Cra.3 entre Cll.1 Norte (Av. Vásquez Cobo) y Cll.13, Cra.4 entre Cll.1 Norte (Av. Vásquez Cobo) y Cll.13 y Cra.11 entre Cll.2 (Av. Mosquera) y Cll.13. Además, se propone la intervención sobre siete vías colectoras y cuatro vías marginales paisajísticas, con horizontes a corto y mediano plazo.

Por otro lado, otro programa que se propone es la conformación de vías semipeatonales en el Sector Histórico, las cuales junto con otras vías vehiculares circundantes, proporcionarían una adecuada infraestructura para la movilidad general.

El programa de semaforización, el cual posee horizontes entre corto y mediano plazo, se encuentra compuesto por tres grupos de proyectos, que son: Proyecto interconectado del Sector Histórico, con control centralizado; Proyectos de semaforización de intersecciones aisladas, casi todas ubicadas en el perímetro del Área Central de Popayán, con los cuales se busca mejorar la comunicación de ésta con el resto de la ciudad y Mejoramiento de las intersecciones actualmente semaforizadas.

Respecto al Transporte público, el estudio relaciona como medidas a emprender en el corto plazo las siguientes: Establecimiento de corredores de transporte público colectivo, acompañado de la reestructuración de rutas dentro del Área Central de Popayán; Prohibición total y control riguroso de cumplimiento de la medida, de la circulación de vehículos de TPCU por vías diferentes a las definidas como corredores; Adecuación de andenes y paraderos de buses y microbuses a lo largo de cada uno de los corredores de TPCU; Descongestión del Sector Histórico impidiendo que rutas de TPCU puedan atravesarlo; Educación a los usuarios y a los conductores de vehículos de transporte público.

Finalmente, el Estudio de reestructuración de rutas de TPCU de Popayán solo tiene por objeto propuestas sobre el sistema de TPCU, las cuales se encuentran enmarcadas dentro del Plan de Reestructuración de Rutas de Transporte Público, cuyo objetivo principal se centra en dotar a la administración municipal con un conjunto de acciones a ser aplicadas en dicho sistema.

Se resalta que el objetivo central del estudio está relacionado con las rutas de TPCU de la ciudad de Popayán, no obstante, se realizan propuestas relacionadas con otros aspectos del TPCU por ser consideradas fundamentales para la adecuada operación de un sistema de rutas. En las Figuras 5.3.7.1. y 5.3.7.2., se aprecian los Volúmenes de pasajeros y volúmenes de vehículos de TPCU diarios, según los datos reportados en el informe.

Respecto a la reestructuración de rutas, las acciones propuestas son: Realizar los diseños y estudios definitivos de los corredores de TPCU del área central de la ciudad; Implementar un sistema de corredores troncales y alimentadoras, similar al de la Alternativa 5, el cual se propone estudiar más en detalle y poner en operación en el mediano o largo plazo, de acuerdo con el crecimiento de la demanda de viajes en transporte público; Estudiar la señalización y demarcación de la red TPCU, con cobertura de toda la ciudad. Así mismo, se propone la rehabilitación (pavimentación y/o mantenimiento) de todas las vías por las que circulan vehículos de TPCU, as que en conjunto suman 135 Km.

También hay que dejar constancia de que el Plan de Ordenamiento Territorial propone una serie de proyectos nuevos, modificaciones en los perfiles viales, perfiles que constituyen una herramienta necesaria para que las curadurías urbanas al otorgar paramentos hagan respetar los corredores necesarios para la futura construcción de las vías.

Fig. 5.3.7.1. Volumen de pasajeros en TPCU diarios (12 horas), entre 6:00 y 20:00.

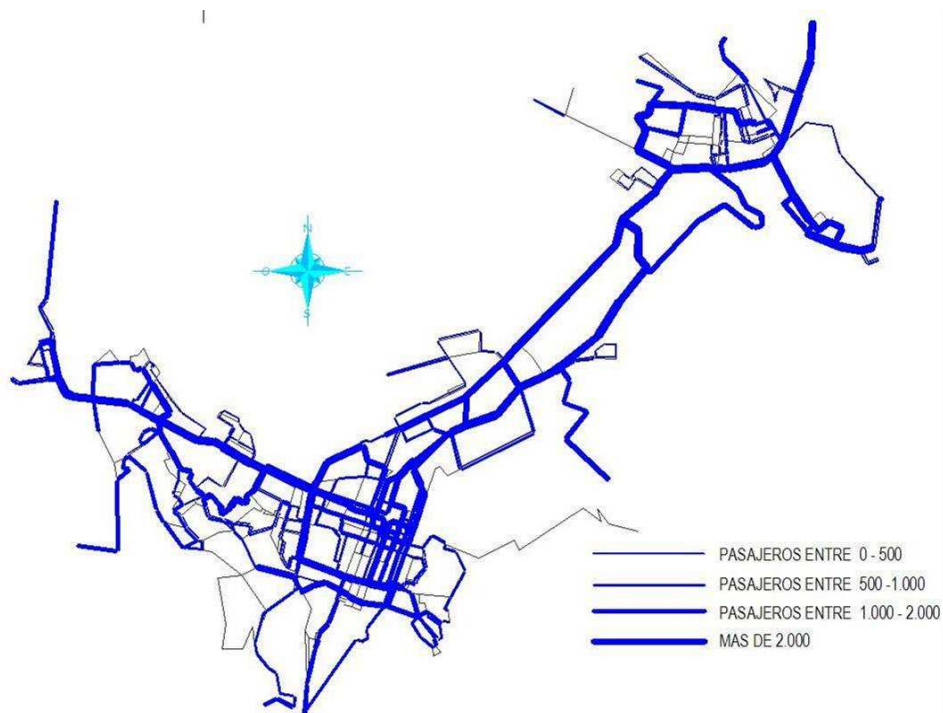
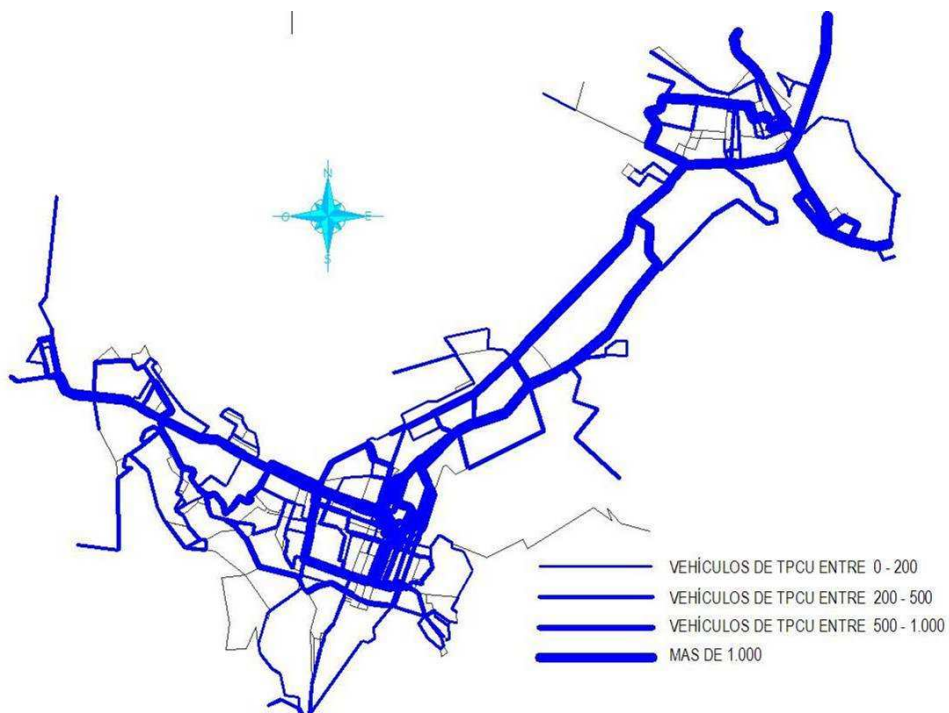


Fig. 5.3.7.2. Volumen de vehículos de TPCU diarios (12 horas), entre 6:00 y 20:00.



Fuente: Elaboración Propia a partir de “Estudio de reestructuración de rutas de Transporte Público Colectivo Urbano”. Municipio de Popayán. INGENIERÍA DE CONSULTA Ltda.

Se tiene entonces, que respecto a la infraestructura vial y respecto a la movilidad en general, se tiene propuesto llevar a cabo los siguientes programas, planes y proyectos:

Programas:

- Peatonalización y/o Semipeatonalización de vías en el Centro Histórico.
- Programa de recuperación y construcción de andenes.
- Determinaciones sobre transporte de carga y horarios para cargue y descargue.
- Plan de conservación del Patrimonio Vial Municipal (PROVIAL).
- Estudio y solución de glorietas. Señalización vial urbana y rural.
- Programa de implementación de los Guardas de Tránsito.
- Continuación del programa placa y orden. Reestructuración de rutas de transporte público.
- Implementación de paraderos de transporte público.
- Corredores viales en zonas no consolidadas del área urbana y zonas de expansión.
- Corredores peatonales de acuerdo con el plan de espacio público.

Planes de Mejoramiento:

- Mejoramiento de la circunvalar de occidente y de las calles 4 y 5 a partir de la carrera 17.
- Mejoramiento de la vía que conduce a Yanaconas y de las calles 69N, 71N y 72N.
- Mejoramiento y semaforización de la intersección de la calle 27N con carrera 6.
- Recuperación del corredor férreo Cali-Popayán.
- Mejoramiento de la comunicación interveredal del Municipio de Popayán.

Planes de Construcción:

- Prolongación de las carreras 3 y 4 entre calles 5N y 15N.
- Recuperación y construcción de la calzada lenta en la Av. Panamericana.
- Estudio de factibilidad de la calle 35N entre carrera 6 y Av. Panamericana.
- Construcción corredor vial Centro-Norte-Occidente.
- Diseño y construcción vía alterna al puente viejo de Cauca.
- Diseño y construcción de vía de empalme entre Balcón del Norte y la Trnsv. 9.
- Construcción de la vía que conectará Barrio Villa del Norte con la Vereda Gonzáles
- Construcción de andenes sobre la vía que une Vereda Gonzáles con Comfamiliar.
- Diseño y construcción de vías lentas, paralelas a la carretera Panamericana.

Planes de Ampliación:

- Ampliación de la calle 15N entre carreras 2 y 6.
- Ampliación de la carrera 11 entre calles 4 y 5.
- Ampliación calle 15, 1ra etapa H.S.L.V., con Autopista Panamericana. 2da etapa H.S.L.V., con la Variante Panamericana.
- Ampliación calle 65N entre carrera 10 y Carretera Variante Panamericana.
- Ampliación de la carrera 6 a entre calles 7N y 15N.
- Ampliación de la calle 13 entre carreras 9 y anillo vial oriente
- Ampliación de la carrera 17 entre la carretera Panamericana y la calle 65N.
- Ampliación de la transversal novena (vía al Bosque).
- Ampliación de la calle 60N a partir de la transversal novena.

Así pues, de forma general, la programación de los proyectos propuestos sobre el sistema de movilidad de la ciudad, sean de corto o largo plazo son:

- Corredores peatonales: Proyecto de mejoramiento del espacio vial como una respuesta a la circulación peatonal. Este proyecto está incluido en el Plan Vial a corto plazo.
- Vías, Separadores, Glorietas: Mejoramiento de la calidad de los componentes del espacio público vial, para que respondan a las necesidades de los peatones, en especial en las intersecciones viales donde no existe continuidad de los andenes. Proyecto a largo plazo.
- Ciclo vías: Estructuración de la ciclo vía de oriente en la antigua vía férrea, articulada con nodos urbanos como el Centro recreativo Pisojé, El parque Yambitará, El Estadio Ciro López y el Coliseo La Estancia.
- Puentes: Mejoramiento del espacio del Puente antiguo sobre el Río Cauca, proyecto a largo plazo. Puentes sobre los ríos urbanos y en lugares con alta influencia peatonal, en coordinación con el proyecto de corredores verdes. Proyecto a mediano y largo plazo.

5.4. ANALISIS DE CASOS: ARMENIA.

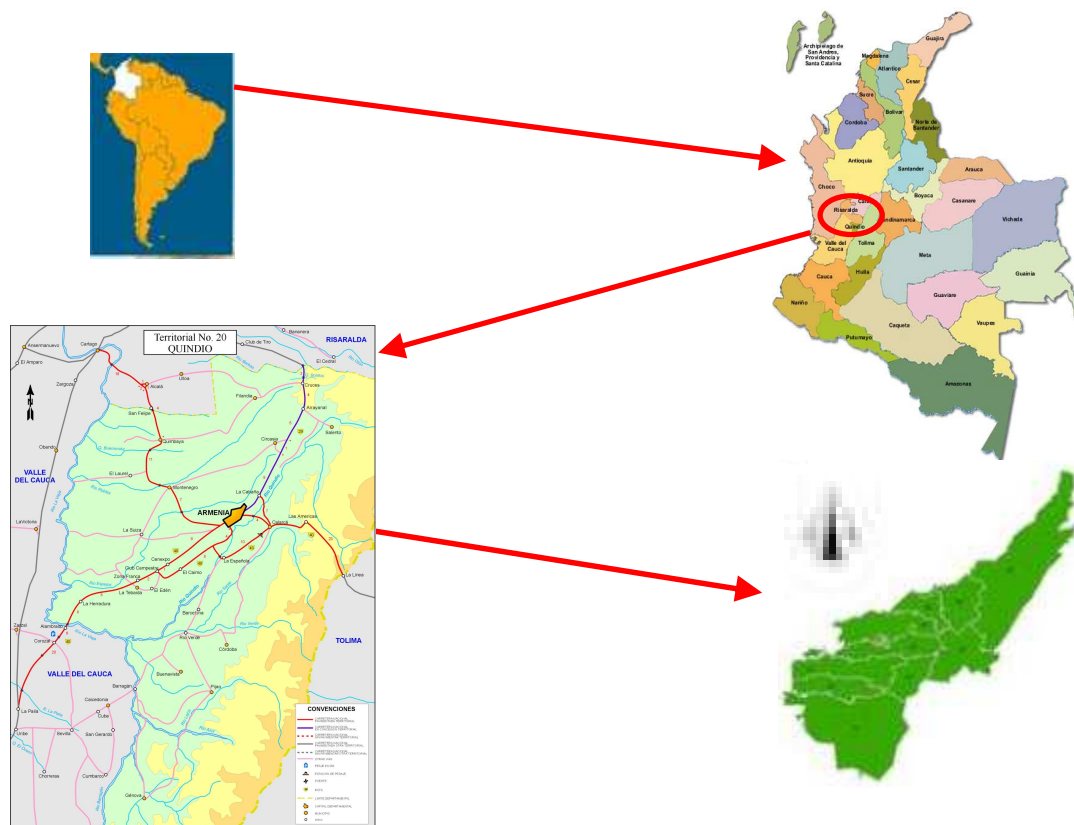
5.4.1. Descripción general.

Armenia, Capital del Departamento del Quindío, fundado el 14 de Octubre de 1.889, se encuentra ubicado en el centro geográfico del Departamento, a los 4° 32' de latitud Norte y a 75°41' de longitud Oeste, con relación al meridiano de Greenwich; limita por el Norte con el

Municipio de Circasia, por le Este con Calarcá, por el Oeste con Montenegro, por el Sur con Tebaida, por el Noreste con Salento.

El Municipio de Armenia se halla a una altura de 1.438 m.s.n.m, su clima va de tropical húmedo a tropical semihúmedo, de régimen térmico templado y temperatura promedio de 22 a 19 °C; presenta una humedad relativa promedio de 78,39%. En la Figura 5.4.1.1. se aprecia la ubicación geográfica del municipio respecto al territorio.

Fig. 5.4.1.1. Ubicación de la ciudad de Armenia.



Fuente: Elaboración Propia. Octubre 2006.

Éste se encuentra ubicado sobre fallas geológicas que cruzan o están próximas a la ciudad, se reconocen como probables estructuras generadoras de sismos los sistemas de fallas del Cauca y Romeral, y las fallas de Ibagué y Palestina. En el sector de Armenia hay registros de actividad sísmica que pueden estar relacionados a las fallas de Armenia, Montenegro y Aeropuerto, pertenecientes al sistema de fallas de Romeral. Estas fallas han presentado alta

actividad en algunas épocas, lo que provoca al igual que en la ciudad de Popayán, cierta cantidad de sismos que sacuden la zona urbana del municipio, los últimos sismos de grandes magnitudes se presentaron en los años de 1.983 y 1.999. Se presume este último sismo ocurrido en la región, pudo alterar las proyecciones de la investigación de origen y destino¹¹¹, realizada en el año de 1.995, cambiando la movilidad en la región.

5.4.2. Crecimiento poblacional. Evolución y perspectivas.

La ciudad ha mostrado un desarrollo urbanístico longitudinal dirección Norte - Sur con ejes principales sobre las Carreras 18, 19 y Av. Bolívar, y sus Calles trazadas ortogonales a estas, en sentido Noroccidente, lo que creó un patrón de cuadrícula, estilo damero, característico de nuestras ciudades. Así mismo, es también notorio el desordenado crecimiento urbano de ésta, dada la deficiente planeación de zonas comerciales, escolares e industriales.

“A excepción del centro de la ciudad que presenta una estructura reticular, el resto de la ciudad presenta una conformación orgánica que principalmente en su parte Sur-Occidental está compuesta por ramales desconectados entre sí, y constituidos por vías colectoras y arterias secundarias, siendo éstas las únicas vías de acceso al sector.”¹¹²

“A causa de la estructura urbana de la ciudad, los usuarios de las vías tienen mínimas opciones para desplazarse de un lugar a otro de la ciudad y debido a este fenómeno, el comportamiento del conductor presenta un rango alto de cotidianidad, lo que muestra una rutina que se refleja en la utilización de las vías en forma muy marcada.”¹¹³

Respecto a la población del Municipio de Armenia, se tienen algunas series y proyecciones encontradas en los Planes viales estudiados y en los datos registrados por el DANE en su página web, que muestran marcadas diferencias entre sí. En la Figura 5.4.2.1., se aprecian las diferentes series y proyecciones a las que se hace referencia.

En dicha Figura, se aprecian las líneas de tendencia de tres proyecciones de población para la ciudad, a saber: la línea azul es tendencia de la proyección que presenta el Plan Vial de 1995, según datos de proyección del DANE hasta el año 1.996; la línea roja es la tendencia

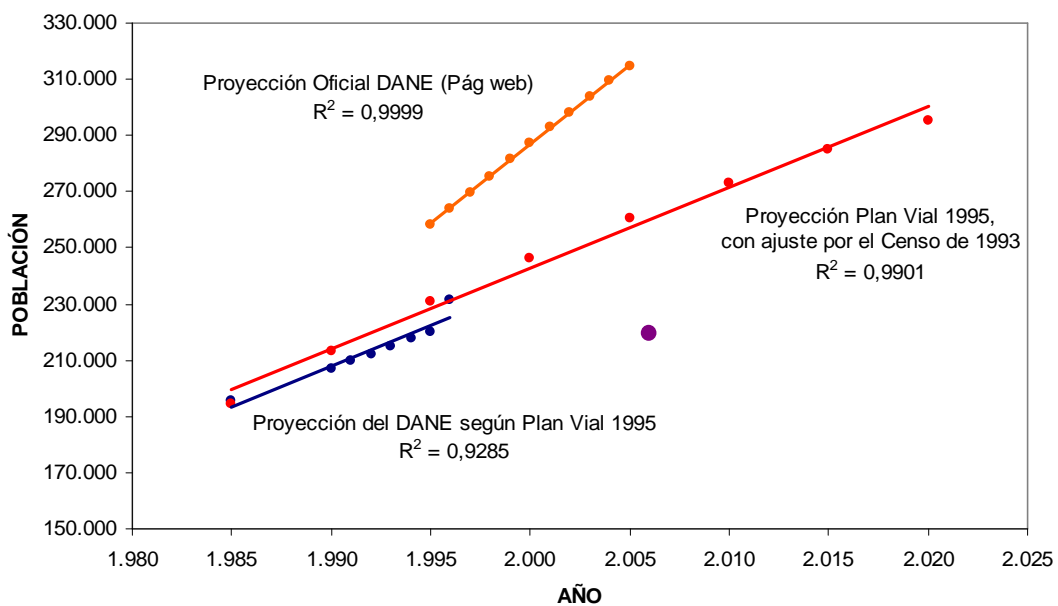
¹¹¹ “Actualización del Plan Vial de Tránsito y Transporte del Municipio de Armenia. Fase I.” Estudio de Origen y Destino. Documento 01. Universidad del Quindío. Facultad de Ingeniería. Armenia, Junio de 2006.

¹¹² Estudio del Plan Vial y de Transportes para la ciudad de Armenia - Fase I.” Estudio de Velocidad y retardo en la Red Vial Básica. Documento 07. Universidad del Quindío. Facultad de Ingeniería. Armenia, Julio de 1995.

¹¹³ Estudio del Plan Vial y de Transportes para la ciudad de Armenia - Fase I.” Volúmenes Vehiculares. Documento 06. Universidad del Quindío. Facultad de Ingeniería. Armenia, Julio de 1995.

de la proyección, presentada también en el Plan Vial de 1995, calculada a partir de datos del DANE pero con ajuste por el Censo de 1993, en la cual se proyectan los valores de población hasta el año 2020; la línea naranja es la tendencia que presentan los datos obtenidos directamente de la página Web del DANE (09/10/06) y el punto magenta es el valor de la población que referencia el estudio de origen y destino del año 2006, 218.446 hab.¹¹⁴

Fig. 5.4.2.1. Series y Proyecciones de población en la ciudad de Armenia.



Fuente: Elaboración Propia a partir de: “Estudio del Plan Vial y de Transportes para la ciudad de Armenia - Fase I.” Aspectos Generales del municipio de Armenia. 2.006.

Al comparar las líneas de tendencia y los datos en general, se aprecia una semejanza entre las líneas de tendencia azul y roja, las cuales pertenecen al mismo estudio (Plan Vial de 1995), poseen buenos coeficientes de correlación y son prácticamente paralelas; no obstante si se aprecia una diferencia notable respecto a la línea de tendencia naranja, que ha sido obtenida de datos oficiales del DANE y que posee un mejor coeficiente de correlación que las dos líneas de tendencia anteriores.

Es interesante observar el dato de población que fue obtenido en el estudio de origen destino del año 2006, el cual difiere en casi 100.000 habitantes con el dato de proyección reportado

¹¹⁴ Actualización del Plan Vial de Transito y Transporte del Municipio de Armenia. Fase I. Estudio de Origen y Destino. Universidad del Quindío. Facultad de Ingeniería. Armenia, Junio de 2006.

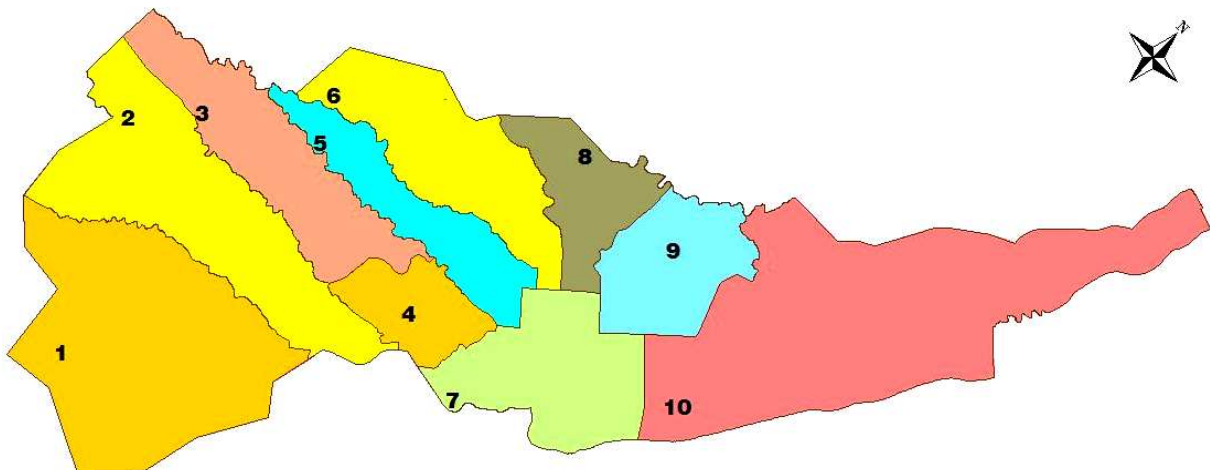
en la página oficial del DANE, así mismo este dato difiere en casi 50.000 habitantes con las proyecciones realizadas en el año 1.995.

Por otro lado, según los datos del DANE, el porcentaje de población rural del municipio ha venido rebajando al pasar de los años, indicando que entre 1995 y el 2006, la población rural disminuyó de 2,96% a 2,10% del total de población del municipio, dicho comportamiento ratifica la tendencia que señala que cada vez más la participación de la población en la zona urbana del municipio es mayor, consecuencia del fenómeno de migración.

Ahora bien, la extensión total del municipio¹¹⁵, es de 12.133 Ha, de las cuales 2.253 Ha corresponden al área urbana y 9.880 Ha al área rural. La zona urbana del municipio se encuentra dividida en 10 Comunas.

En la Figura 5.4.2.2. se aprecia la distribución geográfica de las comunas y en la Tabla 5.4.2.1., se aprecian las superficies que cada comuna abarca dentro de la zona urbana del municipio, mostrando los valores de población.

Fig. 5.4.2.2. División por comunas de la zona urbana del municipio de Armenia.



Fuente: Elaboración propia a partir del estudio “Actualización del Plan Vial de Transito y Transporte del Municipio de Armenia. Fase 0.” Infraestructura Vial y de Intersecciones. Universidad del Quindío. 2.006.

¹¹⁵ “Estudio del Plan Vial y de Transportes para la ciudad de Armenia - Fase I.” Aspectos Generales del Municipio de Armenia. Documento 01. Universidad del Quindío. Facultad de Ingeniería. Armenia, julio de 1995. Cáp. 1.1.2. Extensión Municipal. Pág. 6.

Tabla 5.4.2.1. Áreas de expansión en el municipio de Armenia, años 1.995 y 2.005.

COMUNAS		Plan Vial 1995 AREA (Ha.)	Plan Vial 2005 Área (Ha)	Variacion
1	Centenario	551,00	409,40	-34,59%
2	Rufino José Cuervo	139,00	313,90	55,72%
3	Alfonso López	162,00	200,40	19,16%
4	Francisco de Paula Santander	112,00	87,40	-28,15%
5	El Bosque	137,00	132,10	-3,71%
6	San José	212,00	205,00	-3,41%
7	Cafetero	177,00	194,70	9,09%
8	Libertadores	104,00	110,20	5,63%
9	Los Fundadores	150,00	139,00	-7,91%
10	Quimbaya	568,00	568,80	0,14%
Total		2.312,00	2.360,90	2,07%

Fuente: Elaboración Propia a partir de: “Estudio del Plan Vial y de Transportes para la ciudad de Armenia - Fase I.” Aspectos Generales del municipio de Armenia. 2.006.

Al analizar la Tabla 5.4.2.1., se observa que según los datos reportados por ambos Planes Viales, hay diferencias significativas en las áreas de algunas de las comunas, diferencias que pueden obedecer a cambios en la zonificación o división política de la ciudad entre ambos años, ya que la diferencia en el total de área cubierta por todas las comunas es poca (2,07%); se tiene entonces que las comunas que han variado en mayor proporción su extensión son las comunas 2, 1, 4 y 3 en dicho orden, ya sea por aumento o disminución de ésta.

Así mismo, se resalta la diferencia (poca) que existe entre el valor de la extensión total de la zona urbana del municipio reportada inicialmente en el plan vial de 1995 y la sumatoria de las áreas de las comunas reportadas en el mismo documento, lo cual lleva a presumir en que existen ciertas inconsistencias en datos tan significativos como éstos.

5.4.3. Planes de transporte urbano elaborados para la ciudad.

Para el análisis de los instrumentos de Planificación usados, se han podido obtener los siguientes estudios referidos al municipio de Armenia:

- Diagnóstico Vial del Municipio de Armenia. Alcaldía de Armenia. Ing. Henry López V. Armenia, Diciembre de 1.994.
- Estudio del Plan Vial y de Transportes para la ciudad de Armenia - Fase I. Universidad del Quindío. Facultad de Ingeniería. Armenia, Julio - Agosto de 1.995.
- Estudio del Plan Vial de Transporte para la ciudad de Armenia. Fase II. Universidad del Quindío. Facultad de Ingeniería. Armenia, Diciembre de 1.995.
- Actualización del Plan Vial de Transito y Transporte del Municipio de Armenia. Fase 0. Infraestructura Vial y de Intersecciones. Universidad del Quindío. Facultad de Ingeniería. Armenia, Junio de 2.006.
- Actualización del Plan Vial de Transito y Transporte del Municipio de Armenia. Fase I. Estudio de Origen y Destino. Universidad del Quindío. Facultad de Ingeniería. Armenia, Junio de 2.006.
- Actualización del Plan Vial de Transito y Transporte del Municipio de Armenia. Fase I. Estudio de Terminales. Documento 02. Universidad del Quindío. Facultad de Ingeniería. Armenia, Junio de 2.006.
- Evaluación y Definición de las necesidades de equipamientos urbanos para el manejo de carga y los desplazamientos rurales de la ciudad de Armenia y su área rural. Informe Final. Etapa I: Planeación, ejecución y resultados de la toma de información de la Matriz Origen - Destino de la zona rural del municipio de Armenia y la Matriz de transporte de carga del municipio. Proyecto Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD COL00043970. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Bogota 31 de mayo de 2.006.
- Evaluación y Definición de las necesidades de equipamientos urbanos para el manejo de carga y los desplazamientos rurales de la ciudad de Armenia y su área rural. Informe Final. Etapa II: Elaboración del Diagnóstico del Sistema de Movilidad del Municipio de Armenia. Informe N°3. Proyecto Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD COL00043970. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Bogota 15 de julio de 2.006.
- Evaluación y Definición de las necesidades de equipamientos urbanos para el manejo de carga y los desplazamientos rurales de la ciudad de Armenia y su área rural. Informe Final. Etapa III: formulación de propuestas de mejoramiento del sistema de movilidad de la ciudad de armenia. Proyecto Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD COL00043970. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Bogota 3 de noviembre de 2.006.

5.4.4. Datos de enmarcamiento de la movilidad urbana y del transporte, extraídos de esos documentos.

El Plan Vial Urbano de Armenia (1.995), con la finalidad de obtener las matrices de viajes OyD, se realizaron encuestas domiciliarias en hogares previamente seleccionados, que representasen todos los estratos sociales.

Para tal efecto, se estableció que la población (estadística) del estudio estaría conformada por personas de cómo mínimo cinco (5) años de edad y que residiesen en viviendas no institucionales.

En la Tabla 5.4.4.1., se aprecian datos relacionados con el número total de encuestas realizadas en los municipios que abarca la zona de estudio.

Tabla 5.4.4.1. Relación de población y predios urbanos encuestados, año 1.995.

MUNICIPIO	POBLACION CABECERA	POBLACION URBANA ENCUESTADA	% POBLACIÓN URBANA ENCUESTADA	Nº PREDIOS URBANOS	ENCUESTAS TOTALES REALIZADAS	%PREDIOS URBANOS ENCUESTA
Armenia	211.277	15.855	7,50%	40.576	4.388	10,81%
Calarcá	41.075	2.991	7,28%	8.918	937	10,51%
La Tebaida	16.487	1.670	10,13%	4.474	441	9,86%
Montenegro	21.887	2.074	9,48%	5.932	576	9,71%
Circasia	9.181	1.597	17,39%	4.111	436	10,61%
TOTAL	299.907	24.187	8,06%	64.011	6.778	10,59%

Fuente: Elaboración Propia a partir de: “Estudio del Plan Vial y de Transportes para la ciudad de Armenia - Fase I.” Origen y Destino. Documento 13. Universidad del Quindío. Facultad de Ingeniería. Armenia, Agosto de 1.995.

Del procesamiento de la encuesta general, el estudio referencia como principales resultados¹¹⁶ los siguientes:

- Un total de 223.827 viajes diarios en la ciudad de Armenia, para aquel año, en los diferentes modos de transporte y para los distintos propósitos.
- Entre Armenia y los municipios aledaños, Calarcá, La Tebaida, Montenegro, Circasia y el Aeropuerto, se realizan 18.462 viajes, equivalentes al 8,25% de los viajes realizados dentro de Armenia.
- La hora pico de movilización de pasajeros en el servicio de TPCU se produce entre las 11:50 y las 12:50 horas, en la cual movilizan un total de 13.962 usuarios.

¹¹⁶ Estudio del Plan Vial y de Transportes para la ciudad de Armenia - Fase I. Origen y Destino. Documento 13. Universidad del Quindío. Facultad de Ingeniería. Armenia, Agosto de 1995. Cáp. 8. Conclusiones.

- En modo de transporte Taxi se realizan 19.629 viajes en el día.
- Para otros modos de transporte (campero, bus particular, automóvil, carretilla, bicicleta y motocicleta), en Armenia se producen 48.879 viajes diarios. Saliendo de Armenia el 8,5% y entrando, el 8,4%.
- En Armenia, los usuarios del servicio de TPCU, realizan 67.127 viajes a pie diariamente, antes y después de abordar el vehículo.

Ahora bien, se tiene entonces que a pesar que el plan Vial 1.995 refiere un análisis completo de la información por propósitos y modos de transporte, no se presenta un resumen de los resultados de las matrices OyD obtenidas según dichas variables, ni menciona directamente cual es la distribución de los viajes que realizan las personas dentro de la zona estudiada.

La encuesta domiciliaria del Plan Viario Urbano de Armenia del 2.006, fue realizada por Convenio Alcaldía – Universidad del Quindío, llamado Estudio de Terminales, teniendo que los resultados de ambos estudios se utilizarán para adaptar a la ciudad de un modelo de demanda de transporte como instrumento adicional de planificación.

Ahora bien, al comparar los datos referidos por ambos planes viales respecto al número de encuestas realizadas y al número de viviendas registradas en los municipios, se aprecia en la Tabla 5.4.4.2., cómo respecto al número de viviendas, esta variable ha aumentado en un 52% para la zona de estudio en general, y la para la ciudad de Armenia en particular en un 59%.

Tabla 5.4.4.2. Comparación entre total de viviendas registradas y encuestas realizadas en los planes viales, años 1.995 y 2.006.

MUNICIPIO	TOTAL REGISTROS IGAC - 2006	TOTAL VIVIENDAS			ENCUESTAS TOTALES REALIZADAS			TOTAL ENCUESTAS POSITIVAS - 2006
		1995	2006	VARIACION	1995	2006	VARIACION	
Armenia	139.416	40.576	64.677	1,59	4.388	3.508	0,80	3.134
Calarcá	21.210	8.918	11.997	1,35	937	651	0,69	615
Montenegro	6.500	5.932	6.500	1,10	576	353	0,61	314
Circasia	4.403	4.111	4.403	1,07	436	239	0,55	187
La Tebaida	13.597	4.474	9.435	2,11	441	512	1,16	450
TOTAL	185.126	64.011	97.012	1,52	6.778	5.263	0,78	4.700

Fuente: Elaboración Propia a partir de: “Estudio del Plan Vial y de Transportes para la ciudad de Armenia - Fase I.” Origen y Destino. Documento 13. Universidad del Quindío. 1995.
“Actualización del Plan Vial de Transito y Transporte del Municipio de Armenia. Fase I. Estudio de Origen y Destino. Documento 01. Universidad del Quindío. 2.006.

Lo anterior contrasta con la disminución en el número de encuestas realizadas, pues se encuentra que éstas disminuyeron en un 22% para la zona de estudio en general y en un 20% para la ciudad de Armenia en particular, no obstante, en la ciudad de Armenia se realizaron un total de 3.134 encuestas positivas¹¹⁷, que representan el 5,02% del total de predios ajustados (62.413), siendo éste un porcentaje adecuado según la normatividad Colombiana para este tipo de estudios.

Luego del análisis de la Base de Datos, se obtuvieron los resultados siguientes:

- Población estimada para 2.006: 218.446 hab., lo cual representa un aumento de sólo el 3,4% respecto a la población reportada por el estudio de 1995 (211.277 hab.).
- Número de personas por hogar (2.006): 3,36, resaltándose que este valor resulta ser similar al obtenido por el Censo del DANE en el año 2.005 (3,5 personas/hogar) siendo con este último con el cual calculan la población estimada de la ciudad para el año 2.006.
- Número total de habitantes encuestados: 10.351, al comparar este valor con el número de personas encuestadas en el año 1995 (15.855), se aprecia una disminución del 35% en dicha variable.
- El número total de viajes registrados por la encuesta OyD en la ciudad de Armenia fue de 13.670¹¹⁸, lo cuales, al ser expandidos se convierten en 277.512¹¹⁹ (Factor de expansión: 20,3).

En la Tabla 5.4.4.3. y la Figura 5.4.4.1. se aprecia la Distribución modal de los viajes.

Tabla 5.4.4.3. Distribución Modal de los viajes en la ciudad de Armenia, 2.006.

MODO	VIAJES	% DEL TOTAL
TPCU	103.819	37,41%
Taxis y Colectivos	19.370	6,98%
Vehiculos Particulares	34.245	12,34%
Motocicleta	24.421	8,80%
Bicicleta	5.467	1,97%
A pie	84.641	30,50%
Otros	5.550	2,00%
TOTAL	277.512	100,00%

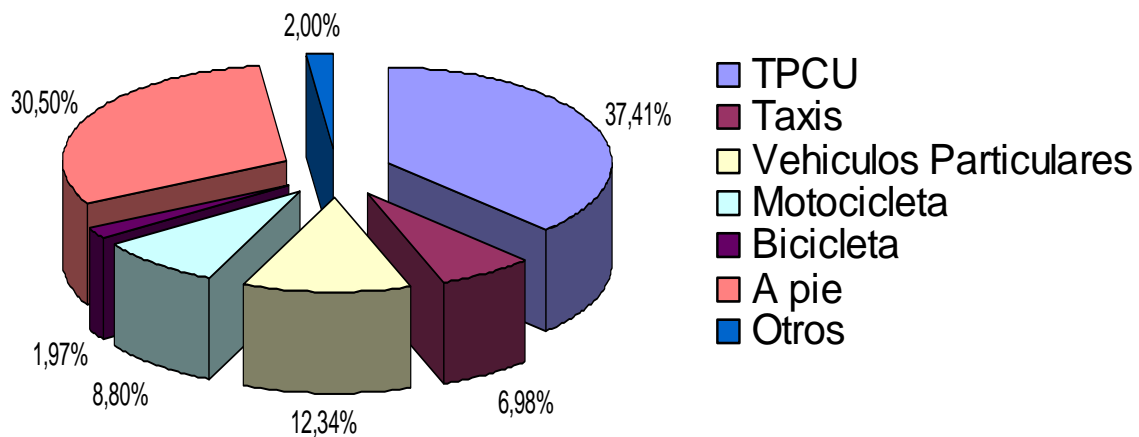
Fuente: Elaboración propia a partir del estudio “Actualización del Plan Vial de Transito y Transporte del Municipio de Armenia. Fase I.” Universidad del Quindío. 2.006.

¹¹⁷ Ídem.

¹¹⁸ Actualización del Plan Vial de Transito y Transporte del Municipio de Armenia. Fase I. Estudio de Origen y Destino. Universidad del Quindío. Facultad de Ingeniería. Armenia, Junio de 2006.

¹¹⁹ Ídem.

Fig. 5.4.4.1. Distribución Modal de los viajes en la ciudad de Armenia, 2.006.



Fuente: Elaboración propia a partir del estudio “Actualización del Plan Vial de Transito y Transporte del Municipio de Armenia. Fase I.” Universidad del Quindío. 2.006.

Se destaca un alto número de viajes no motorizados (90.108), que representan el 32,47% del total de viajes, aclarando que dentro de los viajes a pie se incluyeron los desplazamientos realizados para abordar el servicio de TPCU. Así mismo se aprecia como los únicos modos de transporte que superan el 30% de los viajes son el modo de transporte en TPCU con 37,41% y el modo de transporte a pie con 30,50%, contrastando con el porcentaje de viajes que se presentan en vehículos particulares, 12,34%.

El estudio refiere que la población usuaria del servicio de TPCU fue de 54.979 personas, que representan un 25,17% del total de la población estimada en el mismo y que el número de viajes en la ciudad es de 123.148.

Por otro lado, el estudio refiere los siguientes indicadores:¹²⁰

- Valor medio número de residentes que viajan por vivienda: 1,89
- Valor medio del número de viajes por vivienda: 4,36
- Valor medio del número de viajes por residente: 2,30
- Valor medio del número de etapas por viaje: 1,12.

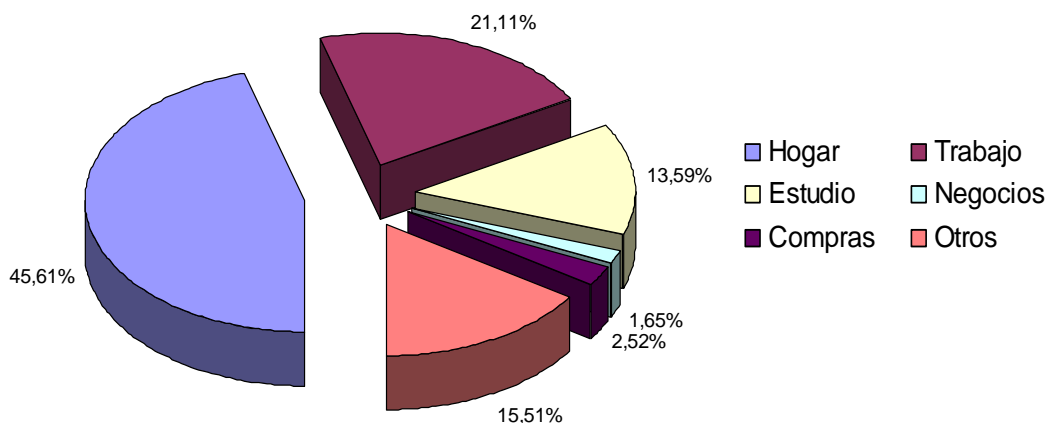
¹²⁰ Ídem.

La distribución de viajes en la ciudad de Armenia respecto al propósito del viaje, para el año 2.006, puede apreciarse en la Tabla 5.4.4.4. y la Figura 5.4.4.2. Se resalta el alto porcentaje de viajes referidos al hogar, 45,61%, y al trabajo, 21,11%, teniendo entre ambos el 66,71% del total de viajes en la ciudad, lo que muestra que se presentan patrones de movilización frecuentes.

Tabla 5.4.4.4. Distribución de los viajes según el propósito en la ciudad de Armenia, 2.006.

PROPÓSITO DEL VIAJE	VIAJES	% DEL TOTAL DE VIAJES
Hogar	126.585	45,61%
Trabajo	58.594	21,11%
Estudio	37.717	13,59%
Negocios	4.589	1,65%
Compras	6.989	2,52%
Otros	43.038	15,51%
TOTAL	277.512	100,00%

Fig. 5.4.4.2. Distribución de los viajes según el propósito en la ciudad de Armenia, 2.006.



Fuente: Elaboración propia a partir del estudio “Actualización del Plan Vial de Transito y Transporte del Municipio de Armenia. Fase I.” Universidad del Quindío. 2.006.

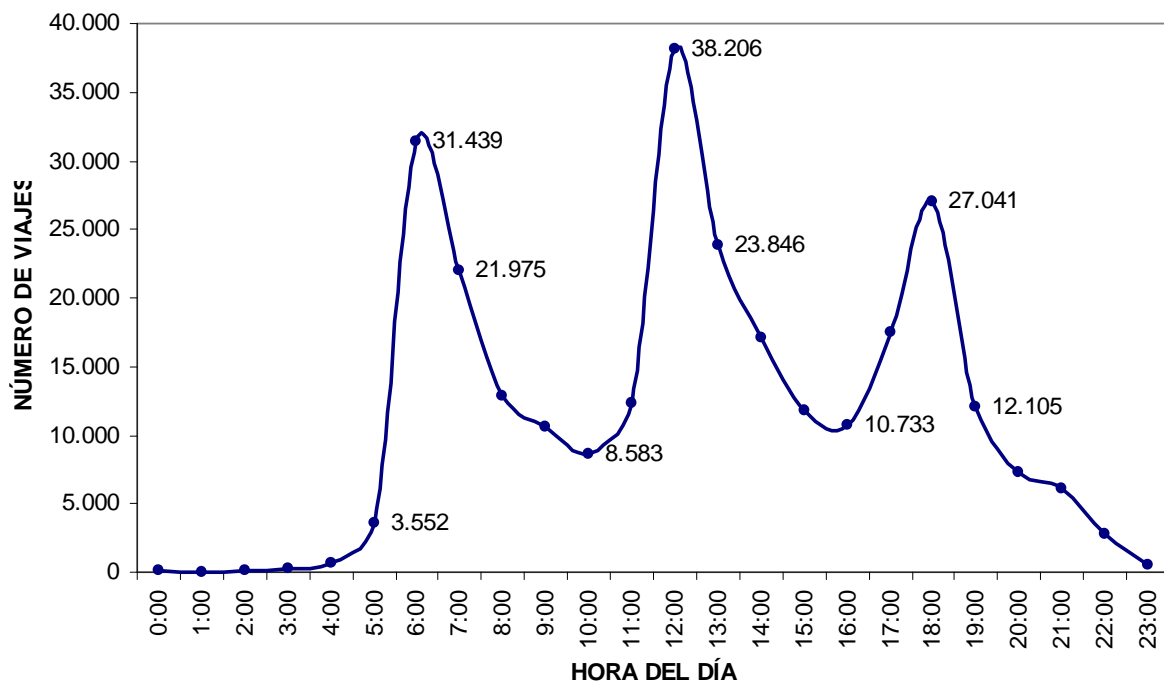
Respecto a la fluctuación horaria de los viajes en la ciudad, el estudio refiere tres horas pico de movilización: entre las 12:00 y las 12:59 horas se realizaron 38.206 viajes (13,77% del total), entre las 6:00 y 6:59 horas se presentaron 31.439 viajes (11,33%) y entre las 18:00 y 18:59 horas se presentaron 27.041 viajes (9,74%), teniendo que en tan solo estos tres

períodos se realizan aproximadamente el 35% de los viajes totales en la ciudad. En la Tabla 5.4.4.5. y la Figura 5.4.4.3. se aprecia la fluctuación horaria de los viajes a lo largo del día.

Tabla 5.4.4.5. Fluctuación horaria de los viajes en la ciudad de Armenia, 2.006.

PERIODO HORARIO	VIAJES	% DEL TOTAL DE VIAJES	PERIODO HORARIO	VIAJES	% DEL TOTAL DE VIAJES
0:00 - 0:59	157	0,06%	13:00 - 13:59	23.846	8,59%
1:00 - 1:59	0	0,00%	14:00 - 14:59	17.125	6,17%
2:00 - 2:59	116	0,04%	15:00 - 15:59	11.778	4,24%
3:00 - 3:59	329	0,12%	16:00 - 16:59	10.733	3,87%
4:00 - 4:59	607	0,22%	17:00 - 17:59	17.522	6,31%
5:00 - 5:59	3.552	1,28%	18:00 - 18:59	27.041	9,74%
6:00 - 6:59	31.439	11,33%	19:00 - 19:59	12.105	4,36%
7:00 - 7:59	21.975	7,92%	20:00 - 20:59	7.245	2,61%
8:00 - 8:59	12.866	4,64%	21:00 - 21:59	6.138	2,21%
9:00 - 9:59	10.632	3,83%	22:00 - 22:59	2.738	0,99%
10:00 - 10:59	8.583	3,09%	23:00 - 23:59	512	0,18%
11:00 - 11:59	12.267	4,42%	TOTAL	277.512	100%
12:00 - 12:59	38.206	13,77%			

Fig. 5.4.4.3. Fluctuación horaria de los viajes en la ciudad de Armenia, 2.006.



Fuente: Elaboración propia a partir del estudio “Actualización del Plan Vial de Transito y Transporte del Municipio de Armenia. Fase I.” Universidad del Quindío. 2.006.

Ahora bien, al final del documento hacen referencia a los Factores de Expansión utilizados para los cálculos y estimativos de los viajes en general para cada una de las ZAT's.

En la Tabla 5.4.4.6. se presentan como ejemplo los valores de los factores de expansión calculados por el estudio para las primeras doce ZAT's, de allí se pueden concluir las ecuaciones usadas para el cálculo del factor de Expansión (F.E.) Total.

Tabla 5.4.4.6. Factores de expansión aplicados en la ciudad de Armenia, 2.006.

ZAT	NUMERO DE ENCUESTAS (1)	NUMERO DE PREDIOS (2)	NUMERO DE FAMILIAS (3)	F.E. PREDIOS (4)	F.E. FAMILIAS (5)	F.E. VACIAS Y CAMBIOS DE USO (6)	F.E. TOTAL
1	113	2.539	124	22,47	1,10	0,916	22,59
2	80	1.748	83	21,85	1,04	0,916	20,77
3	49	1.016	51	20,73	1,04	0,916	19,77
4	47	1.189	47	25,30	1,00	0,916	23,17
5	77	1.906	78	24,75	1,01	0,916	22,97
6	118	2.923	126	24,77	1,07	0,916	24,23
7	64	1.496	67	23,38	1,05	0,916	22,42
8	36	991	37	27,53	1,03	0,916	25,92
9	25	667	25	26,68	1,00	0,916	24,44
10	33	729	45	22,09	1,36	0,916	27,59
11	37	735	39	19,86	1,05	0,916	19,18
12	55	1.340	56	24,36	1,02	0,916	22,72

Fuente: Elaboración propia a partir del estudio "Actualización del Plan Vial de Transito y Transporte del Municipio de Armenia. Fase I." Universidad del Quindío. 2.006.

Es necesario resaltar que según el cuadro, el F.E. por viviendas vacías o por cambios de usos del suelo es constante para todas las ZAT's (0,916), indicando que se realizaron los cálculos con una tasa de viviendas deshabitadas o cambios de usos del suelo de 8,4%, no obstante, en el mismo estudio se había referenciado con anterioridad una tasa de 3,5%¹²¹, teniendo que en éste no referencian la metodología o las asumpciones realizadas para establecer dicho F.E.

Las ecuaciones usadas para el cálculo de los F.E. de Predios, Familias y Total son las siguientes:

¹²¹ Actualización del Plan Vial de Transito y Transporte del Municipio de Armenia. Fase I. Estudio de Origen y Destino. Universidad del Quindío. Facultad de Ingeniería. Armenia, Junio de 2006.

$$F.E.Pr edios(4) = \frac{(2)}{(1)} \quad F.E.Familias(5) = \frac{(3)}{(1)} ;$$

$$F.E.Total = (4) * (5) * (6)$$

El estudio realizado por la Universidad Nacional, refiere lo siguiente:

“En total en la zona rural se producen 5199 viajes, de los cuales 1219 (el 23%) corresponden a relaciones entre los ZAT rurales y 716 (el 14%) son viajes intrazonales rurales. Para destacar la alta participación de la relación rural – urbana y viceversa, que en conjunto representa un total de 3060 viajes (el 59%). La otra relación importante corresponde a rural – conurbados y viceversa, con un total de 814 viajes (el 16%).

En relación con los propósitos de los viajes, como sucede normalmente, la mayoría corresponde al Hogar (48%), seguido de Estudio con un 24% y de Trabajo con el 11%. Desde el punto de vista de los modos de transporte, en la mayoría de los casos se utiliza el Bus o la Buseteta (42%), aunque se observa una participación relativamente alta de los viajes realizados a pie (18%).”¹²²

5.4.5. Metodología aplicada a esos planes.

En el Plan Vial de 1.995 no se hace más referencia a la metodología de proyección y asignación realizada que la siguiente:

“Mediante la interpretación de los inventarios de rutas, transporte colectivo, movilización de pasajeros, equipo automotor y demás datos obtenidos en la Fase I del Plan Vial y de Transporte para Armenia; y de los resultados del modelo para la planeación del transporte urbano y racionalización del sistema de rutas: MOSRUT, obtenidos en la Fase II, se obtienen como resultados una serie de alternativas que se presentan a manera de

¹²² Evaluación y Definición de las necesidades de equipamientos urbanos para el manejo de carga y los desplazamientos rurales de la ciudad de Armenia y su área rural. Informe Final. Etapa II: Elaboración del Diagnóstico del Sistema de Movilidad del Municipio de Armenia. Informe N°3. Proyecto Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD COL00043970. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Bogotá 15 de julio de 2006.

*recomendaciones en cuanto a transporte público colectivo y general de la ciudad de Armenia.*¹²³

Modelo MOSRUT que se ha descrito en el apartado 5.1.5 para Manizales, y que no es más que un algoritmo de camino mínimo para asignar los viajes observados interzonales de la encuesta, y detectar así las rutas más congestionadas.

Ahora bien, respecto al Plan Vial aplicado en el año 2.006, el estudio realizado por la Universidad del Quindío, no ha llegado aún a la parte de modelación de la demanda, pero sí se tiene previsto realizarla; el estudio realizado por la Universidad Nacional de Colombia, a pesar de tener como objetivo principal el análisis de la movilidad en la zona rural del municipio, respecto al transporte de pasajeros y de carga, se realizó un análisis de asignación de viajes privados, que se vera con posterioridad; no obstante, en los informes se presentan los resultados obtenidos y no se especifica la forma de modelación como tal, pero se vislumbra claramente el uso del software TransCad para el análisis de los flujos.

Se parte del hecho de que luego de haberse realizado un diagnóstico integral de la situación de movilidad general que se presentaba en la ciudad de Armenia para el año 1.995, se detectaron falencias y problemas que incidían de forma directa en la red vial básica, el tránsito vehicular y peatonal y el servicio de TPCU.

En el Plan Vial de Armenia de 1995 no se hace referencia al uso de un modelo de generación y atracción de viajes, pero si al uso de una aplicación informática llamada “Destino” (elaborada por la Universidad del Quindío), con la que hizo el procesamiento de la encuesta.

Respecto a la aplicación mencionada, el estudio refiere lo siguiente:

“El procesamiento se hizo en forma sistemática, utilizando hoja electrónica, manejadores de base de datos y de texto. Se elaboró un programa llamado “Destino” desarrollado en el Plan Vial y de Transporte para este propósito. En este programa se tomó la totalidad de viajes que diariamente realizan las personas de Armenia y los municipios aledaños estudiados, en cuanto a:

- *Distribución de viajes de las personas de acuerdo con el modo de transporte y el propósito de viaje.*

¹²³ Estudio del Plan Vial y de Transportes para la ciudad de Armenia - Fase III.” Plan de Transporte Público Terrestre Automotor en Armenia. Documento 16. Universidad del Quindío. Facultad de Ingeniería. Armenia, Diciembre de 1995.

- *Distribución de los viajes diarios de las personas de acuerdo con la duración y el modo de transporte.*
- *Distribución de los viajes de las personas de acuerdo con el modo de transporte y el uso del suelo en el origen.*
- *Distribución de los viajes de las personas de acuerdo con el modo de transporte y el uso del suelo en el destino.*
- *Distribución de los viajes de las personas de acuerdo con el modo de transporte y la hora del día.*
- *Distribución del número de viajes de las personas de acuerdo con el modo de transporte y la hora del día.*
- *Distribución del número de viajes por zonas de origen según el propósito del viaje.*
- *Distribución del número de viajes por zona de origen según el modo de transporte.*
- *Distribución del número de viajes por zona de destino según el modo de transporte.*
- *Distribución del número de viajes por zona de origen según uso del suelo en el origen.*
- *Distribución del número de viajes por zona de destino según uso del suelo en el destino.*
- *Distribución del número de viajes en transporte público por zonas de origen según el tiempo de espera en el paradero.*
- *Distribución del número de viajes en transporte público por zona de destino según del tiempo de espera en el paradero.*
- *Matriz de origen y destino de viajes según modo de transporte.*
- *Matrices de origen y destino de viajes con base en el hogar propósito trabajo por cada modo de transporte.*
- *Matrices de origen y destino de viajes con base en el hogar propósito no trabajo por cada modo de transporte.*
- *Matrices de origen y destino de viajes no basados en el hogar a todos los propósitos por cada modo de transporte.*
- *Matrices de origen y destino por cada uno de los modos de transporte*
- *Distribución de los viajes de las personas según propósito del viaje y la escala de ingresos.*
- *Número de viajes por modo de transporte según hora del día con destino en la casa, propósitos: Trabajo y no trabajo.*
- *Tendencias de viajes por modo de transporte según hora del día con destino en la casa, propósitos: Trabajo y no trabajo.*

- *Distribución de los viajes de las personas de acuerdo con el modo de transporte y el ingreso mensual.*
- *Distribución de los viajes de las personas según la zona de origen y destino el propósito del viaje.*
- *Distribución de los viajes de las personas con origen o destino en las zonas y el propósito el viaje.*
- *Distribución de los viajes de las personas con origen o destino en las zonas, según el modo de transporte.*
- *Distribución de los viajes de las personas con origen o destino en la zona, según el tiempo de espera en el paradero.”¹²⁴*

En el Plan vial del año 1.995, el procesamiento de la encuesta se realizó utilizando la aplicación diseñada en el programa FOX, “Destino”, que fue desarrollada por el Programa de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Quindío.

Dicha aplicación abarcó la totalidad de viajes que diariamente realizan los habitantes de Armenia y los de los municipios aledaños, con el fin de obtener: Matrices de OyD expandidas, ponderando: total de viajes, total residentes, total propósitos, total sexo, total edades.

A pesar de no existir en el informe del estudio, el procedimiento, metodología o modelo mediante el cual establecen la producción y atracción de viajes entre zonas, éste determina cuáles son las zonas de mayor producción y atracción de viajes¹²⁵ en la ciudad. En la Tabla 5.4.5.1. se aprecian el número de viajes producidos y atraídos por dichas zonas.

En ella se detecta claramente un cierto balance entre producción y atracción de viajes en cada una de las zonas que el estudio menciona, además de lo anterior, se destaca de forma importante el valor de producción y atracción de viajes de la zona centro de la ciudad, teniendo entonces que en la ciudad de Armenia se concentra un gran porcentaje de los viajes en unas pocas zonas que son fácilmente identificables.

¹²⁴ Estudio del Plan Vial y de Transportes para la ciudad de Armenia - Fase I. Origen y Destino. Documento 13. Universidad del Quindío. Facultad de Ingeniería. Armenia, Agosto de 1995. Pág. 8. Conclusiones.

¹²⁵ Actualización del Plan Vial de Transito y Transporte del Municipio de Armenia. Fase I. Estudio de Origen y Destino. Universidad del Quindío. Facultad de Ingeniería. Armenia, Junio de 2006.

Tabla 5.4.5.1. Producción y Atracción de viajes por zonas en la ciudad de Armenia, 2.006.

ZAT	BARRIO	VIAJES PRODUCIDOS	VIAJES ATRAÍDOS	TOTAL	% DEL TOTAL DE VIAJES
46 - 47 - 48	Centro	50.566	54.495	105.061	37,86%
15 - 60	Norte (Universidad del Quindío, Hospital)	17.643	17.996	35.639	12,84%
6	Pinares	10.650	10.190	20.840	7,51%
5	Isabela, Estadio, Guadales	9.559	9.158	18.717	6,74%
58	La Patria	7.955	7.880	15.835	5,71%
1	Puerto Espejo, La Virginia	6.598	5.913	12.511	4,51%
26	Clarita, Pavona	5.178	4.959	10.137	3,65%
TOTAL		108.149	110.591		
% DEL TOTAL DE VIAJES		38,97%	39,85%		

Fuente: Elaboración propia a partir del estudio “Actualización del Plan Vial de Transito y Transporte del Municipio de Armenia. Fase I.” Universidad del Quindío. 2.006.

Por tanto, el método adoptado parte de una muy apurada generación de matrices de viajes por origen y destino, obtenidas por encuestas, y a partir de ellas realiza una asignación, como se aprecia en la Figuras 5.4.5.1. y 5.4.5.2.. Para esa asignación se construyó un grafo viario, definido mediante sus nodos y arcos, a los cuales se les establecieron sus principales atributos, características físicas y operativas que determinarán el comportamiento de los flujos vehiculares en el contexto vial de la ciudad.

En el informe como tal no se especifica cual es la información que formaliza el modelo de asignación, sin embargo, sí aclara que se hacen las siguientes simplificaciones con el fin de hacer manejable la información que éste exige:

- Las velocidades de cada uno de los arcos se estandarizó a nivel de corredor según los resultados obtenidos por el estudio de velocidad y retardo.
- Las urbanizaciones y centros de actividad económica se representaron por 40 centroides (máxima capacidad del programa). Con los valores obtenidos de los volúmenes vehiculares y el costo del proyecto se realiza la evaluación económica de éste según los siguientes criterios:
 - El modelo de evaluación económica supone una repartición gravitacional del flujo, con un mínimo beneficio igual en ambos arcos (El nuevamente ocupado y el que se desocupa).
 - Se considera únicamente beneficio por el ahorro en tiempo del vehículo y tiempo de usuarios producido por la mejora en velocidad.

- La TOV para evaluar el sistema corresponde a los promedios obtenidos de dicho estudio y que son: Autos 31,56%, taxi 46,07%, bus 52,91% y en camión el 60,72%.
- La composición vehicular utilizada para la evaluación económica, corresponde a la promedio calculada del sistema, así: camión 2,47%, bus 3,23%, taxi 22,56% y vehículo particular 55,99%.
- Los volúmenes en algunos sectores de la ciudad, las características de estos centroides fueron obtenidos del estudio de origen y destino.
- Cada uno de los proyectos fue modelado de forma aislada uno por uno, con el fin de establecer prioridades y una secuencia de ejecución.
- Se tomó como volumen vehicular de cada proyecto, el promedio obtenido de la totalidad de los arcos que lo componían.
- La velocidad del proyecto para todos los casos es de 35 Km./h.

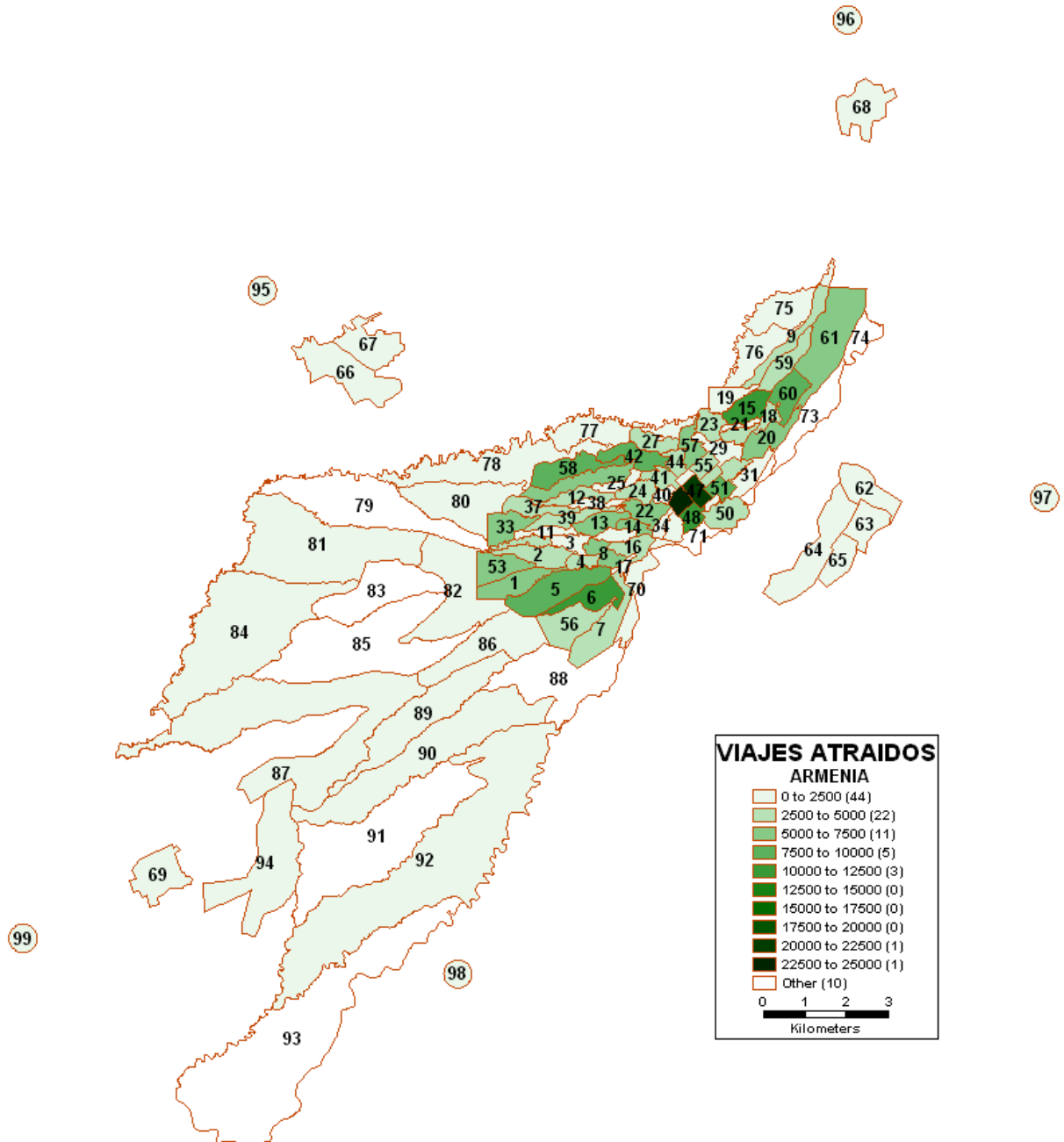
Se aprecia, según el informe, que no existe una modelación de asignación de tráfico como tal, sino que existe es una evaluación económica de los proyectos propuestos, los cuales se evalúan a partir de los datos recolectados y analizados en la fase I del Plan Vial. Por otro lado, en el estudio no son específicos en cuanto al uso de los datos para la evaluación económica de los proyectos, por ejemplo, si usan los volúmenes vehiculares de la hora pico o los volúmenes diarios.

Como se ha dicho, en este Plan vial, se aplicó el modelo para la planeación del transporte Urbano y racionalización del sistema de rutas llamado "MOSRUT"¹²⁶, mediante el cual y a partir de los resultados obtenidos se presentan una serie de alternativas y recomendaciones para mejorar el servicio de transporte regional de la ciudad. Es de aclarar que en los documentos que componen el plan Vial no se presenta cómo ha sido la forma de aplicación del modelo mencionado y simplemente se refieren directamente a los resultados arrojados por éste.

El Plan de Transporte Público propuesto por el Plan Vial 1.995, abarca el área de influencia de la ciudad de Armenia y su conexión con los municipios aledaños, planteando un diagnóstico sobre el comportamiento del transporte a nivel regional, es decir, considerando a Armenia como centroide de los movimientos metropolitanos que se realizan diariamente.

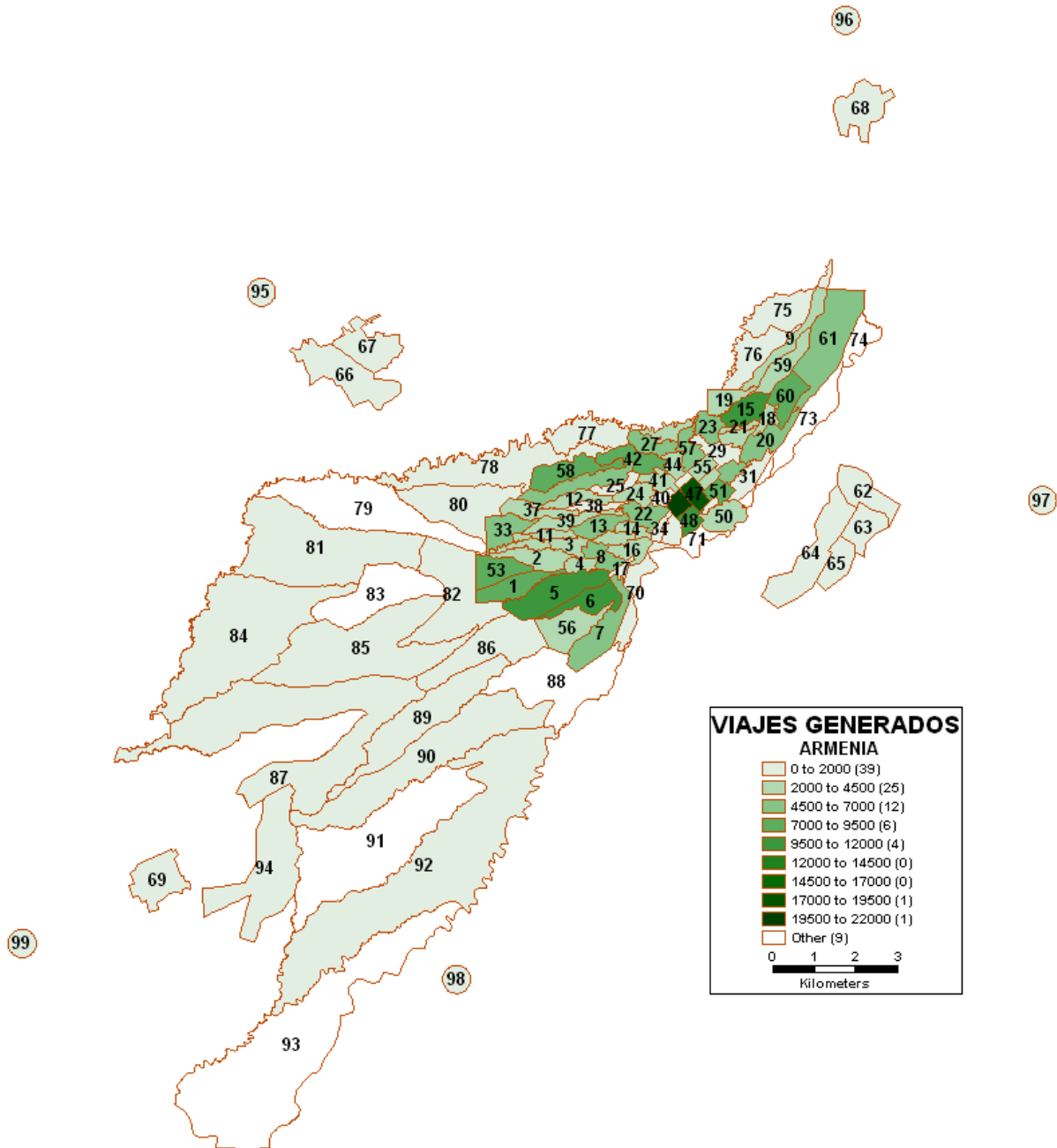
¹²⁶ Estudio del Plan Vial y de Transportes para la ciudad de Armenia - Fase III." Plan de Transporte Público Terrestre Automotor en Armenia. Documento 16. Universidad del Quindío. Facultad de Ingeniería. Armenia, Diciembre de 1995.

Fig. 5.4.5.1. Zonas atractoras de viajes en el Municipio de Armenia, 2.006.



Fuente: Evaluación y Definición de las necesidades de equipamientos urbanos para el manejo de carga y los desplazamientos rurales de la ciudad de Armenia y su área rural. Informe Final. Universidad Nacional de Colombia. 2.006.

Fig. 5.4.5.2. Zonas generadoras de viajes en el Municipio de Armenia, 2.006.



Fuente: Evaluación y Definición de las necesidades de equipamientos urbanos para el manejo de carga y los desplazamientos rurales de la ciudad de Armenia y su área rural. Informe Final. Universidad Nacional de Colombia. 2.006.

Mediante el modelo de transporte aplicado, MOSRUT, se obtuvieron las tendencias de movilización de las personas entre la ciudad de Armenia y su área de influencia (municipios aledaños), con los siguientes resultados:¹²⁷

- Matriz de transporte colectivo en la hora pico (11.50 - 12:50): Pasajeros con origen en los municipios aledaños, 2.037 (11.4% de la hora pico); Pasajeros con Destino en los municipios aledaños: 3.298 (18,4% de la hora pico).
- Matriz de transporte público en buses para todo el día: Pasajeros con origen en los municipios aledaños: 22.104 (18,03%); Pasajeros con Destino en los municipios aledaños: 22.087 (18,01%).
- Matriz total del sistema de transporte (todos los viajes en los diferentes modos de transporte para los distintos propósitos): Pasajeros con origen en los municipios aledaños: 105.225 (30,3%); Pasajeros con Destino en los municipios aledaños: 105.306 (30,3%).
- Matriz de transporte en taxi: Pasajeros con origen en los municipios aledaños: 1.242 (5,8%); Pasajeros con Destino en los municipios aledaños: 1.300 (6,1%).
- Matriz de viajes con propósito Educación: Viajes con Origen en los municipios aledaños 37.464 (34,74%); Viajes con destino en los municipios aledaños 37.549 (34,81%).
- Matriz de transporte para todos los modos utilizados (campero, bus particular, auto, moto, bicicleta y carretilla): Viajes con Origen en los municipios aledaños: 12.629 (19,14%); Viajes con destino en los municipios aledaños: 12.557 (19,03%).
- Matriz de viajes con propósito trabajo: Viajes con Origen los municipios aledaños 31.640 (21,48%); Viajes con destino en los municipios aledaños 31.584 (21,45%).
- Matriz de viajes con propósito mercado: Viajes con origen en los municipios aledaños 464 (22,46%); Viajes con destino en los municipios aledaños 464 (22,46%).

En el mismo informe de resultados de aplicación del Modelo MOSRUT, en el cual no explican la forma de obtención de estos, se afirma que al confrontar los anteriores porcentajes con la población de las cabeceras municipales del área de estudio se obtienen las siguientes conclusiones:¹²⁸

- Transporte colectivo en la hora pico (11:50 - 12:50): 10.104 pasajeros se originan en los municipios aledaños hacia Armenia; 16.308 pasajeros tienen como destino dichos municipios.

¹²⁷ Ídem.

¹²⁸ Estudio del Plan Vial y de Transportes para la ciudad de Armenia - Fase II." Plan de Transporte Público Terrestre Automotor en Armenia. Documento 16. Universidad del Quindío. Facultad de Ingeniería. Armenia, Diciembre de 1995.

- Transporte público en buses para todo el día: 15.422 usuarios se originan en los municipios aledaños; 15.510 usuarios tienen como destino dichos municipios.
- Transporte en los diferentes modos de transporte para los distintos propósitos (matriz total del sistema): 26.855 pasajeros tienen como origen y destino los municipios aledaños.
- Transporte en taxis: 5.140 usuarios se originan en los municipios aledaños; 5.406 usuarios tienen como destino dichos municipios.
- Transporte en todos los modos (campero, bus particular, auto, moto, bicicleta y carretilla): 8.243 viajes se originan en los municipios aledaños; 8.065 viajes tienen como destino dichos municipios.
- Viajes con propósito educación: 30.790 viajes se originan en los municipios aledaños a Armenia; 30.852 viajes tienen como destino los municipios aledaños.
- Viajes con propósito trabajo: 19.038 viajes se originan en los municipios aledaños; 19.011 viajes tienen como destino los municipios aledaños.
- Viajes con propósito mercado: 19.906 viajes tienen como origen y destino los municipios aledaños.
- La Galería Central de Armenia y áreas aledañas, constituyen el centro de generación y atracción de viajes más importantes de la ciudad.

Al comparar los anteriores resultados, se aprecia una clara diferencia entre números de viajes que se supone deberían ser semejantes, dado lo anterior, no se sabe a ciencia exacta cuales son los resultados que realmente muestran las características de movilidad de la zona estudiada. Así mismo, en el informe sólo se muestran estos resultados y no abordan el tema metodológico de la obtención de éstos y simplemente afirman haber usado dicho el mencionado modelo de transporte, del cual tampoco se tienen referencias actuales.

Ahora bien, luego de haber aplicado el modelo “MOSRUT” para determinar la producción y atracción de viajes entre las zonas, en el estudio se muestran los resultados obtenidos al aplicar el mismo modelo pero sólo a los viajes en el servicio de TPCU en la hora pico (11:50 a 12:50), sin embargo, nuevamente no se explica la metodología de aplicación del modelo y presentan directamente las principales conclusiones del análisis de resultados.

De las conclusiones obtenidas, es interesante mencionar las siguientes:

- El estudio afirma: *“Actualmente el equipo automotor que sirve el sistema está compuesto por 327 buses y 205 microbuses, haciendo la salvedad de que para correr el modelo, algunas busetas y automóviles que también operan en el sistema, en su orden fueron asimiladas a buses y microbuses, en proporción a sus capacidades.”*¹²⁹ Inicialmente, el valor de parque automotor difiere del valor referenciado por el mismo estudio en un capítulo anterior¹³⁰, el cual fue de 383 buses y 196 colectivos (o microbuses), indicando además, que en el momento del estudio se encontraban 546 vehículos activos. Por otro lado, se aprecia que para correr el Modelo, se hace cierta variación o transformación final de otros tipos de vehículos que también prestan el servicio de TPCU pero que no fueron estudiados a fondo con anterioridad.
- Según los resultados arrojados por el modelo de optimización, el sistema actual (para el año 1.995) tiene tendencia a exceso de parque automotor. Los usuarios movilizados en la hora pico son del orden de 17.950. De los cuales 184 usuarios carecen de servicio de transporte colectivo, que equivale al 1,02%; 15.535 cuentan con rutas de transporte directo entre su sector de origen y su sector de destino y representan el 86,54%; mientras que 2.200 usuarios, están supeditados a efectuar un (1) trasbordo, estos equivalen al 12,3%. Ningún usuario tiene que hacer más de un trasbordo.
- En el inventario de TPCU, se detectaron unas frecuencias promedio de despacho para las empresas, las cuales son más amplias que las legalmente asignadas lo que implica que se estaba incumpliendo con las frecuencias autorizadas.
- El incremento de taxis en Armenia y el incumplimiento de las frecuencias de despacho por parte de las empresas de buses, han originado una nueva modalidad de servicio: El taxi colectivo, el cual opera sin autorización, generando inconvenientes como: Competencia desleal con las empresas y rutas legalmente constituidas; Tarifas, los taxis colectivos cobran tarifas no establecidas por la autoridad, cuyo precio es igual o menor a la tarifa del bus urbano; utilización de paraderos, los colectivos invaden los paraderos de las rutas de buses, que están establecidos y demarcados por la autoridad de tránsito, llevándose los pasajeros que esperan el bus.
- Los mayores volúmenes de pasajeros en la hora pico, se generan (origen) en los siguientes sectores: Sector 43: 3.603 pasajeros (20,07%); Sector 44: 2.217 pasajeros (12,35%); Sector 70 (Calarcá), 1.563 pasajeros (8,71%) y Sector 66 (Hospital, U.Q.,

¹²⁹ Ídem.

¹³⁰ Estudio del Plan Vial y de Transportes para la ciudad de Armenia - Fase I." Estudio del Sistema de Transporte Público Colectivo. Documento 12. Universidad del Quindío. Facultad de Ingeniería. Armenia, Julio de 1995.

Coliseo): 1.397 pasajeros (7,78%). Los sectores 43 y 44 corresponden al centro de la ciudad, que en total generan 5.820 pasajeros, lo cual representa el 32,4%.

- En cuanto a la atracción de pasajeros en la hora pico (destino), los siguientes sectores son los que tienen en su orden el mayor número de viajes: Sector 70 (Calarcá): 2.264 (12,61%); Sector 66 (Hospital, U.Q., Coliseo): 1.360 (7,58%) y Sector 11 (Ciudad Dorada, B/La Unión): 1.293 (7,20%).

Por lo que respecta al nuevo Plan Vial Urbano de Armenia en fase de redacción, hasta la fecha aún no se han aplicado los modelos de asignación en los estudios realizados por la Universidad del Quindío; no obstante, el estudio realizado por la Universidad Nacional, refiere que usará un modelo de simulación de carga en la red de tránsito del área urbana del Municipio de Armenia mediante el análisis de las intersecciones semaforizadas, como sigue:

“En el caso de las variables características del tránsito solo se tuvo disponible la información correspondiente a los aforos vehiculares, efectuados en las intersecciones semaforizadas de la ciudad, dentro del proyecto de actualización del sistema de semaforización, desarrollado durante el año 2005.

Con la información secundaria proporcionada por la Secretaría de Tránsito de Armenia (SETTA), fue posible identificar la hora pico de las 58 intersecciones semaforizadas de la ciudad, para el posterior proceso de modelación de la red de tránsito con los volúmenes vehiculares en esa hora, discriminados por tipo de vehículo (autos, buses, camiones) y el porcentaje del volumen en los giros permitidos (direccionalidad).”¹³¹

Luego de establecer la distribución de los volúmenes vehiculares por grupo o movimiento, el volumen de autos, de buses y de camiones por cada uno de ellos y el total en cada intersección, la información fue debidamente georeferenciada, con el fin de aplicar el programa de modelación para efectos de simular la operación de la hora pico, con base en la información de las intersecciones semaforizadas que conforman los corredores viales.

¹³¹ Evaluación y Definición de las necesidades de equipamientos urbanos para el manejo de carga y los desplazamientos rurales de la ciudad de Armenia y su área rural. Informe Final. Etapa III: formulación de propuestas de mejoramiento del sistema de movilidad de la ciudad de armenia. Proyecto Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD COL00043970. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Bogota 3 de noviembre de 2006.

El programa empleado para realizar la modelación de tránsito, fue el Traffic Signal Coordination Software (SYNCHRO), la cual es una herramienta informática para realizar análisis de optimización de dispositivos semafóricos de tránsito.

Este software contiene los métodos disponibles del Highway Capacity Manual (HCM 2.000), y permite realizar la optimización de la longitud de ciclos y desfases en una red vial, así como realizar el análisis de la situación actual, con los tiempos de verde asignados y en operación.

SYNCHRO cuenta con dos programas de apoyo debidamente integrados que permiten representar la entrada de datos, condiciones o entorno de la corriente del tránsito (intersección semaforizada o no), además de un ambiente gráfico que permite visualizar y simular las características del tránsito. Los módulos de apoyo del SYNCHRO son:

- SYNCHRO. Módulo en el cual se crean los modelos de tránsito con la entrada de datos necesarios. (Ver Figuras 5.4.5.3.). Los datos requeridos, y disponibles para el caso de Armenia son:
 - Volúmenes: suministrados por la Secretaría de Tránsito y Transporte de Armenia.
 - Geometría de la red vial (ancho de calzada, número de carriles): suministrada por la Universidad del Quindío.
 - Pendientes: suministrados por la Secretaría de Tránsito y Transporte de Armenia.
 - Esquemas de las intersecciones con sus grupos semaforizados: suministrados por la Secretaría de Tránsito y Transporte de Armenia.
 - Planeamiento de tráfico: suministrado por la Secretaría de Tránsito y Transporte de Armenia.

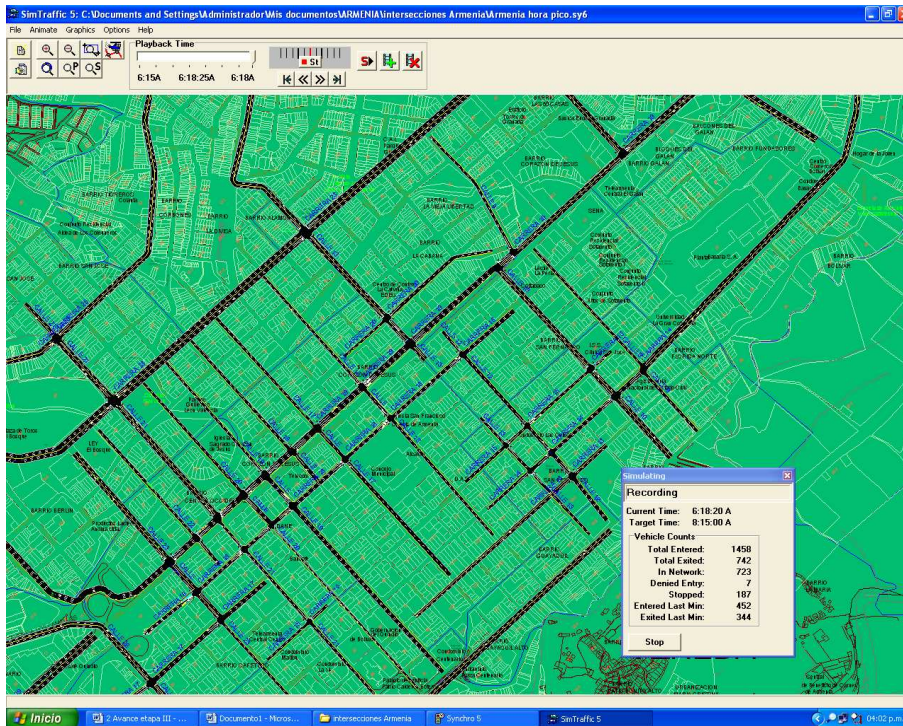
Entre los datos asumidos se encuentran: longitud de almacenamiento, número de carriles de almacenamiento, tiempo perdido total y velocidad promedio de operación en corredores.

- SIMTRAFFIC. Software de visualización gráfica de los datos de salidas resultantes del modelo, así como de la propia simulación dinámica (ver Figura 5.4.5.4.) Los modelos realizados a través de SYNCHRO están conformados por diferentes objetos, que representan la red vial de estudio mediante enlaces y nodos que determinan su geometría.

Fig. 5.4.5.3. Ingreso de datos de cada intersección, 2.006.

CALLE 13 & CARRERA 20												
LANE WINDOW	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lanes and Sharing (#RL)		↑↓		↑↓						↑↓		
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	4.6	3.6
Grade (%)	-	5	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-
Area Type	-	CBD	-	-	CBD	-	-	CBD	-	-	CBD	-
Storage Length (m)	0.0	-	0.0	0.0	-	0.0	0.0	-	0.0	0.0	-	0.0
Storage Lanes (#)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Lost Time (s)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Leading Detector (m)	-	15.0	-	15.0	15.0	-	-	-	-	15.0	15.0	-
Trailing Detector (m)	-	0.0	-	0.0	0.0	-	-	-	-	0.0	0.0	-
Turning Speed (km/h)	25	-	15	25	-	15	25	-	15	25	-	15
Lane Utilization Factor	-	0.95	-	-	0.95	-	-	-	-	-	0.95	-
Right Turn Factor	-	0.929	-	-	1.000	-	-	-	-	-	0.987	-
Left Turn Factor (prot)	-	1.000	-	-	0.977	-	-	-	-	-	0.996	-
Saturated Flow Rate (prot)	-	2885	-	-	3112	-	-	-	-	-	3479	-
Left Turn Factor (perm)	-	1.000	-	-	0.778	-	-	-	-	-	0.996	-
Right Ped Bike Factor	-	1.000	-	-	1.000	-	-	-	-	-	1.000	-
Left Ped Factor	-	1.000	-	-	1.000	-	-	-	-	-	1.000	-
Saturated Flow Rate (perm)	-	2885	-	-	2478	-	-	-	-	-	3479	-
Right Turn on Red	-	-	Yes	-	-	Yes	-	-	Yes	-	-	Yes
Saturated Flow Rate (RTOR)	-	97	-	-	0	-	-	-	-	-	11	-
Headway Factor	1.18	1.18	1.18	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.00	1.14

Fig. 5.4.5.4. Simulación de tráfico en la hora pico de Armenia, 2.006.



Fuente: Evaluación y Definición de las necesidades de equipamientos urbanos para el manejo de carga y los desplazamientos rurales de la ciudad de Armenia y su área rural. Informe Final. Universidad Nacional de Colombia. 2.006.

En la Tabla 5.4.5.2. se muestra un resumen de los principales parámetros operativos de la modelación para la ciudad.

Tabla 5.4.5.2. Parámetros operativos de la modelación en Armenia, 2.006.

Total Desempeño de la red por intervalo	
Hora pico	06:15 - 07:15
Demoras Totales (hr)	260.1
Demora Promedio / Veh (s)	36.0
Nivel de Servicio	D
Total detenciones	33561
Distancia de viaje (km)	21768.3
Tiempo de viaje (hr)	874.5
Velocidad promedio (kph)	28
Consumo de combustible (l)	4174.7
Emisiones HC (g)	3076
Emisiones COs (g)	105441
Emisiones NOx (g)	9193

Fuente: Evaluación y Definición de las necesidades de equipamientos urbanos para el manejo de carga y los desplazamientos rurales de la ciudad de Armenia y su área rural. Informe Final. Universidad Nacional de Colombia. 2.006.

Por otro lado, el estudio realizado por la Universidad Nacional, también refiere la realización de una asignación de viajes privados a la red vial (Ver Figura 5.4.5.5. y 5.4.5.6.), teniendo que en el informe no explican el procedimiento de asignación, pero mencionan lo siguiente:

“Para la asignación de viajes privados a la red vial de Armenia, se partió de la matriz de viajes en la hora pico (6:15 – 7:15) que tiene como orden de magnitud 8.812 viajes. Los parámetros que se tomaron para la asignación fueron, el tiempo de recorrido y la capacidad en cada uno de los tramos, se castigaron los giros derechos e izquierdos, así mismo se prohibieron los giros en U. Los resultados de la asignación mostraron que los corredores más cargados fueron: la carrera 18 desde la calle 50 hasta la calle 36 con un flujo promedio de 900 vehículos, el corredor de la Carrera 18 desde la calle 36 hasta los puentes de la calle 26 con un flujo promedio de 800 vehículos, la Avenida Bolívar sentido Norte – Sur desde la calle 12 norte hasta la Universidad la Gran Colombia, con un flujo promedio de 800 vehículos.”¹³²

¹³² Evaluación y Definición de las necesidades de equipamientos urbanos para el manejo de carga y los desplazamientos rurales de la ciudad de Armenia y su área rural. Informe Final. Etapa III: formulación de propuestas de mejoramiento del sistema de movilidad de la ciudad de armenia. Proyecto Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD COL00043970. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Bogota 3 de noviembre de 2006.

Los corredores vehiculares más cargados alojan entre 400 y 900 vehículos durante la hora pico. Para las vías de acceso o salida que tiene Armenia, los corredores más cargados son el corredor de Ibagué, la variante para salir al Caimo – Edén y la Autopista del Café, las cuales cuentan en promedio con 250, 330 y 235 vehículos respectivamente.

El estudio concluye entonces que los corredores más utilizados son los que pertenecen a las vías principales (las carreras 18 y 19, la Av. Bolívar, la Av. Tigreros, etc.), las cuales no llegan a obtener un valor alto en lo referente a la relación volumen – capacidad por parte del vehículo privado.

5.4.6. Correspondencia entre la diagnosis efectuada y el programa de intervenciones.

Actualmente se están desarrollando todo los estudios necesarios que definen finalmente el Plan de Movilidad de la ciudad, dado lo anterior, esta diagnosis de la situación actual se referirá a las comparaciones entre lo que arrojó el Plan Vial 1.995 y sus estudios homólogos que hasta el momento se han llevado a cabo hasta el año 2.006.

Respecto al servicio de TPCU, se tiene que para el análisis de éste, ambos planes viales establecen como área de estudio la zona urbana del municipio de Armenia y los municipios de influencia Circasia, Calarcá y La Tebaida, exceptuando Montenegro que fue incluido en el año 1.995 y excluido en el 2.006.

Es necesario aclarar que según los informes obtenidos, para el año 1995 se analizaron 13 empresas prestadoras del servicio de TPCU que operaban tanto en la zona urbana de la ciudad de Armenia como en las zonas urbanas de los municipios mencionados, y los resultados presentados en dicho estudios son referidos para las trece empresas y de forma global para el sistema como tal; mientras que el estudio llevado a cabo en el año 2.006, abarcó el análisis de sólo las tres empresas que operan directamente en la zona urbana de Armenia y que además de ello operan ciertas rutas de carácter intermunicipal hacia los municipios de influencia antes mencionados.

La Ciudad cuenta en total con tres empresas que prestan el servicio de TPCU, Buses Armenia S.A. - BASA, Cooperativa de Buses Urbanos del Quindío – COOBURQUIN LTDA. y Transportes Urbanos Ciudad Milagro – TUCM LTDA., las cuales fueron inventariadas; en la

Tabla 5.4.6.1. se presenta la relación del parque automotor de TPCU que hay actualmente en Armenia y su comparación con los datos de parque automotor que para el año de 1.995 se tenía en la ciudad; del total de parque automotor actual, 346 automotores son de circulación urbana exclusivamente, y el resto son de circulación nacional e intermunicipal.

Tabla 5.4.6.1. Comparación del Parque Automotor de TPCU en la ciudad de Armenia.

EMPRESA	1995	2006	VARIACION
BASA	137	171	1,25
COOBURQUIN LTDA	122	145	1,19
TUCM LTDA	51	69	1,35
TOTAL	310	385	1,24

Fuente: Elaboración propia a partir del estudio “Actualización del Plan Vial de Transito y Transporte del Municipio de Armenia. Fase I.” Estudio de Terminales. Universidad del Quindío. 2.006.

Así mismo, se encontró que de los 385 automotores, se encontraban activos¹³³ 358 (92,99%), en mantenimiento 17 (7,01%) y ninguno en reserva. La edad promedio del parque automotor es de 5,49 años (Buses 5,79 años y Busetas 5,20 años).¹³⁴ A la fecha se encuentran cuatro vehículos que deben ser repuestos según la Ley 105/93 (Cap.III, Art. 6), la cual estipula como vida útil máxima de los vehículos de TPCU en 20 años. Se tiene que en el año 1995 la edad promedio del parque automotor era de 9,2 años¹³⁵.

Las instalaciones operacionales de las empresas, que son los terminales o puestos de control, en la mayoría de los casos hacen uso de la vía pública¹³⁶. El parqueo o estacionamiento sobre la vía trae como consecuencia la ocupación de un porcentaje de la calzada, disminuyendo así la capacidad de la vía. Actualmente, en la ciudad hay 27 sitios que funcionan como despachaderos o terminales de TPCU.¹³⁷

En la ciudad de Armenia circulan en total 38 rutas de TPCU, siendo todas circulares, encontrándose que en 18 de ellas (47% del total), hay discrepancias entre el recorrido real de la ruta y lo aprobado legalmente por la Administración Municipal.

¹³³ Actualización del Plan Vial de Transito y Transporte del Municipio de Armenia. Fase I. Estudio de Terminales. Documento 02. Universidad del Quindío. Facultad de Ingeniería. Armenia, Junio de 2006.

¹³⁴ Ídem.

¹³⁵ Ídem.

¹³⁶ Estudio del Plan Vial y de Transportes para la ciudad de Armenia - Fase I.” Estudio del Sistema de Transporte Público Colectivo. Documento 12. Universidad del Quindío. Facultad de Ingeniería. Armenia, Julio de 1995.

¹³⁷ Actualización del Plan Vial de Transito y Transporte del Municipio de Armenia. Fase I. Estudio de Terminales. Documento 02. Universidad del Quindío. Facultad de Ingeniería. Armenia, Junio de 2006.

La distribución de la operación de las rutas por empresa se muestra en la Tabla 5.4.6.2., así como la longitud de éstas y su comparación para los años 1.995 y 2.006, apreciándose un aumento del 15% en el número de rutas prestadoras del servicio y un aumento del 31% en el número de kilómetros de nuevas rutas.

Tabla 5.4.6.2. Comparación de la Distribución de rutas de TPCU y su longitud en la ciudad de Armenia.

EMPRESA	NUMERO DE RUTAS			LONGITUD RUTAS (Km.)		
	1995	2006	VARIAC.	1995	2006	VARIAC.
BASA	15	18	1,20	----	433	
COOBURQUIN LTDA	14	15	1,07	----	357	
TUCM LTDA	4	5	1,25	----	129	
TOTAL	33	38	1,15	700	919	1,31

Fuente: Elaboración propia a partir del estudio “Actualización del Plan Vial de Transito y Transporte del Municipio de Armenia. Fase I.” Estudio de Terminales. Universidad del Quindío. 2.006.

Respecto al número de despachos, se determino que el sistema, realiza un total de 2.917 despachos en el día, la cantidad de despachos diarios por ruta varia entre 6 y 177; no obstante, el estudio afirma que la mayoría de las rutas realiza más de 50 despachos diarios y que tan sólo el 26% de las rutas de TPCU de la ciudad cumple con las frecuencias de despacho estipuladas por la Administración; en la Tabla 5.4.6.3. se presenta el número de despachos diarios realizados por empresa para el año 2.006.

Tabla 5.4.6.3. Despachos diarios por empresa en la ciudad de Armenia, 2.006.

EMPRESA	DESPACHOS	%
BASA	1.374	47,10%
COOBURQUIN LTDA	971	33,29%
TUCM LTDA	572	19,61%
TOTAL	2.917	100,00%

Fuente: Elaboración propia a partir del estudio “Actualización del Plan Vial de Transito y Transporte del Municipio de Armenia. Fase I.” Estudio de Terminales. Universidad del Quindío. 2.006.

En el estudio de 1.995, se referencia que en un día normal se realizan 3.809 despachos de vehículos del servicio de TPCU de la ciudad, de los cuales 2.222 (58,34%) corresponden a vehículos tipo bus, es decir, aproximadamente los que operan en la zona urbana del

municipio de Armenia; el estudio referencia además, que el número promedio de despachos por ruta es de 132,38 (incluyendo toda la zona de estudio) con un tiempo promedio de recorrido por ruta de dos (2) horas.

Ahora bien, el análisis de movilización de pasajeros en ambos estudios, se realizó a nivel de ruta de TPCU, de corredor vial, de empresa y sistema de transporte como un todo, para ello, se procedió al inventario de salidas y llegadas a terminales o puntos de despacho de vehículos durante el período de tiempo comprendido entre las 5:00 y las 23:00 horas, registrando para cada vehículo, el número de pasajeros movilizados por ruta.

El estudio del año 2.006 referencia un total de 126.783 pasajeros¹³⁸, lo que significa una disminución significativa (23,18%) respecto al número de pasajeros diarios movilizados en el año de 1995, el cual fue de 165.048 pasajeros, no obstante, este valor reportado es muy semejante al obtenido en el estudio OyD del mismo año (123.148). En la Tabla 5.4.6.4. se aprecia una comparación de los valores de movilización de pasajeros diarios por empresa para los dos años mencionados.

Tabla 5.4.6.4. Comparación de la Movilización diaria de pasajeros por empresa en la ciudad de Armenia.

EMPRESA	1995	%	2006	%	VARIAC.
BASA	66.533	40,31%	53.340	42,07%	19,83%
COOBURQUIN LTDA	64.457	39,05%	46.324	36,54%	28,13%
TUCM LTDA	34.058	20,64%	27.119	21,39%	20,37%
TOTAL	165.048	100,00%	126.783	100,00%	23,18%

Fuente: Elaboración propia a partir del estudio “Actualización del Plan Vial de Transito y Transporte del Municipio de Armenia. Fase I.” Estudio de Terminales. Universidad del Quindío. 2.006.

Por otra parte, el estudio de 1.995, determino que el número de pasajeros movilizados por el servicio de TPCU incluyendo los municipios de influencia fue de 187.576 pasajeros. En el mismo Plan, se encuentra que la capacidad estática del servicio de TPCU era de 22.642 lugares, y que la capacidad dinámica del servicio era de 177.325 lugares, lo que equivale al 94,54% de la demanda de viajes diarios de la ciudad; no obstante, según el mismo estudio, pero en la Fase II, referencia lo siguiente:

¹³⁸ Ídem.

"La capacidad del sistema es de 262.744 lugares; lo cual permite deducir un índice de utilización vehicular (I.U.V.) del 71,4%."¹³⁹

Se tiene entonces que en la Fase I establecen una capacidad dinámica del servicio menor que la demanda de movilización calculada y en el documento de la Fase II afirman otro valor de capacidad dinámica del sistema que es mayor que la demanda de movilización de pasajeros deduciendo así un índice de utilización vehicular. Es de aclarar que dicha capacidad estática y dinámica fueron calculadas para el parque automotor del servicio de transporte teniendo en cuenta las trece empresas que cubren el total del área de estudio, es decir, la zona urbana de Armenia y los municipios aledaños.

Para el año 2.006, el estudio estableció que el servicio de TPCU ofrece una capacidad estática¹⁴⁰ de 15.557 lugares y una capacidad dinámica de 124.667 lugares, según estos datos, en la actualidad el servicio de TPCU está movilizandando un número de pasajeros superior a los de su capacidad, teniendo un índice de utilización vehicular superior al 100%.

Respecto a la rotación por lugar, la cual se determina dividiendo el número de pasajeros por despacho entre la capacidad estática del vehículo, en el año 1.995, se estableció que variaba entre 0,62 y 2,30 por ruta, teniendo que la rotación promedio del sistema de TPCU en la ciudad fue de 1,19 pasajeros/ lugar, dato muy similar al obtenido para el año 2.006, en el cual se presenta una rotación de pasajeros por lugar que varía de 0,62 a 2,40, teniéndose que el valor promedio del servicio de TPCU es de 1,11 pasajeros/lugar.¹⁴¹

Otro indicador de operación del servicio es el índice de pasajeros por kilómetro (IPK), el cual, para el año de 1.995, el estudio referencia un IPK del sistema de 1,65; para el año 2.006, las rutas poseen IPK's que varían entre 3,46 y 0,16 pas./Km. teniendo un valor promedio de IPK para todo el sistema de 1,62 pas./Km.. En la Tabla 5.4.6.5. se aprecian los valores de IPK's determinados por ambos estudios, y aunque existe alguna diferencia entre el numero de rutas estudiadas entre ambos, los valores de IPK no son comparables y no es posible establecer si existe una mejora o una ineficiencia en la prestación del servicio desde este punto de vista en este periodo de tiempo.

¹³⁹ Estudio del Plan Vial y de Transportes para la ciudad de Armenia - Fase II." Plan de Transporte Público Terrestre Automotor en Armenia. Documento 16. Universidad del Quindío. Facultad de Ingeniería. Armenia, Diciembre de 1995.

¹⁴⁰ Actualización del Plan Vial de Transito y Transporte del Municipio de Armenia. Fase I. Estudio de Terminales. Documento 02. Universidad del Quindío. Facultad de Ingeniería. Armenia, Junio de 2006.

¹⁴¹ Ídem.

Tabla 5.4.6.5. IPK por empresa en la ciudad de Armenia.

EMPRESA	IPK	
	1995	2006
BASA	3,58	1,64
COOBURQUIN LTDA	3,79	1,52
TUCM LTDA	4,96	2,07
TOTAL	4,11	1,74

Fuente: Elaboración propia a partir del estudio “Actualización del Plan Vial de Transito y Transporte del Municipio de Armenia. Fase I.” Estudio de Terminales. Universidad del Quindío. 2.006. “Estudio del Plan Vial y de Transportes para la ciudad de Armenia - Fase I.” Universidad del Quindío. 1.995.

Respecto a la Velocidad de Recorrido del servicio de TPCU, para el año 1.995 no se hicieron estudios, no obstante, en el año 2006 se estableció que la velocidad promedio de recorrido en todas las rutas de TPCU es de 19 Km./h, variando entre 15 y 37 Km./h, así mismo, refieren que el tiempo promedio de recorrido para todas las rutas es de 79,3 minutos, variando estos entre 52 y 127 minutos.

Se resalta entonces que entre los años 1.995 y 2.006, en la ciudad de Armenia, aumentó el parque automotor en 24%, aumentó el número de rutas de TPCU en 15%, aumentó el número de Kilómetros de vías destinadas al TPCU en un 31%, pero disminuyó el numero de personas movilizadas en un 23,18%, disminuyó el IPK de 4,11 a 1,74 Pasajeros por Km. y, no obstante, la rotación de pasajeros por lugar permaneció similar.

Así mismo, es importante resaltar también cómo en el año 2.006, a pesar de poseerse más parque automotor que en el año 1.995 y de movilizarse menor cantidad de personas, haya una capacidad dinámica del servicio todavía menor que la cantidad de personas que se desplazan, lo cual lleva a concluir que para el año 1.995 probablemente existía una fuerte falencia en automotores para la prestación del servicio de transporte, o que por el contrario, con una menor cantidad de éstos, se hacia un uso más eficaz de ellos y por consiguiente se movilizaba un mayor número de personas.

Según estos resultados, se destaca que el servicio de TPCU en la ciudad de Armenia, a pesar de contar con una mayor cantidad de parque automotor, con una edad promedio adecuada, vemos como al comparar características físicas del sistema como la longitud de las rutas y número de éstas entre los años de 1.995 y 2.006, dichas variables han aumentado, pero al apreciar la variación del número de pasajeros movilizadas, vemos como

este valor ha disminuido en más de un 20%, lo cual lleva a concluir que el sistema no ha tenido el suficiente impulso para convertirse atractivo para el usuario y así aumentar su uso.

Al analizar los datos anteriormente consignados, tenemos que para el año 1.995, según el estudio de TPCU, el servicio transportaba diariamente un total de 165.048 pasajeros en el día, lo que representa un 73,74% del total de viajes diarios reportados en la matriz OyD (223.827 viajes diarios). Lo que contrasta con los valores de composición vehicular reportados por los estudios de volúmenes vehiculares, en los cuales se afirma un 3,23% de buses para este año.

Ahora bien, según datos del DANE, el número de pasajeros movilizados en Armenia, en vehículos de TPCU, tanto durante el primer trimestre como en el segundo de 2.005, estuvo alrededor de los 5.9 millones, en donde al culminar el primer semestre de este mismo año, el 43.2% de los pasajeros se transportó en buses y el 56.8% en busetas. Esto implicó un crecimiento de 1.7% entre enero y junio de 2005 respecto a similar período de 2.004.

En la Tabla 5.4.6.6. se aprecia la comparación del número de pasajeros movilizados en el año 2.004 y 2.005 según el DANE.

Tabla 5.4.6.6. Armenia. Transporte público urbano de pasajeros, por trimestres, según tipo de servicios. Primer trimestre 2.004 - segundo trimestre 2.005.

Tipo de vehículo	2004					2005		
	Total	Trimestre				Total	Trimestres	
		I	II	III	IV		I	II
Promedio mensual de vehículos afiliados	338	335	339	338	337	337	332	341
Buses	173	194	182	167	150	140	140	139
Busetas	164	141	157	171	187	197	192	202
Promedio diario de vehículos en servicio	330	325	330	331	333	329	325	333
Buses	169	188	176	164	147	136	137	135
Busetas	161	136	153	168	186	193	188	198
Pasajeros transportados (miles)	23.525	5.834	5.750	5.838	6.103	11.782	5.824	5.958
Buses	12.226	3.310	3.172	2.988	2.756	5.095	2.515	2.580
Busetas	11.300	2.524	2.579	2.850	3.347	6.687	3.309	3.378

Fuente: DANE – Oficina de Prensa. Transporte Urbano Automotor de pasajeros en 23 ciudades. Año 2004. Primer Trimestre de 2.005 y segundo trimestre de 2.005. Boletín de Prensa. Bogotá, 2.005. www.dane.gov.co

Los indicadores de productividad mensual por vehículo para el primer trimestre de 2.005 fueron: 6.119 pasajeros movilizados por bus y 5.867 por buseta, mientras que durante el segundo trimestre en promedio cada bus movilizó cerca de 6.369 pasajeros y las busetas 5.687. Para el segundo trimestre de 2.004 los promedios fueron de: 5.996 y 5.606 pasajeros.

Respecto a la red vial básica urbana de la ciudad, en la Tabla 5.4.6.7. se aprecia una comparación de los resultados inicialmente arrojados por los inventarios viales llevados a cabo en ambos años (1.997 y 2.006) respecto a las categorías de las vías que le conforman y su longitud en kilómetros.

Tabla 5.4.6.7. Resumen de la categorización de la red vial en la ciudad de Armenia.

CATEGORIA DE LA VÍA	NUMERO DE VIAS			LONGITUD (Km.)		
	1995	2006	VARIACION	1995	2006	VARIACION
VAP	11	30	2,7	24,9	49,8	2,0
VAS	45	68	1,5	42,6	43,6	1,0
VC	56	128	2,3	50,0	66,1	1,3
TOTAL	112	226	2,0	117,5	159,5	1,4

Fuente: Elaboración propia a partir del “Estudio del Plan Vial y de Transportes para la ciudad de Armenia - Fase I.” Universidad del Quindío. 1.995. “Actualización del Plan Vial de Transito y Transporte del Municipio de Armenia. Fase 0”. Universidad del Quindío. 2.006

Se aprecia que la red vial básica de la ciudad, en el lapso de diez años ha crecido, respecto a su longitud un 40%, pasando de tener 117,5 Km. a tener 159,5 Km., encontrando que respecto a la categoría de las vías, la mayor variación se ha presentado en las Vías Arterias Principales, las cuales han duplicado su longitud, pasando de tener aproximadamente 25 Km. en el año 1995 a tener casi 50 Km. en el 2.006; por otro lado, se ha pasado de clasificar 11 vías como VAP en el año 1.995 a clasificar 30 en la misma categoría para el año 2.006, indicando como se han concentrado los esfuerzos de la Administración Municipal en este tipo de vías.

Para el año 1.995, respecto al tipo de material de las vías que componen la red vial básica, y su estado, en la Tabla 5.4.6.8. se aprecian los resultados obtenidos para las tres categorías, los cinco materiales en lo cuales, para aquella fecha, podía estar construida y el estado bueno, regular o malo en que se encontraron.

Tabla 5.4.6.8. Resumen del estado de la red vial en la ciudad de Armenia, 1.995.

MATERIAL	TIPO DE VIA	ESTADO DE LA VÍA (Km.)			TOTAL		% DEL TOTAL
		BUENO	REGULAR	MALO			
TIERRA	VC	0,0	0,5	0,0	0,5	0,5	0,4%
AFIRMADO	VC	0,0	1,1	0,7	1,8	1,8	1,5%
CONCRETO RIGIDO	VAP	0,0	1,2	10,7	11,8	78,1	66,5%
	VAS	17,4	7,1	0,8	25,4		
	VC	24,3	15,1	1,5	40,9		
CONCRETO ASFALTICO	VAP	5,0	2,2	0,0	7,2	20,7	17,6%
	VAS	4,5	3,3	0,0	7,8		
	VC	4,5	1,1	0,1	5,7		
CONCRETO CON RECUBRIMIENTO	VAP	5,8	0,0	0,1	5,9	16,4	13,9%
	VAS	6,8	2,5	0,2	9,5		
	VC	0,9	0,2	0,0	1,1		
TOTAL		69,1	34,4	14,1	117,5		
% DEL TOTAL		58,8%	29,2%	12,0%			

Fuente: Elaboración Propia a partir de: “Estudio del Plan Vial y de Transportes para la ciudad de Armenia - Fase I.” Universidad del Quindío. 1.995.

De dicha tabla, se concluye que para aquella época, más de la mitad del total de Kilómetros de Red Vial Básica se encontraba en buen estado (58.8%) y que una gran parte de las vías de dicha red se encontraba construida en Concreto Rígido (66.5%), así mismo, se tiene que había semejante número de Kilómetros de Vías Arterias Principales en Buen y Mal estado (10,8 Km., 10,7 Km., respectivamente para todos los materiales).

Para el año 2.006, respecto al tipo de material de las vías que componen la red vial básica, y su estado, en la Tabla 5.4.6.9. se aprecian los resultados obtenidos para las tres categorías, los seis materiales en lo cuales, podía estar construida y el estado bueno, regular o malo en que se encontraron.

Frente a esta situación de la problemática vial y del transporte, el Plan Vial Urbano de 1.995 realiza una serie de recomendaciones, que se resumen en:¹⁴²

- Implementar una o varias estaciones satélites para las rutas de influencia provenientes de los municipios aledaños, que permitan agrupar en forma ordenada la generación y atracción de pasajeros. Se recomiendan los siguientes sitios para su ubicación: Calles 23 y 24 con Carrera 19, 20 y 20A (uso del suelo actual: Talleres de mecánica, montallantas y casas de bahareque); Manzana comprendida entre Calles 22 y 23 con prolongación de la

¹⁴² Estudio del Plan Vial y de Transportes para la ciudad de Armenia - Fase II.” Plan de Transporte Público Terrestre Automotor en Armenia. Documento 16. Universidad del Quindío. Facultad de Ingeniería. Armenia, Diciembre de 1995.

Carrera 20 y la Carrera 20A (Uso del suelo: Lotes de parqueaderos) y Carrera 20 entre calle 19 y 20 (Uso del suelo: Talleres de mecánica, ventas de materiales de construcción).

Tabla 5.4.6.9. Resumen del estado de la red vial en la ciudad de Armenia, 2.006.

MATERIAL	TIPO DE VIA	ESTADO DE LA VIA (Km.)			TOTAL	% DEL TOTAL	
		BUENO	REGULAR	MALO			
TIERRA	VAS	0,0	0,0	0,0	0,1	2,4	1,5%
	VC	0,0	0,8	1,5	2,3		
AFIRMADO	VC	0,2	0,5	1,7	2,4	2,4	1,5%
CONCRETO RIGIDO	VAP	12,5	0,0	0,0	12,5	87,8	55,1%
	VAS	24,0	2,7	0,0	26,7		
	VC	46,7	1,8	0,1	48,6		
CONCRETO ASFALTICO	VAP	19,7	0,0	0,0	19,7	38,6	24,2%
	VAS	7,3	0,0	0,6	7,9		
	VC	9,5	0,5	1,0	11,0		
CONCRETO CON RECUBRIMIENTO	VAP	17,5	0,0	0,0	17,5	28,2	17,7%
	VAS	8,5	0,3	0,0	8,8		
	VC	1,0	0,3	0,5	1,8		
ADOQUIN	VAP	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1%
	VAS	0,0	0,0	0,0	0,0		
TOTAL		146,9	7,0	5,5	159,5		
% DEL TOTAL		92,1%	4,4%	3,4%			

Fuente: Elaboración Propia a partir de: "Actualización del Plan Vial de Transito y Transporte del Municipio de Armenia. Fase 0". Universidad del Quindío. 2.006.

- Con la estación/es satélite/s establecidas en un lugar tangencial al núcleo de la ciudad, proceder a reestructurar el servicio de transporte de las rutas de influencia en vehículos, tipos: microbús, bus y buseta a fin de ampliar la cobertura de servicio de transporte a todos los municipios del área. La reestructuración se plantea con base en los siguientes parámetros de transporte metropolitano:
 - Rutas circulares con origen y destino en los municipios contemplados en el área metropolitana con lugar de paso en Armenia: La estación satélite.
 - Frecuencias de despacho y de paso, al igual que los períodos de servicios, calculados según los resultados de las matrices Origen - Destino y la fluctuación horaria de la demanda real y potencial de usuarios del transporte. De los cálculos anteriores se determinan las necesidades de equipo automotor con las cuales se diseñan las plataformas de paso de la central de transición.

- Para la información de los usuarios deben existir tableros electrónicos que indiquen: rutas horarios, horas de paso, tarifas, número de plataforma por ruta, empresas, tipo de vehículo, hora, temperatura, etc.
- Establecer una terminal interveredal que agrupe todas las empresas de servicio de transporte mixto (camperos) y carretillas; y permitir la reubicación de vendedores ambulantes y estacionarios que operan alrededor de la galería central, en un centro comercial al nivel de los usuarios del transporte veredal.
- No permitir la constitución ni funcionamiento de nuevas empresas de TPCU, en ninguno de los tipo de vehículos existentes: bus, buseta, microbús, campero y taxi. Por el contrario facilitar las condiciones necesarias (asesoría, orientación, etc.) para mejorar el funcionamiento de las empresas de transporte legalmente constituidas.
- Teniendo en cuenta las tendencias de viaje y las necesidades de movilización detectadas entre los sectores de la ciudad, reestructurar la ubicación de los paraderos en toda la ciudad, empezando por las vías céntricas.
- Actualizar cada cinco (5) años el estudio de Origen - Destino elaborado en la Fase I del Plan Vial y de Transporte para Armenia.
- Ampliación de la forma de servicio de individual a colectivo a las empresas de taxis que estén interesadas en prestar el servicio en rutas colectivas previamente definidas y licitadas por la autoridad de transporte municipal, en las cuales se determinen los parámetros de operación.
- Evaluar mediante controles permanentes efectuados a las empresas de transporte el cumplimiento de las rutas y frecuencias autorizadas.
- Propender por la ejecución de un programa de interconexión de barrios, tendiente a configurar corredores viales periféricos que faciliten la reestructuración futura del sistema de transporte con rutas que comuniquen el Norte y Sur de la ciudad sin tener que pasar por el centro.

Partiendo de dichas recomendaciones, se propone la ejecución de 21 proyectos viales que buscaban a corto, mediano y largo plazo marcar el desarrollo vial y urbanístico de la ciudad. Se presenta una priorización de la ejecución de los proyectos viales, dependiendo de su relación beneficio/costo.

Los proyectos a corto plazo son de prioridad 1, definiendo como tal el lapso comprendido entre el año 1.996 al 2.000; los proyectos a mediano plazo son de prioridad 2, lapso comprendido entre el año 2.000 al 2.005 y los proyectos a largo plazo son de prioridad 3, lapso comprendido entre el año 2.005 al 2.010. Los proyectos viales propuestos fueron clasificados como sigue:

- Vías en Zonas de Renovación Urbana: Son vías que se caracterizan por la consolidación de asentamientos humanos en estructuras menores (1 o 2 plantas) y bajo porcentaje de edificios de mayores especificaciones. Usualmente corresponden a estratos 2 y 3.
- Vías de Carácter Especial: Son vías que corresponden a zonas residenciales o de expansión urbana y que una vez construidas e incorporadas a la Red Vial Básica urbana adquieren un carácter de especial importancia lo que obliga a su evaluación económica incluyendo en el valor de la inversión la adquisición de los predios por parte del Municipio.
- Vías en Zonas de Expansión Urbana: Son vías que corresponden a zonas urbanizables o de expansión urbana, en la medida que estas se desarrollan.

En la Tabla 5.4.6.10. se aprecia el listado de proyectos propuestos por este Plan Vial, su correspondiente longitud y priorización.

En Definitiva, el plan propuso construir un total de 34,46 Km. de vías y rectificar y ampliar un total de 6,28 Km. de vías. Así mismo, se establecieron como necesarios otros proyectos llamados “Proyectos de Carácter Local”, que aunque de menor jerarquía que los anteriores, dada su longitud e incidencia en al Red Vial fueron priorizados y definidos directamente por la Oficina de Planeación.

En el Plan Vial Urbano de Armenia del 2.006, se partió de las condiciones “actuales” del sistema de movilidad de la ciudad, tanto desde el punto de vista de la oferta, como de la demanda, y luego se construyeron los escenarios futuros, con la incorporación de los proyectos en consideración, en el corto, mediano y largo plazo.

En el POT de Armenia, se establecen varias acciones para el sistema de transporte, teniendo dentro de estas, el desarrollo en vías arterias principales, vías arterias secundarias y en vías colectoras, entre otros programas de semaforización, conservación y rehabilitación de la red vial.

Tabla 5.4.6.10. Proyectos propuestos por el Plan Vial en la ciudad de Armenia, 1.995.

PROYECTOS		LONG.(m)	PRIORIDAD	TIPO DE OBRA
En zonas de renovación urbana	Avenida del Arriero. Tramo I	500	1	Rectificación y Ampliación
	Avenida del Arriero. Tramo II	580	1	Rectificación y Ampliación
	Avenida del Arriero. Tramo III	1.200	2	Rectificación y Ampliación
	Avenida República del Líbano	520	1	Construcción
	Avenida Montenegro	880	2	Rectificación y Ampliación
	Ampliación Carrera 18	1.500	1	Construcción
	Avenida Poporo Quimbaya	550	3	Rectificación y Ampliación
	Avenida Palma de Cera (Carrera 20)	1.270	3	Rectificación y Ampliación
Total		7.000		
Carácter Especial	Avenida de Buenos Aires	309	1	Construcción
	Avenida de La Estación (Carrera 22)	1.000	2	Construcción
	Avenida Tigres	1.650	1	Construcción
	Avenida Primero de Mayo	1.300	1	Rectificación y Ampliación
	Avenida del Ferrocarril	4.500	1	Construcción
Total		8.759		
En zonas de expansión urbana	Avenida de las Palmas	623	3	Construcción
	Avenida del Alcázar	740	3	Construcción
	Avenida de la Castellana	134	3	Construcción
	Avenida 19 Norte	682	3	Construcción
	Avenida de la Colonia	450	3	Construcción
	Avenida Yulima	660	3	Construcción
	Avenida 14 de Octubre	4.518	3	Construcción
	Avenida Piamonte	1.250	3	Construcción
	Avenida Los Congresistas	2.930	3	Construcción
	Avenida Perimetral del Café	13.000	3	Construcción
Total		24.987		
Longitud Total de Proyectos		40.746		

Fuente: Elaboración Propia a partir de: “Estudio del Plan Vial y de Transportes para la ciudad de Armenia - Fase II.” “Estudio de Impacto Ambiental”. Universidad del Quindío. 1.995.

Las bases para evaluar los proyectos propuestos, se relacionan directamente con el análisis de los siguientes parámetros técnicos:

- a. Mejoramiento de la movilidad de la ciudad o de algunos corredores viales. Corresponde a proyectos que actúan sobre vías arterias principales o secundarias, mediante la construcción de nuevas vías, la ampliación o conversión de vías de menor clasificación o la complementación de corredores existentes que se encuentran incompletos. Estas obras permiten aumentar las velocidades de desplazamiento para los vehículos que circulan en trayectos largos, disminuyendo las demoras y atrayendo nuevos usuarios, lo que implican descongestionamiento en otros corredores. Sin embargo, existen dos impactos indirectos que se pueden aumentar como son, el del riesgo de accidentalidad

vial (a mayor velocidad mayor riesgo), y la disminución de la accesibilidad a los predios cercanos, por la canalización para la separación de los flujos y el control de los ingresos y salidas del corredor vial. La evaluación de estos proyectos se realizó mediante la utilización del sistema TransCAD, comparando los valores de las variaciones en tiempo y distancia de recorrido de los usuarios en el sistema de transporte y localmente, por la atracción de nuevos viajes que descongestionarán otras vías consideradas como críticas.

- b. Mejoramiento de la accesibilidad en sectores o áreas en desarrollo. La implementación de estas obras tiene relación con el mejoramiento de vías locales existentes y la construcción o mejoramiento de intersecciones que faciliten el ingreso a sectores residenciales o institucionales en condiciones seguras, principalmente. Los factores principales de evaluación de los beneficios para este tipo de proyectos se basan en la población residente, viajeros visitantes a una zona comercial o institucional, o las características del comercio actual o potencialmente beneficiado, etc. TransCAD se puede utilizar para determinar el número de vehículos y viajeros se verían beneficiados directamente.
- c. Mejoramiento de la conectividad. Los proyectos que están orientados a completar tramos de la red vial con el fin de darle continuidad o a complementar la funcionalidad de algunas intersecciones habilitando o mejorando giros, presentan beneficios principalmente locales, aumentando las velocidades de circulación y despeje del tránsito. La evaluación de este tipo de obras se relaciona con la medición de los tiempos de despeje y los beneficios de la habilitación de tramos continuos, disminuyendo la congestión. Las herramientas propias para este análisis son los modelos de micro simulación del tránsito.
- d. Recuperación o mejoramiento de zonas de espacio público para el tránsito peatonal principalmente, mediante actuaciones urbanísticas. La evaluación específica, se centra en los beneficios obtenidos por la valorización de los predios circundantes a nivel local y para la ciudad la atracción de visitantes turísticos o comerciales, contra los posibles inconvenientes por las restricciones vehiculares, los cuales si se diseñan apropiadamente pueden incluso mejorar la circulación, al controlar los sitios de parqueo no permitido y la recuperación del espacio público invadido.

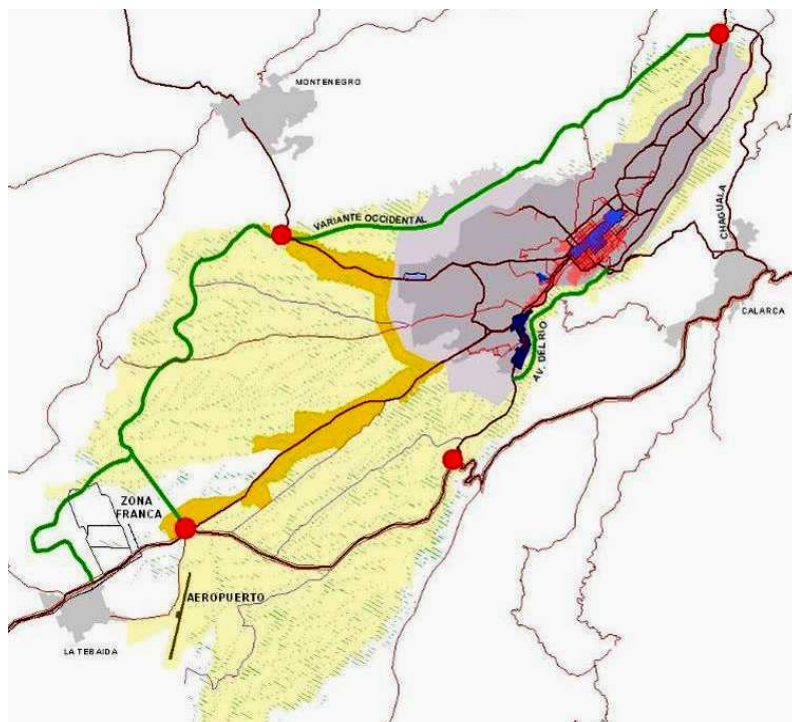
Ahora bien, se plantean proyectos principalmente sobre la infraestructura vial, los equipamientos complementarios y el espacio público, con efectos en los usos del suelo que han sido impactados o generan impactos por las condiciones de movilidad. Es así como para la construcción del escenario de desarrollo para el año 2.010, se seleccionaron varios

proyectos del POT que se consideraron como posibles de dar al servicio antes de dicho año y que presentan características operativas de mejoramiento de la movilidad o complementación de la red vial actual, factibles de evaluar su impacto mediante cambios en los tiempos de viaje y las distancias recorridas por los usuarios del sistema de transporte privado.

Los proyectos que se proponen fueron clasificados son: sigue: Proyectos complementarios del sistema de movilidad urbana y rural; Proyectos de ordenamiento físico y de actividades; Proyectos de normatización y reglamentación de situaciones existentes.

- Proyectos complementarios del sistema de movilidad urbana y rural.
 - Proyecto 1: Mejora de la movilidad regional a través de la complementación de un circuito de variantes en el área rural. Identificando las variantes que funcionan en la actualidad, se trata de definir un anillo con solución de las intersecciones con las vías principales de acceso.

Fig. 5.4.6.1. Esquema general del Proyecto 1.



La variante de Chagalá se conecta en un anillo con la variante occidental propuesta por el POT permitiendo la conformación de un anillo que se desprende de la Transversal Bogotá-Buenaventura, y envuelve a Armenia permitiendo una movilidad

periférica. Esta propuesta implica replantear el trazado de la variante occidental con el fin de determinar dos puntos de intersección importantes con la de Chagualá hacia el norte y con la Transversal Bogotá Buenaventura hacia el sur (tipo glorieta). En la Figura 5.4.6.1. se aprecia un esquema general de dicho proyecto.

- Proyecto 2: Mejora de la circulación periférica a través de la complementación de los anillos en la malla vial arterial en el área urbana. Se busca determinar los ejes viales prioritarios para completar la malla vial arterial, en lo que respecta a la circulación periférica dentro de la ciudad. En particular estableciendo enlaces entre las zonas y/o equipamientos generadores de carga: Zona industrial, Mercar, Centro de la ciudad. La circulación perimétrica se estructura a través de los anillos propuestos por el Plan Vial de 1.995, complementados con la Av. del Río, que ha sido identificada como una conexión vial alternativa entre zona industrial y centro de la ciudad, que proporcionará alivio a los corredores longitudinales de las Carreras 18 y 19. Este proyecto contempla las siguientes alternativas de conformación de anillos para la mejora de la accesibilidad, movilidad, conectividad del transporte.
 - ❖ *Alternativa 1. Anillo de la Av. del Río - Av. Perimetral del café.* Este circuito permitirá solucionar la accesibilidad regional por el occidente, conectando a su paso los principales puntos generadores de carga (Mercar, Zona industrial y centro urbano) con las principales salidas hacia la región: Autopista del café, vía a montenegro, vía al Caimo y vía a Calarcá. Esta intervención implica la construcción de nueva infraestructura vial en donde no existe, aspecto que exige alta inversión y largo plazo. En la Figura 5.4.6.2. se aprecia un esquema general de dicha Alternativa.
 - ❖ *Alternativa 2. Anillo A. del Río - Av. de Occidente.* Este circuito resulta estratégico para solventar la conectividad desde los puntos generadores de carga (Mercar y Zona industrial) hacia el centro de la ciudad, proporcionando dos canales de accesibilidad: desde Av. del el Río-Av. Centenario por el oriente y desde Av. del Occidente-Av. de las Américas por el occidente. Esta intervención aprovecha la oportunidad del tramo de la Av. de Occidente proyectado entre la Av. Tigreros y el barrio La Patria, identificado como prioritario en la en la agenda de proyectos por ejecutar del municipio. Considerando que parte este circuito atraviesa zonas residenciales existentes, se hace necesario redefinir el perfil con una franja de amortiguamiento ambiental a borde de calzada. En la Figura 5.4.6.3. se aprecia un esquema general de dicha Alternativa.

Fig. 5.4.6.2. Esquema general de la Alternativa 1 del Proyecto 2.

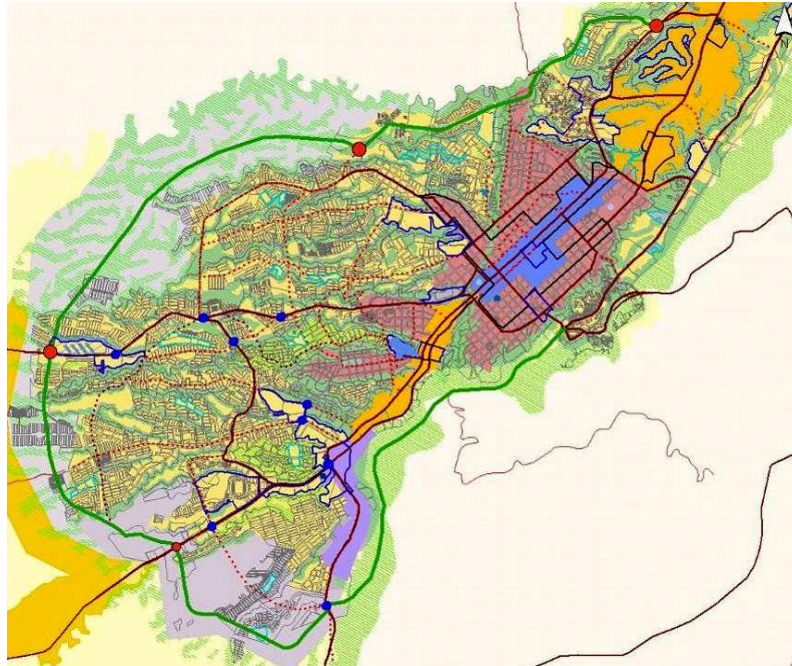
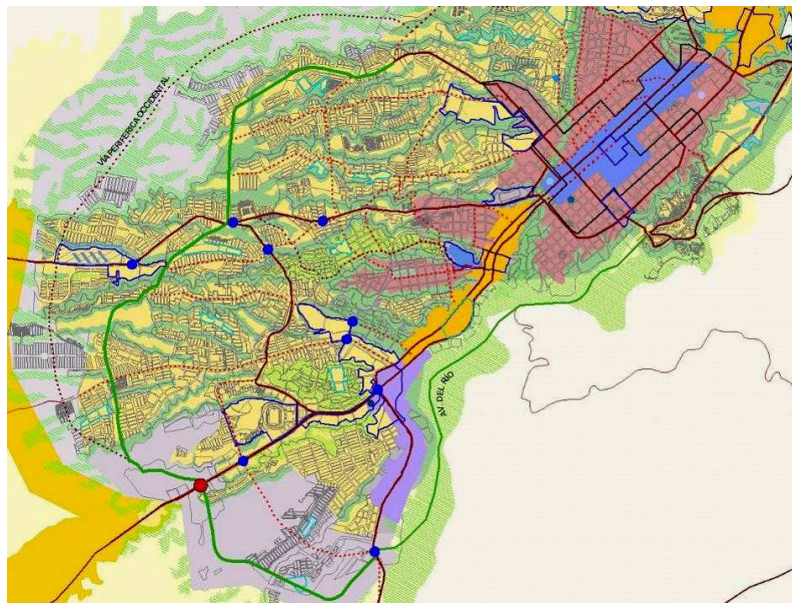


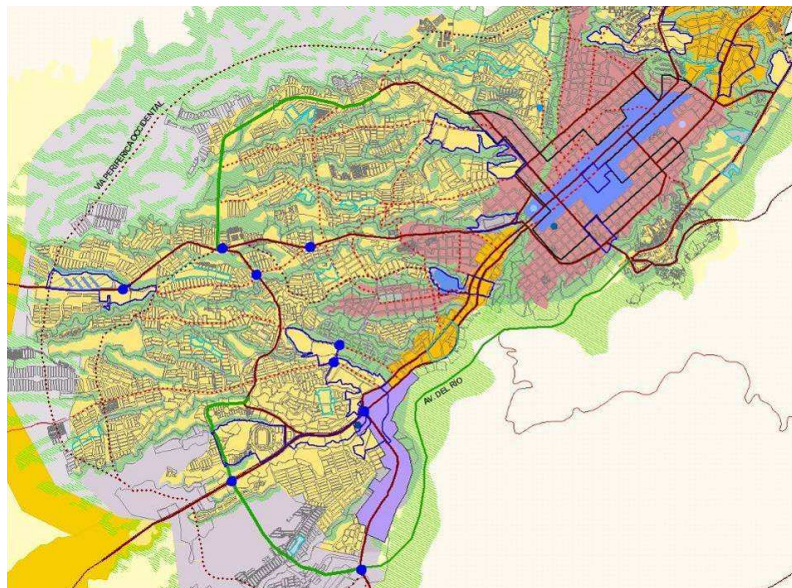
Fig. 5.4.6.3. Esquema general de la Alternativa 2 del Proyecto 2.



- ❖ *Alternativa 3. Anillo Av. Montecarlo - Av. Tigreros - Av. de Occidente.* Define la accesibilidad periférica desde un circuito intermedio entre el centro de la ciudad y los puntos generadores de carga, esto implica que el funcionamiento de este circuito compromete ciertos tramos de las vías radiales. Este circuito aprovecha la infraestructura de vías existentes como la Av. Tigreros y el tramo de la Av.

Montecarlo a la altura de El Portal del Edén. Los tramos conectores son los siguientes: (1) Prolongación de la Av. Montecarlo desde el Portal del Edén hasta conectar con la Av. Tigreros. (2) tramo de la Av. de Occidente entre la Av. Tigreros y el barrio La Patria hasta desembocar en la Av. de las Américas. Como en el caso anterior esta intervención aprovecha la oportunidad de los proyectos prioritarios en la agenda de obras públicas del municipio: Av. Montecarlo (parcialmente construida), Av. Tigreros (existente), Av. congresistas (tramo entre los barrios Villa Angela y Sinaí), Av. del Occidente (entre la Av. Tigreros y el barrio La Patria). Los que pueden conectarse a la Av. del Río (nueva obra). Igualmente este circuito atraviesa zonas residenciales existentes, se hace necesario redefinir el perfil con una franja de amortiguamiento ambiental a borde de calzada. En la Figura 5.4.6.4. se aprecia un esquema general de dicha Alternativa.

Fig. 5.4.6.4. Esquema general de la Alternativa 3 del Proyecto 2.

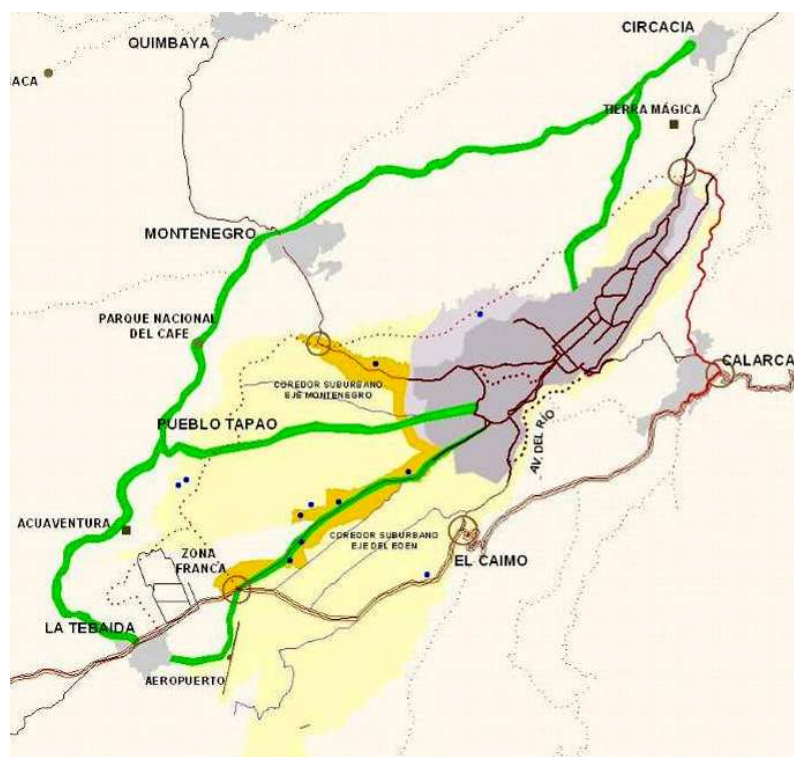


- Proyecto 3: Movilidad rural e intermunicipal a través de la red de ciclorutas. Se trata de implementar el circuito de ciclorutas intermunicipal, definido por el Plan Vial 1.995, de manera que articule: (1) las áreas de producción agrícola con el área urbana, (2) las áreas de servicios hoteleros rurales con el centro de Armenia y con la oferta recreativa de parques. Con el fin de conseguir formas de movilidad alternativa, que constituya un valor añadido de cara al desarrollo turístico y la protección del medio ambiente. El plan de Ordenamiento define un circuito turístico regional en la vía

periférica regional, que comunica las cabeceras municipales de Circasia, Montenegro y La Tebaida. Eje con un potencial turístico, debido a los parques recreativos existentes y proyectados, y con características paisajísticas excepcionales, sobre el cual se plantea una red de cicloruta regional, sobre la cual se basa esta propuesta.

Actualmente, existe un tramo de cicloruta entre La Tebaida y el Aeropuerto de El Edén. Por otro lado, se ha detectado una incipiente proliferación de servicios relacionados con el la recreación y el turismo, en el eje La Tebaida-Armenia, situación que determina una tendencia que exige intervenciones que fortalezcan esta oferta, mejorando la comunicación entre los servicios a través de un medio complementario como la cicloruta. En la Figura 5.4.6.5. se aprecia un esquema general de dicho Proyecto.

Fig. 5.4.6.5. Esquema general del Proyecto 3.



Los proyectos de ordenamiento físico y de actividades definen las áreas en donde se requiere organizar las actividades ligadas al transporte de carga, mediante la implementación del patrón de ordenamiento físico, en donde se definan los elementos de la infraestructura y

equipamientos complementarios. Proyectos que pueden ser planteados como Planes Parciales, ligados a las propuestas del POT, o como nuevas iniciativas.

- Proyecto 4: Actuaciones en la Operación urbana Especial del Centro. El centro de Armenia está definido por el POT como una operación urbana especial. Este proyecto determina los componentes viales, de espacio público, servicios y dotaciones. Dichos componentes responden a las necesidades identificadas en el diagnóstico y determinan proyectos, a considerar dentro Plan Parcial respectivo, como son:

Ordenamiento vial del área central. Implica la precisión del anillo vial que propone el Plan vial, de tal manera que éste pueda articularse de una manera más integral con los principales ejes de la ciudad, propiciando una accesibilidad más equilibrada al área central.

Precisar el área de renovación urbana en donde predominan las actividades deteriorantes, rezago de las actividades de abasto. Constituye la zona entre las Carreras. 19 y 20 y Calles 10 y 26, identificada por el predominio de actividades industriales, estacionamiento de vehículos de carga y terminales de transporte colectivo en el espacio público.

Normatividad en el tejido de actividad central, en donde predomina la mayor demanda de accesibilidad de transporte de carga intermitente para solventar el abasto de productos.

En la Figura 5.4.6.6. se aprecia un esquema general de dicho Proyecto.

- Proyecto 5: Plan Parcial organizadores de servicios especializados en el Área industrial. El POT determina un área especial en la zona industrial para organizar las actividades relacionadas con el mantenimiento y reparación de vehículos de carga y de otros servicios que generen un alto impacto con respecto a la movilidad intensa de mercancías. Este proyecto plantea la determinación de un área o varias áreas en donde se puedan definir las condiciones de infraestructura y dotaciones para implantar adecuadamente estos servicios. En la Figura 5.4.6.7. se aprecia un esquema general de dicho Proyecto.

Fig. 5.4.6.6. Esquema general del Proyecto 4.

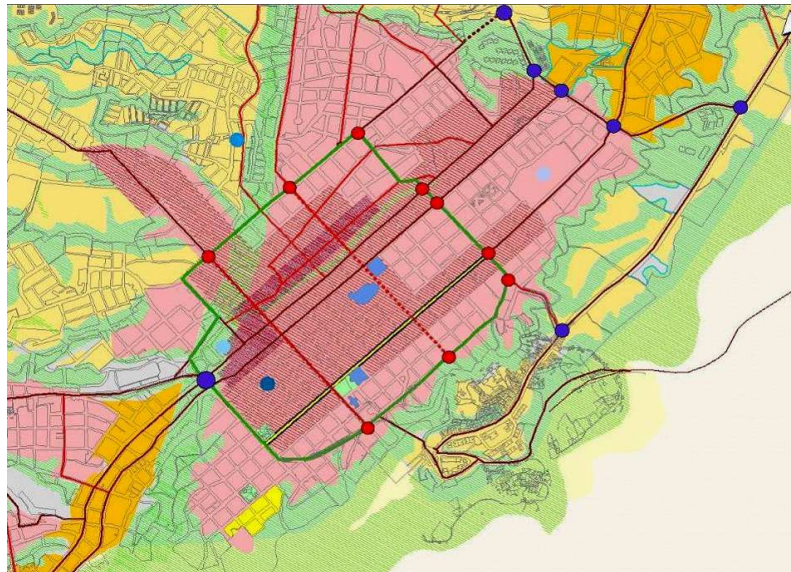
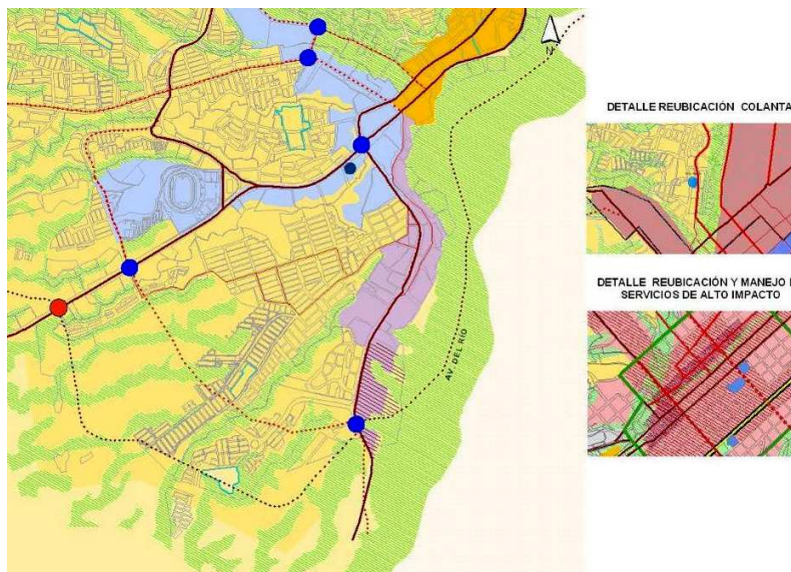


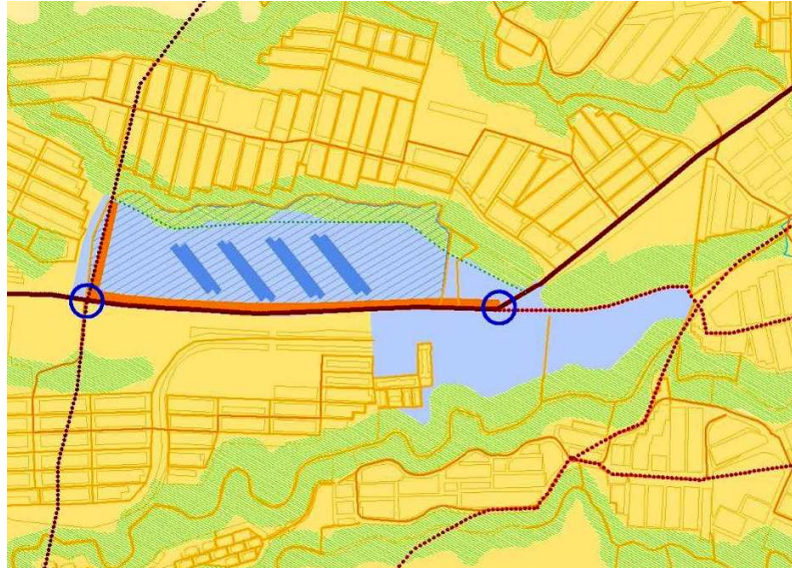
Fig. 5.4.6.7. Esquema general del Proyecto 5.



- Proyecto 6: Plan de regularización y manejo MERCAR. La reglamentación de los Planes de Regularización y Manejo en Armenia constituye una asignatura pendiente. Este proyecto enuncia los elementos relacionados con la movilidad de carga que el Plan de Regularización debe tener en cuenta: dotaciones complementarias, integración con la malla vial de la ciudad, solución de estacionamiento de carga y de particulares, espacio público acorde con la movilidad de usuarios, accesibilidad,

previsión de futuras ampliaciones y controles ambientales. En la Figura 5.4.6.8. se aprecia un esquema general de este proyecto.

Fig. 5.4.6.8. Esquema general del Proyecto 6.



Fuente: Evaluación y Definición de las necesidades de equipamientos urbanos para el manejo de carga y los desplazamientos rurales de la ciudad de Armenia y su área rural. Informe Final. Etapa III: formulación de propuestas de mejoramiento del sistema de movilidad de la ciudad de armenia. Proyecto Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD COL00043970. Universidad Nacional de Colombia. 2.006.