

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y SOCIALES  
ESCUELA DE ECONOMÍA

***Costo del Tiempo y Costo Operacional derivado de la Congestión  
Vehicular en el Área Metropolitana de Caracas***

Tutor:

***Germán R. Ríos Mendez***

Autores:

***Marilyn M. González Uzcátegui***

***Daniel A. Raguá Álvarez***

Caracas, octubre de 2009

## **AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA**

Dedicamos este trabajo de grado a todos los ciudadanos que transitan diariamente las vías de Caracas y que son víctimas de los fuertes niveles de congestionamiento vehicular, viéndose obligados a destinar parte de su tiempo en permanecer en el tránsito vehicular para trasladarse a sus actividades cotidianas y que fueron los que motivaron esta investigación.

También queremos agradecer a todos nuestros familiares y amigos que colaboraron con la elaboración del trabajo de campo, así como a todas aquellas personas que suministraron su orientación e información y facilitaron en gran medida esta investigación. De igual forma, agradecemos a los que colaboraron en la redacción, así como a los que de alguna manera sirvieron de apoyo para llevar a cabo este trabajo de grado.

Para culminar, agradecemos especialmente a quien con su conocimiento, dedicación y experiencia, guió la realización e impulsó el nivel académico e intelectual de esta investigación, el Profesor Germán R. Ríos Méndez.

## ÍNDICE

|                                                                                                      |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>INTRODUCCIÓN.....</b>                                                                             | <b>9</b>  |
| <b>CAPITULO I. CONGESTIÓN VEHICULAR .....</b>                                                        | <b>15</b> |
| <i>I.1 CONCEPTOS DE CONGESTIÓN VEHICULAR.....</i>                                                    | <i>17</i> |
| <i>I.2 CAUSAS DE LA CONGESTIÓN VEHICULAR.....</i>                                                    | <i>25</i> |
| <i>I.3 COSTO OPERACIONAL DERIVADO DE LA CONGESTIÓN VEHICULAR.....</i>                                | <i>27</i> |
| <i>I.4 COSTO DEL TIEMPO DERIVADO DE LA CONGESTIÓN VEHICULAR.....</i>                                 | <i>29</i> |
| <i>I.4.1 CONSIDERACIONES DE LA MEDICIÓN EMPÍRICA DEL VALOR DEL TIEMPO.....</i>                       | <i>36</i> |
| <i>I.5 ESTUDIOS EMPÍRICOS SOBRE LOS COSTOS ECONÓMICOS DERIVADOS DE LA CONGESTIÓN VEHICULAR.....</i>  | <i>38</i> |
| <b>CAPITULO II. CONGESTIÓN EN EL ÁREA METROPOLITANA DE CARACAS.....</b>                              | <b>48</b> |
| <i>II.1 SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO EN EL ÁREA METROPOLITANA DE CARACAS.....</i>                    | <i>48</i> |
| <i>II.1.1 DISTRIBUCIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR Y UTILIZACIÓN DEL VEHÍCULO PARTICULAR.....</i>           | <i>51</i> |
| <i>II.2 CARACTERÍSTICAS DE OFERTA DE INFRAESTRUCTURA VIAL DEL ÁREA METROPOLITANA DE CARACAS.....</i> | <i>59</i> |
| <i>II.2.1 CONDICIONES DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN EL ÁREA METROPOLITANA DE CARACAS.....</i>        | <i>62</i> |
| <i>II.2.1.1 PAVIMENTACIÓN.....</i>                                                                   | <i>62</i> |
| <i>II.2.1.2 SEMAFORIZACIÓN Y OTROS ELEMENTOS DE INFRAESTRUCTURA.....</i>                             | <i>65</i> |
| <i>II.3 CONGESTIÓN VEHICULAR EN EL MUNDO.....</i>                                                    | <i>68</i> |
| <b>CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO.....</b>                                                         | <b>73</b> |

|                                                                                                              |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| III.1 TRABAJO DE CAMPO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE CARACAS.....                 | 75         |
| III.1.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO PARA EL TRABAJO DE CAMPO.....                                                 | 77         |
| III.1.2 DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA.....                                                                     | 79         |
| III.1.3 CÁLCULO DE TIEMPO MEDIO DE RECORRIDO EN HORA PICO Y DE TIEMPO MEDIO DE DEMORA.....                   | 82         |
| III.2 CÁLCULO DEL COSTO DEL TIEMPO.....                                                                      | 83         |
| III.2.1 METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL VALOR DEL TIEMPO.....                                                | 83         |
| III.2.2 METODOLOGÍA PARA CALCULAR EL COSTO DEL TIEMPO.....                                                   | 85         |
| III.3 CÁLCULO DEL COSTO DE OPORTUNIDAD DE EXPORTACIÓN DE GASOLINA.....                                       | 87         |
| III.3.1 DETERMINACIÓN DEL VEHÍCULO PROMEDIO Y SU RENDIMIENTO DE COMBUSTIBLE.....                             | 90         |
| III.3.2 MÉTODO PARA EL CÁLCULO DE CONSUMO DE GASOLINA Y COSTO DE OPORTUNIDAD DE EXPORTACIÓN DE GASOLINA..... | 91         |
| <b>CAPITULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>                                                              | <b>95</b>  |
| IV.1 COSTO DEL TIEMPO EN EL ÁREA METROPOLITANA DE CARACAS.....                                               | 102        |
| IV.2 COSTO DE OPORTUNIDAD DE EXPORTACIÓN DE GASOLINA EN EL ÁREA METROPOLITANA DE CARACAS.....                | 104        |
| IV.3 PERSPECTIVA DE LOS COSTOS DERIVADOS DE LA CONGESTIÓN VEHICULAR.....                                     | 106        |
| <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>                                                                   | <b>109</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>                                                                                     | <b>116</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>                                                                                           | <b>123</b> |

## ÍNDICE DE CUADROS

|                                                                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Cuadro N° 1: Clasificación general de las actividades de transporte.....                                                                                                      | 16 |
| Cuadro N° 2: Causas de la congestión vehicular.....                                                                                                                           | 26 |
| Cuadro N° 3: Comparación de los Costos Marginales de Congestión en Europa (euros por vehículo/Km) para 1998.....                                                              | 39 |
| Cuadro N° 4: Costo de Congestión para California USA para el 2005.....                                                                                                        | 41 |
| Cuadro N° 5: Condiciones promedio de un viaje de 7 Km en hora pico de la tarde, 2003 (ciudades de Brasil con más de un millón de habitantes).....                             | 42 |
| Cuadro N° 6: Costos de tiempo y de operación de transporte en autobús y automóvil, en función de la congestión, 2003 (municipios con más de 60 mil habitantes en Brasil)..... | 43 |
| Cuadro N° 7: Costos del Tiempo de Viaje a Precios de Mercado en AMC.....                                                                                                      | 45 |
| Cuadro N° 8: Costos del Tiempo de Viaje en el Metro de Caracas 1995-2025.....                                                                                                 | 46 |
| Cuadro N° 9: Distribución de la población por vehículos y relación con el número de Km2 en Venezuela.....                                                                     | 54 |
| Cuadro N° 10: Capacidad y Demanda vial en los principales corredores viales del AMC.....                                                                                      | 56 |
| Cuadro N° 11: Distribución de vías del AMC según servicio de movilidad y accesibilidad en el 2002.....                                                                        | 60 |
| Cuadro N° 12: Área ocupada por la vialidad del AMC en el 2002.....                                                                                                            | 61 |

|                                                                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Cuadro N° 13: Ocupación de espacios por la vialidad del AMC en el 2002.....                                                                                       | 62  |
| Cuadro N° 14: Condición del pavimento por jerarquía vial del AMC (en Km) en el<br>2002.....                                                                       | 63  |
| Cuadro N° 15: Distribución del parque automotor por tipo de uso para ciudades<br>latinoamericanas.....                                                            | 70  |
| Cuadro N° 16: Condición del Pavimento por Jerarquía vial América Latina (en Km).....                                                                              | 71  |
| Cuadro N° 17: Tamaño mínimo aproximado de la muestra, necesario para estudios de<br>tiempo de recorrido y demoras, con un nivel de confiabilidad de<br>95,0%..... | 79  |
| Cuadro N° 18: Resultados obtenidos en el trabajo de campo en el AMC.....                                                                                          | 96  |
| Cuadro N° 19: Comparación tiempo de recorrido en hora valle y en hora pico en el<br>AMC.....                                                                      | 99  |
| Cuadro N° 20: Costo total anual derivado de la congestión vehicular en el AMC.....                                                                                | 106 |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

|                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico N° 1: Representación gráfica del concepto de congestión vehicular.....                                                | 19 |
| Gráfico N° 2: Costo privado y costo social por viaje.....                                                                     | 21 |
| Gráfico N° 3: Mercados determinantes de la congestión vehicular.....                                                          | 23 |
| Gráfico N° 4: Población urbana en la Comunidad Andina.....                                                                    | 49 |
| Gráfico N° 5: Distribución del Parque Automotor de Caracas por tipo de vehículo para el<br>año 2007.....                      | 52 |
| Gráfico N° 6: Distribución del Parque Automotor en Venezuela.....                                                             | 53 |
| Gráfico N° 7: Distribución del Parque Automotor de vehículos particulares entre las<br>principales ciudades de Venezuela..... | 53 |
| Gráfico N° 8: Distribución horaria de los viajes en el AMC (am).....                                                          | 57 |
| Gráfico N° 9: Distribución horaria de los viajes en el AMC (pm).....                                                          | 58 |
| Gráfico N° 10: Estado de pavimento por Municipio del AMC en el 2002.....                                                      | 64 |
| Gráfico N° 11: Curva de Consumo de Combustible de un Motor de un Automóvil<br>Estándar.....                                   | 88 |
| Gráfico N° 12: Velocidad promedio en el AMC.....                                                                              | 97 |
| Gráfico N° 13: Tiempo de demora como proporción del tiempo de recorrido en el<br>AMC.....                                     | 98 |

|                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gráfico N° 14: Tiempo de recorrido en hora valle y en hora pico en el AMC.....                             | 100 |
| Gráfico N° 15: Tiempo de demora promedio en hora pico en el AMC.....                                       | 101 |
| Gráfico N° 16: Variación del tiempo de recorrido promedio en hora pico en la Av. Páez y<br>Av. Boyacá..... | 102 |

## INTRODUCCIÓN

La movilidad y el transporte juegan un papel determinante en las ciudades, porque influyen en el funcionamiento eficiente de las actividades cotidianas de la sociedad, facilitan la integración de los centros de actividad económica con zonas marginadas geográficamente, contribuyen a facilitar las comunicaciones entre los mercados y así favorecen el desarrollo y crecimiento económico y mejoran el nivel de bienestar social.

Es así, como la movilidad por su complejidad, ha sido y continúa siendo objeto de estudio de muchas disciplinas. Entre ellas, se encuentra la Economía del Transporte que surge con la necesidad de trasladar eficaz y eficientemente a individuos y bienes en una sociedad, mediante el empleo de diversos medios de transporte.

Actualmente, el desarrollo urbano y crecimiento de muchas metrópolis del mundo, ha traído consigo problemas en la movilidad de sus ciudadanos, como por ejemplo la congestión vehicular. En ocasiones, el desplazamiento se dificulta y se produce un exceso de demanda de infraestructura vial, porque en determinadas horas del día, ésta alcanza el límite de su capacidad y el tiempo de circulación de los ciudadanos aumenta, ocasionando costos económicos significativos para la sociedad.

Entre estos se puede ubicar, el aumento de los costos operacionales derivado de los largos periodos de tiempo de circulación, a los que son sometidos los vehículos, como

consecuencia de la congestión vehicular. Dichos costos, son aquellos en los que incurren los usuarios para operar un vehículo en una vía, el incremento más relevante al presentarse tráfico vehicular, es el consumo adicional de combustible.

Asimismo, a medida que se agrava el problema del congestionamiento vehicular en las ciudades, se prolongan los tiempos de viajes de los conductores y se ven obligados a sacrificar más tiempo en desplazarse pudiendo ser utilizado en la realización de otras actividades. Es decir, aumenta el costo de oportunidad del tiempo consumido en transportarse, que alternativamente puede ser usado en trabajo u ocio.

Adicional a los costos operacionales y el costo del tiempo, la congestión vehicular origina otros costos como el incremento de la contaminación en las ciudades y efectos en la accidentalidad.

Así pues, el presente trabajo de grado buscará inicialmente demostrar los niveles de congestión vehicular que en la actualidad se presentan en el Área Metropolitana de Caracas (AMC), para luego calcular el costo del tiempo y el costo de oportunidad de exportación de la gasolina adicional consumida como consecuencia de dicho congestionamiento. Los otros costos derivados de este problema, escapan del alcance de la investigación por limitaciones de tiempo e información.

El AMC está conformada por el Municipio Libertador del Distrito Capital y por los Municipios Sucre, Baruta, Chacao y el Hatillo del Estado Miranda de Venezuela. Ésta

zona presenta un agudo problema de congestión vehicular urbana, como consecuencia de diferentes factores, entre los que se pueden mencionar, el excesivo uso del automóvil particular, una infraestructura vial obsoleta y en condiciones deficientes, la falta de planificación y coordinación entre las autoridades e instituciones en materia de movilidad, la estructura y la organización de la ciudad, entre otros.

El enfrentarse diariamente a este problema en la mayoría de los corredores viales del AMC, sirvió de motivación para la realización de esta investigación. Todas las personas que circulan por las vías de Caracas, buscando transportarse para la realización de sus actividades cotidianas como trabajo, estudio y recreación, ven como han aumentado sus tiempos de viaje progresivamente y con esto, en términos agregados, se han incrementado los costos que soporta la sociedad como consecuencia de la congestión vehicular.

Observando el descenso que puede presentar la productividad de los ciudadanos a raíz del tiempo que pierden en el tráfico vehicular y el cansancio físico y mental que esto puede originar, el ingreso que se puede dejar de percibir, el tiempo que se deja de invertir en esparcimiento y recreación, la incertidumbre que se presentan a la hora de planificar los viajes, la contaminación sónica y del aire, los efectos en la inseguridad y accidentalidad, y en general la pérdida social agregada producida por la congestión vehicular y que afecta la calidad de vida de la sociedad, surgió la inquietud por ir más allá del enfoque cualitativo con la vivencia diaria del problema y obtener una visión cuantitativa que permita aproximarse a su magnitud y a lo que representa para el AMC y para el país.

Igualmente, el trabajo de grado se vio motivado por la búsqueda del conocimiento y la exploración de nuevas áreas dentro de la Economía, en este caso la Economía del Transporte, tópico que no fue abordado durante la carrera y que adicionalmente es poco estudiado en Venezuela. De igual forma, se quiere hacer un aporte al estudio de la congestión vehicular desde la óptica económica, que pueda ser útil para entender el problema y quizás para dar soluciones pertinentes en el futuro.

Así pues, con este fin se realizó una extensa investigación documental relacionada con la Economía del Transporte donde se revisaron los conceptos de congestión vehicular, sus causas y luego sus consecuencias para comprender los tópicos teóricos referentes a los costos de tiempo y de operación. Posteriormente, a través de las instituciones facultadas para administrar el transporte y la movilidad en el AMC, como las alcaldías, ministerios, fundaciones, empresas, entre otras, se consiguió recolectar una serie de datos y estudios en esta materia, que fueron útiles para describir la situación actual del sistema vial de transporte urbano del AMC y demostrar que presenta altos niveles de congestión vehicular.

Una vez comprendido y descrito el problema, se llevó a cabo, en base a la metodología establecida, un trabajo de campo por los nueve corredores viales más importantes del AMC, de donde se obtuvieron, el tiempo promedio de recorrido, el tiempo promedio de demora y la velocidad promedio en hora pico matutina.

Luego, se procedió a calcular el valor del tiempo para los individuos. Sin embargo, es necesario destacar que estimar el valor del tiempo destinado a actividades de ocio, es

complejo debido a que no hay ningún mercado que ayude a inferir la valoración del uso de dicho tiempo y adicionalmente, existe una gama de actividades de ocio que cada individuo valora de manera diferente, por lo que dicha valoración en este caso se hizo en función al tiempo que se podría dedicar al trabajo, pero que es utilizado en el congestionamiento, a través del ingreso promedio del AMC y de las horas trabajadas.

Luego, con el parámetro obtenido, se procedió a valorar el tiempo promedio de demora en hora pico en el AMC, en base al porcentaje de viajes que se realizan en el AMC con el fin de desplazarse al trabajo, y de esta forma se obtuvo el costo del tiempo derivado de la congestión vehicular en el AMC.

Posteriormente, se obtuvo el costo de oportunidad de exportar la gasolina adicional que se consume en el AMC como consecuencia del tráfico vehicular, mediante la diferencia entre el consumo promedio de gasolina anual de un automóvil representativo en hora pico y el consumo promedio de gasolina anual en hora valle. Para dicho cálculo, previamente se determinó el automóvil representativo del AMC, obteniendo su rendimiento promedio, y tomando en cuenta el porcentaje de automóviles que usan gasolina y diesel, luego la clasificación según tipo de vehículo, las marcas y modelos dominantes y la antigüedad del parque automotor. Igualmente, se utilizó el tiempo de recorrido promedio en hora pico y la velocidad promedio de circulación y estos datos fueron obtenidos mediante el trabajo de campo.

Una vez encontrado el consumo adicional de gasolina en hora pico con respecto al consumo en hora valle, se procedió a multiplicar esta cifra por el precio internacional

de comercialización de este combustible, y se determinó entonces el costo de oportunidad de que Venezuela exporte dicha gasolina en lugar de emplearla en congestión vehicular.

Una vez agregados ambos costos derivados de la congestión vehicular en el AMC, se obtuvo como resultado que el costo social alcanza Bs. 2.368.313.964,83, lo que representa el 0,4% de PIB del país para el año 2008. En base a esto, se expusieron algunas conclusiones y recomendaciones de políticas públicas en torno al problema.

Finalmente, el trabajo de grado se estructuró de la siguiente forma: en el Capítulo I se expone el marco conceptual referente al transporte, movilidad, congestión vehicular, y las causas y costos originados por ésta; en el Capítulo II se realiza la descripción del sistema de transporte urbano y de las condiciones, con respecto a cantidad, calidad y continuidad de la oferta vial del AMC, para así llegar a demostrar los altos niveles del congestionamiento vehicular a los que se enfrenta la sociedad en el área; en el Capítulo III se especifica y detalla la metodología utilizada para cumplir con los objetivos planteados en la investigación; y en el Capítulo IV se presentan los resultados obtenidos y el análisis con relación a estos, para luego finalizar el trabajo de grado con las conclusiones y recomendaciones concernientes al estudio realizado del problema de la congestión vehicular en el AMC.

## **CAPITULO I. CONGESTIÓN VEHICULAR**

Dentro de la Teoría Económica, la economía del transporte ha interesado a los economistas desde la época de la revolución industrial en el siglo XIX. Esta disciplina surge con la necesidad de trasladar eficaz y eficientemente en una sociedad, individuos y bienes de sitios de origen a destinos finales dentro de un espacio físico, en un momento determinado, mediante diferentes modos de transporte. La importancia del estudio de esta área de la economía, radica en el hecho de que el transporte contribuye al desarrollo y crecimiento económico de la sociedad, al integrar zonas marginales geográficamente con los principales centros de actividad económica y al generar valor en los precios de la tierra.

Asimismo, el estudio del transporte no sólo es de interés para los economistas sino que involucra otras ciencias, como la arquitectura, el urbanismo y la ingeniería, convirtiéndose así en un tema de estudio multidisciplinario y complejo.

Cabe destacar que a pesar de que la Economía del Transporte se ha venido desarrollando y estudiando desde el siglo XIX, actualmente en Venezuela son pocos los estudios y fuentes sobre los temas relacionados con esta área, constituyendo esto una limitación para la presente investigación pero al mismo tiempo una oportunidad de innovar y realizar aportes en este campo.

Ahora bien, el término transporte incluye un conjunto de actividades muy heterogéneas, sin embargo tienen en común que deben ofrecerse y demandarse simultáneamente, es decir, el transporte no es almacenable porque debe producirse en el momento y lugar donde se consume, y debe ser consumido en el momento y lugar donde se produce. Evaluando la heterogeneidad de dichas actividades el transporte se pueden clasificar de la siguiente manera en el cuadro N° 1:

**Cuadro N° 1: Clasificación general de las actividades de transporte**

|                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b><i>¿Qué se transporta? Naturaleza del objeto transportado</i></b>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Transporte de mercancías</b></li> <li>• <b>Transporte de pasajeros</b></li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b><i>¿En qué medio? Se refiere a cómo se transporta</i></b>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transporte aéreo</li> <li>• Transporte por agua <ul style="list-style-type: none"> <li>- Transporte marítimo</li> <li>- Transporte fluvial</li> </ul> </li> <li>• Transporte terrestre <ul style="list-style-type: none"> <li>- Transporte por carretera</li> <li>- Transporte ferroviario</li> <li>- Transporte por tuberías</li> </ul> </li> </ul> |
| <b><i>¿A qué distancia? Alcance o radio del desplazamiento<sup>1</sup></i></b>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• A corta/ media distancia</li> <li>• A larga distancia</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b><i>¿Con qué regularidad? Frecuencia predeterminada o no para el desplazamiento</i></b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transporte regular</li> <li>• Transporte discrecional</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b><i>¿Cuál es la relación entre el transportista y el usuario?</i></b>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transporte público (colectivo) o por cuenta ajena</li> <li>• Transporte privado o por cuenta propia (el usuario es el mismo productor del servicio)</li> </ul>                                                                                                                                                                                       |

Fuente: De Rus *et al* (2003)

<sup>1</sup> En el caso del servicio de transporte de pasajeros, se puede hacer distinción entre transporte urbano (corta distancia, porque abarca una única ciudad o área metropolitana) y transporte interurbano (larga distancia en la mayoría de los casos, porque conecta dos o más ciudades)

El presente trabajo de grado centra su atención en el transporte terrestre, principalmente en el transporte por carretera, considerando los diferentes objetos transportados, las distancias recorridas, la regularidad y el concepto de público o privado, enfocándose principalmente en los costos económicos originados por la congestión vehicular, ya que un hecho sobre el cual existe consenso en la literatura, es que la movilidad urbana es un problema propio de las ciudades que sobrepasan cierto tamaño, sean estas de países desarrollados o en vías de desarrollo.

Es así como actualmente muchas metrópolis latinoamericanas y del mundo enfrentan la contaminación, la accidentalidad, el deterioro del transporte público y la congestión en el transporte terrestre, ocasionando caos en el desplazamiento o movilidad dentro de las ciudades, es por esto que esta investigación procura detallar la situación referente a la congestión vehicular en el Área Metropolitana de Caracas, para luego corroborar el costo para la sociedad, que dicho problema representa.

### ***1.1 CONCEPTOS DE CONGESTIÓN VEHICULAR***

Dentro de la producción y del consumo de transporte terrestre se encuentran una serie de importantes externalidades, entendiéndose estas como efectos cuyos costos o beneficios recaen sobre individuos distintos al agente que los genera, es decir son efectos positivos o negativos no controlables originados por la actividad de consumo o de producción de un agente que pueden afectar a otros agentes de la sociedad. En este caso, se pueden observar externalidades negativas, como por ejemplo efectos causados sobre el medio ambiente por la construcción de infraestructuras de

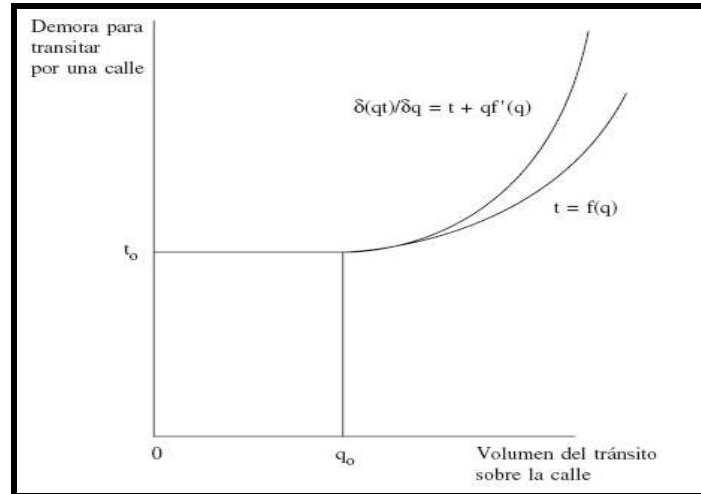
transporte, contaminación sónica o ambiental generada por los vehículos que circulan por dichas infraestructuras y los accidentes, entre otros.

Igualmente, se presenta un tipo de externalidad negativa llamada “interna a la industria”, esta consiste en un efecto externo que solo los usuarios de servicios de transporte se causan entre sí. Esto se refiere a la congestión vehicular. (De Rus Campos y Nombela, 2003)

El congestionamiento vehicular es entendido básicamente como la situación donde hay muchos vehículos circulando por una vía y estos avanzan lento e irregularmente.

Según Bull y Thomson (2001), la congestión es la condición que prevalece cuando la introducción de un vehículo en un flujo de tránsito aumenta el tiempo de circulación de los demás. En el Gráfico N° 1 se puede observar la explicación de esta definición, la función  $t=f(q)$  representa el tiempo necesario para transitar por una vía a diferentes niveles de tránsito, se ve que este tiende a aumentar a medida que hay mayor volumen del tránsito sobre la vía. Ahora bien, la diferencia entre la curva  $\delta(qt)/\delta q = t + qf'(q)$  y la curva  $t=f(q)$  representa el tiempo adicional que los demás vehículos que estaban circulando en la vía tardaran, como consecuencia de introducir un vehículo más al flujo vehicular. Entonces, a partir del punto  $q_o$  se produce la congestión.

**Gráfico N° 1: Representación gráfica del concepto de congestión vehicular.**



Fuente: Bull y Thomson (2002)

Por otra parte, De Rus *et al* (2003) expresan que:

*La externalidad se produce porque cada usuario, al tomar su decisión de utilizar una carretera, solo tiene en cuenta el costo que le supone el tiempo que va a usar en el viaje, más el costo monetario de utilización del vehículo, pero no valora que al circular con su automóvil está haciendo que el tráfico sea menos fluido para todos los usuarios. Por lo tanto, el último usuario que entra en una carretera congestionada, está imponiendo un costo en términos de tiempo extra al resto de automóviles en la carretera que ese usuario no paga.*

Observando estas definiciones, se puede decir que cuando un conductor de un vehículo se incorpora a una vía, es posible que le produzca costos al resto de los conductores que se encontraban circulando, al aumentar el tiempo de circulación de estos,

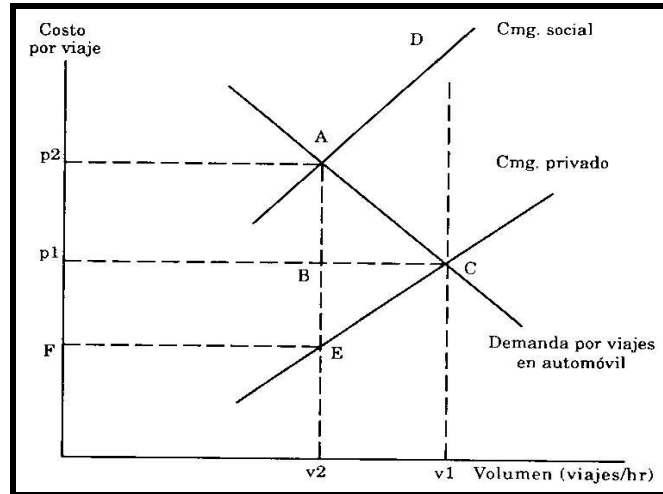
produciendo así una externalidad. Sin embargo, el problema se da cuando los usuarios de las vías no internalizan la totalidad de los costos que generan al usarla y el nivel de congestión resultante es superior al nivel socialmente óptimo.

Profundizando, según Gómez (1995):

*El costo privado de un viaje en automóvil incluye los costos de operación de dicho automóvil más el costo del tiempo que toma hacer el viaje, mientras que el costo social de un viaje en automóvil incluye el costo privado más los costos en que incurre la sociedad por la realización del viaje... El costo marginal privado, muestra cuanto se incrementa el costo por viaje de un usuario promedio cuando entra un carro más a la vía congestionada y el costo marginal social representa el costo adicional que el usuario marginal le ocasiona a la sociedad...*

Los costos de operación y de tiempo, se definirán más adelante en este capítulo. Sin embargo, el costo social mencionado por Gómez, es al que se refieren De Rus *et al* cuando dicen que los usuarios de las vías no internalizan los costos que originan a la sociedad. En el siguiente gráfico, se ilustran estas curvas de demanda por viajes en automóvil, el costo marginal social y el costo marginal privado:

**Gráfico N° 2: Costo privado y costo social por viaje.**



Fuente: Gómez (1995)

Un conductor de un vehículo decide hacer un viaje, cuando los beneficios van a ser mayores a los costos originados por éste. Como sólo toma en cuenta los costos privados y no internaliza los sociales, se ubica en el punto  $v1$  donde se iguala su demanda de viaje con su costo marginal privado, teniendo para este volumen de viajes un costo  $p1$  (en este punto toma en cuenta el costo monetario por la operación del vehículo y el tiempo que necesita para realizar el viaje, sin internalizar el costo en términos monetarios y de tiempo extra que le ocasiona a los otros usuarios de la vía). Sin embargo, si los usuarios tomaran en cuenta el costo social, igualando los costos marginales sociales a la demanda de viajes (punto A), el volumen de viajes por hora disminuiría al nivel  $v2$  debido el aumento del costo por viaje de  $p1$  a  $p2$  y como consecuencia de la internalización del costo social, disminuyendo así la congestión vehicular.

Ahora bien, como observamos en el gráfico anterior la demanda de transporte interviene en el proceso de la determinación de los costos de los consumidores o usuarios, es por esto que para la comprensión clara de la definición de congestión vehicular es importante conceptualizar y entender los aspectos referentes a la demanda del transporte.

Según De Rus *et al* (2003), la demanda de transporte se define como “la disposición a pagar que tienen los consumidores por hacer uso de una determinada infraestructura o servicio de transporte, en base a sus preferencias sobre las características de los mismos, comparando con otros bienes que pueden adquirir”. Con esto es posible establecer una relación entre la cantidad que se desea consumir y el costo de oportunidad que supone dicho consumo.

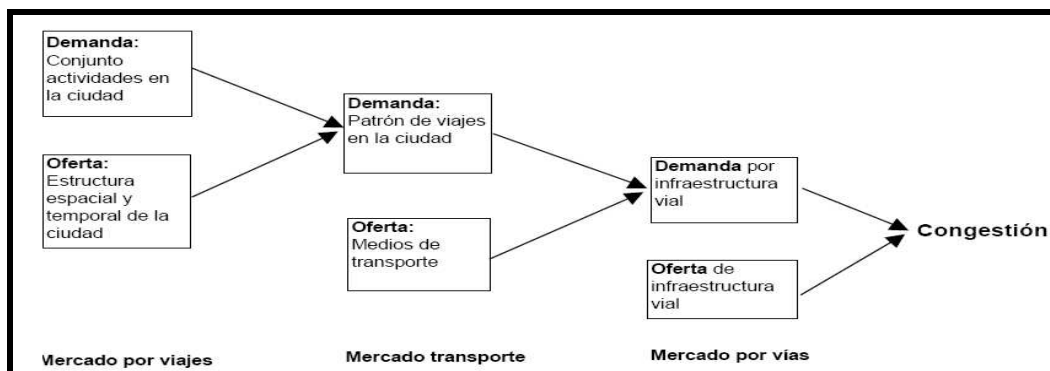
La característica más resaltante de la demanda de transporte, es su condición de derivada, pues normalmente se decide emprender un viaje con el objetivo de realizar una actividad localizada en el espacio y en el tiempo.

Refiriéndose a las ideas expresadas por Cabrera y otros (2004), se puede explicar que las personas utilizan las vías urbanas para desplazarse con fines laborales, educacionales, comerciales o sociales, y las empresas las usan para trasladar sus insumos y productos desde los lugares de producción a los de consumo. Por tanto, el uso de las vías dependerá de una cantidad de factores heterogéneos como del número de habitantes y del número de vehículos, de los medios de transporte disponibles, de la ubicación geográfica de las empresas, los centros comerciales, los establecimientos

educacionales y de dónde las personas decidan vivir, trabajar, comprar y estudiar. Es por ello que la congestión vehicular en la ciudad no es más que el resultado de distintas decisiones que se llevan a cabo en tres mercados relacionados: el mercado de viajes, el mercado del transporte y el mercado de los servicios viales urbanos.

El mercado de viajes es donde se determina el número y el patrón de viajes que tendrá lugar dentro de la ciudad a lo largo de un día, como resultado de la asignación de las actividades que desean realizar las personas y las empresas, entre las distintas alternativas geográficas y horarias disponibles y de acuerdo a la oferta de éstas. El mercado del transporte es donde se determina el medio de circulación a utilizar considerando el patrón definido en el mercado de viajes y la oferta de diversos medios motorizados y servicios de transporte público. Por último, el mercado de servicios viales urbanos es aquel donde se demanda y oferta infraestructura vial una vez definido el número de viajes, el medio de movilización y la hora a la que se trasladan las personas. Todos estos mercados son influyentes en la congestión como vemos en el siguiente gráfico, cuando el ingreso de nuevos usuarios a una vía supera su capacidad de soportar una circulación del tráfico fluida.

**Gráfico N° 3: Mercados determinantes de la congestión vehicular.**



Fuente: Cabrera y otros (2004)

En este mismo orden de ideas, De Rus *et al* (2003) refieren que la congestión en el transporte se produce por un desajuste puntual, entre la demanda existente para la utilización de una infraestructura y la capacidad máxima de ésta, para prestar servicio a los vehículos o usuarios.

Entonces, es necesario señalar que el término de capacidad máxima de las vías, según *Transportation Research Board* (1998), se refiere al máximo número de vehículos que pueden cruzar una sección o tramo dado. Esta viene dada en función de las características geométricas de la carretera, la composición y distribución del tránsito, así como el entorno de la vía y es expresada usualmente en cantidad de vehículos por hora.

Así pues una vez comprendido esto, desde un punto de vista económico, Cabrera y otros (2004) conceptualizan la congestión como el medio por el cual se raciona cuantitativamente un recurso limitado: el espacio para circular por ciertas vías a determinadas horas, lo que nos da idea de cómo enmarcar la congestión vehicular en la teoría de los bienes públicos.

Es usual que la infraestructura vial que incluye calles, avenidas y autopistas, sea considerada un bien público, es decir, no existe exclusión ni rivalidad para su uso. Sin embargo, como indica Domper (2003) en las horas de mayor flujo vehicular, donde aumenta la demanda por el uso de la infraestructura vial, las vías dejan de ser bienes públicos puros, ya que aparece la característica de rivalidad en su uso: al ser la infraestructura vial limitada, el exceso de demanda por su uso, impide la utilización

simultánea de las vías por parte del resto (los vehículos ocupan espacio, el cual es limitado). Dado lo anterior, surge el concepto de escasez del bien público y, por lo tanto, un valor por su uso alternativo.

En consecuencia, se puede decir que en los momentos donde existe mayor congestión vehicular la vialidad es un bien escaso, pues el exceso de demanda no puede ser cubierto por la oferta, debido a la imposibilidad de un cambio inmediato en ésta.

Finalmente, luego de observar las anteriores definiciones y condensando todos los tópicos mencionados anteriormente, a efectos de este trabajo de grado, se toma la congestión vehicular como la situación en la cual, el ingreso de nuevos usuarios a una vía en un momento determinado, produciría que se exceda la capacidad de ésta, ocasionando un exceso de demanda de vialidad, lo que aumentaría el tiempo de circulación de todos los usuarios y los costos asociados a la demora producida y a la operación del vehículo.

## ***1.2 CAUSAS DE LA CONGESTIÓN VEHICULAR***

Una vez definida la congestión vehicular es oportuno señalar mediante el cuadro N° 2 un resumen de las diversas causas a corto plazo y a largo plazo de esta:

**Cuadro N° 2: Causas de la congestión vehicular.**

| <b><i>Causas de la congestión vehicular de corto plazo</i></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b><i>Causas de la congestión vehicular de largo plazo</i></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Crecimiento de la población y aumento de las oportunidades de trabajo.</li> <li>• Aumento del uso de los vehículos, o cambio en el patrón modal del transporte.</li> <li>• Construcción ineficiente de infraestructuras de transporte.</li> <li>• Los conductores no perciben todos los costos que generan.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentración de los viajes por motivos de trabajo en el tiempo.</li> <li>• Elección del sitio para vivir y trabajar.</li> <li>• Deseo de vivir en zonas con bajos niveles de densidad de la población.</li> <li>• Inclinação por usar el carro particular más que otros modos de transporte.</li> </ul> |

Fuente: Thompson et al (2002), citado por Mendieta y Perdomo (2008)<sup>2</sup>

Generalizando, las ventajas y restricciones geográficas, los cambios demográficos, el crecimiento de las ciudades y las características socioeconómicas y culturales de los individuos, generan y agravan los problemas de movilidad representados por la congestión vehicular.

Una vez mencionadas las causas del fenómeno complejo de la congestión, se procede a enfocar la atención en las consecuencias que esta genera, siendo el tema central de este trabajo de grado. Así pues, se considera importante definir a continuación los costos asociados al incremento del tránsito vehicular y de la congestión.

---

<sup>2</sup> Thompson, E., Berger, M., Blomquist, G y Allen, S. (2002). Valuing the arts: A contingent valuation approach. Journal of Cultural Economics, 26, 87-113.

Según Schreyer (2004) “los costos totales de congestión se definen de acuerdo con la teoría del bienestar económico, por la medición de la pérdida de eficiencia para la sociedad en su conjunto, que representan los costes derivados de un uso no eficaz de la infraestructura existente”. Sin embargo, es posible desglosarlos en costo operacional y en costo o valor del tiempo.

### ***1.3 COSTO OPERACIONAL DERIVADO DE LA CONGESTIÓN VEHICULAR***

El costo operacional vehicular, se traduce para un usuario de la infraestructura vial, en un costo monetario, midiendo el consumo en términos de dinero, que le representa al usuario operar en una determinada vía. A medida que aumenta la congestión vehicular, aumenta el consumo de los medios de transporte y por lo tanto aumentan los costos derivados del uso o consumo de estos, en la vía por donde se desplaza. (De Rus *et al*, 2003)

Díaz (2004), divide dichos costos operacionales en directos e indirectos:

Los costos operacionales directos, son aquellos necesarios para que el vehículo o medio de transporte utilizado cumpla su función de movimiento de personas y mercancías a lo largo de un espacio físico y momento determinado. El más emblemático, para el transporte terrestre, es el aumento de la cantidad de combustible utilizada por el vehículo como consecuencia de la circulación por prolongados períodos de tiempo y a bajas velocidades, debido a la congestión, en el caso de estudio de este trabajo de grado sería la gasolina empleada.

Otros costos operacionales directos son: el exceso en el consumo de lubricantes, de cauchos o neumáticos, de frenos y de mantenimiento del vehículo.

En lo referente a los costos operacionales indirectos, son aquellos derivados de la operación del vehículo pero que no son esenciales para que este funcione o se movilizce. Entre ellos se menciona el costo de propiedad traducido en vida útil y depreciación del vehículo, los costos de aseguramiento y los impuestos.

Esta investigación se centra en evaluar el aumento del costo operacional, derivado del consumo de gasolina de los vehículos que circulan por el Área Metropolitana de Caracas. Es decir, se calcula la cantidad de gasolina adicional consumida por motivo de congestión vehicular y en términos monetarios cuánto es el costo de oportunidad de exportar dicho combustible.

Ahora bien, además del incremento en los costos operacionales de los vehículos, como consecuencia del aumento del tránsito vehicular y de la congestión, a continuación se define el costo del tiempo.

#### ***1.4 COSTO DEL TIEMPO DERIVADO DE LA CONGESTIÓN VEHICULAR***

En el análisis económico de las actividades de transporte, el tiempo de los usuarios es un insumo fundamental, tomado en cuenta tanto en la producción como en el consumo de transporte.

Según De Rus *et al* (2003), la relación con la dimensión temporal del transporte es diferente a la de otros bienes, porque por una parte, el tiempo empleado en el desplazamiento no es fijo, sino que los usuarios normalmente pueden escoger entre varias alternativas o medios de transporte, para un mismo trayecto con tiempos diferentes. Así mismo, el tiempo de cada alternativa puede verse afectado por la cantidad de usuarios que estén utilizando a la vez, ese mismo modo de transporte, como sucede cuando se presenta congestión.

Por otro lado, el transporte no es un bien de consumo final<sup>3</sup>, sino un bien intermedio, como se explicó anteriormente, su demanda es derivada porque el usuario se desplaza de un punto a otro para llevar a cabo otra actividad, por lo tanto, desea invertir la menor cantidad de tiempo posible en el trayecto, ya que el tiempo de viaje usualmente le genera desutilidad.

---

<sup>3</sup> Excepto en viajes turísticos en los cuales el propio trayecto da valor al bien, por ejemplo un crucero marítimo.

Según Díaz (2004), el tiempo es un bien económico, ya que reúne los requisitos de ser escaso y valioso, por lo que es uno de los elementos importantes a la hora de tomar decisiones, bien entendido como un costo de oportunidad.

El costo de oportunidad dentro de este contexto, es el tiempo utilizado en una actividad que tiene que ser sacrificado para realizar otra actividad. En este caso, el exceso de tiempo que un usuario transcurre en una vía, como consecuencia de la congestión vehicular, podría utilizarlo en trabajo, estudio, descanso o diversión.

Ahora bien, Boardman y otros (2001) señalan que “el tiempo es un bien valioso y el tiempo de viaje que los individuos estarían dispuesto a pagar para evadir, es un costo”. Asimismo, mencionan que el costo del tiempo de viaje solo puede proporcionar una guía aproximada de otros costos del tiempo. Por ejemplo, los individuos suelen tener mayor desutilidad en los momentos de espera, que en los momentos de viaje.

Referente a esto De Rus *et al* (2003), señalan que el tiempo invertido en un desplazamiento ( $t$ ), puede descomponerse según varias etapas del viaje. Estas etapas suelen distinguirse en tres componentes: el tiempo de viaje en el vehículo ( $t_v$ ), el tiempo de espera ( $t_e$ ), y los tiempos de acceso ( $t_a, t'_a$ ), de esta forma:

$$t = t_v + t_e + t_a + t'_a$$

Los autores exponen que “el tiempo de viaje en el vehículo ( $t_v$ ), es el período transcurrido desde que el pasajero sube al vehículo hasta que lo abandona”.

Igualmente, destacan que el tiempo de viaje en el vehículo depende de la velocidad del vehículo y la distancia que exista entre las paradas. A su vez, la velocidad es afectada por otros factores como las características técnicas del vehículo (potencia del motor), por motivos económicos (a menor velocidad mayor consumo de gasolina), por razones regulatorias (límites de velocidad), o por las condiciones del tráfico (congestión).

Asimismo, el tiempo de espera ( $t_e$ ) en un viaje incluye el período que transcurre desde que el viajero, o las mercancías están dispuestos para abordar el vehículo hasta que efectivamente lo hacen. Este puede verse afectado por factores aleatorios como retrasos o adelantos no advertidos sobre el tiempo esperado, así como también de otros factores como la duración mínima de ciertas actividades obligatorias, tal como el recorrido entre paradas del transporte público.

En último lugar, el tiempo de acceso ( $t_a$ ) es lo que se tarda desde el punto exacto de origen, hasta que comienza el tiempo de espera y desde que éste termina tras descender del vehículo hasta alcanzar el punto exacto de destino. En otras palabras, el tiempo de acceso comprende todo el camino hasta donde se encuentre el vehículo y desde ahí, hasta el destino final.

Continuando con las ideas de estos autores, el soporte teórico en la medición del valor del tiempo, se encuentra en el modelo clásico del comportamiento del consumidor individual. El tiempo como la mayoría de los recursos, es escaso y debe distribuirse entre ocio y trabajo. La dotación inicial de tiempo, al igual que la restricción presupuestaria, impone límites al consumidor que finalmente afecta la maximización

de la utilidad. Es importante resaltar, que ambas restricciones están relacionadas entre sí, ya que al aumentar el tiempo destinado al trabajo, el ingreso será mayor.

Para De Rus *et al* (2003):

*La relación (ocio-trabajo), proporciona una primera valoración implícita del tiempo. El precio o valor del tiempo es simplemente el valor monetario de cada hora de trabajo, es decir, el salario. Este valor coincide con el coste de oportunidad que se genera para un individuo, cuando éste decide invertir su tiempo en cualquier actividad de consumo en lugar de trabajar. El tiempo destinado a dicha actividad (de ocio), debe valorarse de acuerdo al salario, ya que esa sería precisamente la cantidad de dinero que se habría obtenido en caso de trabajar, con la cual el individuo habría podido incrementar su consumo y, por tanto, su utilidad.*

El tiempo destinado para una actividad puede generar utilidad o desutilidad por sí mismo. Esto revela que el valor del tiempo no depende sólo de que es un recurso escaso, sino también de la asignación de actividades en las que se desea o no, gastar el tiempo.

Luego de esto, para analizar cómo se comporta la asignación del tiempo en la maximización de la utilidad de los individuos, es necesario incluir en el modelo el tiempo total que tiene que destinar al consumo y al trabajo:

$$U(x, t) = U(x_i; t_i; t_w)$$

Donde  $x_i$  es el consumo de bienes,  $t_i$  es el tiempo destinado al consumo de  $x_i$  y  $t_w$  es el tiempo destinado al trabajo.

Esta función de utilidad está sujeta a varias restricciones. La primera de ellas es la más habitual, la restricción presupuestaria:

$$\sum_{i=1}^n p_i x_i \leq v t_w + m_o$$

Donde el lado izquierdo corresponde al gasto total y este, debe ser igual o menor a la renta total definida en el lado derecho donde  $v t_w$  representa la renta salarial y  $m_o$  la renta no salarial.

La segunda restricción tiene que ver con la distribución del tiempo total entre las distintas actividades y el trabajo:

$$\sum_{i=1}^n t_i + t_w \leq T$$

Donde  $t_i$  representa el tiempo destinado a las distintas actividades,  $t_w$  es el tiempo destinado al trabajo y  $T$  representa el tiempo total.

La última y tercera restricción, ocurre cuando algunas actividades requieren un tiempo mínimo necesario para ser realizadas; este tipo de restricción suele ser tecnológica:

$$t_i \geq a_i x_i$$

El tiempo mínimo necesario para realizar una actividad  $i$  es directamente proporcional (a través del coeficiente  $a_i$ ) a la cantidad consumida.

Para resolver el problema de la maximización se plantea el siguiente modelo lagrangiano:

$$\ell(x, t, \lambda, \mu, \phi_i) = U(x, t) - \lambda(\sum_i p_i x_i - v t_w - m_o) - \mu(\sum_i t_i + t_w - T) + \sum_i \phi(t_i - a_i x_i)$$

El multiplicador  $\lambda$  representa la utilidad marginal de la renta,  $\mu$  la utilidad marginal del tiempo total disponible y  $\phi$  la utilidad marginal de una reducción en tiempo mínimo que se dedica a cada actividad.

La condición de primer orden para  $x_i$  en este problema de maximización sería:

$$\frac{\partial \ell}{\partial x_i} = \frac{\partial U}{\partial x_i} - \lambda p_i - \phi_i a_i = 0$$

Donde a diferencia de un modelo lagrangiano de maximización clásico ahora está presente la restricción tecnológica sobre el tiempo mínimo de consumo en cada actividad ( $a_i$ )

Con respecto a la condición de primer orden para el tiempo de trabajo en este problema de maximización:

$$\frac{\partial \ell}{\partial t_w} = \frac{\partial U}{\partial t_w} - \lambda v - \mu = 0$$

Aquí se pueden notar varios efectos: la utilidad marginal del tiempo de trabajo ( $\frac{\partial U}{\partial t_w}$ ), la utilidad marginal del salario (a través de  $\lambda$ ) y el efecto de  $t_w$  sobre el tiempo total disponible (a través de  $\mu$ ).

Habiendo conocido las condiciones de primer orden para conocer los valores óptimos de  $x_i$  y  $t_w$  existe una tercera condición que permite determinar cuál es el tiempo óptimo que el individuo desearía dedicar a cada actividad:

$$\frac{\partial \ell}{\partial t_i} = \frac{\partial U}{\partial t_i} - \mu + \phi_i = 0$$

Donde dividiendo ambos lados entre  $\lambda$  y reordenando, se obtiene la siguiente condición de equilibrio:

$$\frac{\mu}{\lambda} = \frac{\left( \frac{\partial U}{\partial t_i} \right)}{\lambda} + \frac{\phi_i}{\lambda}$$

Esta expresión permite ver tres matices distintos dentro de lo que habitualmente se denomina valor del tiempo.

- El lado izquierdo de esta expresión es el cociente entre la utilidad marginal del tiempo disponible y la utilidad marginal de la renta. Esta tasa marginal de sustitución entre el tiempo y la renta es valor del tiempo como recurso disponible para el consumidor y podría interpretarse como el precio que estaría dispuesto a pagar el individuo por aumentar su tiempo disponible en una unidad.

- La primera expresión del lado derecho de la ecuación, indica que el tiempo también tiene valor para el individuo en la medida en que éste pueda asignarlo a algunas actividades de consumo. Este valor del tiempo como bien de intercambio, viene dado por el cociente entre la utilidad marginal del tiempo total asignado a cada actividad  $\left(\partial U / \partial t_i\right)$  y la utilidad marginal de la renta  $\lambda$ .
- La última expresión del lado derecho de la ecuación muestra cuál es el valor del ahorro del tiempo –en relación a la utilidad marginal de la renta- cuando se realiza una actividad.

Se concluye, luego de todo este análisis basado en la teoría económica del consumidor, que las decisiones referentes a la demanda de transporte son influidas por los tiempos en cada modo, además por las preferencias de los individuos y de los costos de operación de los vehículos.

#### ***1.4.1 CONSIDERACIONES DE LA MEDICIÓN EMPÍRICA DEL VALOR DEL TIEMPO***

La medición empírica del valor de tiempo en la mayoría de los casos suele volverse complicada, dado que la valoración de este entre cada individuo, es altamente variable y las condiciones de viaje son múltiples. Por ejemplo, un individuo podría aprovechar más el tiempo de viaje en tren que en automóvil por lo que el costo de oportunidad debería resultar menor. La valoración del tiempo puede verse afectada también por otros factores como la comodidad o la calidad del transporte.

En general, el tiempo de viaje que usa un individuo para transportarse, puede ser dividido en dos usos, el tiempo de viaje demandado por trabajo y el tiempo de viaje demandado por ocio. Cuando la demanda de viaje se genera por trabajo, el valor del tiempo que se ahorre, será igual al costo de oportunidad del uso alternativo de dicho tiempo. En otras palabras, el valor del tiempo de viaje que pueda ahorrarse (cuando el viaje se genera por trabajo) es igual al salario del individuo.

Con respecto a lo anterior, De Rus et al (2003) comentan que tomar el salario como única referencia puede conducir a mediciones incorrectas pues se podría alejar de los supuestos, pero el salario podría ser usado como referencia, cuando no es posible conseguir mayor información acerca de los atributos del transporte y se requiera realizar una valoración del ahorro del tiempo generado por trabajo. Esta metodología es la que mejor se adecua a nuestro caso, debido a la insuficiencia de información en Venezuela.

En cuanto a la valoración del tiempo, este trabajo de grado se limita a medir el valor del ahorro del tiempo de viaje generado por trabajo, debido a que la medición del valor del ahorro del tiempo de viaje generado por ocio es mayormente complicado. Esto sucede porque no existe un mercado que ayude a inferir la valoración del uso de este tiempo. En otras palabras, existen cuantiosas actividades de ocio que los individuos realizan y valoran de diversas maneras, por lo que su estimación es altamente compleja.

Hasta este momento se debe recordar, que esta investigación trata de hallar los costos derivados de la congestión vehicular, por lo que es importante recalcar que el valor que un individuo asigne al tiempo que emplea en un viaje generado por trabajo, será igual al costo del tiempo, por lo que a medida que el congestionamiento vehicular prolongue el tiempo de viaje, el costo del tiempo será mayor. En otras palabras, el ahorro en el tiempo de viaje generado por trabajo será igual al costo del tiempo.

Asimismo, teóricamente esto puede entenderse como la utilidad marginal del tiempo de trabajo, es decir  $\frac{\partial U}{\partial t_w}$ .

Ahora bien, una vez descritos los fundamentos teóricos de la congestión vehicular y los costos que ocasiona, es importante mencionar algunos estudios empíricos que se han realizado referentes a este tema, basados en lo antes explicado, y que sirven de antecedentes para el presente trabajo de grado.

### ***1.5 ESTUDIOS EMPÍRICOS SOBRE LOS COSTOS ECONÓMICOS DERIVADOS DE LA CONGESTIÓN VEHICULAR***

Debido a la importancia de la movilidad urbana, en numerosas ciudades del mundo se han realizado investigaciones y estudios para comprender la dinámica del sector y la problemática originada por la congestión vehicular, algunos de ellos son mencionados seguidamente.

Box y Oppenlander (2000), desarrollaron un manual para estudios de Ingeniería de Tránsito, en el que especifican la metodología para la realización de trabajo de campo para la recolección de datos sobre el tránsito y cálculo de costos económicos derivados de la congestión vehicular.

Matas (2004), resume y compara los resultados de investigaciones realizadas para las ciudades europeas, donde se calculaban los costos marginales derivados de la

congestión, para horas de mayor y menor tráfico vehicular, dichos resultados se observan en el cuadro N° 3:

**Cuadro N° 3: Comparación de los Costos Marginales de Congestión en Europa (euros por vehículo/Km) para 1998.**

| Autor                                                        | Ciudad                                       | Coste de Congestión (€) |              |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------|--------------|
|                                                              |                                              | Hora pico               | Hora no pico |
| <b>Sansom et al (2001)<sup>4</sup></b><br><b>Reino Unido</b> | Grandes ciudades*: centro                    | 1,27                    | 0,7          |
|                                                              | Grandes ciudades: no centro                  | 0,36                    | 0,2          |
|                                                              | Otras ciudades                               | 0,12                    | 0,07         |
|                                                              | Londres, centro                              | 2,78                    |              |
| <b>Newbery (1990)<sup>5</sup></b><br><b>Reino Unido</b>      | Grandes ciudades: centro                     | 0,81                    | 0,66         |
|                                                              | Grandes ciudades: no centro                  | 0,36                    | 0,2          |
|                                                              | Pequeñas ciudades                            | 0,15                    | 0,09         |
| <b>Mayeres y Van Dender (2001)<sup>6</sup></b>               | Bruselas                                     | 2,12                    | 0,003        |
| <b>IWW/INFRAS (2000)<sup>7</sup></b>                         | Media 17 países miembros de la Unión Europea | 3,27                    | 0,027        |

\*Londres y otras conurbaciones del Reino Unido.

**Fuente: Matas (2004)**

<sup>4</sup> Sansom, T., C. Nash, P. Mackie, J. Shires y P. Watkiss (2001), "Surface Transport Costs and Charges: final report", Institute for Transport Studies, University of Leeds.

<sup>5</sup> Newbery, D. (1990), "Pricing and congestion: economic principles relevant to road pricing", Oxford Review of Economic Policy, 6, 22-38.

<sup>6</sup> Mayeres, I. y Van Dender, K. (2001), "The external costs of transport", en De Borger y Proost (eds.) Reforming Transport Pricing in the European Union, Edward Elgar, 135-169.

<sup>7</sup> IWW/INFRAS (2000), "External Costs of Transport", Zürich/Karlsruhe.

La comparación se realizó, tomando en cuenta que los costos de congestión dependen de las características de cada ciudad y que existen diferencias en las metodologías de cálculo ocasionando discrepancias en la valoración monetaria. Este estudio concluyó, que hay una marcada divergencia en el costo según períodos del día y áreas de la misma ciudad, indicando que el sistema de precios óptimo para controlar la congestión, debe ser variable en el tiempo y en el espacio.

Asimismo, Klowden *et al* (2008) en el *Milken Institute*, desarrollaron un estudio para calcular y proyectar los costos derivados del tráfico vehicular en California, USA. Éste se encuentra basado en los datos suministrados por *Texas Transportation Institute's 2007 Urban Mobility Report* y consistió en evaluar los costos para el año 2006 y luego examinar en que magnitud se incrementarían si la capacidad vial se mantuviera constante hasta el 2030. Obtuvieron como resultado que los costos de congestión, medidos a dólar corriente, aumentarían de US\$19 billones por año para el 2006 a US\$42 billones por año para el 2030. A continuación se muestra en el cuadro N°4 un resumen la medición costos para el año 2005 en las zonas urbanas en California:

**Cuadro N° 4: Costo de Congestión para California USA para el 2005.**

| <i>Área Urbana</i>                                | <i>Demora anual por viajero (horas)</i> | <i>Demora total de viajes (millones de horas)</i> | <i>Costo de congestión total (US\$ billones)</i> |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Los Ángeles-Long Beach-Santa Ana</b>           | 72                                      | 491                                               | 9,3                                              |
| <b>San Francisco-Oakland</b>                      | 60                                      | 130                                               | 2,4                                              |
| <b>San Diego</b>                                  | 57                                      | 91                                                | 1,7                                              |
| <b>Riverside-San Bernardino</b>                   | 49                                      | 48                                                | 1                                                |
| <b>San Jose</b>                                   | 54                                      | 50                                                | 0,9                                              |
| <b>Sacramento</b>                                 | 41                                      | 40                                                | 0,7                                              |
| <b>Oxnard-Ventura</b>                             | 39                                      | 12                                                | 0,2                                              |
| <b>Fresno</b>                                     | 20                                      | 7                                                 | 0,1                                              |
| <b>Bakersfield</b>                                | 14                                      | 3                                                 | 0,1                                              |
| <b>Total de nueve áreas urbanas de California</b> | <b>61</b>                               | <b>872</b>                                        | <b>16,4</b>                                      |
| <b>Total de 437 áreas urbanas de USA</b>          | <b>38</b>                               | <b>4.189</b>                                      | <b>78,1</b>                                      |

Fuente: Klowden et al (2008).

Igualmente, se han realizado diferentes pruebas empíricas en torno a este tema en ciudades de América Latina, entre ellas se encuentra la tesis elaborada por Díaz (2004), donde mide el costo de la congestión para el transporte público, para el transporte privado y para el metro de la ciudad de Medellín en Colombia. Concluye que los costos de tiempo son mayores en el caso del transporte público (bus urbano) y menores en el transporte privado (vehículo privado) debido a que este no incurre en tiempos de espera y de acceso. Con respecto a los costos operacionales, son mucho mayores en el sistema del metro que en el transporte público y privado. En general concluye que, los costos de congestión para el transporte público y privado son bastante similares porque comparten la misma infraestructura a diferencia del sistema del metro.

Alcántara de Vasconcellos (2007), analiza la política y situación del tránsito terrestre en las zonas urbanas de Brasil, basándose en estudios y debates realizados en el seno de la Asamblea Nacional de Transporte Público (ANTP) de este país. Alguno de los datos interesantes que se observan en el análisis, son los referentes al tiempo empleado por los habitantes de las ciudades en desplazarse (ver cuadro N° 5), donde se muestra que los mayores tiempos de viaje, se encuentran al usar el transporte público (autobús) debido a que no se habían realizado hasta el 2003 innovaciones tecnológicas, ni cambios relevantes, en la administración del servicio prestado al usuario. Esta situación estimula el uso del automóvil y las motocicletas creando una mayor congestión vehicular.

**Cuadro N° 5: Condiciones promedio de un viaje de 7 Km en hora pico de la tarde, 2003**  
(ciudades de Brasil con más de un millón de habitantes).

| <i><b>Tiempo de viaje<br/>(minutos)</b></i> | <i><b>Medio de transporte</b></i> |                     |                           |
|---------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|---------------------------|
|                                             | <i><b>Autobús</b></i>             | <i><b>Carro</b></i> | <i><b>Motocicleta</b></i> |
| <b>Acceso a pie</b>                         | 12                                | 2                   | 2                         |
| <b>Tiempo de espera</b>                     | 6                                 | 0                   | 0                         |
| <b>Tiempo de trayecto</b>                   | 25                                | 18                  | 14                        |
| <b>Total</b>                                | 43                                | 20                  | 16                        |

Fuente: Alcántara de Vasconcellos (2007).

También, en este análisis se cita y elabora una actualización para el año 2003 de los datos del estudio realizado por IPEA/ANTP<sup>8</sup> (1998), en 10 ciudades brasileñas, que mostraba que el tiempo cuantificado de los usuarios de autobuses y automóviles en las

---

<sup>8</sup> IPEA/ANTP (1998) "Mejoras del transporte público a través de la reducción de las deseconomías urbanas". Brasilia, Brasil.

vías principales, como resultado de la congestión sin posibilidad de vías alternas, alcanzaba la cifra de 506 millones de horas por año, representando un 40% del tiempo de cada usuario en el tráfico. La actualización se observa en el cuadro N° 6.

**Cuadro N° 6: Costos de tiempo y de operación de transporte en autobús y automóvil, en función de la congestión, 2003 (municipios con más de 60 mil habitantes en Brasil).**

|                                                       | <i>Billones<br/>Reales/año</i> |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------|
| <b>Costo de tiempo de viaje (autobús y vehículos)</b> | 4,42                           |
| <b>Costo operacional</b>                              | 1,18                           |
| <b><i>Total general</i></b>                           | 5,6                            |

Fuente: Alcántara de Vasconcellos (2007).

Ahora bien, se profundizará a continuación en un estudio realizado en Venezuela por la Gerencia de Planificación de Transporte del Metro de Caracas en el año 1995, donde se hizo un análisis costo-beneficio de la inversión necesaria para llevar a cabo el tramo de Capuchinos-Plaza Venezuela. Entre las consideraciones que se evalúan en este estudio, se encuentra la disminución de los costos de tiempo de viaje de ser construida esta línea. Para abordar este análisis, se llevó a cabo una medición del valor del ahorro del tiempo dada la inversión.

Según este análisis, para que exista un beneficio en la reducción de tiempo de viaje, es necesario que el usuario tenga un uso económico alternativo para sus ganancias de tiempo. Cuando no se conoce el valor del beneficio que consiguen los usuarios de las

actividades alternativas y posibles, suele usarse como referencia para estimar el valor del tiempo ahorrado, el ingreso de las personas.

Se asume que el beneficio obtenido del tiempo ahorrado está limitado al 30%, pues esta proporción representa a la población económicamente activa y los viajes con propósitos de trabajo. Para el cálculo del valor del tiempo por hora, este estudio empleó la siguiente expresión:

$$VTV = ((IPM + OIB) / HT) * PTVM$$

En donde:

*VTV*=Valor del tiempo de viajes en Bs. /hora.

*IPM*=Ingreso Promedio Mensual.

*OIB*=Otros ingresos adicionales por bonificaciones (25%), se calcula sobre el Ingreso Promedio Mensual.

*HT*=Horas trabajadas por mes.

*PTVM*=Porcentaje de uso alternativo del tiempo (30%).

Para el año en que se realizó, el ingreso promedio mensual se ubicaba en Bs. 102.910 y las horas trabajadas por mes eran 184. Obtenidos estos datos, se muestra en el cuadro N° 7 el costo del tiempo de viaje según la alternativa de la construcción del tramo Capuchinos-Plaza Venezuela, y la alternativa de no construcción de este tramo:

**Cuadro N° 7: Costos del Tiempo de Viaje a Precios de Mercado en AMC.**

| Variable                                          | Año            | Alternativa Sin Extensión Metro |                | Alternativa Con Extensión Metro |                |
|---------------------------------------------------|----------------|---------------------------------|----------------|---------------------------------|----------------|
|                                                   |                | Años                            |                | Años                            |                |
|                                                   | 1995           | 2000                            | 2010           | 2000                            | 2010           |
| <b>No. Horas Invertidas en Viajar (Horas/día)</b> | 2.571          | 3.473                           | 4.879          | 3.282                           | 4.708          |
| <b>Valor Tiempo Viaje (Bs. /Hora)</b>             | 209,8          | 209,8                           | 209,8          | 209,8                           | 209,8          |
| <b>Costo Tiempo Viaje (Bs. /Día)</b>              | 539            | 729                             | 1.023          | 688                             | 987            |
| <b>Costo Tiempo Viaje (Millones Bs. /Año)</b>     | <b>148.871</b> | <b>201.067</b>                  | <b>282.478</b> | <b>190.004</b>                  | <b>272.544</b> |

Fuente: Estudio de Viabilidad Económica Tramo Capuchinos-Plaza Venezuela, Metro de Caracas (1995)

Se puede observar que el efecto de la implantación de la extensión del Metro, genera una reducción en el valor presente neto de Bs. 66.540 millones en comparación a la alternativa sin extensión del Metro. En el cuadro N° 8, se hace una estimación del costo del tiempo de viaje hasta el año 2025 y se muestra el valor presente neto respectivo.

**Cuadro N° 8: Costos del Tiempo de Viaje en el Metro de Caracas 1995-2025.**

| <b>Año</b>  | <b>Alternativa Sin Extensión<br/>Metro</b> | <b>Alternativa Con Extensión<br/>Metro</b> |
|-------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>1995</b> | 148.871                                    | 148.871                                    |
| <b>1996</b> | 159.310                                    | 159.310                                    |
| <b>1997</b> | 169.749                                    | 169.749                                    |
| <b>1998</b> | 180.189                                    | 180.189                                    |
| <b>1999</b> | 190.628                                    | 190.628                                    |
| <b>2000</b> | 201.067                                    | 190.004                                    |
| <b>2001</b> | 208.692                                    | 197.599                                    |
| <b>2002</b> | 216.318                                    | 205.193                                    |
| <b>2003</b> | 223.943                                    | 212.788                                    |
| <b>2004</b> | 231.569                                    | 220.382                                    |
| <b>2005</b> | 239.194                                    | 227.977                                    |
| <b>2006</b> | 247.851                                    | 236.890                                    |
| <b>2007</b> | 256.508                                    | 245.804                                    |
| <b>2008</b> | 265.164                                    | 254.717                                    |
| <b>2009</b> | 273.821                                    | 263.631                                    |
| <b>2010</b> | 282.478                                    | 272.544                                    |
| <b>2011</b> | 282.478                                    | 272.544                                    |
| <b>2012</b> | 282.478                                    | 272.544                                    |
| <b>2013</b> | 282.478                                    | 272.544                                    |
| <b>2014</b> | 282.478                                    | 272.544                                    |
| <b>2015</b> | 282.478                                    | 272.544                                    |
| <b>2016</b> | 282.478                                    | 272.544                                    |
| <b>2017</b> | 282.478                                    | 272.544                                    |
| <b>2018</b> | 282.478                                    | 272.544                                    |
| <b>2019</b> | 282.478                                    | 272.544                                    |
| <b>2020</b> | 282.478                                    | 272.544                                    |
| <b>2021</b> | 282.478                                    | 272.544                                    |
| <b>2022</b> | 282.478                                    | 272.544                                    |
| <b>2023</b> | 282.478                                    | 272.544                                    |
| <b>2024</b> | 282.478                                    | 272.544                                    |
| <b>2025</b> | 282.478                                    | 272.544                                    |
| <b>VPN</b>  | <b>2.247.603</b>                           | <b>2.181.063</b>                           |

Fuente: Metro de Caracas (1995).

Para concluir, como se mencionó en el presente capítulo, la congestión vehicular es un problema que se ha presentado en múltiples ciudades y ha generado malestar a la sociedad. El tiempo adicional que los conductores asumen por el exceso de tránsito vehicular, ha generado diversos costos que afectan el bienestar social y distorsiona, en cierta medida, el funcionamiento de la economía.

El tiempo adicional que los conductores deben permanecer en el tránsito vehicular, es el principal problema de la congestión en el transporte, pues genera mayor desgaste del vehículo, aumenta el gasto en gasolina, genera retrasos en la entrega de mercancías, incrementa la contaminación ambiental y aumenta el costo de oportunidad de utilizar el tiempo en una actividad remunerada u otra actividad recreativa. Puede entenderse entonces, que destinar tiempo adicional al transporte compromete parte de los ingresos de los individuos y esto se traduce en una pérdida de bienestar en la sociedad. El valor que la sociedad destina al tiempo es de vital importancia y es por esto que los beneficios por ahorro de tiempo, es uno de los componentes más importantes de los beneficios totales de proyectos de inversión en infraestructura de transporte.

La necesidad de conocer a fondo, cuáles y cuántos han sido los costos que los individuos asumen al padecer la congestión vehicular, ha llevado a los investigadores, a realizar diversos estudios para poder medir estos costos e implementar medidas adecuadas y así poder mitigarlos, lo cual sirve de motivación para la realización de este trabajo de grado. Finalmente, una vez abordados y sintetizados los tópicos teóricos en torno a la congestión vehicular e igualmente mencionados y explicados algunos estudios empíricos sobre el tema de la congestión vehicular en el mundo, se procederá a continuación en el Capítulo II a elaborar una aproximación diagnóstica del problema actual en el Área Metropolitana de Caracas, Venezuela.

## **CAPITULO II. CONGESTIÓN EN EL ÁREA METROPOLITANA DE CARACAS**

### ***II.1 SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO EN EL ÁREA METROPOLITANA DE CARACAS***

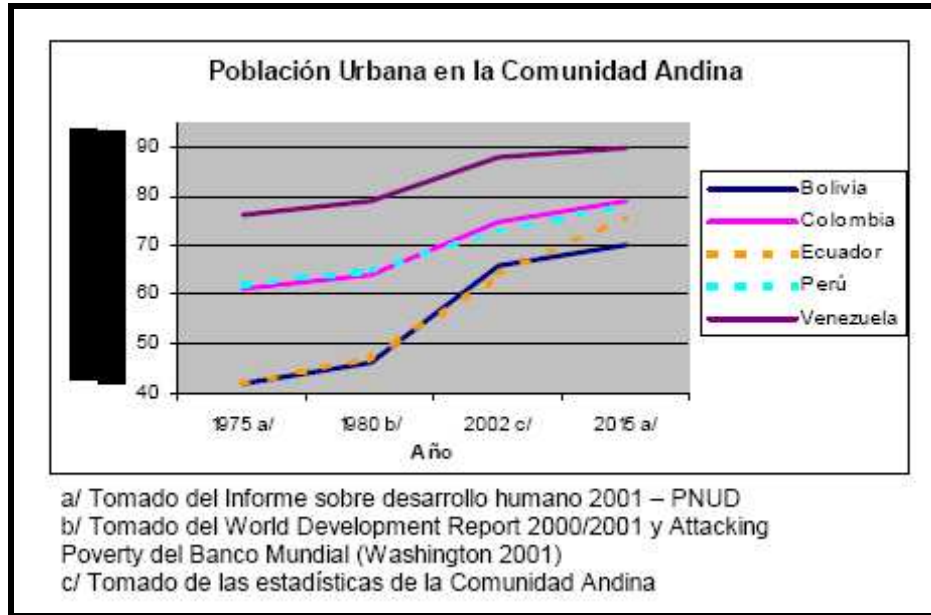
América Latina es considerada uno de las regiones más urbanizadas del mundo. Según Jacoby (2007), la urbanización de la región en el año 2000 era de aproximadamente 75% y se estimaba que para el año 2025 alcanzara 82%. Igualmente, de acuerdo al Informe de la Población Mundial 2007 de la Organización de Naciones Unidas (ONU)<sup>9</sup>, el 77% de la población latinoamericana vive en ciudades para ese año. Es así, como las grandes ciudades de esta región comparten problemas como congestión vehicular, crisis de transporte urbano y contaminación, entre otros.

Entre los países de la región andina, según Galarza y Gómez (2002), Venezuela tiene el mayor porcentaje de población urbana a lo largo del periodo de 1975 a 2002, como puede observarse en el gráfico N° 4, concentrándose la población en ciudades como Caracas y Maracaibo.

---

<sup>9</sup> [www.un.org/es/](http://www.un.org/es/)

**Gráfico N° 4: Población urbana en la Comunidad Andina**



Fuente: Galarza y Gómez (2002).

Desde sus inicios, el desarrollo urbano de la ciudad de Caracas, objeto de estudio de esta investigación, ha carecido de control y planificación. El crecimiento de la población en la capital, ha ido de la mano con el incremento de la demanda de transporte y con el aumento del parque automotor. Sin embargo, el sistema de transporte no pareciera responder de la manera más eficiente y adecuada, a las necesidades de movilidad de la población en el Área Metropolitana de Caracas (AMC).

A lo largo de los últimos treinta años, se han implementado políticas en materia de transporte urbano para enfrentar el exceso de tránsito y en la mayoría de los casos estas no han sido adecuadas o no han tenido continuidad. El proyecto “Día de parada”, que se intentó llevar a cabo en 1979, por la Oficina de Transporte Terrestre, revela que

el problema de la congestión ya comenzaba a surgir a finales de esa década. Este proyecto, consistió en reducir el uso del vehículo particular, con el objetivo de disminuir el congestionamiento del tránsito, promover el ahorro de combustible, disminuir los costos operacionales de los vehículos y mejorar las condiciones ambientales de la ciudad.

En 1989, se propuso la “Política Integral de Transporte”, que tenía como objetivo principal, garantizar un sistema de transporte urbano e interurbano eficiente y de buena calidad. Esta política se intentó llevar a cabo, mediante un sistema dinámico de tarifas, un plan de subsidios al transporte y una reducción de los costos operativos del transporte. Posterior a esto, se intentó hacer en 1991 y 2002 la “Política Nacional de Transporte Urbano”, con el objetivo de mejorar la calidad y la eficiencia de los sistemas de transporte urbano.

Asimismo, en los últimos años se han realizado otras políticas, como canales de contra flujo en los principales corredores viales o el plan “pico y placa” en los municipios Chacao y Baruta del AMC. Esta última consistió en la restricción de circulación de automóviles, de acuerdo a la numeración de sus placas, en determinados periodos de tiempo, además de innovar en América Latina al combinar esta medida con la generación de incentivos para el incremento de la tasa de ocupación de los automóviles, ya que los que circulaban ocupados por más de tres personas estaban exentos del pico y placa. Estas políticas buscaban exclusivamente, mejorar la fluidez del tránsito y así poder aminorar la congestión vehicular, sin embargo no han logrado funcionar exitosamente por impedimentos jurídicas.

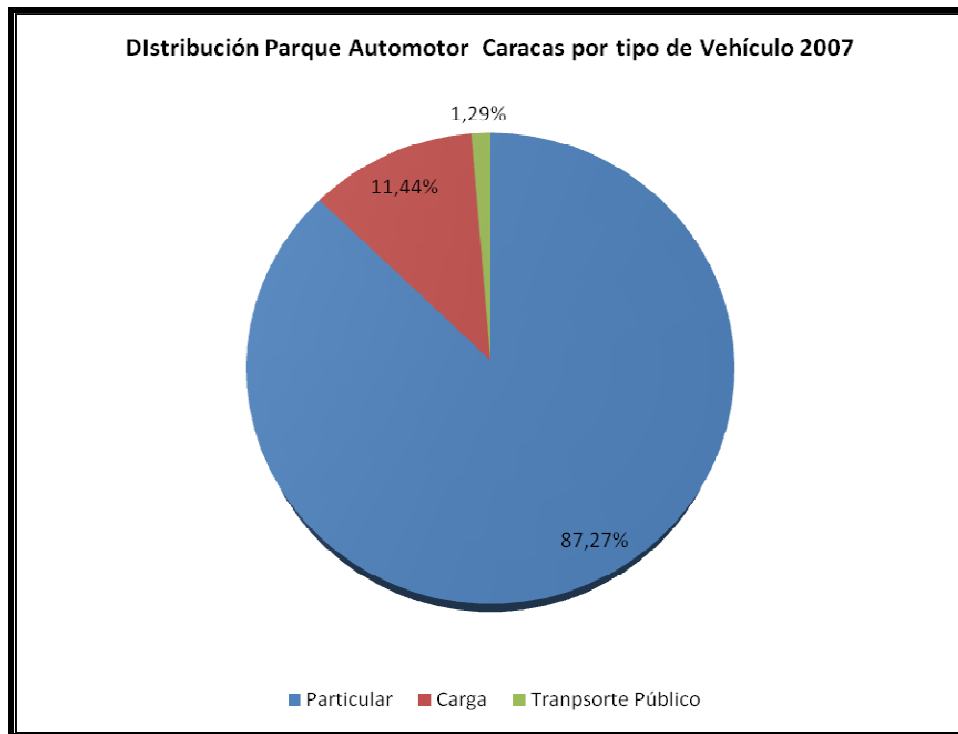
El orden cronológico de estas políticas, evidencia que la congestión vehicular se hizo presente a finales de los años setenta, continuó persistiendo en las décadas siguientes y se mantiene hasta la actualidad. Esto, entre otras cosas, revela que ninguna de estas políticas ha podido tener un efecto que persista en el tiempo, bien sea por falta de continuidad, cooperación u organización, o por ser inadecuadas.

Es así, como la implementación de políticas públicas que permitan innovar en materia de movilidad sigue constituyendo un reto para los tomadores de decisiones en el AMC, que deseen impulsar transformaciones duraderas y sustentables en el tiempo.

#### ***II.1.1 DISTRIBUCIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR Y UTILIZACIÓN DEL VEHÍCULO PARTICULAR***

Dentro de la descripción del sistema de transporte urbano del AMC, es necesario mencionar que en los últimos años la demanda de vehículos para uso particular ha ido creciendo y esto ha promovido diversos problemas como la congestión crónica, caída en la movilidad y accesibilidad, degradación de las condiciones ambientales y aumento de los índices de accidentes de tránsito. En este contexto, según el Instituto Nacional de Transporte y Transito Terrestre (INTTT) para el año 2007, del total del parque automotor de Caracas, el 87,27% de los vehículos son de uso particular, tal como lo indica el gráfico N° 5.

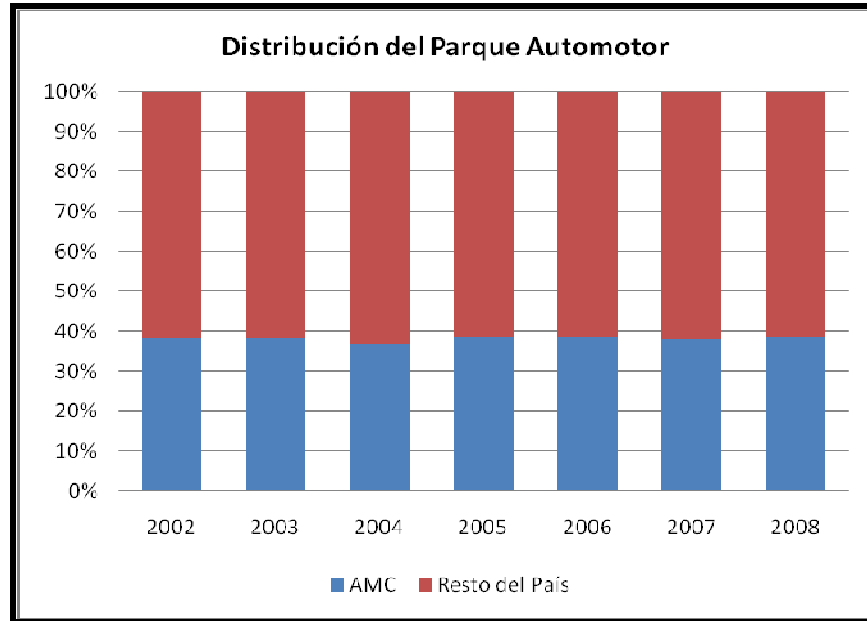
**Gráfico N° 5: Distribución del Parque Automotor de Caracas por tipo de vehículo para el año 2007.**



**Fuente: Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre.**

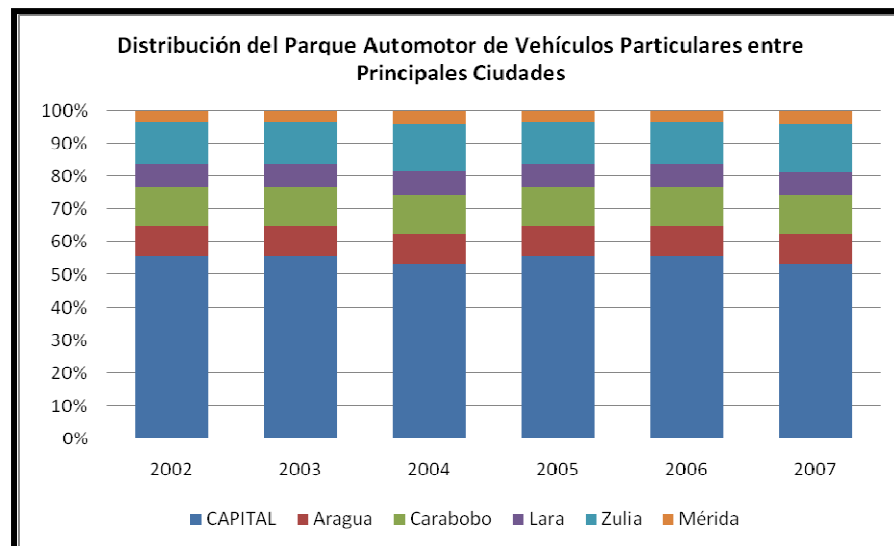
Igualmente, puede verse en el gráfico N° 6 y el gráfico N° 7, que en los últimos años el AMC posee cerca del 40% del total del parque automotor venezolano y la región Capital más de la mitad de los vehículos de uso particular de todo el país. Esta característica, es una de las posibles causas de la congestión vehicular.

**Gráfico N° 6: Distribución del Parque Automotor en Venezuela.**



Fuente: Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre.

**Gráfico N° 7: Distribución del Parque Automotor de vehículos particulares entre las principales ciudades de Venezuela.**



Fuente: Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre.

El intensivo uso del automovil particular, es una característica que se presenta en muchas ciudades del mundo. En el AMC, esta conducta es promovida por factores sociales, culturales, económicos y urbanos. Por ejemplo, desde el punto de vista social y cultural, tener un automovil puede ser símbolo de cierto estatus dentro de la sociedad. Igualmente, desde la óptica económica existen regulaciones que promueven el uso del vehiculo particular, como el subsidio al precio de la gasolina que le permite al venezolano consumir el combustible a uno de los precios más bajos del mundo y la regulación al precio de los estacionamientos, que facilita el acceso a estos a muy bajo costo.

Asimismo, según un estudio que lleva a cabo anualmente la Cámara de Fabricantes Venezolanos de Productos Automotores (FAVENPA), para el año 2008, en la región metropolitana existían 4 habitantes por vehículo, 148 vehículos por km cuadrado y 365 vehículos por km de vías. Para las otras regiones este comportamiento es diferente (ver cuadro N° 9)

**Cuadro N° 9: Distribución de la población por vehículos y relación con el número de Km2 en Venezuela.**

|                           | Habitantes/Vehículo | Vehículos/Km2 | Vehículos/Km Vía |
|---------------------------|---------------------|---------------|------------------|
| <b>Zona Metropolitana</b> | 4                   | 148           | 365              |
| <b>Zona Occidental</b>    | 9                   | 7             | 31               |
| <b>Zona Oriental</b>      | 10                  | 1             | 17               |
| <b>Zona Central</b>       | 10                  | 4             | 27               |

Fuente: Cámara de Fabricantes Venezolanos de Productos Automotores.

Es importante notar que la región metropolitana para este estudio, solo comprende el Estado Miranda, el Distrito Capital y el Estado Vargas, mientras que las otras regiones comprenden entre seis y ocho estados. Estos datos reflejan que la concentración poblacional en el AMC, es otra de las posibles causas de la congestión vehicular.

En este mismo orden de ideas, para el año 2005, según el Estudio y Encuesta de Movilidad del año 2005 desarrollado por la Alcaldía Metropolitana de Caracas, el indicador de habitantes por vehículos se encontraba en 5,2. Lo que refleja una disminución para el año 2008, presentando ahora un menor número de habitantes por vehículos, señalando posiblemente un impacto en el aumento en la congestión vehicular.

En dicho estudio, también se describe el indicador de vehículos por hogares para cada estrato social y zona del AMC, en el año 2005. En promedio el estrato ABC<sup>10</sup> de la población presenta 1,1 vehículos por hogar, el estrato D presenta 0,49 vehículos por hogar y el estrato E presenta 0,28 vehículos por hogar. Los municipios donde se observan los índices más altos, para el año 2005 son El Hatillo con 1,55 vehículos por hogar y Baruta con 1,51. Esto datos señalan, que la propiedad vehicular, depende tanto del ingreso familiar como de la accesibilidad y disponibilidad al transporte público.

---

<sup>10</sup> Para el Estudio y Encuesta de Movilidad del año 2005, los rangos de ingresos para definir los estratos socioeconómicos son: ABC obtienen ingresos mensuales > Bs.F 1.500,00, el estrato D obtiene ingresos mensuales entre Bs.F 600,00 y Bs.F 1.500,00 y por último, el estrato E obtiene mensualmente ingresos <Bs.F.600,00.

La adopción del vehículo particular, como medio de transporte más usado, acompañado del crecimiento y la concentración poblacional en la región metropolitana, han llevado el uso de la infraestructura vial a niveles extremos. Para el año 2002, según el Estudio Integral de Transporte del Área Metropolitana de Caracas, el volumen promedio de vehículos que transitaba en hora pico laboral en los principales corredores viales de la ciudad, casi llegaba a la capacidad máxima. En el cuadro N° 10 puede observarse más detalladamente.

**Cuadro N° 10: Capacidad y Demanda vial en los principales corredores viales del AMC.**

| <b>Corredor</b>                       | <b>Volumen Promedio Hora Pico</b> | <b>Capacidad Máxima</b> | <b>Relación Volumen Promedio/Volumen Máximo</b> |
|---------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>Autopista Fco. Fajardo (Este)</b>  | 3845                              | 4483                    | 85.77%                                          |
| <b>Autopista Fco. Fajardo (Oeste)</b> | 5505                              | 5871                    | 93.77%                                          |
| <b>Av. Páez</b>                       | 1180                              | 2010                    | 58.71%                                          |
| <b>Autopista Prados del Este</b>      | 4776                              | 4985                    | 95.81%                                          |
| <b>Av. Libertador</b>                 | 3183                              | 3579                    | 88.94%                                          |
| <b>Boulevard del Cafetal</b>          | 2088                              | 2555                    | 81.72%                                          |
| <b>Autopista Valle Coche</b>          | 4386                              | 5023                    | 87.32%                                          |
| <b>Av. Boyacá</b>                     | 3847                              | 3865                    | 99.53%                                          |
| <b>Carretera Panamericana</b>         | 3050                              | 3177                    | 96%                                             |
| <b>Av. Bolívar</b>                    | 2176                              | 2960                    | 73.51%                                          |

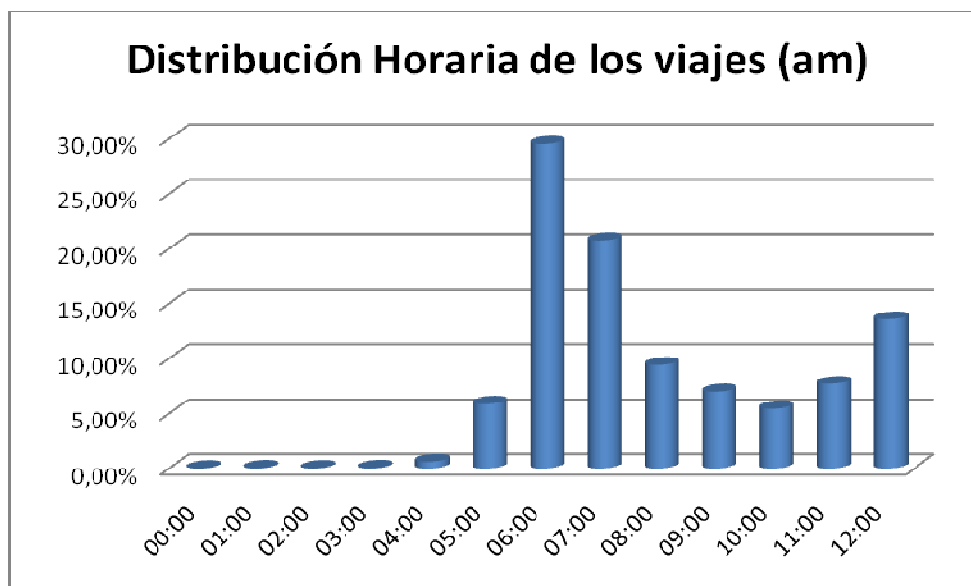
Fuente: Estudio Integral de Transporte del Área Metropolitana de Caracas (2002).

A medida que crece la demanda de las vías y comienza a alcanzarse la capacidad máxima de éstas, la velocidad promedio de los vehículos disminuye y se produce el efecto de la congestión vehicular. En el cuadro anterior, puede observarse que para el

año 2002 gran parte de las vías se encontraban saturadas, teniendo corredores como la Av. Boyacá, donde la ocupación fue de 99,53%.

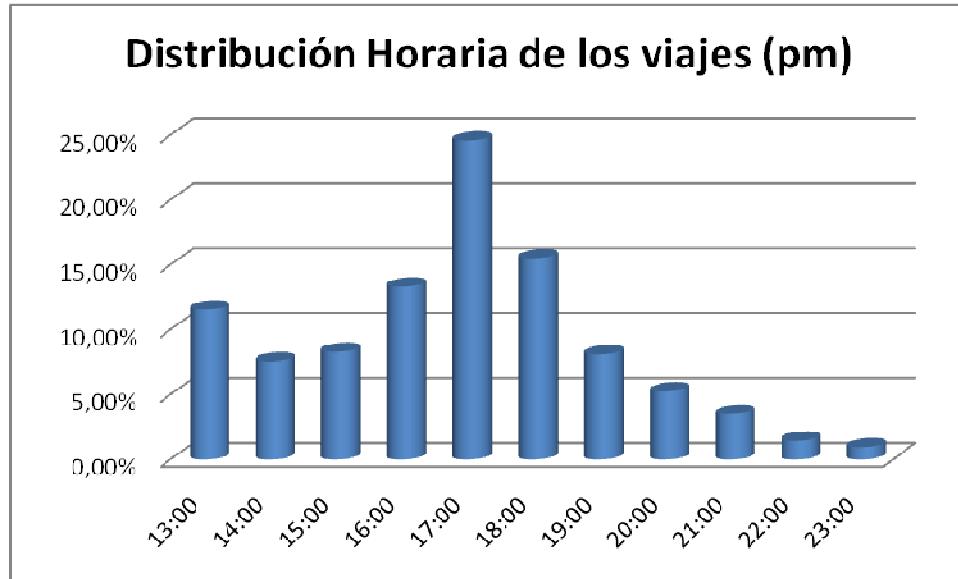
En otro ámbito, es importante hacer notar, que la mayoría de los viajes realizados en el AMC se concentran en ciertas horas del día, lo que ocasiona mayor congestión vehicular (ver gráfico N° 8 y gráfico N° 9). Según el Estudio de Movilidad del año 2005, el 50,28% de los viajes realizados en la mañana se ubican entre las 06:00am y 08:00am y el 40,08% de los realizados en la tarde se llevan a cabo entre las 17:00pm y las 19:00pm. Esto se debe, a que los horarios de entrada y salida de los trabajos y lugares de estudio son muy homogéneos, es decir la mayoría de los habitantes del AMC tienen horarios muy parecidos, por lo que necesitan movilizarse usualmente a las mismas horas del día, lo que influye negativamente en el tráfico vehicular.

**Gráfico N° 8: Distribución horaria de los viajes en el AMC (am).**



Fuente: Cálculos propios en base al Estudio y Encuesta de Movilidad de la Alcaldía Metropolitana (2005).

**Gráfico N° 9: Distribución horaria de los viajes en el AMC (pm).**



**Fuente:** Cálculos propios en base al Estudio y Encuesta de Movilidad de la Alcaldía Metropolitana (2005).

En conclusión, el crecimiento y la concentración poblacional en la región capital, el aumento del parque automotor de vehículos para uso particular, así como la falta de políticas y planes de transporte adecuados, han sido en parte responsables de los niveles de congestión que se han alcanzado en los últimos años. Sin embargo, existen múltiples factores que también influyen en este problema. Las características de la oferta de infraestructura vial, la baja calidad de la infraestructura de transporte, el mal estado y bajo mantenimiento de la señalización y semaforización, son parte de toda una serie de factores que promueven la congestión vehicular y que se estudian en la siguiente sección.

## ***II.2 CARACTERÍSTICAS DE OFERTA DE INFRAESTRUCTURA VIAL DEL ÁREA METROPOLITANA DE CARACAS***

El Área Metropolitana de Caracas, está conformada por el Municipio Libertador del Distrito Capital y por los Municipios Sucre, Baruta, Chacao y el Hatillo del Estado Miranda, tiene una superficie total de 38.348 Hectáreas (Has.) y una población según el Instituto Nacional de Estadística (INE) para el año 2008 de 3.190.055 personas.

La forma del sistema vial urbano de esta región del país, depende fuertemente de la topografía del valle de Caracas y en algunas ocasiones representa limitaciones para la interconexión entre vías. Presenta un eje longitudinal en sentido este-oeste que sigue la trayectoria del Río Guaire (rio más importante de la ciudad y que atraviesa la misma), este limita la comunicaciones norte-sur. Igualmente, el AMC posee una topografía montañosa y una Zona Militar de paso restringido llamada Fuerte Tiuna que también influyen en la interconexión vial. Otro factor que determina la forma del sistema vial urbano es la distribución geográfica de las actividades, ya que se concentran en lugares puntuales de la ciudad como el sector norte.

Tiene un eje principal que comunica el este con el oeste y es la mayor vía expresa, esta es la autopista Francisco Fajardo que tiene una longitud aproximada de 33Km y es la conexión desde la carretera Antímano- Los Teques y la autopista Petare- Guarenas. Asimismo, cuenta con cuatro distribuidores de tránsito, La Araña, El Pulpo, Ciempiés y Boyacá, los cuales sirven para conectar las vías expresas.

Cabe destacar, que desde 1961 hasta 2002 el crecimiento de la cantidad de vías fue importante, lo cual se refleja el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 11: Distribución de vías del AMC según servicio de movilidad y accesibilidad en el 2002.**

| <i>Servicio</i>                                          | <i>Jerarquía</i>       | 1961                 |                   | 2002                 |                   |
|----------------------------------------------------------|------------------------|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------|
|                                                          |                        | <i>Longitud (Km)</i> | <i>Porcentaje</i> | <i>Longitud (Km)</i> | <i>Porcentaje</i> |
| <b>Vías de alta movilidad</b>                            | Expresas               | 36                   | 3%                | 193                  | 7%                |
|                                                          | Arteriales             | 93                   | 9%                | 346                  | 13%               |
|                                                          | Colectoras Principales | 193                  | 18%               | 192                  | 7%                |
| <b>Vías de mediana movilidad (mediana accesibilidad)</b> | Colectoras Secundarias | -                    | -                 | 186                  | 7%                |
| <b>Vías de alta accesibilidad</b>                        | Local y Marginal       | 731                  | 69%               | 1.733                | 66%               |
| <b>Total</b>                                             |                        | <b>1053</b>          | <b>100%</b>       | <b>2.650</b>         | <b>100%</b>       |

Fuente: Estudio Integral de Transporte del Área Metropolitana de Caracas (2002).

En el cuadro N° 11, puede observarse que en 40 años la cantidad de vías en el AMC aumentó aproximadamente en 150%. Sin embargo, López (2007), recalca que en los últimos 15 años no ha aumentado la inversión en construcción de infraestructura vial, sobre todo en vías expresas, que para el 2002 solo representaban el 7% de la cantidad total de vías.

Ahora bien, con respecto al área ocupada por la vialidad de la superficie total del AMC, se puede observar en el cuadro N° 12 que dicha área corresponde a 3.419,38Has.

**Cuadro N° 12: Área ocupada por la vialidad del AMC en el 2002.**

| <i><b>Clasificación</b></i> | <i><b>Longitud (Km)</b></i> | <i><b>Ancho promedio (m)</b></i> | <i><b>Superficie (Has.)</b></i> |
|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| <b>Expresas</b>             | 193,22                      | 25                               | 483,05                          |
| <b>Arterial</b>             | 346,33                      | 20                               | 692,66                          |
| <b>Colectora Principal</b>  | 192,07                      | 15                               | 288,11                          |
| <b>Colectora Secundaria</b> | 185,94                      | 12                               | 223,13                          |
| <b>Local y Marginal</b>     | 1.732,44                    | 10                               | 1.732,44                        |
| <b>Total</b>                |                             |                                  | <b>3.419,38</b>                 |

Fuente: Estudio Integral de Transporte del Área Metropolitana de Caracas (2002).

Considerando que la superficie del AMC tiene un total de 38.348 Has., de las cuales según el estudio de la Alcaldía Metropolitana de Caracas citado anteriormente, el 60% es el área desarrollada (correspondiente a 23.009 Has.) y el resto es ocupada por parques y espacios abiertos, es necesario evaluar el porcentaje de ocupación del sistema vial con respecto al total de superficie para cada tipo de vía (ver cuadro N° 13).

**Cuadro N° 13: Ocupación de espacios por la vialidad del AMC en el 2002.**

| <b>Clasificación</b>        | <b>Porcentaje de la ocupación</b>                  |                                                           |
|-----------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
|                             | <b>Con respecto al área total<br/>(38.348Has.)</b> | <b>Con respecto al área desarrollada<br/>(23.009Has.)</b> |
| <b>Expresas</b>             | 1,26                                               | 2,10                                                      |
| <b>Arterial</b>             | 1,81                                               | 3,01                                                      |
| <b>Colectora Principal</b>  | 0,75                                               | 1,25                                                      |
| <b>Colectora Secundaria</b> | 0,58                                               | 0,97                                                      |
| <b>Local y Marginal</b>     | 4,52                                               | 7,53                                                      |
| <b>Total</b>                | <b>8,92</b>                                        | <b>14,86</b>                                              |

Fuente: Estudio Integral de Transporte del Área Metropolitana de Caracas (2002).

Entonces, para el AMC en el año 2002, sólo el 14% de la superficie total desarrollada correspondía a infraestructura vial, lo que da un indicador de la cantidad de vías u oferta vial disponible para los usuarios.

## **II.2.1 CONDICIONES DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN EL ÁREA METROPOLITANA DE CARACAS**

### **II.2.1.1 PAVIMENTACIÓN**

Según el estudio integral de transporte del Área Metropolitana de Caracas, en el 2002 el estado del pavimento fue evaluado separándolo por tipo de vía, tomando una longitud total de vías de 1094,61 km y calificándolo como bueno, regular o malo según fuera el caso.

**Cuadro N° 14: Condición del pavimento por jerarquía vial del AMC (en Km) en el 2002.**

| <i><b>Jerarquía</b></i>            | <i><b>Bueno</b></i> | <i><b>Regular</b></i> | <i><b>Malo</b></i> | <i><b>Total</b></i> |
|------------------------------------|---------------------|-----------------------|--------------------|---------------------|
| <i><b>Expresa</b></i>              | 27.34               | 148.19                | 17.69              | 193.22              |
| <i><b>Arterial</b></i>             | 11.59               | 230.92                | 104.03             | 346.54              |
| <i><b>Colectora Principal</b></i>  | 3.82                | 121.03                | 67.06              | 191.91              |
| <i><b>Colectora Secundaria</b></i> | 3.52                | 116.97                | 67.54              | 188.03              |
| <i><b>Local</b></i>                | 0.95                | 82.4                  | 37.43              | 120.78              |
| <i><b>Troncal Marginal</b></i>     | -                   | 15.6                  | 38.53              | 54.13               |
| <i><b>Total (km)</b></i>           | <b>47.22</b>        | <b>715.11</b>         | <b>332.28</b>      | <b>1094.61</b>      |
| <i><b>% respecto al total</b></i>  | <b>4.31%</b>        | <b>65.33%</b>         | <b>30.36%</b>      | <b>100%</b>         |

Fuente: Estudio Integral de Transporte del Área Metropolitana de Caracas (2002).

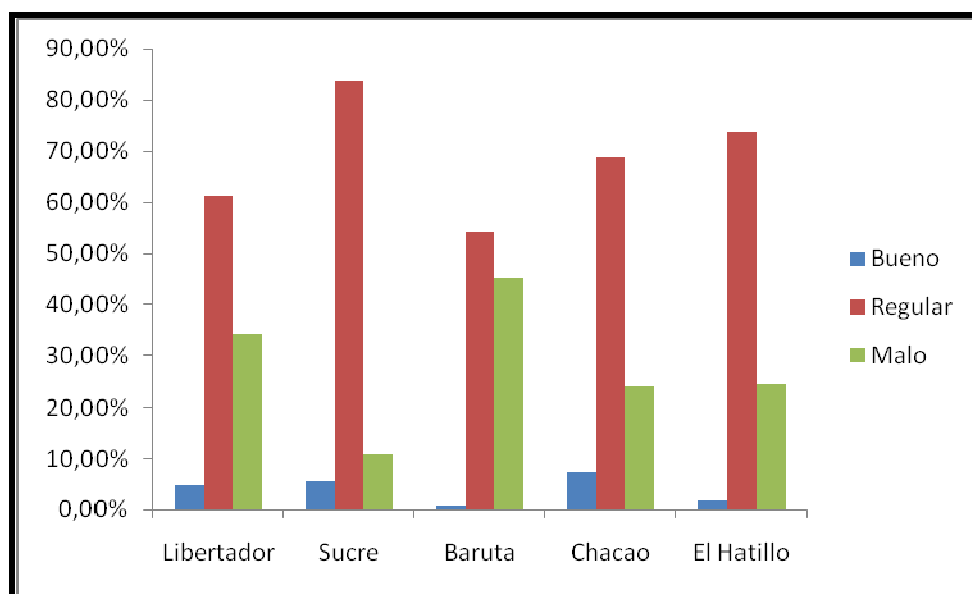
Puede observarse en el gráfico N° 14, que del total del pavimento evaluado para el AMC, 65,33% se encuentra en estado regular, 30,36% en mal estado y sólo 4,31% en buenas condiciones. Asimismo, según el Plan Caracas en Movimiento, llevado a cabo por el Instituto Metropolitano de Transporte (INMETRA), dichas condiciones de pavimentación se mantienen para el 2005.

Entre otras cosas, tomando como referencia el Estudio Integral de Transporte del Área Metropolitana de Caracas 2002, existen dos factores adicionales no relacionados directamente con el pavimento, pero que su presencia afecta considerablemente la circulación vehicular. El primero de ellos, es la existencia de juntas de dilatación en vías elevadas y en puentes que generalmente se encuentran en mal estado, y el segundo es

la presencia de elementos de drenaje, que se hallan en las calzadas, con desniveles considerables con respecto a la superficie del pavimento circundante, como consecuencia de la aplicación de capas de refuerzo de asfalto que no tuvieron en cuenta la nivelación de estos, lo que en muchas oportunidades ocasiona que el flujo vehicular se vea afectado porque los conductores disminuyen la velocidad y además se producen lagunas en las vías que presentan esta dificultad.

Estos datos y características reflejan que la calidad de las vías, por el lado del pavimento y otras condiciones no es -en su mayoría- la más adecuada, pues la baja calidad del pavimento, así como la presencia de desniveles en los elementos de drenaje, colaboran a la disminución y la alteración brusca de la velocidad y la continuidad normal de los vehículos, promoviendo la congestión vehicular.

**Gráfico N° 10: Estado de pavimento por Municipio del AMC en el 2002.**



**Fuente: Estudio Integral de Transporte del Área Metropolitana de Caracas (2002).**

Desde el punto de vista municipal, el gráfico N° 10 muestra que la situación entre cada uno de los municipios que conforman el AMC es diferente. Para ningún municipio el estado del pavimento es alentador, pues en ningún caso más del 10% del pavimento es bueno. La mayor parte del pavimento en el AMC es regular siendo para algunos municipios cerca del 90%.

En base a estos datos se puede decir que el Municipio Baruta es el que tiene mayor proporción de vías en mal estado seguido por el Municipio Libertador. El Municipio Chacao cuenta con la mayor proporción de vías en buen estado, seguido por el Municipio Sucre.

#### ***II.2.1.2 SEMAFORIZACIÓN Y OTROS ELEMENTOS DE INFRAESTRUCTURA***

Para el año 2002, el AMC contaba con 495 intersecciones con semáforos y se encuentran principalmente en vías arteriales, colectoras y algunas locales. Para esa fecha, desde el punto de vista funcional 68% de los semáforos se encontraban en buen estado y 32% en mal estado. Este porcentaje de semáforos con mal funcionamiento, revela la falta de mantenimiento y control de estos, e incide negativamente sobre el flujo vehicular, así como en la seguridad de los conductores y peatones.

Otro elemento de la infraestructura vial, es la iluminación. Del total de las vías expresas, el 99,1% de su longitud presenta algún tipo de iluminación, en las arteriales

alrededor de 86,6% y en las colectoras principales el 89,4%. A nivel municipal, el Municipio Libertador es quien tiene las mejores condiciones, teniendo el 94% de sus vías iluminadas. El Municipio Chacao tiene 92%, Baruta 88%, Sucre 84% y El Hatillo 82%. Observando los datos, este elemento no tiene importante relevancia en la propensión a la formación de congestión vehicular que tiene el AMC.

Existen otros elementos de la infraestructura vial tales como las aceras, las defensas, la demarcación y señalización vial, pero las condiciones en las que se encontraban, tienen poca incidencia sobre los niveles de congestión vehicular. Sin embargo, es importante mencionar que el mantenimiento de las condiciones óptimas de estos factores pudiera contribuir en la disminución de los niveles de congestión vehicular, si se logra estimular los viajes peatonales en lugar del uso del transporte motorizado, tomando en cuenta igualmente la seguridad de la ciudad que se pueda ofrecer al peatón.

A nivel municipal y desde el punto de vista funcional, el Municipio El Hatillo es el que posee los semáforos en mejor estado, con un 100% de sus intersecciones con semáforos en buen estado. El Municipio Baruta cuenta con 97%, Libertador 64%, Chacao 60% y Sucre 56%.

Por último, en la caracterización de la oferta de infraestructura vial, es fundamental mencionar el hecho de que la ciudad ha tenido diversos planes urbanísticos, pero ninguno ha tenido una visión de conjunto que integre sus diferentes componentes. Los planes de desarrollo urbano local, llevados a cabo por cada uno de los cinco municipios del AMC, se han llevado mediante decisiones aisladas y han quedado inconclusos. El

crecimiento urbano de cada municipio por separado y la falta de una visión a largo plazo, ha causado que muchos de los corredores viales donde se concentra el tránsito vehicular en el AMC, carezcan de continuidad. Las vías a lo largo de su longitud tienen diversas dimensiones alternando el número de canales disponible para la circulación, lo que origina en muchos casos embudos y dificultades para la ordenación de los vehículos dentro del flujo. Un ejemplo que sirve para ilustrar dicho factor, es la Autopista Francisco Fajardo, que en puntos determinados pasa de 4 canales a solo 2, ocasionando congestión vehicular en dichos tramos.

Una vez descritas las condiciones de la vialidad usada para el servicio urbano cotidiano del AMC, es interesante referirse al sistema vial de acceso al área, el cual está conformado por tres sectores o puertas: la del “este” que comunica a través de la autopista Petare-Guarenas, la del “suroeste” alimentada por la autopista Coche-Tejerías (proveniente de la autopista Regional del Centro del país) y por la carretera Panamericana (proveniente de Los Teques) y finalmente la del “norte” que conecta el AMC con el Estado Vargas mediante la autopista Caracas-La Guaira.

Según el Estudio Integral de Transporte del Área Metropolitana de Caracas (2002), la oferta vial de dicho sistema de acceso es insuficiente, porque la demanda vial en la hora pico de la mañana se encuentra en el límite de la capacidad de dichas vías, ya que en este momento se produce la entrada de viajes de las poblaciones satélites (dormitorios), con fines fundamentalmente de trabajo y estudio a la ciudad de Caracas. Por la tarde el problema es similar pero menos agudo.

Aunque se reconoce en las puertas al AMC un problema de congestión vehicular fuerte, este trabajo de grado se centra solo en el sistema vial urbano y no en el sistema de acceso, por la dificultad que representa la realización de mediciones y trabajos de campos en dichas zonas, escapando así al alcance de la investigación.

### ***II.3 CONGESTIÓN VEHICULAR EN EL MUNDO***

La congestión vehicular se ha presentado en el AMC, así como lo hecho en otras ciudades de la región y del resto del mundo. En cada ciudad, la congestión se presenta por diversas razones, algunas comunes y otras únicas de cada localidad. Es por ello que resulta relevante hacer un breve análisis sobre otras ciudades de América Latina y el resto del mundo que padezcan el problema de la congestión vehicular y así poder tener una perspectiva internacional, que puede servir de comparación respecto a Caracas.

Según la revista electrónica World Auto News and Reviews, de las veinte ciudades más congestionadas del mundo para el año 2009, Caracas ocupa el lugar número dieciséis, siendo Tokio la primera de ellas entre otras ciudades como Los Ángeles, México, Moscú, Sao Paulo, Shanghái, New York, Londres y Mumbai. Cabe destacar que para América Latina, Caracas ocupa el tercer lugar luego de Sao Paulo y Ciudad de México.

Para el año 2001, el Censo Mundial de Automóviles revelaba que el parque automotor de América Latina, estaba conformado por 31,9 millones de autos, con un aproximado de 16 personas por vehículos. Mientras que en el 2008, la región contaba con una

población aproximada de 400 millones de habitantes y un parque automotor de 47,5 millones de autos, según la Asociación Latinoamericana de Distribuidores de Automotores<sup>11</sup>, dando como resultado una relación aproximada de 9 personas por vehículo. Puede observarse una considerable disminución en el indicador, lo que puede traducirse en mayor número de autos en la región por habitantes.

Este indicador para el año 2008 no pareciera inferir el congestionamiento vehicular en América Latina, sin embargo el promedio difiere altamente de la relación específica en ciudades como Caracas en las que existen 4 habitantes por vehículo, o Sao Paulo con 2 habitantes por cada vehículo. Asimismo, en Estados Unidos de Norteamérica (USA) para el 2007, el 85% de la población adulta poseía un automóvil y cada familia tenía en promedio 2,2 autos.

Como se ha mencionado anteriormente, existen diversos factores que promueven la congestión vehicular en Caracas y varios de ellos también están presentes en las ciudades de Latinoamérica, donde también existe este problema. Entre ellos se encuentra, el uso indiscriminado del automóvil particular como principal medio de transporte.

---

<sup>11</sup> [www.aladda.com](http://www.aladda.com)

**Cuadro N° 15: Distribución del parque automotor por tipo de uso para ciudades latinoamericanas.**

|                            | <i>Uso Particular</i> | <i>Transporte Publico</i> | <i>Carga</i> |
|----------------------------|-----------------------|---------------------------|--------------|
| <b><i>Caracas</i></b>      | 91,6%                 | 1,6%                      | 0,01%        |
| <b><i>Sao Paulo</i></b>    | 93.60%                | 1.09%                     | 5.31%        |
| <b><i>Buenos Aires</i></b> | 94.24%                | 4.99%                     | 0.77%        |
| <b><i>Bogotá</i></b>       | 98.66%                | 0.62%                     | 0.72%        |

Fuente: Estudio Integral de Transporte del Área Metropolitana de Caracas (2002), Ministerio de Transporte de Colombia, Instituto Nacional de Vialidad de Argentina.

Cabe destacar que en estas cuatro ciudades que se observan en el cuadro N° 15, la presencia de vehículos de uso particular supera el 90% y el transporte público no sobrepasa el 5% en ninguna de ellas.

En este mismo orden de ideas, en Los Ángeles, E.E.U.U., el proceso de urbanización se basó en el uso del automóvil y para el 2007 el 70% del espacio urbano del centro de la ciudad estaba destinado para dicho vehículo. Si se compara con otras ciudades como Londres, Paris y Tokio que han asignado 21%, 23% y 18% del espacio público respectivamente, el porcentaje es bastante alto, lo que incentiva el uso intensivo del automóvil particular y puede ser una de las causas del problema de congestión vehicular en esa ciudad de California.

Otro factor influyente en los niveles de tráfico vehicular, es la baja o regular calidad de las vías y esta característica se mantiene relativamente en otras ciudades de países latinoamericanos además de Caracas (ver cuadro N° 16).

**Cuadro N° 16: Condición del Pavimento por Jerarquía vial América Latina (en Km).**

|                         | <i>Bueno</i> | <i>Regular</i> | <i>Malo</i> |
|-------------------------|--------------|----------------|-------------|
| <b><i>Venezuela</i></b> | 4.31%        | 65.33%         | 30.36%      |
| <b><i>Argentina</i></b> | 40.52%       | 27.10%         | 32.38%      |
| <b><i>Colombia</i></b>  | 56,38%       | 28,94%         | 14,68%      |

Fuente: Estudio Integral de Transporte del Área Metropolitana de Caracas (2002), Ministerio de Transporte de Colombia, Instituto Nacional de Vialidad de Argentina.

En el caso de Venezuela, la cantidad de vías en buen estado es significativamente inferior a los otros dos países y las vías en estado regular son considerablemente superiores. Esto podría ayudar a inferir una de las causas, que ha hecho que Caracas sea la tercera ciudad más congestionada en América Latina y la número dieciséis a nivel mundial.

Resumiendo, con todo lo anteriormente descrito, se evidencia que el Área Metropolitana de Caracas presenta un problema de movilidad urbana, que viene ocasionado por diferentes factores de tipos estructurales y coyunturales. Entre ellos se puede mencionar el aumento del parque automotor, el excesivo uso del automóvil particular, precedido por los bajos precios de gasolina, falta de políticas que racionalicen su utilización, bajo precio de estacionamientos y sobre todo por la baja calidad en el sistema de transporte público urbano e inseguridad en el mismo.

Además de esto, la existencia de infraestructura saturada, obsoleta y con mantenimiento deficiente, la estructuración y organización del AMC con base en centralidades comerciales, industriales y financieras que obligan a la población a hacer

grandes desplazamientos desde los lugares de residencia hacia el trabajo, la coincidencia de la mayoría de los horarios de los ciudadanos y en general por la falta de planificación y coordinación por parte de las instituciones nacionales, municipales, ministeriales y departamentales para ofrecer soluciones de manera conjunta al problema de la congestión vehicular, que condiciona la movilidad de los ciudadanos y afectan negativamente el funcionamiento eficiente del tránsito en el AMC.

### **CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO**

La estructura metodológica del presente trabajo de grado, tiene como propósito plantear la forma de abordar el objeto de estudio, en función de su alcance y enfoque, así como el diseño de la investigación y así, responder de una manera práctica y concreta las preguntas y los objetivos formulados.

Tomando como caso de estudio el Área Metropolitana de Caracas (AMC), se buscó describir las condiciones actuales en las que se encuentra el sistema de transporte urbano y vialidad del área, para demostrar que la congestión vehicular es un problema al que se enfrentan diariamente los ciudadanos.

Mediante el análisis de las políticas implementadas en las últimas décadas en esta materia, la evaluación de las vías en cuanto a cantidad, capacidad con respecto a la demanda y de las condiciones referentes a calidad y continuidad de estas, se obtuvo un panorama de aspectos que han contribuido al incremento de los volúmenes de tráfico vehicular, que aunados al aumento, distribución y concentración del parque automotor en el AMC, relacionado con la población y el uso intensivo del automóvil particular, se logró demostrar y entender el problema actual que condiciona la movilidad de los ciudadanos del AMC.

Posteriormente, en esta investigación se planteó como objetivo calcular los costos económicos que asume la sociedad del AMC como consecuencia de la congestión

vehicular. Tomando en cuenta el alcance y las limitaciones de la investigación, se centró específicamente, en el cálculo del costo del tiempo y el costo de oportunidad de exportación de la gasolina consumida por la congestión vehicular.

Diariamente las personas que circulan por el AMC consumen mucho tiempo en movilizarse, que podría ser empleado en otras actividades como trabajo y ocio. Es por esto, que se cálculo en términos monetarios este costo que anualmente afecta a los ciudadanos. Asimismo, se buscó determinar cuánta gasolina adicional consumen los vehículos que circulan por el AMC en horas pico, con altos niveles de tránsito vehicular, con respecto a las horas valle y cuánto representa esa cantidad en dinero, que podría obtener el Estado si exportara este combustible.

Así pues, seguidamente se detalla y describe la metodología y el proceso empleado para la elaboración del trabajo de grado.

Inicialmente, se realizó una extensa investigación documental relacionada con la Economía del Transporte, específicamente se revisaron las definiciones de congestión vehicular, sus causas y luego sus consecuencias, para comprender los costos de operación y de tiempo, además de las externalidades derivadas de dicha congestión, en los usuarios de las vías. De esta revisión documental, se procedió a sintetizar y elaborar el marco teórico, que sirvió de referencia para toda la investigación.

De igual forma, se llevó a cabo una recopilación de datos y estudios sobre la movilidad, tránsito, transporte, vialidad y congestión en el Área Metropolitana de Caracas (AMC), a través de las instituciones competentes al tema, como son las Alcaldías de los municipios Chacao, Baruta y Sucre, la Alcaldía Metropolitana de Caracas, el Metro de Caracas, la Fundación Fondo Nacional de Transporte Urbano (FONTUR), el Instituto Nacional de Transporte y Tránsito Terrestre (INTTT), el Instituto Metropolitano de Transporte (INMETRA), entre otros. Después del procesamiento de la información y los datos obtenidos, se elaboró en el Capítulo II la descripción del sistema de transporte urbano del AMC y de las condiciones de la oferta de infraestructura vial, para llegar a la demostración del problema que representa la congestión vehicular.

Una vez analizado el problema, se procedió a calcular el costo del tiempo y el costo de oportunidad de exportar la gasolina adicional que se consume, por motivo de congestión vehicular. Para ello se realizó previamente un trabajo de campo que se especifica a continuación, donde se llevo a cabo la recolección de datos.

### ***III.1 TRABAJO DE CAMPO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE CARACAS***

La aproximación al costo del tiempo y al costo económico de exportación de gasolina, se inició mediante un trabajo de campo en los principales corredores viales, según el Estudio Integral de Transporte del AMC, realizado por la Alcaldía Metropolitana de Caracas en el año 2002, el Estudio y Encuesta de Movilidad del año 2005, desarrollada por esta misma Alcaldía y un Estudio de Movilidad no finalizado llevado a cabo por el

INMETRA en el año 2009, dentro del Plan Caracas en Movimiento y en específico el Programa Vía Libre.

Dichos corredores, son definidos como las principales rutas que poseen altos volúmenes de tránsito y son utilizadas para realizar la mayoría de los viajes en el AMC, estos son: la autopista Francisco Fajardo, avenida Páez, autopista de Prados del Este, Boulevard del Cafetal, avenida Boyacá (Cota Mil), avenida Baralt, avenida Río de Janeiro, avenida Libertador y avenida Francisco de Miranda.

El trabajo de campo consistió en la recolección de datos a través de la medición de los tiempos de recorrido y de demora, evaluando sus causas, para determinar el tiempo que los vehículos permanecían detenidos por motivo de la congestión vehicular. Esto se llevo a cabo según la metodología descrita por Box y Oppenlander (2000), en el Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito y basado en la metodología empleada por el Estudio de Movilidad no finalizado llevado a cabo por el INMETRA en el año 2009, dentro del Plan Caracas en Movimiento y en específico el Programa Vía Libre.

Para especificar dicha metodología, es importante comenzar definiendo los siguientes conceptos:

- *Tiempo de recorrido*: tiempo total empleado por un vehículo, para recorrer un tramo o una vía completa, medido en horas o minutos.
- *Tiempo de marcha*: tiempo durante el cual el vehículo permanece en movimiento durante el recorrido, medido en horas o minutos.

- *Tiempo de demora*: tiempo perdido durante un recorrido, debido a las fricciones del tránsito y a los dispositivos para el control del tránsito, expresado en horas o minutos.
- *Demora fija*: componente de la demora, causada por los dispositivos para el control del tránsito como los semáforos, sin tomar en cuenta el volumen vehicular, medido en horas o minutos.
- *Velocidad media de recorrido*: es la distancia recorrida entre el tiempo medio de varios viajes, sobre un tramo o vía completa, medido usualmente en Km o millas por hora.

### **III.1.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO PARA EL TRABAJO DE CAMPO**

Según Box y Oppenlander (2000), los estudios de tiempos de recorrido y demora pueden ser realizados por medio de las técnicas de Registro de las Placas de los Vehículos o del Vehículo de Prueba. El primer método consiste en verificar a través de personas anotadoras en cuanto tiempo recorre un vehículo una vía determinada, al registrar el momento en el que se observó la placa en el inicio de la vía y el momento en que se observó la placa saliendo de la misma. Sin embargo, este método no resulta útil para la presente investigación, debido a que es muy complejo y necesitaría gran cantidad de personas, para medir el tiempo de demora por congestión vehicular, de cada vehículo cuya placa este siendo verificada a lo largo de un corredor vial.

Es por esto, que para la realización de los recorridos, se empleó el *Método del Vehículo de Prueba*, que también fue el utilizado en el Estudio de Movilidad (2009), comenzado por el INMETRA y en el análisis realizado en Brasil por Alcántara de Vasconcellos (2007), que se cita en el Capítulo I. Como se mencionó, este es un método de recopilación de datos de tiempo de recorrido y de demora, donde previamente se identifican los puntos de inicio y final del corredor vial o tramo estudiado y se conduce un vehículo entre esos puntos, un anotador que viaja de acompañante, registra mediante el uso de cronómetros los tiempos de recorrido, marcha y demora, y la longitud del recorrido a través el contador de kilometraje del vehículo, para luego obtener conclusiones de dichos datos.

En el caso de este trabajo de grado, los recorridos se llevaron a cabo usando la técnica del automóvil promedio, que consiste en conducir el vehículo de acuerdo a la velocidad que a juicio del conductor, considera como promedio de la corriente de tránsito, es decir, el vehículo viaja a la velocidad promedio del resto de los vehículos que están circulando por el flujo vehicular.

Previo a este trabajo de campo, fue necesario determinar el tamaño de la muestra del número de recorridos requeridos para hacer las mediciones antes mencionadas. La metodología que se utilizó se detalla a continuación.

### III.1.2 DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA

De acuerdo al cuadro N° 17, se procedió a determinar el tamaño de la muestra. Para esto, se asumió que la velocidad promedio de recorrido en hora pico es 15,0 Km/h, con un rango de error permisible de 5,0 Km/h. Dicha escogencia se basó, en los datos de velocidad promedio obtenidos del Estudio Integral de Transporte del AMC, realizado por la Alcaldía Metropolitana de Caracas en el año 2002, donde se especifica que la velocidad promedio en las arterías viales, en hora pico matutina, de días hábiles es de 16,9 Km/h.

**Cuadro N° 17: Tamaño mínimo aproximado de la muestra, necesario para estudios de tiempo de recorrido y demoras, con un nivel de confiabilidad de 95,0%**

| Velocidad promedio de recorrido (Km/h) | Número mínimo de recorridos para un error permisible específico. |              |              |              |              |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                        | +/- 2,0 Km/h                                                     | +/- 3,5 Km/h | +/- 5,0 Km/h | +/- 6,5 Km/h | +/- 8,0 Km/h |
| 5,0                                    | 4                                                                | 3            | 2            | 2            | 2            |
| 10,0                                   | 8                                                                | 4            | 3            | 3            | 2            |
| 15,0                                   | 14                                                               | 7            | 5            | 3            | 3            |
| 20,0                                   | 21                                                               | 9            | 6            | 5            | 4            |
| 25,0                                   | 28                                                               | 13           | 8            | 6            | 5            |
| 30,0                                   | 38                                                               | 16           | 10           | 7            | 6            |

Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito (2000).

Igualmente, en la escogencia del rango de error, se tomó en cuenta la recomendación de Box y Oppenlander (2000), de estimar la muestra tomando en cuenta un rango de error de  $\pm 3,5$  a  $\pm 6,5$  Km/h cuando el propósito de la investigación o estudio sea para evaluaciones económicas.

Entonces, la muestra de acuerdo a la metodología empleada se compuso de 5 recorridos, por cada uno de los 9 corredores viales antes mencionados, para un total de 45 recorridos en el AMC. Estos se llevaron a cabo en el periodo de hora pico matutino de (6:30am a 8:30am), los días 16, 17, 18, 21 y 22 de septiembre de 2009, por ser días hábiles y con actividad escolar (no se realizaron antes por ser periodo vacacional lo que afecta el volumen de tránsito usual). Es importante destacar, que las condiciones climáticas para todos los días fueron similares y favorables, lo que garantizaba que no se presentaran alteraciones en los resultados.

Así pues, para la realización del trabajo de campo se utilizaron 9 vehículos, uno para cada corredor vial, llevando cada uno un conductor y un anotador, que realizaba el procedimiento manual de recolección de datos, constituyendo un total de 18 personas (9 conductores y 9 anotadores). Cada anotador disponía de dos cronómetros y una hoja de campo donde quedan asentados los datos (ANEXO N° 1), lo que representó un total requerido de 18 cronómetros y 9 hojas de campo. Cabe destacar que las personas empleadas fueron familiares y amigos, que bajo la supervisión de los tesisistas garantizaron la veracidad de los datos recogidos.

Antes de iniciar los recorridos de prueba, como se mencionó anteriormente en la descripción de la metodología, se identificaron los puntos iniciales y finales de cada corredor vial o del tramo a estudiar, de modo que el vehículo de prueba fue conducido a través de esos dos puntos, con la técnica antes señalada. Luego en cada recorrido, al conducir el vehículo y pasar el punto de inicio, cada anotador accionó, en forma manual, el primer cronómetro y colocó en cero el contador de Km recorridos del que disponía cada vehículo (para corroborar la longitud en Km de los corredores viales).

Asimismo, cuando el vehículo de prueba se detuvo o fue forzado a viajar lentamente a menos de 15 Km/h, el anotador usó el segundo cronómetro para medir la duración de cada demora. La duración y causa de cada demora se registró en los lugares adecuados de cada hoja de campo. Cuando el vehículo de prueba pasó por el final de la ruta en estudio, se detuvo el primer cronómetro y se anotó el tiempo total empleado en el recorrido y la cantidad total de Km.

Ya realizadas las mediciones requeridas, se calcularon los datos que luego fueron utilizados para la determinación del costo de oportunidad de exportación de gasolina y del costo del tiempo.

### **III.1.3 CÁLCULO DE TIEMPO MEDIO DE RECORRIDO EN HORA PICO Y DE TIEMPO MEDIO DE DEMORA**

Así pues, luego de realizar durante los 5 días los recorridos en los 9 corredores viales, se procedió a tabular los datos y a obtener el tiempo medio de recorrido y el tiempo medio de demora por congestión vehicular en un viaje, mediante la siguiente fórmula:

$$T_{me} = \sum T / N$$

Donde  $T_{me}$  es el tiempo medio de recorrido o de demora, según sea el caso,  $T$  es cada tiempo registrado en los recorridos y  $N$  es el número total de recorridos.

Ambos datos fueron utilizados más adelante para el cálculo de los costos, cuyos métodos utilizados se describen en las siguientes secciones. Antes de esto, es oportuno destacar que previo a la realización del trabajo de campo, se llevó a cabo un plan piloto realizando un recorrido en la hora pico matutina (6:30 am a 8:30 am) por cada corredor vial a ser estudiado, entre los días hábiles del 17 al 21 de agosto de 2009, esto con el fin de comprobar la factibilidad y validar la metodología, los errores o eventualidades que se podían presentar durante el trabajo de campo y de recoger datos que puedan ser contrastados con la situación en el AMC, cuando hay actividades escolares. Los resultados obtenidos de este plan piloto se encuentran en el ANEXO N° 2.

### ***III.2 CÁLCULO DEL COSTO DEL TIEMPO***

#### ***III.2.1 METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL VALOR DEL TIEMPO***

Considerando que es arduo conocer el beneficio de las actividades que cada individuo realiza al disponer de mayor tiempo, es decir, el costo de oportunidad de cada individuo de usar el tiempo consumido por la congestión en otra actividad, se concluyó que la mejor aproximación para estimar el valor del tiempo ahorrado (además de ser la más común en análisis costo-beneficio de inversiones en infraestructura vial) es hacerlo a través del ingreso de los individuos.

Igualmente, como se mencionó en el Capítulo I de esta investigación, estimar el valor del tiempo destinado a actividades de ocio, es complejo debido a que no existe ningún mercado que ayude a inferir la valoración del uso de dicho tiempo, además de que existen múltiples actividades de ocio que cada individuo valora de manera diferente.

Además de esto, es importante destacar que el propósito de viaje por motivo de trabajo en hora pico en el AMC, según el Estudio de Movilidad del año 2005 realizado por la Alcaldía Metropolitana de Caracas, es de 71,2% del total de los propósitos, por lo que se decidió tomar el cálculo mediante el ingreso de las personas, como indicador del valor de tiempo.

Entonces, para obtener el valor monetario del tiempo por hora, se tomó en cuenta la siguiente ecuación:

$$VT = IPM / HT$$

Donde:

VT = Valor del tiempo (Bs. /hora)

IPM = Ingreso Promedio Mensual del AMC

HT= Horas trabajadas por mes

El ingreso promedio mensual se obtuvo de la Encuesta de Hogares del primer semestre del año 2008 suministrada por el Instituto Nacional de Estadística (INE) y comprende: sueldos, salarios e ingresos percibidos de todos los trabajos realizados en un mes. No se tomaran los ingresos por concepto de alquileres recibidos, transferencias de dinero, intereses, dividendos, alquiler de tierras y venta de bienes durables por no estar influenciados directamente por el tiempo destinado al trabajo remunerado.

En necesario resaltar que los datos de ingresos sólo se encuentran desagregados por estado, por lo que se consideró el ingreso del Distrito Capital y el estado Miranda, como referencia y mejor estimador, para el ingreso promedio del Área Metropolitana de Caracas. El cálculo se llevó a cabo mediante un promedio ponderado, por porcentaje de población de los estados que componen el AMC. En otras palabras, se tomó el porcentaje de población que habita en el AMC dentro el estado Miranda y el porcentaje de población del Distrito Capital que habita en el AMC para realizar la ponderación del ingreso promedio.

En cuanto a las horas trabajadas al mes, se tomó como referencia el máximo de horas para la jornada diurna que establece la Ley Orgánica del Trabajo<sup>12</sup> de Venezuela vigente. Esta jornada comprende las horas entre las 5:00 am y 7:00 pm, donde la cantidad de horas laboradas no podrá exceder de ocho (8) horas diarias, ni de cuarenta y cuatro (44) horas semanales.

Se eligió esta jornada, debido a que la congestión vehicular se presenta principalmente en este lapso de tiempo, es decir, las horas picos se observan durante este período del día y se consideró un total de 52 semanas al año. Es así como se determinó que el número de horas laboradas por mes es de ciento noventa (190).

### ***III.2.2 MÉTODOLOGIA PARA CALCULAR EL COSTO DEL TIEMPO***

Se procedió a realizar el cálculo del valor del tiempo por hora en el AMC, tal como lo indica la fórmula antes referida. Luego, tomando el tiempo medio de demora generado por la congestión vehicular en hora pico ( $T_{me}$ ), calculado anteriormente luego del trabajo de campo, y asignando el valor monetario a la cantidad de tiempo adicional, que debe asumir cada individuo por la congestión vehicular se logró determinar el valor del tiempo de demora promedio. Esto se observa en la siguiente fórmula:

$$VTD = VT * TD$$

---

<sup>12</sup> <http://www.tsj.gov.ve/legislacion/lot.html>

Donde,

VTD = Valor del tiempo de demora promedio

VT = Valor del tiempo

TD = Tiempo medio de demora por congestión vehicular

Por lo que,

$$VTD = (IPM / HT) * TD$$

Entonces, para obtener el costo del tiempo anual, generado por la congestión vehicular en el AMC, se multiplicó la cantidad de viajes correspondiente al porcentaje de estos, realizados por motivo de trabajo, del total de los viajes llevados a cabo en vehículo particular o transporte público en Caracas diariamente, este dato se obtuvo del Estudio de Movilidad del año 2005, realizado por la Alcaldía Metropolitana de Caracas. Finalmente, este monto fue multiplicado por el número de días laborables al año. Dicho cálculo se expresa de la siguiente manera:

$$CTD = [(IPM / HT) * TD] * VL * L$$

Donde, *VL* representa la cantidad de viajes por motivos de trabajo que se realizan en hora pico en el AMC diariamente y *L* el número de días laborables al año.

Cabe destacar que se asumió un total de 260 días laborables (considerando 52 semanas por año) porque según la Ley Orgánica del Trabajo de Venezuela en el Art. 221 establece que todos los días del año son hábiles para el trabajo, con excepción de los días feriados. Sin embargo en el Art.196 menciona que por acuerdo entre el patrono y los trabajadores se pueden otorgar dos días completos de descanso cada semana (sábado y domingo), es por esto que se excluyeron para el cálculo, los fines de semana del año.

Una vez calculado el costo del tiempo y alcanzado así, uno de los objetivos específicos planteados al inicio de la investigación, se continuó con el cálculo del costo de oportunidad de exportación de la gasolina consumida adicionalmente, por causa de la congestión vehicular.

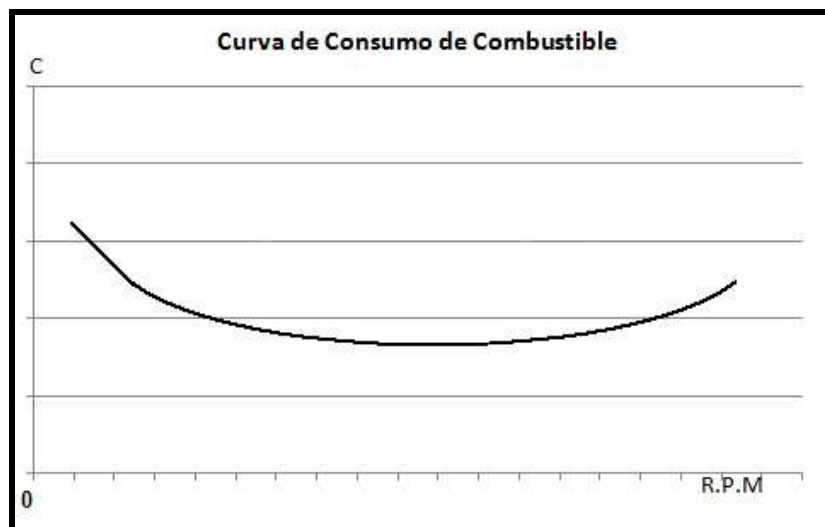
### ***III.3 CÁLCULO DEL COSTO DE OPORTUNIDAD DE EXPORTACIÓN DE GASOLINA***

Como se mencionó en el Capítulo I, los individuos a través de los medios de transporte, al enfrentarse a la congestión vehicular, sobrellevan un aumento en el costo derivado de la operación del vehículo, el más emblemático para el transporte terrestre es el aumento de la cantidad de combustible utilizada, como consecuencia de la circulación, por prolongados períodos de tiempo y a bajas velocidades debido a la congestión, es por esto que el presente estudio se centró en la gasolina adicional consumida por los vehículos.

Es así, como inicialmente se calculó el consumo promedio de gasolina anual de un automóvil promedio, en hora pico y el consumo promedio de gasolina anual en hora valle, para poder obtener el consumo adicional de gasolina anual, que deben asumir los conductores, generado por la congestión vehicular.

Para hacer este cálculo, fue necesario comprender primero, como se comporta el rendimiento de combustible de un vehículo. Para ello, se analizó la curva de consumo de un motor de automóvil estándar que se muestra en el gráfico N° 11.

**Gráfico N° 11: Curva de Consumo de Combustible de un Motor de un Automóvil Estándar.**



Fuente: Calvo y Miravete (1997).

Esta curva representa la relación entre el consumo combustible y las revoluciones por minuto (R.P.M.) para cada velocidad o marcha del automóvil. Este gráfico indica que para las R.P.M. de las primeras marchas, el consumo de combustible es mayor que para

las R.P.M de las marchas siguientes. Esto se debe a que en las primeras marchas del vehículo, el aumento de las R.P.M es más que proporcional al aumento de la velocidad. Sin embargo para marchas superiores, el aumento de las R.P.M es menos que proporcional al aumento de la velocidad. Esto quiere decir, que para velocidades bajas, el rendimiento del combustible por kilómetro es menor que para velocidades más altas. No obstante, este comportamiento no continúa de forma lineal, pues a medida que se avanza en velocidad, al final de la curva, las R.P.M comienzan a aumentar más que proporcionalmente al aumento de la velocidad, pero dichas velocidades que se deben alcanzar para volver a esta relación son muy elevadas y difieren muy por encima de las velocidades promedio permitidas y alcanzadas en vías expresas en hora valle.

En este contexto, se puede concluir que, en promedio, el rendimiento del combustible en velocidades altas es mayor que en velocidades bajas y es por esto que en los momentos de congestión, al bajar la velocidad de los vehículos, aumenta el consumo de combustible por kilometro recorrido.

Una vez entendido esto, se procedió a realizar el cálculo del consumo adicional de gasolina, por la caída en la velocidad promedio causada por el congestionamiento vehicular y así posteriormente, determinar el costo de oportunidad de exportación de la gasolina adicional que se consume por esta causa.

### ***III.3.1 DETERMINACIÓN DEL VEHÍCULO PROMEDIO Y SU RENDIMIENTO DE COMBUSTIBLE***

Cada vehículo según sea el modelo, cilindraje, edad, peso y otras características técnicas, tiene un rendimiento específico en kilómetros por galón<sup>13</sup> de combustible. Para esta investigación se obtuvo un vehículo promedio, ponderando cada característica según era la distribución por tipo de vehículos en el AMC en el año 2008. Esta distribución por tipo de vehículo, se obtuvo de la presentación anual de la Cámara de Fabricantes Venezolanos de Productos Automotores (FAVENPA), sobre el parque automotor y sus características.

Se tomó en cuenta para la determinación del vehículo promedio del AMC el porcentaje de automóviles que usan gasolina y diesel, luego la clasificación según tipo: sedan, camioneta, pick up, camión (2 ejes), pesado (más de 2 ejes) y bus, después la marca y modelo dominante por cada tipo de vehículo y la antigüedad del parque automotor.

Con respecto al uso del combustible, para el año 2008 según FAVENPA, el 94,5% de los vehículos utilizan gasolina, es así como se decidió excluir del cálculo del rendimiento del vehículo promedio, los vehículos que usan diesel. Igualmente, se excluyeron los camiones, el transporte pesado y los buses, debido a que el 91,6 % del parque automotor del AMC está conformado por vehículos tipo sedan, camioneta y pick up.

---

<sup>13</sup> 1 galón americano= 3,785 litros

Al obtener este automóvil representativo, se pudo conocer su rendimiento en distancia (km) por galón de combustible, mediante el reporte anual del Departamento de Energía de Estados Unidos de Norteamérica<sup>14</sup> y habiendo calculado, a través de los datos recogidos en el trabajo de campo, la velocidad promedio de recorrido en hora pico en el AMC y obtenido el precio internacional de la gasolina, usada regularmente en Venezuela, se procedió a calcular el costo monetario que genera el consumo adicional de este combustible. Cabe destacar que según FAVENPA, para el año 2008, aproximadamente el 80% de los vehículos que conforman el parque automotor de Venezuela utilizaban gasolina Premium (95 octanos), es por esto, que los cálculos se llevaron a cabo tomando como referencia el precio internacional de venta de este tipo de combustible, obtenido mediante la *Energy Information Administration* (EIA), de Estados Unidos de Norteamérica.

### **III.3.2 MÉTODO PARA EL CÁLCULO DE CONSUMO DE GASOLINA Y COSTO DE OPORTUNIDAD DE EXPORTACIÓN DE GASOLINA**

Según la metodología del *Texas Transportation Institute's en el Urban Mobility Report 2007*, citado en el Capítulo I de esta investigación, el combustible anual gastado en congestión es igual a la resta entre el combustible anual promedio gastado en horas pico y el combustible anual promedio gastado en hora valle. Para poder calcular el combustible consumido en cada período, se utilizó la siguiente fórmula:

---

<sup>14</sup> <http://www.fueleconomy.gov/feg/sbs.htm>

$$C_{g_p} = \frac{T_v * V_c}{R_v}$$

Donde:

$C_{g_p}$  es el consumo diario de combustible en hora pico

$T_v$  es el tiempo de viaje promedio en hora pico

$V_c$  es la velocidad promedio en hora pico

$R_v$  es el rendimiento del combustible del vehículo promedio

Una vez obtenido, el consumo diario de gasolina de un vehículo promedio en el AMC en hora pico, se procedió a multiplicar esa cifra por el monto total de viajes diarios que se realizan en el AMC, sin incluir los viajes a pie, suministrado por el Estudio de Movilidad del año 2005, realizado por la Alcaldía Metropolitana de Caracas, con base en la Encuesta de movilidad de hogares, 2005. Luego se multiplicó por la cantidad de días laborables al año, dato calculado anteriormente, y así se obtuvo el consumo total anual de gasolina en hora pico en el AMC.

De la misma manera, se realizaron los cálculos para obtener el consumo de combustible en hora valle, cada variable de la ecuación se adaptó a este período. Sin embargo, para esto fue necesario asumir una velocidad promedio en hora valle en vías arteriales de 56 Km/h y en vías expresas de 97 Km/h, basado en el *Urban Mobility Report 2007* que establece un promedio de velocidad mundial en vías arteriales de 35

millas/h y en expresas de 60 millas/h.<sup>15</sup> Asimismo, con esta estimación de velocidad promedio y teniendo la distancia recorrida en cada corredor vial medida en el trabajo de campo, se consiguió la variable del tiempo de viaje promedio en hora valle y de esta forma, se logró realizar el cálculo del consumo total anual de gasolina en hora valle en el AMC.

Finalmente, se procedió a restar la cantidad de consumo de combustible en hora valle a la cantidad consumida de combustible en hora pico, para así obtener la cantidad de consumo adicional generado por la congestión vehicular. Cabe recordar, que en las horas pico la velocidad promedio es menor que en las horas valle, por lo que el consumo de combustible es mayor para el primer período.

Una vez realizado este cálculo, se multiplicó la cantidad total anual de gasolina adicional consumida, por el precio internacional de este combustible y se encontró el costo de oportunidad de exportar dicha gasolina en lugar de emplearla en congestión vehicular. De esta manera se obtuvo el segundo costo económico planteado como objetivo de este trabajo de grado.

De esta forma, al agregar el costo de oportunidad anual de exportar la gasolina, en lugar de emplearla en congestión vehicular y el costo de tiempo de demora anual, se encontró una aproximación al costo que asume la sociedad en términos monetarios, derivado de la congestión vehicular en el AMC anualmente.

---

<sup>15</sup> 1 Milla = 1,609 Km

Para concluir el trabajo de grado, de acuerdo a los resultados obtenidos y la investigación documental realizada, se procedió en base al diagnóstico del problema que representa la congestión vehicular y a los resultados obtenidos, a proporcionar una serie de recomendaciones de políticas públicas para el AMC, cumpliendo así con todos los objetivos trazados.

## **CÁPITULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

En este capítulo se realizó el procesamiento de la información y datos recopilados, para obtener una aproximación cuantitativa, a los costos monetarios generados por la congestión vehicular en el Área Metropolitana de Caracas (AMC). Para ello, previamente se realizó una investigación teórica sobre la congestión vehicular y luego se realizó una descripción del sistema vial urbano del AMC. Posteriormente, se definió la metodología de la investigación, en la que se planteó realizar un trabajo de campo, para recoger datos como tiempos de recorrido, tiempos de demora, velocidad promedio y distancia recorrida, entre otros.

Luego de realizar el trabajo de campo conformado por 45 recorridos, en los principales corredores viales del AMC, se obtuvieron los resultados que se muestran en el cuadro N° 18:

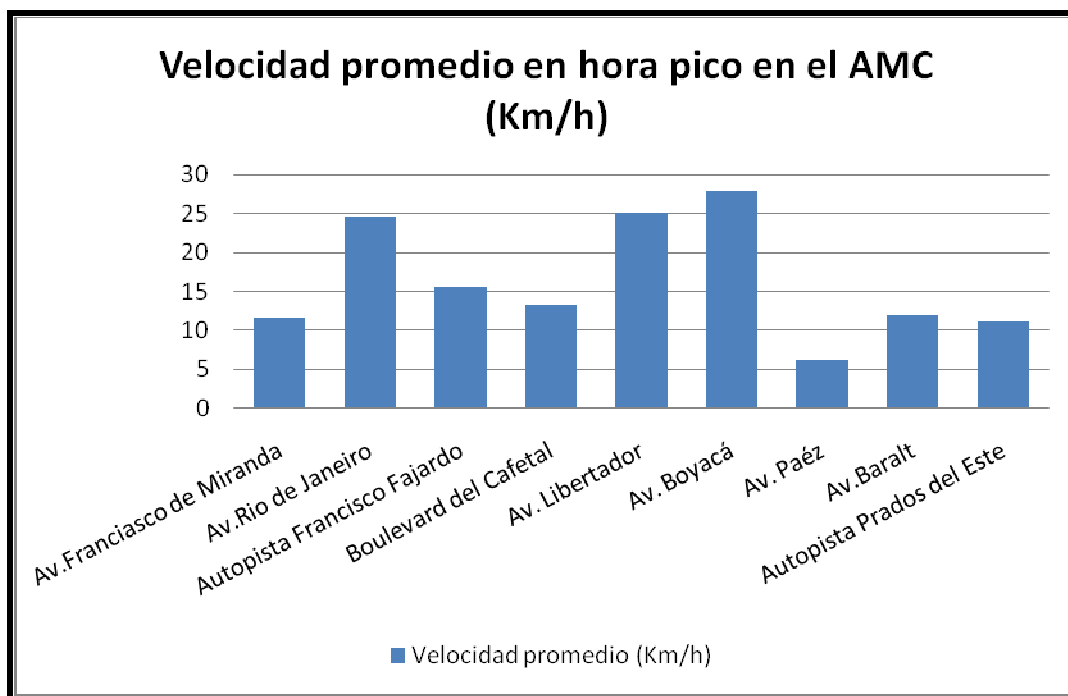
**Cuadro N° 18: Resultados obtenidos en el trabajo de campo en el AMC.**

| Corredor Vial               | Tiempo de Recorrido (horas) | Velocidad promedio (Km/h) | Tiempo de demora (horas) | Longitud del recorrido (Km) | Tiempo de demora como porcentaje del tiempo de recorrido |
|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------|
| Av. Francisco de Miranda    | 0,64                        | 11,6                      | 0,32                     | 7,3                         | 50%                                                      |
| Av. Rio de Janeiro          | 0,31                        | 24,61                     | 0,17                     | 5,5                         | 55%                                                      |
| Autopista Francisco Fajardo | 1,41                        | 15,6                      | 1,09                     | 21,8                        | 77%                                                      |
| Boulevard del Cafetal       | 0,29                        | 13,22                     | 0,21                     | 3,5                         | 72%                                                      |
| Av. Libertador              | 0,21                        | 25,1                      | 0,11                     | 5,0                         | 52%                                                      |
| Av. Boyacá                  | 0,58                        | 27,81                     | 0,38                     | 15,1                        | 66%                                                      |
| Av. Páez                    | 0,59                        | 6,29                      | 0,51                     | 3,3                         | 86%                                                      |
| Av. Baralt                  | 0,21                        | 11,89                     | 0,11                     | 2,4                         | 52%                                                      |
| Autopista Prados del Este   | 0,70                        | 11,07                     | 0,63                     | 5,7                         | 90%                                                      |
| <b>PROMEDIO</b>             | <b>0,55</b>                 | <b>16,35</b>              | <b>0,39</b>              | <b>7,73</b>                 | <b>71%</b>                                               |

Fuente: Cálculos propios en base al trabajo de campo.

Se pudo observar, que la velocidad promedio de circulación por los corredores viales del AMC, en la hora pico matutina es de 16,35 Km/h, al ser tan baja, puede indicar que los conductores transcurren mucho tiempo en desplazarse, de sus lugares de origen a sus lugares de destino, como consecuencia de la congestión vehicular. Esta condición, se refleja en todas las vías estudiadas, sin embargo la velocidad promedio observada más baja, se presenta en la Av. Páez con 6,29 Km/h, mientras que la más alta, registrada en la Av. Boyacá, no supera los 28 Km/h. En el gráfico N° 12, puede observarse más detalladamente cómo se distribuyen las velocidades promedio entre cada corredor vial.

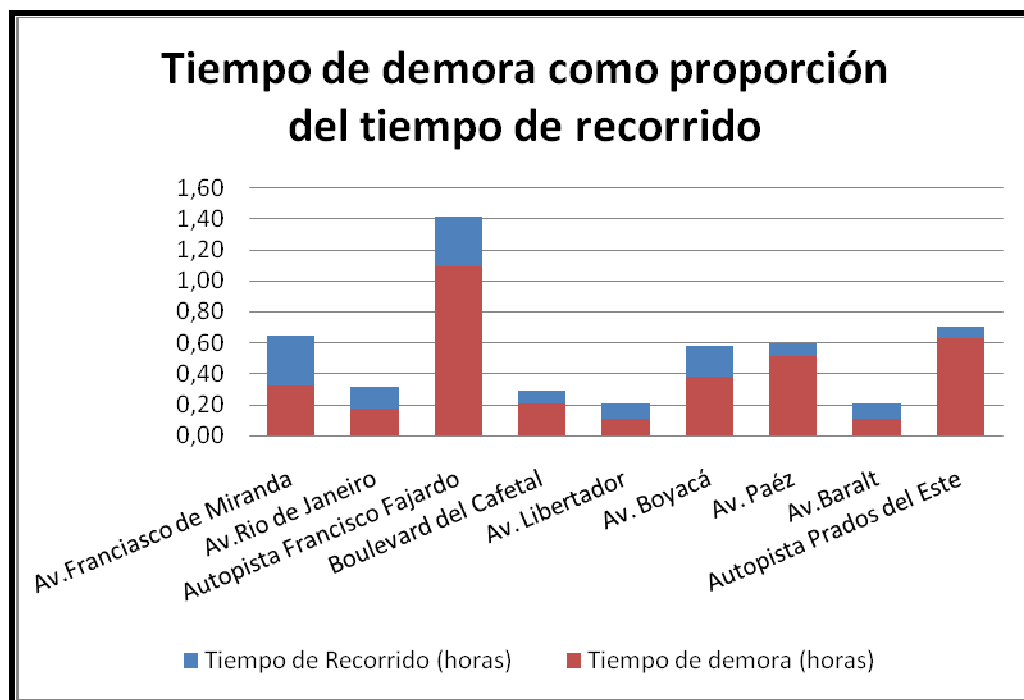
**Gráfico N° 12: Velocidad promedio en el AMC.**



**Fuente: Cálculos propios en base al trabajo de campo.**

El problema de la congestión vehicular, también se ve reflejado al evaluar los tiempos de recorrido y de demora obtenidos. En promedio, un ciudadano tarda en un recorrido 0,55 horas, es decir 33 minutos, de los cuales el 71% lo transcurre en tráfico vehicular y con una demora por viaje de 26 minutos. En el caso de la Autopista de Prados del Este, el problema se agudiza al obtener 90% del tiempo promedio como porcentaje del tiempo de recorrido. En el gráfico N° 13 puede verse como es esta situación para cada vía estudiada.

**Gráfico N° 13: Tiempo de demora como proporción del tiempo de recorrido en el AMC.**



**Fuente:** Cálculos propios en base al trabajo de campo.

En este mismo orden de ideas, al comparar los tiempos de recorrido en hora pico con los tiempos de recorrido en hora valle, se observa claramente que la congestión vehicular ocasiona, que en hora pico se registren tiempos considerablemente más altos, que en condiciones donde existe poco tráfico vehicular. Esto se resume en el cuadro N° 19.

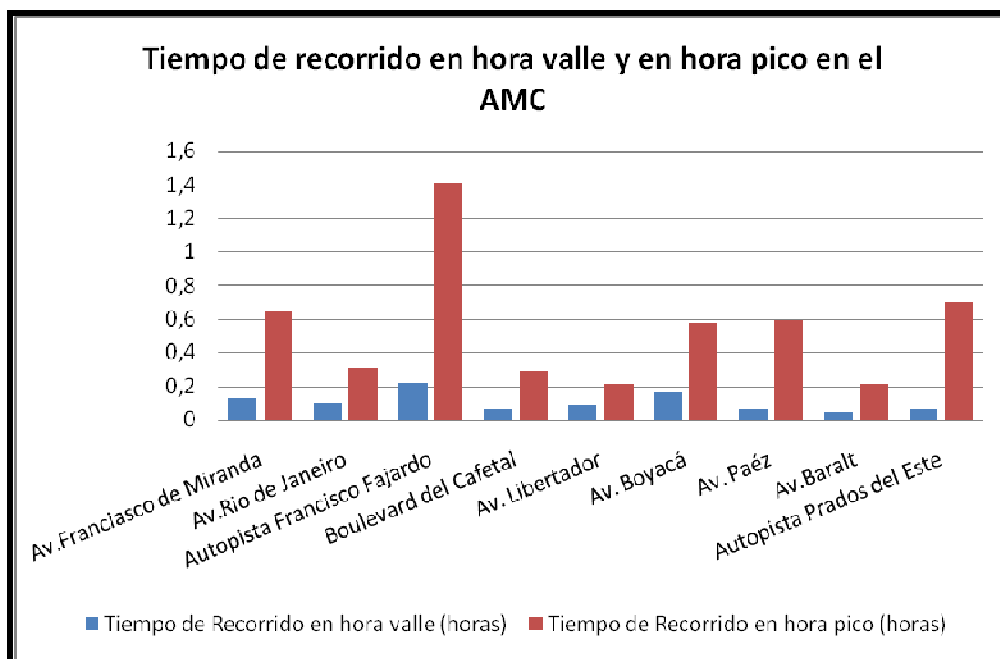
**Cuadro N° 19: Comparación tiempo de recorrido en hora valle y en hora pico en el AMC.**

| <b>Corredor Vial</b>               | <b>Tiempo de Recorrido en hora valle (horas)</b> | <b>Tiempo de Recorrido en hora pico (horas)</b> |
|------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>Av. Francisco de Miranda</b>    | 0,13                                             | 0,64                                            |
| <b>Av. Rio de Janeiro</b>          | 0,1                                              | 0,31                                            |
| <b>Autopista Francisco Fajardo</b> | 0,22                                             | 1,41                                            |
| <b>Boulevard del Cafetal</b>       | 0,06                                             | 0,29                                            |
| <b>Av. Libertador</b>              | 0,09                                             | 0,21                                            |
| <b>Av. Boyacá</b>                  | 0,16                                             | 0,58                                            |
| <b>Av. Páez</b>                    | 0,06                                             | 0,59                                            |
| <b>Av. Baralt</b>                  | 0,04                                             | 0,21                                            |
| <b>Autopista Prados del Este</b>   | 0,06                                             | 0,70                                            |
| <b>PROMEDIO</b>                    | <b>0,10</b>                                      | <b>0,55</b>                                     |

Fuente: Cálculos propios en base al trabajo de campo.

En promedio, los conductores en hora pico, realizan un viaje en aproximadamente 0,55 horas, lo que es equivalente a 33 minutos, que podrían realizar en hora valle sin congestionamiento en 6 minutos (0,10 horas), esta tendencia se repite en todos los corredores viales, resaltando las vías expresas Autopista Francisco Fajardo y Autopista Prados del Este. En el gráfico N° 14, puede verse de manera más clara como se comporta el tiempo de recorrido en hora pico y en hora valle para cada corredor vial estudiado.

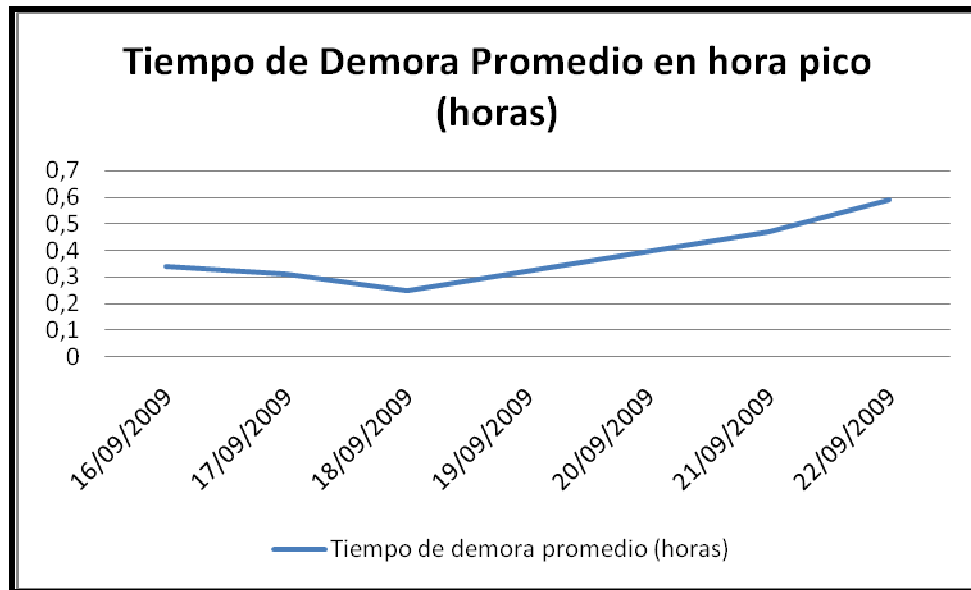
**Gráfico N° 14: Tiempo de recorrido en hora valle y en hora pico en el AMC.**



**Fuente:** Cálculos propios en base al trabajo de campo.

Cabe destacar, que los tiempos promedios de demora y de recorrido, durante los cinco días, fueron constantes, aunque con una tendencia a aumentar con el pasar de los días, esto se puede deber a que las mediciones se realizaron la primera semana del año escolar y la asistencia a clases de los alumnos fue creciendo (ver gráfico N° 15).

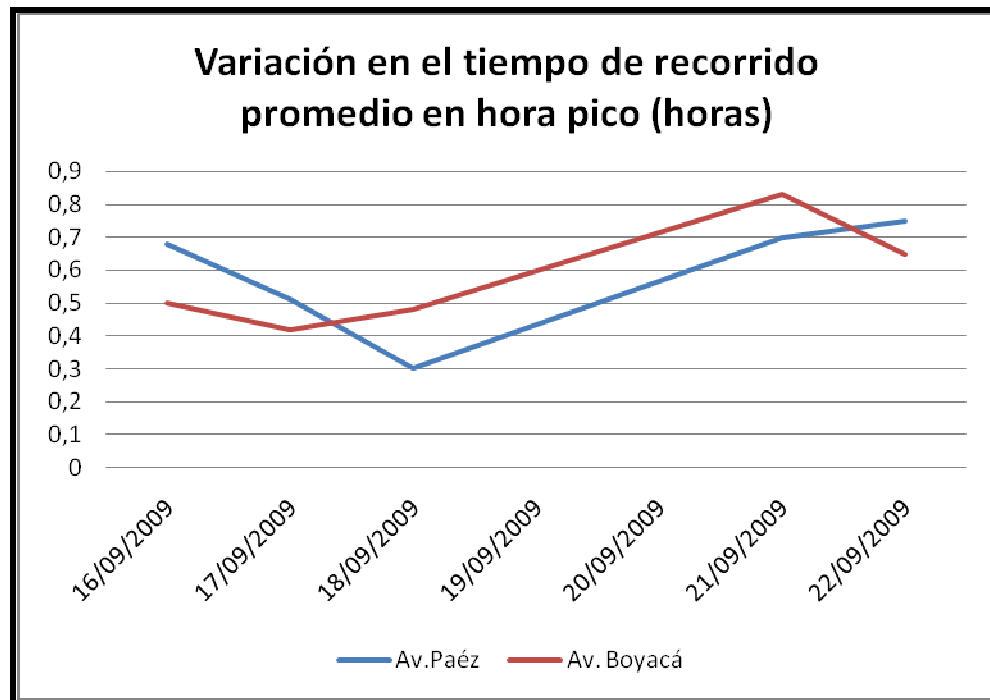
**Gráfico N° 15: Tiempo de demora promedio en hora pico en el AMC.**



**Fuente: Cálculos propios en base al trabajo de campo.**

Sin embargo, en el gráfico N° 16 se puede notar que en algunas vías se presentaron variaciones importantes en los tiempos de recorrido en los diferentes días que se realizaron las mediciones. Esto, puede originar que los ciudadanos tengan problemas en el momento de planificar sus viajes, como consecuencia de la incertidumbre de cuánto congestionamiento pueden conseguir.

**Gráfico N° 16: Variación del tiempo de recorrido promedio en hora pico en la Av. Páez y Av. Boyacá.**



Fuente: Cálculos propios en base al trabajo de campo.

Ahora bien, luego de analizar los datos recogidos en el trabajo de campo, se procedió a calcular el costo del tiempo en el AMC y el costo de oportunidad de exportar la gasolina adicional consumida por congestión vehicular, que se describen a continuación.

#### ***IV.1 COSTO DEL TIEMPO EN EL ÁREA METROPOLITANA DE CARACAS***

Inicialmente, para obtener la valoración monetaria del tiempo, se llevó a cabo el cálculo del valor del tiempo para el AMC, en base a las horas trabajadas mensualmente

(190 horas) y al ingreso promedio mensual ponderado, de acuerdo al número de habitantes del Distrito Capital y del Edo. Miranda, siendo dicho ingreso, para el año 2008, de Bs.F. 1.251,89.

Así pues, el valor del tiempo en el AMC es 6,59 Bs.F/h. Posteriormente, este valor se multiplicó por el tiempo de demora promedio obtenido en el trabajo de campo, para conocer el monto que cada conductor asume en promedio, en cada viaje por la congestión vehicular, resultando Bs.F. 2,58.

Luego, al considerar que en el AMC se realizan 2.883.865 viajes diarios por motivo de traslado al trabajo y que el número de días laborales al año asciende a 260, se obtuvo que el costo del tiempo diario en el AMC es Bs.F. 7.446.047,42 y posteriormente se determinó que el monto anual es:

|                                                 |                         |
|-------------------------------------------------|-------------------------|
| <b>Costo del tiempo anual en el AMC (Bs.F.)</b> | <b>1.935.972.329,86</b> |
|-------------------------------------------------|-------------------------|

Lo que, a un tipo de cambio de Bs.F. 2,15 por dólar, representa un monto US\$ 900.452.246,45 que asume la sociedad del AMC, como consecuencia del congestionamiento vehicular anualmente en términos de costo del tiempo.

Una vez, calculado este costo y cumplido así con uno de los objetivos de la investigación, se llevó a cabo la deducción del costo de oportunidad de exportación de gasolina.

#### ***IV.2 COSTO DE OPORTUNIDAD DE EXPORTACIÓN DE GASOLINA EN EL ÁREA METROPOLITANA DE CARACAS***

Continuando con la metodología descrita en el Capítulo III, para realizar una aproximación al costo de oportunidad de exportar la gasolina adicional, que es empleada por los conductores debido a los retrasos generados por la congestión vehicular, se obtuvo primero el rendimiento de gasolina promedio en ciudad, del automóvil representativo del parque automotor del AMC.

Para este cálculo, se determinó que la antigüedad promedio del parque automotor del AMC es 9,2 años, por lo que el vehículo representativo es del año 1999. Luego, ponderando por la distribución de las marcas dominantes en el mercado, de automóviles, camionetas y pick up, se encontró, que el rendimiento promedio de un vehículo, que circula por la ciudad de Caracas es 26,04 Km/galón.

Posteriormente, en base a este último dato, al tiempo promedio de recorrido y a la velocidad promedio de circulación en hora pico, se calculó el consumo de gasolina promedio de un viaje realizado en hora pico, que al multiplicarlo por el número de viajes que se realizan diariamente en el AMC mediante vehículos motorizados (4.050.372 viajes) y por la cantidad de días laborables al año (260 días), se llegó a que el consumo anual de gasolina en hora pico es 362.853.351,69 galones.

Igualmente, siguiendo la metodología se calculó el rendimiento anual de gasolina en hora valle, para lo que se utilizó el rendimiento promedio mencionado anteriormente y los datos de velocidad y tiempo de recorrido, que se reflejan en la cuadro N° 19. Este monto resultó ser 281.777.197,05 Galones.

Al calcular la diferencia entre el consumo anual de gasolina en hora pico y en hora valle, se logró obtener que anualmente se consumen 81.076.154,64 Galones de este combustible adicional, como consecuencia de la congestión vehicular.

Valorando esta cifra, por el precio de comercialización promedio de la gasolina en el 2009, que es US\$ 2,48 por galón, se cumplió con otro objetivo de este trabajo de grado, al obtener el costo de oportunidad de exportación de la gasolina adicional que se consume por los retrasos generados por el congestionamiento vehicular:

|                                                               |                       |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------|
| <b>Costo de oportunidad de exportación de gasolina (US\$)</b> | <b>201.089.132,54</b> |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------|

Lo que representa, a un tipo de cambio de Bs.F. 2,15 por dólar, Bs.F. 432.341.634,97 de costo que asume la sociedad del AMC.

Para finalizar, se agregaron ambos costos calculados y se obtuvo así la aproximación, de cuánto le cuesta anualmente a la sociedad del AMC, el exceso de tránsito vehicular que presenta en la actualidad. Los resultados antes mencionados se pueden observar en el cuadro N° 20.

**Cuadro N° 20: Costo total anual derivado de la congestión vehicular en el AMC.**

| <b>Costos Derivados de la Congestión Vehicular en el AMC:</b> | <b>Bs.F.</b>                   | <b>US \$</b>                   |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <b>Costo del tiempo anual</b>                                 | 1.935.972.329,86               | 900.452.246,45                 |
| <b>Costo de oportunidad de exportación de gasolina anual</b>  | 432.341.634,97                 | 201.089.132,54                 |
| <b><i>COSTO TOTAL ANUAL</i></b>                               | <b><i>2.368.313.964,83</i></b> | <b><i>1.101.541.378,99</i></b> |

Fuente: Cálculos propios.

#### ***IV.3 PERSPECTIVA DE LOS COSTOS DERIVADOS DE LA CONGESTIÓN VEHICULAR***

En esta sección, con el objetivo de obtener una perspectiva más clara de las cifras obtenidas hasta ahora y acercarse un poco más a la magnitud del problema, se hizo una comparación de los costos económicos calculados anteriormente, con datos como el Producto Interno Bruto (PIB), las importaciones , las ganancias anuales de Petróleos de Venezuela SA. (PDVSA), entre otros.

Al tomar el costo agregado generado por la congestión vehicular en el AMC y compararlo con el monto del PIB a precios corrientes del año 2008, se encontró que el costo representa 0,4% del total del producto interno bruto. Visto de esta manera, el tamaño del problema pareciera tener una relevancia relativa, sin embargo, es importante recordar que esta medición solo representa el costo que la sociedad del AMC asume en hora pico y que el PIB es un indicador que representa toda la nación, por lo que visto desde esta perspectiva el problema parece tomar gravedad.

Asimismo, el costo de oportunidad de exportación de la gasolina adicional consumida por congestionamiento que asume la sociedad del AMC representa el 0,41% de las importaciones registradas en el país para el año 2008, siendo esta una cifra no despreciable. De igual manera, al comparar éste costo con el monto de las exportaciones petroleras para ese mismo año, se observó que representa el 0,23% de éstas, indicadores que reflejan que sería favorable para el país considerar dicho costo.

Por otro lado, si se toma la gasolina adicional consumida por el exceso de tránsito vehicular, como porcentaje del consumo interno total de gasolina en el país para el año 2008, resulta que de cada 100 galones que se consumen internamente, aproximadamente 3 galones de gasolina están destinados a perderse en el AMC, por las demoras y bajas velocidades ocasionadas por la congestión vehicular. Igualmente, si sólo se considera el consumo interno de este combustible estimado del AMC, en base a que cerca del 40% del parque automotor venezolano circula en esta zona, la pérdida asciende a 7 galones del total consumido en el AMC.

En este mismo orden de ideas, el costo de oportunidad de exportación de la gasolina perdida por los retrasos, constituye el 2,14% de las ganancias netas de PDVSA para el 2008. De exportar dicho combustible, la empresa tendría la capacidad de usar ese ingreso por ejemplo, en inversiones en la industria petroquímica o en gastos de exploración, en este caso dicho costo permitirá cubrir 54% de lo gastado en exploración en el año anterior.

Así pues para concluir, se tomó la cantidad de personas ocupadas del Distrito Capital y del estado Miranda para el año 2006, según el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), y se encontró que cada persona en promedio soporta anualmente Bs.F. 889,04 del costo del tiempo del AMC al desplazarse a sus lugares de trabajo y al agregarse el costo de oportunidad de exportación de gasolina, en total asume Bs.F. 1.099,82 por el exceso de tránsito vehicular.

Finalmente, los costos generados por la congestión vehicular sin duda afectan negativamente a la sociedad del AMC. El objetivo de este capítulo, era poder tener una aproximación cuantitativa del problema de la congestión y conocer con mayor profundidad cuan grave es el problema. Los resultados obtenidos del trabajo de campo, así como el de otras investigaciones, confirman la percepción cualitativa del problema e incluso aclaran que el tamaño de éste, es mayor de lo que parece. Entre otras cosas, la comparación entre los tiempos de recorrido, en hora pico y en hora valle, así como el porcentaje que representa el tiempo promedio de demora sobre el tiempo promedio de recorrido total, ayudaron a comprender de manera amplia la situación del tránsito vehicular caraqueño y a conocer las condiciones del tráfico en cada uno de los corredores viales tomados en el trabajo de campo, más allá del promedio general. Asimismo, al comparar los resultados de los costos sociales, con otros indicadores macroeconómicos, se obtuvo una perspectiva más aguda del problema.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Desde comienzos de la historia del hombre, el transporte ha estado presente en la medida que la movilidad de personas y bienes ha sido necesario. Mientras el desarrollo de la humanidad fue abriéndose paso, la demanda de transporte fue creciendo y con ello las limitaciones que caracterizaron a los sistemas de movilidad de cada época. Hoy en día, la globalización ha impulsado la demanda de transporte de manera significativa, pero en diversas regiones del mundo la oferta de transporte terrestre no ha podido responder en forma plena o adecuada a las necesidades de movilidad de sus habitantes. Esto, ha derivado en diversos problemas y complicaciones entre los que se destaca la congestión vehicular.

El exceso de tránsito vehicular, ha sido un problema que ha venido de la mano con el crecimiento de las metrópolis y ha generado múltiples costos que la sociedad ha debido asumir. Esta situación, ha sido la motivación principal en la búsqueda de una aproximación cuantitativa a estos costos y que permitiera tener una visión más acertada del tamaño del problema. Para ello, se realizó en el capítulo uno, una revisión teórica sobre la economía del transporte, específicamente sobre la congestión vehicular, sus componentes, causas y consecuencias. En segundo lugar, se recopiló una serie de estudios, en los que se analizaba el problema de la congestión vehicular en el Área Metropolitana de Caracas (AMC), para realizar de esta manera, una descripción del sistema vial urbano, ahondando en temas como cantidad, calidad y capacidad de las vías del sistema, con el objetivo de reconocer, el problema de movilidad en la ciudad de Caracas.

Posteriormente, se definió una metodología que hiciera posible, llevar a cabo los objetivos planteados y en la que se propuso realizar un trabajo de campo. En este, se realizaron mediciones como tiempos de recorrido, tiempos de demora, velocidad promedio, distancia recorrida, entre otras. Una vez realizado el trabajo de campo y obtenida la información necesaria, se procedió a realizar el análisis de resultados y tener así, una visión cuantitativa del problema de la congestión vehicular en el AMC. Específicamente, se encontró el costo de la gasolina adicional que cada ciudadano debe asumir por la congestión vehicular, así como el costo del tiempo adicional que los conductores deben emplear por los retrasos causados por el congestionamiento anualmente.

Los datos obtenidos en el trabajo de campo, así como el análisis posterior de los resultados, demuestran en cierta medida la gravedad del problema. El costo anual que deben asumir los conductores que transitan en el AMC, por el tiempo adicional que deben destinar, debido a las demoras ocasionadas por el exceso de tránsito, fue de Bs.F. 1.935.972.329,86 (US\$ 900.452.246,45). De la misma manera, el valor de la gasolina adicional que se emplea por la congestión, fue de Bs.F. 432.341.634,97 (US\$ 201.089.132,54). Finalmente, en términos agregados el costo económico anual que asume la sociedad del AMC resultó ser de Bs.F. 2.368.313.964,83 (US\$ 1.101.541.378,99). Este monto, se tornó más relevante al compararlo con otros indicadores como el Producto Interno Bruto, donde la pérdida social representa 0,4% del PIB.

Al observar los resultados obtenidos y su análisis posterior, es importante reconocer las limitaciones que tuvo esta investigación. Si bien el costo del tiempo y costo de

oportunidad de exportación de gasolina son importantes, dentro de los costos que genera la congestión vehicular, no son los únicos. Existen otras consecuencias negativas, dentro de los efectos de la congestión, que escapan del alcance de este trabajo de grado, como lo es la caída en la productividad de los trabajadores, por el menor tiempo que pueden destinar al trabajo o por el cansancio que pueda generar permanecer largos períodos de tiempo en el tránsito vehicular. Asimismo, las demoras y caídas en la velocidad de los vehículos producen otras externalidades, como efectos en la accidentalidad e inseguridad, aumento en la contaminación sónica y ambiental, dificultades en la planificación del uso del transporte por la incertidumbre en la duración de los tiempos de viaje, entre otros.

Además de esto, hubo otras limitaciones de carácter teórico y estadístico que esta investigación tuvo que afrontar. En la revisión teórica y documental realizada en el primer y segundo capítulo, en torno a la economía del transporte y la congestión vehicular en el AMC, el número de fuentes y estudios de acceso público no resultaron abundantes. Entre otras cosas, en el cálculo de algunos indicadores, la falta de estadísticas o la actualización de estas, representó otra limitante para esta investigación, al igual que el tiempo disponible para su realización.

Así pues, luego de haber comprendido la dinámica en la generación de la congestión vehicular y haber hecho una revisión documental, de todos los factores que han influido sobre los problemas de movilidad en el sistema vial urbano del AMC, se pudo concluir que a medida que la ciudad de Caracas ha crecido y con ella el parque automotor de la región, la demanda de transporte ha ido en aumento, pero la oferta

vial ha sido insuficiente en términos de calidad, cantidad, continuidad y capacidad y de ello se han derivado los problemas de congestión, que hoy en día la ciudad padece.

Igualmente, se concluyó que el intensivo uso del vehículo particular como medio de transporte, es en parte responsable de los altos niveles de saturación de las vías. El bajo costo del uso de los automóviles, debido a los bajos precios de la gasolina y algunas regulaciones como el establecimiento de los precios de los estacionamientos, sumado a la deficiente calidad del transporte público, promueven el uso del vehículo particular.

En cuanto a los cálculos realizados sobre los costos monetarios que genera la congestión vehicular sobre la sociedad del AMC, se llegó a la conclusión mediante la comparación con otros indicadores, que el monto de la pérdida social es relevante y que sin duda afecta negativamente y en forma significativa el bienestar social.

Entre otras cosas, la revisión documental que se desarrolló en el segundo capítulo, condujo a la conclusión, de que el problema de la congestión se ha agravado con el tiempo y que el origen de los factores que generan este problema, es estructural y en algunos casos coyuntural, por lo que de no realizarse políticas acertadas y efectivas que mitiguen o acaben estos efectos, el problema promete empeorar en los próximos años.

Una vez identificados los principales problemas, que se presentan en el AMC y que promueven la congestión vehicular, cabe proponer ciertas recomendaciones de políticas públicas, que ayuden a mejorar la situación del tránsito vehicular del área metropolitana. Entre las medidas que podrían tomarse y posiblemente tener mayor

impacto en la resolución de la problemática, se encuentra crear incentivos que provoquen el desuso del vehículo particular. Para ello, la mejor combinación podría ser mejorar los servicios del transporte público sumado a un incremento en el costo del uso del vehículo particular.

Entre las posibilidades para la mejora de los servicios del transporte público, estaría crear vías expresas y exclusivas para las unidades de transporte, con el objetivo de disminuir los tiempos de recorrido de cada ruta, sin embargo es necesario realizar previamente un análisis de los corredores viales donde sea posible implantar esta medida sin producir efectos perjudiciales a la comunidad. Igualmente, se puede recomendar mejorar la seguridad personal de los usuarios, así como también la actualización y desincorporación de las unidades de transporte público, con más de 20 años de antigüedad, que se encuentren en mal estado y como se viene realizando hasta ahora, la expansión de otros medios de transporte como el Metro de Caracas, que contribuye en gran medida con la movilidad diaria de los ciudadanos.

En cuanto al aumento del costo del uso del vehículo particular, existen diversas medidas como mayores impuestos al uso del vehículo, desregularización del precio de los estacionamientos, aumento en el precio del combustible, entre otros. Sin embargo, habría que realizar un estudio más profundo en cuanto a la elasticidad del precio de la gasolina, de los estacionamientos o la cuota del impuesto y los efectos económicos y sociales que traerían, para conocer qué medida sería más efectiva. Inclusive, también se podría incluir dentro de este rubro la posibilidad del impuesto a la congestión, donde los ciudadanos tendrían que cancelar un monto para circular por las zonas más congestionadas del AMC, por ejemplo, el centro de la ciudad.

Además de esto, en Caracas se han implementado políticas para atacar la congestión pero la poca coordinación entre los municipios que conforman el AMC, hizo que éstas tuviesen un alcance limitado. Es por ello, que medidas como el día de parada, deben ser implementadas en forma coordinada entre todos los municipios del AMC y que el resto de las políticas viales que se realicen, se hagan bajo una visión donde se tome el sistema vial urbano de Caracas como un conjunto.

Como se mencionó en el capítulo dos, las condiciones geográficas de la zona metropolitana le impiden a la ciudad crecer fácilmente, por ser un valle, por lo que parte de las políticas en transporte deberían estar enfocadas en mejorar la calidad y la continuidad de los corredores viales más que construir nuevas vías.

Otra medida, que podría mejorar significativamente el flujo del tránsito vehicular y que es una política que no ha sido implementada, ni planteada anteriormente, es establecer horarios diferenciados de entrada y salida de los trabajadores, estudiantes e instituciones en la zona metropolitana, logrando distribuir los viajes que se realizan en el AMC, a lo largo del día y reduciendo de esta manera el flujo vehicular en las horas pico.

Así pues, este trabajo de grado crea un punto de partida para otras investigaciones futuras, en la medida en que este pueda usarse como referencia. Es por esto, que se recomienda realizar estudios futuros, donde podrían calcularse los otros costos generados por la congestión vehicular y que no fueron considerados en esta investigación, como lo son los costos de la contaminación ambiental y sonora o incluso

caídas en la productividad del trabajo, de aquellos que deben enfrentarse a las demoras generadas por el congestionamiento.

De igual forma, esta investigación podría también extenderse a otras ciudades de Venezuela o replicarse a nivel nacional. Asimismo, podría usarse como referencia en estudios de costo – beneficio en torno al tema o para probar la factibilidad de proyectos de inversión en infraestructura o planes viales que busquen mejorar el flujo vehicular en el AMC.

Para concluir, al haberse cumplido todos los objetivos planteados y obtenido los resultados de esta investigación, se demostró la gravedad así como la magnitud del problema vial que afronta el AMC. Es así como se hace evidente la importancia de continuar investigando en esta disciplina, para que sirvan como base y apoyo en la toma de medidas adecuadas y efectivas, en busca de mitigar la problemática latente.

Finalmente, este trabajo de grado, constituye un acercamiento cuantitativo innovador a los costos implícitos de uno de los problemas urbanísticos más grandes y graves a los que se enfrenta la ciudad de Caracas: la congestión vehicular. Su seguimiento y actualización periódica podría servir como indicador del impacto que pueden tener las políticas públicas implementadas en este ámbito, sobre la calidad de vida de los ciudadanos y el efecto sobre el ingreso que este problema ha generado.

## BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía de Baruta. (2009). [On-line]. Disponible en: <http://www.chacao.gov.ve>

Alcaldía de Chacao. (2009). [On-line]. Disponible en: <http://www.baruta.gov.ve>

Alcaldía de Sucre. (2009). [On-line]. Disponible en: <http://www.sucre-sucre.gov.ve>

Alcántara de Vasconcellos, E. (2007). *“Análisis de la política brasilera sobre transporte urbano”*. En Montezuma, R. (Ed). *Presente y Futuro de la Movilidad Urbana*. Fundación Ciudad Humana/ Corporación Andina de Fomento/ Alcaldía de Chacao. Caracas, Venezuela. (pp. 202- 235)

Barriga – Dall’Orto y Somelca (2002). *Estudio Integral de Transporte del Área Metropolitana de Caracas*. (Estudio realizado para la Alcaldía Mayor de Caracas). Caracas, Venezuela.

Boardman, A., Greenberg, D., Vining, A. y Weimer, D. (2001). *Cost Benefit Analysis: Concepts and Practice*. Prentice Hall. New Jersey, USA.

Box, P. y Oppenlander, J. (2000). *Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito*. Cuarta edición. Instituto de Ingenieros en Transporte. México DF, México.

Bull, A. y Thomson I. (2001). *La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales*. Comisión Económica para América Latina, Serie Recursos Naturales e Infraestructura N°25.

Cabrera, E., Díaz, C. y Sanhueza, R. (2004). "*Santiago y la Congestión Vehicular*". En Galetovic, A. (Ed). *Santiago dónde estamos y hacia dónde vamos*. Centro de Estudios Públicos. Santiago de Chile, Chile. (pp. 54-90)

Calvo, J. y Miravete, A. (1997) *Mecánica del Automóvil*. Servicio de Publicaciones Centro Politécnico Superior Universidad de Zaragoza. Zaragoza, España.

Cámara Venezolana de Fabricantes Venezolanos de Productos Automotores. (2008). *Presentación Parque Automotor Venezolano 2007*. Caracas, Venezuela. Obtenido en la Red Mundial el día 05 de octubre de 2008: <http://www.favenpa.org>

Cámara Venezolana de Fabricantes Venezolanos de Productos Automotores. (2009). *Presentación Parque Automotor Venezolano 2008*. Caracas, Venezuela. Obtenido en la Red Mundial el día 13 de junio de 2009: <http://www.favenpa.org>

De Rus, G., Campos, J. y Nombela, G. (2003). *Economía del Transporte*. Antoni Bosh Editor. Gran Canaria, España.

Díaz ,A. (2004). *Metodología para la evaluación de los costos de la movilidad en el transporte público. Aplicación a la ciudad de Medellín (Colombia)*. Tesis de Pregrado. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona. Obtenido en la Red Mundial el día 26 de Octubre de 2008: <http://hdl.handle.net/2099.1/3401>

Domper, M. (2003). *Congestion Vehicular y la Tarificación Vial*. Serie Informe Económico N° 137. Instituto de Libertad y Desarrollo, Chile. Obtenido en la Red Mundial el día 13 de enero de 2009: [http://www.lyd.com/lyd/centro\\_doc/documents/sie-137-congestion%20vehicular%20y%20tarificacion%20vial-mldomper-marzo2003.pdf](http://www.lyd.com/lyd/centro_doc/documents/sie-137-congestion%20vehicular%20y%20tarificacion%20vial-mldomper-marzo2003.pdf)

Energy Information Administration. (2009). [On-line]. Disponible en: <http://www.eia.doe.gov>

Fundación Fondo Nacional de Transporte Urbano. (2009). [On-line]. Disponible en:  
<http://www.fontur.gov.ve>

Galarza, E. y Gómez, R. (2002). *Análisis Económico de los Problemas Ambientales Urbanos*. Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico. Lima, Perú. Obtenido en la Red Mundial el día 27 de agosto de 2009:  
<http://info.worldbank.org/etools/docs/library/112219/peru/docs/ModuloIII/Galarza%20Gomez%20An%20E1lisis%20Medio%20Ambiente%20urbanos.pdf>

Gómez, A. (1995). *Control de la Congestión Vehicular en Bogotá con Herramientas Microeconómicas*. Desarrollo y Sociedad N°35, marzo. Obtenido en la Red Mundial el día 05 de octubre de 2008:  
[http://economia.uniandes.edu.co/es/investigaciones\\_y\\_publicaciones/cede/publicaciones/revista\\_desarrollo\\_y\\_sociedad/ediciones/revista\\_desarrollo\\_y\\_sociedad\\_no\\_35](http://economia.uniandes.edu.co/es/investigaciones_y_publicaciones/cede/publicaciones/revista_desarrollo_y_sociedad/ediciones/revista_desarrollo_y_sociedad_no_35)

Instituto Metropolitano de Transporte. (2009). [On-line]. Disponible en:  
<http://www.alcaldiametropolitana.gob.ve/inmetra>

Instituto Nacional de Estadísticas. (2009). [On-line]. Disponible en:  
<http://www.ine.gov.ve>

Instituto Nacional de Transporte y Tránsito Terrestre. (2009). [On-line]. Disponible en:  
<http://www.inttt.gov.ve>

Instituto Nacional de Vialidad de Argentina. (2009). [On-line]. Disponible en:  
<http://www.vialidad.gov.ar>

Jacoby, E. (2007). *“Caminar y montar bicicleta en la ciudad: Excepcional contribución a la salud y bienestar públicos”*. En Montezuma, R. (Ed). *Presente y Futuro de la Movilidad Urbana*. Fundación Ciudad Humana/ Corporación Andina de Fomento/ Alcaldía de Chacao. Caracas, Venezuela. (pp. 129- 139)

Jara, S. (1998). *“Time and Income in Travel Choice: Towards a Microeconomic Activity-Based Theoretical Framework”*. En Garling, T., Laitila, T. y Westin, K. (Eds.). *Theoretical Foundations of Travel Choice Modeling*. Elsevier Editor. USA. (pp. 54-66)

Klowden, K., Wong, P. y Kim, S .(2008). *California’s Highway Infrastructure: Traffic’s Looming Costs*. Milken Institute. Texas, USA.

López, L. (2007). *“Busqueda y construcción de la movilidad que merecemos”*. En Montezuma, R. (Ed). *Presente y Futuro de la Movilidad Urbana*. Fundación Ciudad Humana/ Corporación Andina de Fomento/ Alcaldía de Chacao. Caracas, Venezuela. (pp. 16 -31)

Mackie, P., Jara, S. y Fowkes, S. (2001), *The Value of Travel Time Savings in Evaluation*. Transportation Research E 37.

Matas, A. (2004). *“Políticas de transporte y congestión en áreas urbanas: un panorama”*. Revista de Economía Pública Urbana, N°48. (pp.23 – 52)

Mendianta, J. y Perdomo, J. (2008). *Fundamentos de Economía del Transporte: Teoría, Metodología y Análisis de Política*. Ediciones Uniandes. Bogotá, Colombia.

Metro de Caracas (1995). *Viabilidad Económica Tramo capuchinos – Plaza Venezuela*. Gerencia de Planificación de Transporte. Caracas, Venezuela.

Ministerio de Transporte de Colombia. (2009). [On-line]. Disponible en: <http://www.mintransporte.gov.co>

Mondelística (2005). *Estudio y Encuesta de Movilidad para el Área Metropolitana de Caracas*. (Estudio realizado para la Alcaldía Mayor de Caracas). Caracas, Venezuela.

Petróleos de Venezuela S.A. (2009). *Información Financiera y Operacional al 31 de diciembre de 2008*. Caracas, Venezuela.

Robusté, F. Y Monzón, A. (1995). *Una metodología simple para estimar los costes derivados de la congestión del tráfico en ciudades. Aplicación a Madrid y Barcelona*. CIES. Las Palmas de Gran Canaria, España.

Schreyer, C. (2004). *Costes externos del transporte*. INFRAS/ IWW. Zurich, Suiza. Obtenido en la Red Mundial el día 13 de enero de 2009: [http://www.universidadesporelclima.org/ficheros/red/costes\\_externos\\_transporte.pdf](http://www.universidadesporelclima.org/ficheros/red/costes_externos_transporte.pdf)

Transportation Research Board. (1998). *Highway Capacity Manual. Special Report 209*. Third Edition. Washington DC, USA.

World AutoneWS and Reviews (2009). The World's 20 cities with the worst traffic jams. Florida, USA. Obtenido en la red mundial el día 14 de agosto de 2009: <http://allworldcars.com/wordpress/?p=11866>

**ANEXO N° 1. HOJA DE CAMPO PARA ANOTACIONES.**

COSTOS DE CONGESTIÓN VEHICULAR EN EL ÁREA METROPOLITANA DE CARACAS

TRABAJO DE CAMPO DE TIEMPOS DE RECORRIDOS Y DEMORAS

TÉCNICA DEL VEHICULO DE PRUEBA

HOJA DE CAMPO

Fecha \_\_\_\_\_ Condiciones atmosféricas \_\_\_\_\_ Viaje N° \_\_\_\_\_

Corredor Vial \_\_\_\_\_

Hora de inicio del viaje \_\_\_\_\_ Hora de fin del viaje \_\_\_\_\_

| <i>Paradas o Velocidad Baja</i> |                      |              |
|---------------------------------|----------------------|--------------|
| <i>Lugar referencial</i>        | <i>Demora en min</i> | <i>Causa</i> |
|                                 |                      |              |
|                                 |                      |              |
|                                 |                      |              |
|                                 |                      |              |
|                                 |                      |              |
|                                 |                      |              |
|                                 |                      |              |
|                                 |                      |              |
|                                 |                      |              |

Longitud del Recorrido en Km \_\_\_\_\_ Velocidad Promedio de recorrido \_\_\_\_\_

Tiempo Total de Recorrido \_\_\_\_\_ Tiempo de Demora \_\_\_\_\_

Comentarios \_\_\_\_\_

Observador \_\_\_\_\_

SIMBOLOS PARA CAUSAS DE DEMORAS: **S**-Semáforos, **CV**- Congestión vehicular

## ANEXO N° 2. RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PLAN PILOTO.

Previo a la realización del trabajo de campo, se llevó a cabo un plan piloto realizando un recorrido en la hora pico matutina (6:30 am a 8:30 am) por cada corredor vial a ser estudiado, entre los días hábiles del 17 al 21 de agosto de 2009, periodo en el cuál habían vacaciones estudiantiles, por lo que los niveles de congestión vehicular en el Área Metropolitana de Caracas eran menores. A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

| Corredor Vial               | Tiempo de Recorrido (horas) | Velocidad promedio (Km/h) | Tiempo de demora (horas) | Longitud del recorrido (Km) | Tiempo de demora como porcentaje del tiempo de recorrido |
|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------|
| Av. Francisco de Miranda    | 0,35                        | 20,86                     | 0,12                     | 7,3                         | 33%                                                      |
| Av. Rio de Janeiro          | 0,37                        | 15,00                     | 0,10                     | 5,5                         | 27%                                                      |
| Autopista Francisco Fajardo | 1,38                        | 15,76                     | 1,13                     | 21,8                        | 82%                                                      |
| Boulevard del Cafetal       | 0,18                        | 19,09                     | 0,13                     | 3,5                         | 70%                                                      |
| Av. Libertador              | 0,33                        | 15,0                      | 0,13                     | 5,0                         | 38%                                                      |
| Av. Boyacá                  | 0,40                        | 37,75                     | 0,21                     | 15,1                        | 52%                                                      |
| Av. Páez                    | 0,45                        | 7,3                       | 0,38                     | 3,3                         | 83%                                                      |
| Av. Baralt                  | 0,17                        | 14,4                      | 0,05                     | 2,4                         | 28%                                                      |
| Autopista Prados del Este   | 0,22                        | 26,31                     | 0,14                     | 5,7                         | 66%                                                      |
| <b>PROMEDIO</b>             | <b>0,43</b>                 | <b>19,06</b>              | <b>0,26</b>              | <b>7,73</b>                 | <b>53%</b>                                               |

En base a estas mediciones, los costos económicos derivados de la congestión vehicular para el AMC, serían:

| Costos Derivados de la Congestión Vehicular en el AMC: | Bs.F.                   | US \$                 |
|--------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Costo del tiempo anual                                 | 1.284.500.184,83        | 597.441.946,43        |
| Costo de oportunidad de exportación de gasolina anual  | 265.017.867,52          | 123.264.124,43        |
| <b>COSTO TOTAL ANUAL</b>                               | <b>1.549.518.052,35</b> | <b>720.706.070,86</b> |