

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

Facultad de Ingeniería Automotriz

PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO EN
MECANICA AUTOMOTRIZ

Análisis e Ingeniería conceptual del tránsito en la ciudad de Quito

Jhon Jairo Espín Ruiz

Director: Ingeniero Andrés Castillo

2011

Quito, Ecuador

CERTIFICACIÓN

Yo, Jhon Jairo Espín Ruiz declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que esta es original, auténtica y personal mía. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.



Firma del Graduando
Jhon Espín
CI: 1718344227

Yo, Ingeniero Andrés Castillo, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, el señor, Jhon Espín, es el autor exclusivo de la presente investigación y que esta es original, autentica y personal suya.

Firma del Director Técnico del Trabajo de Grado
Ing. Andrés Castillo
Director

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi padre por su apoyo incondicional en mi formación académica, por la creencia y el aliento que supo brindarme en los momentos de incertidumbre, le expreso mi más sincero agradecimiento porque a pesar de las dificultades de la vida confió en mí apoyando su hombro para conseguir la consolidación de mi sueño.

Agradezco a mi madre, por ser un ejemplo de integridad y lealtad, por el ilimitado amor y entendimiento que supo brindarme en las etapas dolorosas de mi vida, le doy gracias porque a través de sus enseñanzas me inspiró a ser una persona de principios y valores consumados.

Agradezco al Ingeniero Mauricio Pazmiño, a la Ingeniería Gabriela Torres y al Ingeniero Juan Rubio por su amistad, su dirección y consejos para la elaboración del presente proyecto de titulación.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios por que me otorgó la oportunidad para formarme como un profesional al servicio de mi país, por ser mi guía en los momentos de confusión, por brindarme paciencia, esperanza y perseverancia a lo largo de mi carrera profesional.

Manuel Espín, mi padre, quien con su apoyo y confianza pasó ha ser uno de los principales cómplices en la realización de mi sueño.

Fanny Ruiz, mi adorada madre, quien con su amor y consejos supo darme fortaleza para superar cualquier problema en la vida.

Rommel Espín, mi hermano, la persona por cual intento superarme y alcanzar grandes logros que anhelo luego sean ejemplo para su superación personal.

Lupe Ruiz, mi querida tía, ejemplo de progreso y esfuerzo, persona en quien puedo confiar y emular para conseguir grandes éxitos en mi vida y carrera profesional.

Finalmente dedico mi proyecto a cada uno de los integrantes de la familia Ruiz Chico quienes me apoyaron y pusieron el hombro para que este magnífico sueño se haga realidad.

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO 1

EL PARQUE AUTOMOTOR DEL ECUADOR

Antecedentes.....	1
1.1 Objetivos.....	3
1.1.1 General.....	3
1.1.2 Específicos.....	3
1.2 Fundación de la República del Ecuador.....	4
1.2.1 Ubicación geográfica.....	4
1.2.2 Aspectos demográficos.....	5
1.3 Transporte.....	7
1.3.1 Historia del transporte terrestre en el Ecuador.....	7
1.3.2 Marco regulatorio del transporte terrestre en Ecuador.....	10
1.3.3 Importancia del transporte en la economía del Ecuador.....	11
1.3.3.1 Fórmula para calcular el PIB.....	13
1.4 Clasificación del transporte terrestre en el Ecuador.....	13
1.4.1 Definiciones.....	14
1.5 Parque automotor Ecuatoriano.....	15

1.5.1	Parque Automotor Ecuatoriano dividido por Provincias.....	17
1.6	Ventas en el sector automotriz.....	19
1.6.1	Ventas de vehículos a nivel nacional.....	19
1.6.2	Venta nacionales segmentadas por tipo de vehículo.....	20

CAPITULO 2

EL TRANSITO EN LA CIUDAD DE QUITO

2.1	Historia de la fundación de la Ciudad	22
2.2	Ubicación geográfica.....	23
2.2.1	Actividad volcánica.....	25
2.2.2	Sismos.....	26
2.3	Distribución política.....	28
2.3.1	Parroquias.....	29
2.4	Gestión del Distrito Metropolitano de Quito	32
2.4.1	Administraciones zonales.....	33
2.5	Transporte terrestre en la ciudad de Quito.....	34
2.5.1	Administración del transporte terrestre en la ciudad de Quito.....	35
2.6	Situación actual del transporte terrestre en la ciudad de Quito.....	35
2.7	Clasificación del transporte terrestre en Quito.....	36

2.7.1 Transporte de personas	36
2.7.1.1 Transporte no motorizado.....	37
2.7.1.1.1 Ciclovías.....	37
2.7.1.2 Transporte motorizado.....	38
2.7.1.2.1 Transporte público.....	38
2.7.1.2.1.1 Transporte público convencional urbano.....	39
2.7.1.2.1.2 Transporte público integrado.....	40
2.7.1.2.1.2.1 Trolebús.....	40
2.7.1.2.1.2.2 Ecovia.....	45
2.7.1.2.1.2.3 Corredor sur oriental.....	46
2.7.1.2.1.2.4 Corredor central metrobus.....	47
2.7.1.2.2 El transporte comercial.....	49
2.7.1.2.2.1 Taxis.....	49
2.7.1.2.2.2 Transporte escolar.....	51
2.7.1.2.2.3 Transporte de turismo.....	52
2.7.1.2.3 Transporte privado.....	53
2.7.1.2.3.1 Vehículos privados.....	54
2.7.1.2.3.2 Motocicletas.....	55

2.7.1.2.4 Transporte de bienes.....	55
-------------------------------------	----

CAPITULO 3

LA CONGESTION VEHICULAR

3.1 Definición.....	56
3.2 Relación entre la oferta vial y la demanda vehicular.....	57
3.3 Elementos del tránsito.....	59
3.3.1 El peatón.....	59
3.3.2 El vehículo.....	59
3.3.3 El sistema vial.....	59
3.3.4 Dispositivos de Control de tránsito.....	61
3.4 La Congestión Vehicular en la Ciudad de Quito.....	64
3.4.1 Hipercentro.....	64
3.4.2 Causas de la congestión en la ciudad de Quito.....	65
3.4.2.1 La emigración de la población hacia los valles.....	66
3.4.2.2 La macro centralidad de actividades	67
3.4.2.3 La preferencia del auto privado frente al colectivo.....	69
3.4.2.4 La falta de infraestructura vial.....	70
3.4.2.5 La morfología de la ciudad.....	71

3.4.2.6 La desorganización del sistema de tránsito.....	72
3.4.2.7 La popularización del automóvil.....	73
3.4.3 Problemas ocasionados por la congestión vehicular.....	74
3.4.3.1 Contaminación atmosférica.....	74
3.4.3.2 El ruido.....	78
3.4.3.3 Accidentabilidad.....	79

CAPITULO 4

ANALISIS DEL FLUJO VEHICULAR

4.1 Definición	81
4.2 Variables relacionadas de flujo.....	81
4.2.1 Tasa del flujo y volumen	81
4.2.2 Intervalo simple.....	82
4.2.3 Intervalo promedio.....	82
4.3 Variables relacionadas con la densidad.....	88
4.3.1 Densidad o concentración.....	88
4.3.2 Espaciamiento simple.....	89
4.3.3 Espaciamiento promedio.....	89
4.4 Relación entre el flujo, la velocidad, la densidad, el intervalo y el espaciamiento.....	96

5.2.4	Restricción vehicular pico y placa.....	123
5.2.4.1	Limites Territoriales.....	125
5.2.4.2	Multas y sanciones.....	125
5.2.4.3	Proceso de retención.....	126
5.2.4.4	Proceso de retiro de los vehículos.....	126
5.2.5	Contraflujos.....	128
5.2.6	Plan vial.....	130
5.2.7	El metro.....	133
5.2.8	Sistema de semaforización centralizado.....	134
5.2.9	Sistema de gestión de flotas.....	136
5.2.10	Control de paradas de buses.....	137
5.3	Propuestas para el mejoramiento del tránsito en la ciudad de Quito.....	137
5.3.1	Estacionamientos que incrementen el costo según su tiempo de permanencia.....	138
5.3.2	Instalación de peajes urbanos de congestión	139
5.3.3	Vías de alta ocupación.....	140
5.3.4	Incrementar el costo de la gasolina.....	141
5.3.5	Hoy no circula.....	142
5.3.6	Mejorar el transporte público	142

5.3.6.1 Caja común.....	143
5.3.7 Incentivar la caminata.....	143
5.3.8 Incentivar el uso de la bicicleta.....	144
5.3.9 Rehabilitar el centro histórico.....	144
5.3.10 Popularización de autos híbridos.....	145
5.3.11 Incentivar el uso de vehículos eléctricos.....	146
5.4 Análisis de alternativas para solucionar el tránsito en la ciudad de Quito.....	148
5.4.1 Análisis de criterios.....	149
5.4.1.1 Capacidad de desplazamiento de personas.....	149
5.4.1.2 Costo por recorrer 100 km.....	150
5.4.1.3 Espacio para parquear.....	152
5.4.1.4 Emisiones contaminantes.....	152
5.4.1.5 Costo de introducción.....	153
5.4.2 Jerarquización de soluciones.....	154
Conclusiones.....	157
Recomendaciones.....	158
Bibliografía.....	159

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO 1

EL PARQUE AUTOMOTOR ECUATORIANO

Figura 1.1	Evolución del transporte en el Ecuador por clase de vehículos	16
Figura 1.2	Parque automotor matriculado a nivel nacional en el período 2005-2010.....	18
Figura 1.3	Ventas anuales a nivel nacional período 1998-2007	20
Figura 1.4	Ventas segmentadas por tipo de vehículo período 2001-2007.....	21

CAPITULO 2

EL TRANSITO EN LA CIUDAD DE QUITO

Figura 2.1	Demanda de usuarios sistema trolebús.....	43
Figura 2.2	Distribución de las operadoras de taxis en el Distrito Metropolitano de Quito.....	51

CAPITULO 3

LA CONGESTION VEHICULAR

Figura 3.1	Oferta vial y demanda vehicular.....	58
Figura 3.2	Clasificación del sistema vial.....	61

Figura 3.3	Señales preventivas.....	62
Figura 3.4	Señales restrictivas.....	63
Figura 3.5	Señales Informativas.....	64
Figura 3.6	Hipercentro del Distrito Metropolitano de Quito.....	65
Figura 3.7	Causa de muertes en accidentes de tránsito.....	80

CAPITULO 4

ANALISIS DEL FLUJO VEHICULAR

Figura 4.1	Intervalos entre vehículos.....	83
Figura 4.2	Volúmenes en periodos de 15 minutos.....	85
Figura 4.3	Densidad o concentración.....	89
Figura 4.4	Espaciamientos entre vehículos.....	90
Figura 4.5	Variables del flujo vehicular en el espacio y el tiempo.....	92
Figura 4.6	Relaciones de tiempo y espacio de vehículos.....	96
Figura 4.7	Relación lineal entre la velocidad y la densidad.....	101
Figura 4.8	Relación parabólica entre la velocidad y el flujo.....	103
Figura 4.9	Relación parabólica entre la velocidad y flujo.....	105

CAPITULO V

PORPUESTAS PARA EL MEJORAMIENTO DE TRANSITO EN LA CIUDAD DE QUITO

Figura 5.1	Oferta de estacionamientos en el Hipercentro de Quito.....	121
Figura 5.2	Lugares donde existen plazas de estacionamiento zona azul.....	121
Figura 5.3	Limites de regularización Pico y placa.....	125
Figura 5.4	Plan Vial del Distrito Metropolitano de Quito.....	132

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO 1

EL PARQUE AUTOMOTOR ECUATORIANO

Tabla 1.1	Aspectos demográficos región Sierra.....	5
Tabla 1.2	Aspectos demográficos región Costa.....	6
Tabla 1.3	Aspectos demográficos región Amazónica.....	6
Tabla 1.4	Aspectos demográficos región Insular.....	6
Tabla 1.5	El transporte con relación al Producto Interno Bruto Ecuatoriano.....	12
Tabla 1.6	Vehículos matriculados en relación con la población Ecuatoriana.....	16
Tabla 1.7	Parque automotor región sierra.....	17
Tabla 1.8	Parque automotor región costa.....	17
Tabla 1.9	Parque automotor región amazónica.....	17
Tabla 1.10	Parque automotor región insular.....	18
Tabla 1.11	Ventas anuales a nivel nacional período 1998-2007	19
Tabla 1.12	Ventas segmentadas por tipo de automotor período 2001-2007.....	21

CAPITULO 2

EL TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE QUITO

Tabla 2.1	Parroquias que constituyen el Distrito Metropolitano de Quito.....	30
Tabla 2.2	Composición transporte público convencional urbano.....	39
Tabla 2.3	Demanda de pasajeros sistema trolebús.....	43
Tabla 2.4	Horarios de operación y circuitos del sistema trolebús.....	44
Tabla 2.5	Número de cooperativas de taxis del Distrito Metropolitano de Quito.....	 50
Tabla 2.6	Operadoras de Transporte Escolar.....	52
Tabla 2.7	Operadoras de transporte Turístico.....	53

CAPITULO 3

LA CONGESTION VEHICULAR

Tabla 3.1	Variación porcentual de muertes en el Distrito Metropolitano de Quito.....	79
-----------	---	----

CAPITULO 4

ANALISIS DEL FLUJO VEHICULAR

Tabla 4.1	Volúmenes en 15 minutos.....	83
Tabla 4.2	Tasas de flujo e intervalos.....	86
Tabla 4.3	Intervalos simples entre pares de vehículos consecutivos.....	87

CAPITULO V

PORPUESLAS PARA EL MEJORAMIENTO DE TRANSITO EN LA CIUDAD DE QUITO

Tabla 5.1	Precios para la venta de vehículos EE.UU y Ecuador.....	116
Tabla 5.2	Los impuestos que paga un automóvil en Ecuador.....	117
Tabla 5.3	Patios de detención vehicular.....	119
Tabla 5.4	Horarios pico y placa.....	124
Tabla 5.5	Sanciones pico y placa.....	126
Tabla 5.6	Patios de detención para vehículos infractores.....	127
Tabla 5.7	Red de estacionamientos Quito.....	138
Tabla 5.8	Impuestos a los vehículos híbridos y eléctricos.....	147
Tabla 5.9	Facturación región sierra.....	150
Tabla 5.10	Peso de criterios.....	155
Tabla 5.11	Satisfacción de alternativas.....	155
Tabla 5.12	Tabla de ponderación.....	156

ÍNDICE DE MAPAS

CAPITULO 1

EL PARQUE AUTOMOTOR ECUATORIANO

Mapa 1.1	Vía Appia, de Roma a Hidruntum.....	1
----------	-------------------------------------	---

CAPITULO 2

EL TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE QUITO

Mapa 2.1	Ubicación del Distrito Metropolitano.....	24
Mapa 2.2	Amenaza volcánica que enfrenta la ciudad de Quito.....	25
Mapa 2.3	Zonas de amenaza sísmica en la ciudad de Quito.....	28
Mapa 2.4	Parroquias urbanas que conforma el Distrito Metropolitano de Quito.....	31
Mapa 2.5	Parroquias Rurales que conforman el Distrito Metropolitano de Quito.....	31
Mapa 2.6	Administraciones Zonales del Distrito Metropolitano de Quito.....	34

CAPITULO 3

LA CONGESTION VEHICULAR

Mapa 3.1	Concentración de actividades en la ciudad de Quito	68
----------	--	----

Mapa 3.2	Red vial de la ciudad de Quito.....	70
Mapa 3.3	Principales barreras físicas de aglomeración en la ciudad de Quito.....	72

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

CAPITULO 1

EL PARQUE AUTOMOTOR ECUATORIANO

Diagrama 1.1	Administración del transporte terrestre en Ecuador.....	11
Diagrama 1.2	Clasificación del transporte terrestre en el Ecuador.....	14

CAPITULO 2

EL TRANSITO EN LA CIUDAD DE QUITO

Diagrama 2.1	Estructura organizacional del concejo metropolitano de Quito.....	33
Diagrama 2.2	Clasificación del transporte en la ciudad de Quito.....	36

SINTESIS

En la Asamblea constituyente que se realizó el 14 de Agosto de 1830, se optó por el nombre de Republica del Ecuador. El Ecuador ocupa una superficie de 271.000 km^2 , posee 4 regiones geográficas; costa, sierra, oriente e insular, cuenta con una población de 14'483.499¹ habitantes, posee un régimen democrático y esta constituido por 24 provincias.

El transporte terrestre en Ecuador empezó a desarrollarse con la llegada de los españoles, en sus inicios constaba de una carrosa remolcada por animales, para luego evolucionar hasta la llegada del ferrocarril.

El ferrocarril inicio su construcción en el año de 1861 bajo la presidencia de Gabriel García Moreno, el objetivo de la línea férrea fue unir la sierra con la costa, hasta que finalmente el 25 de Junio del año 1908, bajo la administración del presidente Eloy Alfaro el ferrocarril Ecuatoriano se inauguró. Sin duda alguna este fue hecho que marco el inicio de la actividad del transporte terrestre en el Ecuador. El tiempo, el costo y la capacidad del sistema de transporte disponible, tienen vital importancia dentro del desarrollo de una sociedad, las sociedades más desarrolladas se distinguen por poseer un sistema de transporte de calidad.

La ley orgánica de transporte terrestre y seguridad vial es la encargada de regular el transporte terrestre en el Ecuador, el transporte terrestre ha tenido una evolución gigantesca, Pichincha es la provincia que posee el mayor número de vehículos motorizados a nivel nacional. La actividad del transporte también agiliza la economía del

país, el sector de ventas automotriz ha tenido un desarrollo sostenido a través de los años, en el año del 2007 aportó al fisco la cantidad de 400 millones de dólares.

La capital de la república del Ecuador es la ciudad de Quito, fue fundada el 6 de diciembre de 1534, cuenta con una superficie de 336.6 km^2 , se encuentra ubicada en la mitad del mundo, su altitud promedio es de 2.850 metros sobre el nivel del mar, posee un paisaje encerrado por cadenas montañosas, su población es de 2'239.191 habitantes.

Se encuentra amenazada permanentemente por 12 volcanes activos, la ciudad esta asentada sobre la falla geológica de Quito lo que la convierte en una ciudad vulnerable a los movimientos sísmicos.

Forma parte de un área metropolitana, políticamente el territorio de la ciudad de Quito, está dividido en 64 parroquias; 31 parroquias urbanas y 33 parroquias rurales. Se define como parroquia a la menor división política del territorio nacional.

La ciudad de Quito históricamente ha sido un centro de comercialización, distribución y producción, para que estas actividades se generen de manera adecuada existe la necesidad de la actividad de transporte.

El modo de transporte que predomina en la ciudad es el transporte motorizado, a su vez, este se subdivide en transporte público y transporte privado.

El medio de transporte público es el que predomina en la ciudad capital, el 72.95% del total de viajes motorizados que se realizan en la ciudad corresponden a este medio. En los últimos años este medio de transporte ha evolucionado, la transportación pública del Ecuador ha experimentado innovaciones tales como la implantación de los sistemas BRT (Bus Rapid Transit) los cuales han cambiado la manera de moverse de los Quiteños, entre el mas exitoso tenemos al corredor trolebús.

El trolebús es un medio de transporte que posibilita a los usuarios diseñar su propia ruta y trasladarse a cualquier punto de la ciudad con un solo pasaje, en un día normal este medio de transporte traslada hasta 248.809 pasajeros, es uno de los medios más exitosos que se ha implementado en lo que concierne al transporte de pasajeros, además del trolebús también existen otros corredores como la ecovia, el corredor sur oriental y el corredor central norte metrobus.

La ecovia se inauguró en el año 2001, moviliza aproximadamente 102.000 pasajeros al día, con una flota de 52 buses articulados. La flota de buses articulados cumple con la normativa respecto al año de fabricación (2002).

El corredor sur oriental es un corredor relativamente nuevo con respecto a los demás corredores de transporte, empezó su funcionamiento en el año 2010 y transporta aproximadamente 90.000 pasajeros por día, estos tres corredores principales operan bajo la administración de la empresa de pasajeros Quito (EPQ) quien es la encargada del control y regularización de los tres corredores principales.

El corredor central norte inicio su operación en el año 2004, posee una flota de 74 buses articulados, transporta a aproximadamente 200.000 pasajeros por día. Tiene la particularidad de que a pesar de ser un servicio público, la inversión en las unidades que circulan en la troncal es privada y su operación se encuentra regularizada por la EPMMOP.

El transporte privado es uno de los medios de transporte que más se ha incrementado en los últimos años, el 73% del total de viajes motorizados que se realizan en la ciudad de Quito se realizan en vehículos privados. Si comparamos un vehículo privado con un automotor de transporte público, observamos una gran desventaja en comparación al espacio que

utilizan y el número de personas que trasladan, un vehículo privado transporta un máximo de 5 personas mientras que el transporte público puede movilizar a 60 personas.

Al incrementar el número de vehículos privados en una vialidad que no aumenta en ritmo similar se produce el fenómeno llamado congestión vehicular. La congestión vehicular se define como la condición que prevalece, si la introducción de un vehículo en un flujo de tránsito aumenta el tiempo de circulación de los demás.

El sistema de circulación del tráfico vehicular del DMQ en los últimos años ha experimentado una serie de inconvenientes, la situación del tránsito vehicular es un tema complejo y se origina debido a un sin número de causas entre las que podemos destacar: la emigración de los habitantes de la ciudad hacia los valles, este fenómeno se ha venido agudizando con el pasar de los años, causado principalmente por la pérdida de calidad de vida que experimentan los habitantes de la ciudad debido a la congestión.

La macro centralidad de las actividades de la ciudad es otra causa fundamental que origina los problemas de la congestión, la mala distribución de entidades públicas a originado que la ciudad se sectorice de acuerdo a los servicios que se prestan en determinados lugares. La mayoría de entidades públicas y establecimientos educativos se asientan en el denominado hipercentro, lo que ha logrado que, el hipercentro sea un punto crítico dentro de la movilidad de los quiteños.

La congestión vehicular también trae consigo problemas que afectan a todos los habitantes de la ciudad, los automotores funcionan con un motor de combustión interna que emite gases tóxicos a la atmósfera, por esta razón, el vehículo privado es uno de los mayores contaminantes que afectan a la calidad del aire de la ciudad. Es necesario mantener bajo

control, los índices de contaminación para que estos no afecten el desempeño de actividades diarias de los habitantes de Quito.

Como podemos evidenciar la congestión vehicular en el Distrito Metropolitano de Quito encierra un conjunto de situaciones que ameritan ser analizadas, por esta razón se establece el desarrollo de nuestro estudio.

FORMULARIO DE RESUMEN DE TESIS

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRAFICO DE TESIS**

FACULTAD DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ

ESCUELA DE MECÁNICA AUTOMOTRIZ

TÍTULO: Estudio e ingeniería conceptual del tránsito en la ciudad de Quito.

AUTOR(ES): Jhon Espín

DIRECTOR: Ing. Andrés Castillo

ENTIDAD QUE AUSPICIO LA TESIS:

FINANCIAMIENTO: SI

NO: X

PREGADO: X

POSGRADO:

FECHA DE ENTREGA DE TESIS:

Día: 13

Mes: 07

Año: 2012

GRADO ACADÉMICO OBTENIDO:

No. Págs: 158

No. Ref. Bibliográfica: 9

No. Anexos: 0

No. Planos: 0

RESUMEN:

La congestión es un fenómeno que con el pasar de los años se ha ido incrementando en la ciudad de Quito, múltiples son las causas que han originado este fenómeno, entre las principales, figura el uso irracional del auto privado. Sucede algo curioso ya que tan solo el 23.12 % del total de viajes motorizados se realiza mediante este medio de transporte, mientras tanto el 61.89 % de la población utiliza el transporte público, sin embargo, el uso del auto privado predomina en el sistema vial de la ciudad.

El crecimiento del parque automotor en la ciudad de Quito durante los últimos años ha originado que existan problemas en la movilidad de los capitalinos, cada año se incorporan alrededor de 30.000 vehículos a las calles de la ciudad.

La infraestructura vial de la ciudad esta llegando a su capacidad máxima, el presente proyecto tiene como objetivo analizar la situación del transporte en la ciudad de Quito frente al fenómeno de la congestión vehicular.

Se empieza haciendo un estudio acerca del parque automotor ecuatoriano para establecer cual es la provincia con mayor número de vehículos matriculados a nivel nacional.

Luego se estudia la composición del parque automotor en la ciudad de Quito, se detalla la estructura organizacional de la ciudad y los aspectos demográficos, además de dar a conocer los medios de transporte que mayor demanda tienen por parte de los habitantes capitalinos.

Mediante este proyecto los estudiantes de Ingeniería en Mecánica Automotriz, pueden conocer los componentes del flujo vehicular. Así como también estudiar los modelos básicos de flujo vehicular establecidos.

Socialmente el estudio permite que los lectores conozcan las causas que originan congestión vehicular, así como también una serie de propuestas encaminadas a mejorar la movilidad en la ciudad.

Por último se presentan algunas conclusiones acerca de la movilidad en la ciudad de Quito, mediante una jerarquización de soluciones se concluye que el metro es la alternativa que mayores ventajas presenta para realizar viajes motorizados a través de la ciudad.

PALABRAS CLAVES:

Historia del transporte en Ecuador, situación actual del tránsito en Quito, propuestas para el mejoramiento de la congestión vehicular, causas de la congestión vehicular, clasificación del transporte en Quito.

TRADUCCIÓN AL INGLES

TITLE: Study and conceptual engineering for the transit in the city of Quito

ABSTRACT:

Congestion is a phenomenon that has been increasing in the city of Quito with the passing of the years, there are multiple causes that have given rise to this phenomenon, the main figure irrational private car use, something curious happens because only the 23.12% of the total of motorized travel is done through this means of transporting the meantime the 61.89% of the population uses the transport public, however the use of the private car predominates in the city's road system.

The growth of the fleet in the city of Quito during recent years has resulted in that there are problems in the mobility of the capital every year they incorporate some 30,000 vehicles onto the streets of the city, the road infrastructure of the city is reaching its maximum capacity, the present project aims analyze the situation of the transport in the city of Quito, the phenomenon of the traffic congestion.

You start doing a study about the Ecuadorian to establish automotive Park which is the province with the largest number of vehicles registered at the national level.

Then discusses the composition of the vehicle fleet in the city of Quito, described the organizational structure of the city and the demographic aspects, also to publicize means of transport that have greater demand by capital dwellers.

Through this project students of engineering in automotive mechanics can learn the components of the vehicular flow. As well as study also established basic vehicular flow models.

Socially the study allows readers to know the underlying causes of traffic congestion, as well as a series of proposals aimed at improving mobility in the city. Finally it presents some conclusions about mobility in the city of Quito, through a hierarchy of solutions it is concluded that the metro is the alternative that presents major advantages for travel via city motorized.

KEYS WORDS:

History of transport in Ecuador present situation of traffic in Quito, proposals for the improvement of the congestion causes of congestion, classification of transport in Quito.

FIRMAS:

.....
DIRECTOR

.....
GRADUADO (S)

NOTAS:

CAPÍTULO 1

EL PARQUE AUTOMOTOR DEL ECUADOR

ANTECEDENTES

Sustentados en estudios de restos arqueológicos, algunos antropólogos manifiestan que el ser humano existe sobre la tierra desde hace 100.000 años.

Las evidencias encontradas en las orillas del río Nilo permiten saber que el ser humano descubrió la agricultura hace aproximadamente 10.000 años, con este descubrimiento empezaron a fijar su lugar de residencia, dejando así el nomadismo.

Posteriormente, con el invento de la rueda, surgió la necesidad de construir un lugar que permitiera la circulación del efímero tránsito de entonces.

Se acredita al Imperio Romano la construcción de los primeros caminos construidos científicamente. En el mapa 1.1 podemos observar el primer camino que permitió establecer comercio entre pueblos.

Mapa 1.1 Vía Appia, de Roma a Hidruntum



Más adelante en el siglo XII las ciudades se desarrollan excepcionalmente, naciendo muchas vinculadas con el comercio; su rasgo es de calles angostas agrupadas por una cuadrícula geométrica, este rasgo es aún perceptible en las ciudades anteriores a la Era Cristiana.

Durante el siglo XVI los conquistadores Españoles empiezan a construir caminos en América como vínculo para extender su conquista, el español Sebastián de Aparacio introduce la carretera, construyendo la primera carretera del nuevo mundo entre México y Veracruz, alrededor de los años 1540 y 1550.

Las últimas décadas del siglo XIX dan a luz la aparición del automóvil con motor a gasolina, Henry Ford comenzó a producir automóviles en una cadena de montaje, sistema totalmente innovador que le permitió alcanzar cifras de fabricación hasta entonces impensables. Con el descubrimiento del automóvil con motor a gasolina, la tendencia fue de uso privado, al iniciar su vida útil fue considerado como un artefacto de lujo, encontrando serios obstáculos para su desarrollo, la oposición de personas habituadas a los carruajes tirados por animales, malos caminos y leyes inadecuadas hicieron esperar su progreso hasta fines de este siglo.

La opulencia económica en los años de 1970 originada por los recursos de la explotación petrolera, permitió la popularización de los automóviles entre los habitantes de la ciudad de Quito, este acontecimiento generó la necesidad de implementar carreteras y vías aptas para la circulación de automotores, surge el tránsito y la necesidad de transportarse.

La década de los noventa se presenta como un hecho importante para la mutación en la forma de la ciudad, al promulgarse la ley de Régimen para el Distrito Metropolitano de Quito en el año de 1993, el esquema de la región se engrandece con la solidificación de

sectores como el valle de los Chillos, Cumbaya y Tumbaco, que son incorporados a la estructura de la ciudad. En medida que las distancias a recorrer son más largas el transporte terrestre en el Distrito Metropolitano de Quito se va transformando, cada vez es más difícil encontrar nuevas formas efectivas para movilizarse.

En el siglo XX el crecimiento de la población en el área Metropolitana demanda la necesidad de un transporte terrestre regulado y eficiente que permita el desarrollo de actividades de una manera tranquila y ágil, situación que cada vez es más complicada debido al aumento de la cantidad de vehículos que circulan en la ciudad.

El transporte ha sido de vital importancia para el desarrollo y evolución del hombre, el transportarse ha sido la motivación que llevo al hombre a desarrollar los diversos inventos que permitan mejorar el tiempo y las condiciones de su propio desplazamiento, así como también para sus mercancías y productos.

Partiendo desde el nomadismo, evolucionando con la caza y pasando por el trueque el ser humano ha necesitado medios más eficientes que le permitan movilizarse, con ahorro de tiempos y recursos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 GENERAL

Analizar los principales elementos relacionados con la congestión vehicular del parque automotor en el Distrito Metropolitano de Quito.

1.1.2 ESPECIFICOS

Especificar algunas de las metodologías en el análisis de la congestión vehicular.

Describir las principales causas de la congestión vehicular en la ciudad de Quito.

Especificar la clasificación del transporte terrestre en la ciudad de Quito.

1.2 FUNDACION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR

Al concluir la asamblea constituyente que se realizó el 14 de Agosto de 1830 en la ciudad de Riobamba, se optó por el nombre de Ecuador que es una simplificación de su nombre oficial: República del Ecuador, este nombre hace referencia a la línea ecuatorial de la Tierra que pasa en las inmediaciones de la ciudad de Quito.

1.2.1 Ubicación Geográfica

El Ecuador está localizado en el continente Sudamericano, ocupa una superficie de 271.000 Km¹. Se ubica en la línea Ecuatorial, posee cuatro regiones geográficas; la región costa que constituye aproximadamente la cuarta parte del territorio, la región amazónica ubicada al este de la cordillera de los andes, la región insular formada por las islas galápagos y la región sierra que se expande a lo largo de las dos cadenas montañosas de la Cordillera de los Andes.

La cordillera de los Andes atraviesa el territorio del Norte al Sur, la región sierra abarca importantes elevaciones montañosas como el Chimborazo, el Cotopaxi, el Cayambe y el Antisana.

El Clima en el territorio ecuatoriano, es variado debido a que existen diferentes altitudes entre las regiones Costa, Sierra y Oriente. Esta diferencia de altitudes complementada con la influencia de la corriente del niño en invierno y la corriente de humboldt en verano provocan diferencias climáticas a nivel nacional.

¹ La superficie territorial corresponde a los datos publicados en el censo 2001 publicado por el INEC

La región costa es calurosa, con una temperatura que oscila entre los 23 y 36 grados centígrados, la región amazónica es más calurosa y húmeda que la costa con temperaturas que van desde los 23 a los 38 grados centígrados, galápagos ofrece un clima templado que varía entre 22 y 32 grados centígrados y la región sierra tiene un clima lluvioso y frío con temperaturas que van desde los 7 a los 21 grados centígrados.

1.2.2 Aspectos demográficos

Ecuador es una república democrática que cuenta con 14.483.499² habitantes, compuesta por el 49,5% de hombres y el 50.5% de mujeres, de los cuales el 61% habita en el área urbana y el 39% en el área rural.

Ecuador está compuesto por 24 provincias que pertenecen a distintas regiones. A continuación se detalla la situación demográfica del país.

Tabla 1.1 Aspectos demográficos región Sierra

Provincia	Capital	Superficie km2	Población
			(2010)[1]
Pichincha	Quito	9494	2576287
Tungurahua	Ambato	3334	504583
Loja	Loja	11027	448966
Imbabura	Ibarra	4599	398244
Chimborazo	Riobamba	5287	458581
Cotopaxi	Latacunga	6569	409205
Carchi	Tulcán	3699	164524
Cañar	Azogues	3908	225184
Bolívar	Guaranda	3254	183641
Santo Domingo De Los Tsachilas	Santo Domingo	3857	368013
Azuay	Cuenca	8639	712127

² El número de habitantes pertenece a los datos publicados en el censo 2010 publicado por el INEC

Tabla 1.2 Aspectos demográficos región Costa

Provincia	Capital	Superficie Km2	Población
			(2010)[1]
Guayas	Guayaquil	17139	3645483
Santa Elena	Santa Elena	3763	308693
El Oro	Machala	5988	600659
Esmeraldas	Esmeraldas	15216	534092
Los Ríos	Babahoyo	6254	778115
Manabí	Portoviejo	18400	1369780

Tabla 1.3 Aspectos demográficos región Amazónica

Provincia	Capital	Superficie km2	Población
			(2010)[1]
Morona Santiago	Macas	25690	147940
Napo	Tena	13271	103697
Pastaza	Puyo	29520	83933
Orellana	Puerto Francisco De Orellana	20733	136396
Sucumbíos	Nueva Loja	18612	176472
Zamora Chinchipe	Zamora	10556	91376

Tabla 1.4 Aspectos demográficos región Insular

Provincia	Capital	Superficie km2	Población
			(2010)[1]
Galápagos	Puerto Baquerizo Moreno	8010	25124

1.3 TRANSPORTE

La siguiente definición se ha tomado del diccionario de la real academia de la lengua española y sirve de premisa para entender el concepto del transporte.

El transporte es la acción y efecto de transportar o transportarse, sistema de medios para conducir personas y cosas de un lugar a otro, vehículo dedicado a tal misión.

Como puede verse el término transporte encierra un conjunto de actividades que generan crecimiento, implican integración, intercambio de bienes y desarrollo económico, se puede concluir que la sociedad utiliza el transporte como un servicio para la unión actividades que se llevan a cabo en distintos lugares.

1.3.1 Historia del transporte en Ecuador

Parte muy importante dentro de las civilizaciones antigua y moderna ha sido el transporte, con el pasar del tiempo la sociedad se ha vuelto más compleja, las actividades de los seres humanos se han distribuido en distintos lugares, ha surgido la exigencia de comunicar a las funciones y tareas que se desarrollan indistintamente, nace aquí la repercusión del transporte.

En el Ecuador antes de la llegada de los españoles el principal medio de transporte fue el marítimo, al ser el más oportuno para los puertos naturales que existían en la época, fue el método predilecto para el traslado de mercancías, luego, con la conquista española aparece una preferencia hacia el modo de transporte terrestre, el cual se realizaba mediante una carrosa de gran capacidad remolcada por animales de carga, las carrosas raramente excedían la velocidad de 16 km/h con el gravamen de que no servían como medio de transporte masivo.

Con el pasar del tiempo a nivel mundial se realizaron diversas innovaciones, el transporte terrestre mejoro lentamente, en el año de 1820 el ingeniero británico George Stephenson adaptó un motor de vapor a una locomotora e inventó la locomotora a vapor, en su primera travesía la locomotora arrastró un tren cargado con 600 pasajeros, por una distancia de 35 kilómetros, convirtiéndose en el primer viaje en ferrocarril.

No tardaría mucho tiempo para que este novedoso invento traspase fronteras y se divulgue a través del mundo. Es así que para el año de 1861, con Gabriel García Moreno como presidente de la República del Ecuador es que se da inicio a la historia del ferrocarril en nuestro país, con el aval de la asamblea constituyente se autoriza el contrato de empresas nacionales e internacionales para la construcción de la primera línea férrea. En el año de 1873 se puso al servicio de los habitantes del Ecuador los primeros 91 km de vía que unían Yaguachi con Milagro.

Tendrían que pasar 22 años para que el ferrocarril continuará su evolución, con el triunfo democrático del general Eloy Alfaro en el año de 1895 se continuó el sueño de un medio de transporte eficiente e innovador para la época. El general Alfaro mediante mandato posibilitó el contacto con los técnicos norteamericanos Archer Harman y Edward Morely, representantes de una compañía americana que estaba interesada en construir el "ferrocarril más difícil del mundo" como fue llamado en ese entonces.

El trazado de la línea férrea uniría la sierra con la costa siendo Archer Harman, quien dirigió la obra, comenzó empleando trabajadores indígenas, negros y cuatro mil jamaquinos; todos estos contratados para reforzar la construcción del tramo que atraviesa la provincia de Chimborazo, se iniciaba así una idea descabellada y casi imposible de entender para la época, el ferrocarril Ecuatoriano.

El implacable clima, las mordeduras de serpientes y la fiebre producida por picaduras de mosquitos cobraron la vida de decenas de obreros y produjeron la huida de otros. No era extraño ver como varios cadáveres eran conducidos en plataformas y sepultados en fosas comunes.

Hasta que finalmente el 25 de Junio de 1908 un clavo de oro colocado en el último riel de la estación Chimbacalle selló la obra ferroviaria más grande del Ecuador. El primer tren arribó a la estación inaugurándose oficialmente el tren ecuatoriano.

Sin duda alguna esta innovación del transporte terrestre generó desarrollo e integración en el país y fue la piedra angular para que el transporte continúe su evolución, es así que 13 años después, en el año de 1921 durante la administración del doctor Isidro Ayora se crea el ministerio de obras públicas, ministerio que entre sus principales funciones tiene la construcción, conservación y financiamiento de obras públicas, progreso del comercio y fomento del transporte vial terrestre.

El 9 de julio de 1929, la Asamblea Nacional promulgó la ley en la que consta el Ministerio de obras públicas y comunicaciones como organismo responsable de la ejecución de obras viales en el país. La concentración de la población en grandes ciudades ha supuesto la necesidad de dotar al país de un transporte colectivo eficiente que permita el desarrollo de la vida cotidiana.

El tiempo, el costo y la capacidad del sistema de transporte disponible, tienen vital importancia dentro del desarrollo de una sociedad, las sociedades más desarrolladas se distinguen por poseer un sistema de transporte de calidad, si cierta zona, rural o urbana, desea desarrollarse y prosperar será necesario el planear, estructurar, diseñar, operar y administrar el sistema de transporte.

1.3.2 Marco regulatorio del transporte terrestre en Ecuador

Como toda actividad comercial compuesta, el transporte está constituido por diversos elementos que son; personas, vehículos, lugares, carreteras, agentes de tránsito y peatones. Todos y cada uno de ellos cumplen un rol fundamental dentro de esta compleja actividad, como ya se conoce, para que un sistema trabaje de manera correcta es necesaria la interacción ordenada y eficiente de todos sus elementos, se necesita mantener una estructura organizada que permita establecer con claridad y jerarquía cada una de las funciones que se realizan.

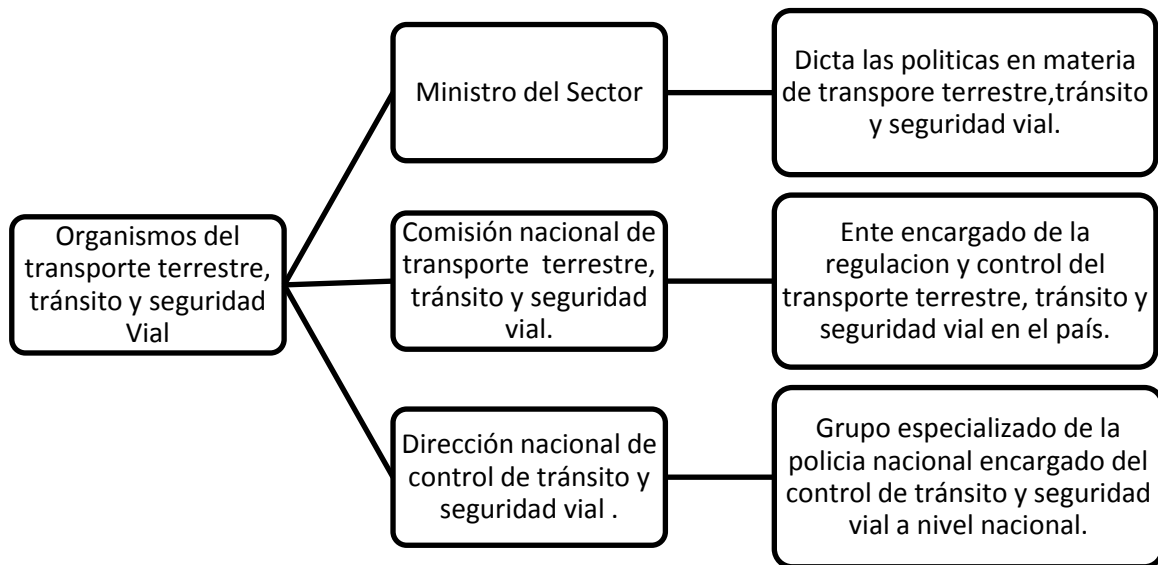
Para que el sistema de transporte se desenvuelva de manera sincronizada con la finalidad de proteger a personas y bienes se creó la ley orgánica de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial.

En el artículo número 12 de la ley orgánica de transporte terrestre y seguridad vial manifiesta que:

La presente ley establece los lineamientos generales, económicos y organizacionales de la movilidad a través del transporte terrestre, tránsito, seguridad vial y sus disposiciones son aplicables en todo el territorio nacional para; el transporte terrestre, acoplados, funiculares, vehículos de actividades recreativas o turísticas, tranvías, metros y otros similares; la conducción y desplazamiento de vehículos a motor , de tracción humana, mecánica o animal; la movilidad peatonal; la conducción o traslado de semovientes y la seguridad vial.

Como se especifica en el artículo anterior está claramente definido que esta ley regulara el transporte a nivel nacional, cada organismo y competencia esta especificada en el Diagrama1.1

Diagrama1.1 Administración del transporte terrestre en Ecuador



1.3.3 Importancia del transporte en la economía del Ecuador

En la historia del desarrollo económico, político y cultural de toda sociedad, los medios de transporte han desempeñado un papel estratégico. Hablar del transporte es, pues, hablar no sólo de una actividad muy compleja, sino más bien de una actividad de vital importancia para el desarrollo de un país, en Ecuador el transporte representa ingresos para la economía, por lo tanto es necesario observar la importancia que presenta el transporte en relación al PIB, como se puede ver en la tabla 1.2.

El servicio de transporte en el año 2010 genera un porcentaje del 3.58% con relación al PIB en la economía nacional.

Tabla 1.5 El transporte con relación al Producto Interno Bruto Ecuatoriano

³ Producto Interno Bruto		
Período	PIB	Transporte y Almacenamiento
Miles de Dólares		
2001	21.270.800	2.128.921
2002	24.717.858	2.166.574
2003	28.409.459	2.512.658
2004	32.645.622	2.639.003
2005(sd)	36.942.384	2.861.705
2006(sd)	41.705.009	3.039.363
2007(p)	45.503.563	3.106.832
2008(p*)	54.208.524	3.306.757
2009(p*)	52.021.861	3.456.176
2010(p*)	57.978.116	3.583.472
Tasas de Variación Anual		
2001	4,76	0,48
2002	3,43	0,08
2003	3,27	1,83
2004	8,82	2,07
2005(sd)	5,74	2,3
2006(sd)	4,75	5,24
2007(p)	2,04	3,08
2008(p*)	7,24	5,45
2009(p*)	0,36	3,69
2010(p*)	3,58	2,52

(S) semidefinitivo

(p) provisional

(p*) provisional calculado a través de la sumatoria de cuentas nacionales terrestres

El producto interno bruto (PIB) se define como el valor total de la producción corriente de todos los bienes y servicios de un país durante un período de tiempo, que por general es de un año, para el cálculo del PIB sólo se tiene en cuenta la producción que se realiza dentro

³ Información proporcionada por el banco central del Ecuador

de las fronteras de la nación, sin importar si ésta producción fue realizada por personas o empresas nacionales o extranjeras.

1.3.3.1 Formula para calcular el P.I.B

La fórmula más sencilla y común para el cálculo del PIB es la que se detalla en la ecuación 1.1:

$$PIB = C + I + G + X - M$$

(Ecuación 1.1)

De donde:

C= es el valor total del consumo nacional.

I= es la formación bruta de capital o también conocida como Inversión.

G= el gasto público.

X= es el valor total de las exportaciones.

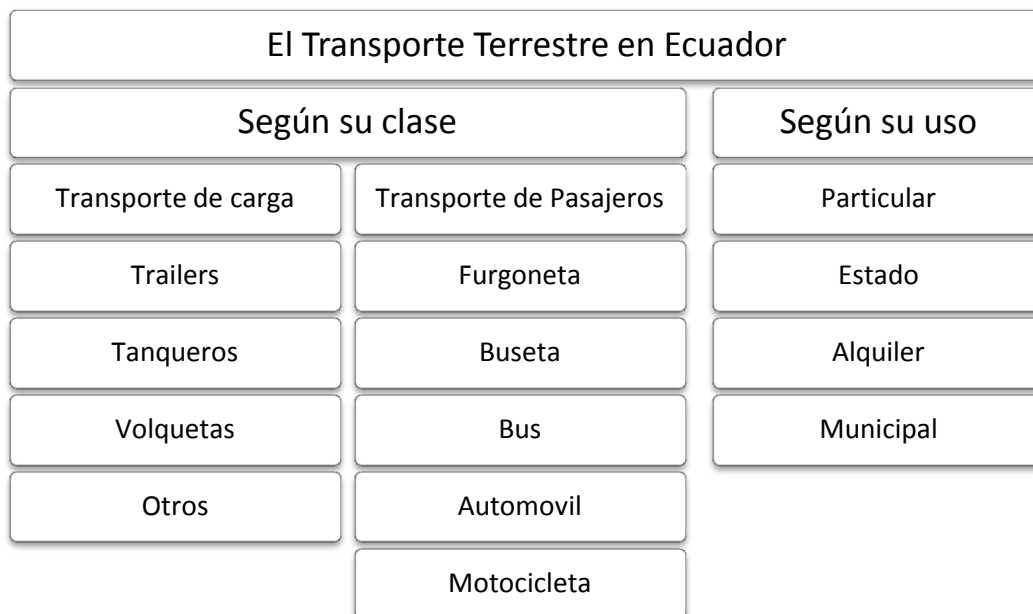
M= el volumen o valor de las importaciones.

1.4 CLASIFICACION DEL TRANSPORTE EN ECUADOR

En la actualidad el medio de transporte terrestre es, sin duda alguna, el de preferencia para los ecuatorianos, a pesar de su lenta evolución ha servido como medio de integración para las diversas regiones que poseemos en nuestra nación.

A través de montañas rocosas, grandes elevaciones naturales y frondosas selvas el transporte terrestre ha venido forjando camino. Para nuestro estudio hemos clasificado al transporte terrestre como se muestra en el diagrama 1.2

Diagrama 1.2 Clasificación del transporte terrestre en el Ecuador



1.4.1 Definiciones

Transporte de carga: Medio de transporte que utiliza vehículos motorizados pesados a través de una red vial terrestre, sirve para el traslado de mercancías de gran tamaño.

Vehículos pesados: Aquellos vehículos cuyo peso neto es mayor a 3500 kg.

Transporte de pasajeros: Actividad de trasladar personas de un lugar a otro en un vehículo motorizado utilizando una red vial terrestre

Furgoneta: Vehículo liviano con carrocería cerrada, generalmente posee de 8 a 16 plazas de capacidad, destinado al traslado de personas.

Buseta: Vehículo destinado al traslado de personas, con mayor capacidad que una furgoneta, su capacidad varía de 17 a 28 plazas, posee carrocería cerrada.

Bus: Tipo de transporte de utilización frecuente en el traslado de personas desde un lugar a otro.

Automóvil: Vehículo autopropulsado, guiado por un conductor a través de un sistema vial terrestre.

Motocicleta: Vehículo de dos ruedas impulsado por un motor, de menor proporción que un automóvil, permite mayor rapidez y movilidad dentro de un sistema vial.

Vehículo particular: Son vehículos que por sus características son utilizados a criterio e individualidad de cada propietario.

Vehículos del estado: Automotores en los cuales su utilización está normalizada estrictamente por una función gubernamental.

Vehículos de alquiler: Automotores de uso particular, su uso se regula mediante un pago por un tiempo y precio determinado.

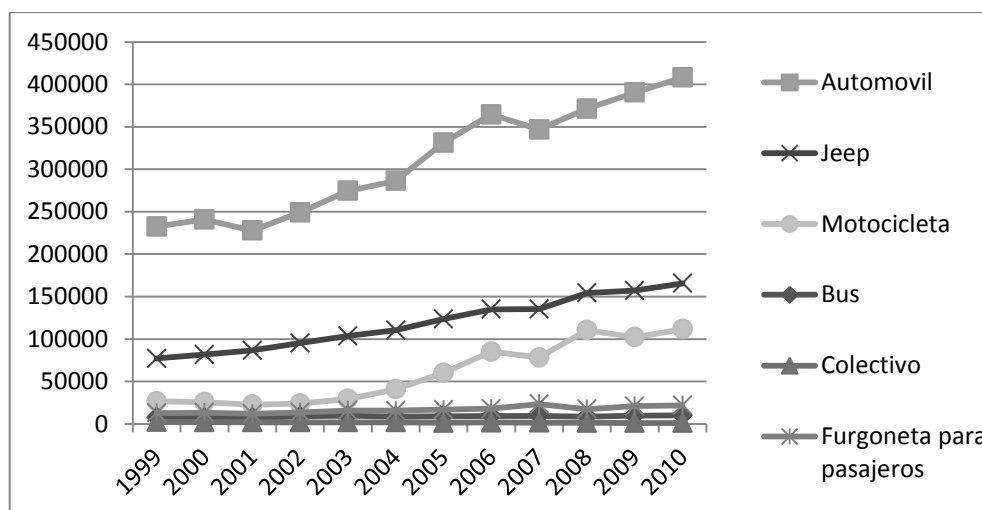
1.5 PARQUE AUTOMOTOR ECUATORIANO

Desde el año de 1999 el parque automotor Ecuatoriano ha incrementado significativamente, de acuerdo a la información otorgada por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) el 66% de Vehículos motorizados matriculados se destinan al transporte de pasajeros en el año del 2010, la tabla 1.6 nos muestra la información cronológica acerca del número de vehículos desde 1999 hasta el 2010 con respecto a la población ecuatoriana así como también su segmentación.

Tabla No 1.6 Vehículos matriculados en relación con la población Ecuatoriana

Vehículos Matriculados por clase											
Año	Automóvil	Bus	Colectivo	Jeep	Furgoneta para Pasajeros	Motocicleta	Vehículos transporte pasajeros	Vehículos transporte carga	Transporte de pasajeros + transporte de carga	Vehículos matriculados de uso particular	Población Ecuatoriana
1999	232431	7542	2375	77106	12818	26641	358913	266011	624924	592252	12120984
2000	240820	7094	2089	81628	13098	25711	370440	275600	646040	617116	12298745
2001	227736	7096	1866	86623	11905	22574	357800	263381	621181	594206	12479924
2002	249097	8795	1871	95152	13511	23911	392337	270894	663231	624466	12660727
2003	274599	9572	1836	103530	15751	29385	434673	288503	723176	679548	12842576
2004	286298	8614	1874	110285	15565	40645	463281	300805	760486	726867	13026890
2005	331321	9120	1229	123471	16728	60144	542013	325653	867666	827166	13215089
2006	364540	9470	1694	134991	17880	85001	613576	347980	961556	915089	13408270
2007	346718	9446	1479	135248	23431	78323	594645	325552	920197	873697	13605486
2008	371241	8611	1270	154283	17389	110489	663283	325756	989039	953199	13805092
2009	390246	9802	1193	157015	20901	102116	681272	355007	1029850	942072	13961410
2010	408021	10032	1090	165521	21827	111540	718031	364143	1075621	977069	14483499

Figura 1.1 Evolución del transporte en el Ecuador por clase de vehículos



La figura 1.1 indica cómo año tras año el número de vehículos ha incrementado, es así que para el año 2010 se ha duplicado la cantidad de automotores que circulan a nivel nacional con respecto a las unidades que circulaban en el año de 1991.

1.5.1 Parque automotor ecuatoriano dividido por provincias

Las provincias que poseen la mayor cantidad de vehículos motorizados a nivel nacional son las provincias de Pichincha, Guayas y Azuay, las 3 provincias mencionadas actualmente están consideradas entre las más importantes del país.

Tabla 1.7 Parque automotor región sierra

Año	Pichincha	Tungurahua	Imbabura	Loja	Azuay	Bolívar	Cañar	Carchi	Chimborazo	Cotopaxi	Santo Domingo
2005	301558	42528	21989	19844	71172	5607	15235	10290	22155	21103	-
2006	306007	48665	25179	22961	80084	6246	22266	11251	22942	24705	-
2007	290068	46206	23997	19849	73405	6060	17174	11178	21611	21604	-
2008	282855	50356	26593	21712	80695	7285	18769	12023	23524	25591	27416
2009	317334	57018	29356	24504	88893	7524	20820	11057	25460	27942	-
2010	327596	60394	31091	25745	93836	7998	21649	11130	26494	29684	-

Tabla 1.8 Parque automotor región costa

Año	El Oro	Guayas	Manabí	Esmeraldas	Los Ríos	Santa Elena
2005	24615	212709	42355	9182	32911	-
2006	31221	235737	50861	10529	42466	-
2007	25152	253003	49238	9803	34932	-
2008	28618	244174	61522	10876	45192	4671
2009	30307	255664	59506	12086	46255	-
2010	31590	265666	63024	12913	49624	-

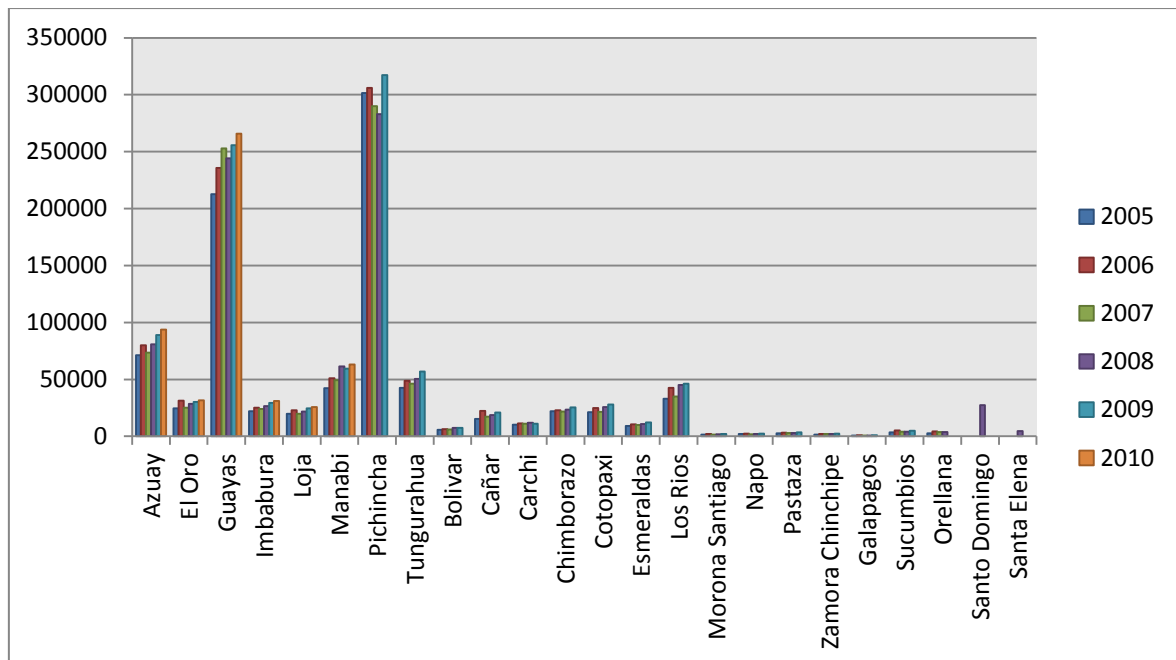
Tabla 1.9 Parque automotor región amazónica

Año	Napo	Pastaza	Zamora Chinchipe	Sucumbíos	Orellana	Morona Santiago
2005	2012	2518	1590	3411	2706	1645
2006	2267	3329	2186	5264	4351	2205
2007	1827	2942	2144	3983	3648	1643
2008	2006	2797	2129	3917	3776	1822
2009	2369	3498	2371	4838	-	2144
2010	2516	3736	2536	5175	-	2253

Tabla 1.10 Parque automotor región insular

Año	Galápagos
2005	531
2006	834
2007	730
2008	720
2009	904
2010	972

Figura 1.2 Parque automotor matriculado a nivel nacional en el período 2005-2010



Las provincias de Pichincha y Guayas son las que tienen mayor número de vehículos, paralelamente son las provincias que más población poseen en el periodo 2005- 2010, una consecuencia del incremento anual del parque automotor son los problemas de congestión y movilidad que enfrentan día tras día sus habitantes.

1.6 Ventas en el sector automotriz

El sector automotriz tiene un papel de vital importancia dentro de la economía del Ecuador, su desarrollo está relacionado con el transporte de personas y mercancías para la producción de distintas actividades, generando así puestos de trabajo e ingresos fiscales al país.

Es importante tomar en cuenta que el sector automotriz no sólo corresponde a la venta de vehículos nuevos, también esta vinculado a la actividad de los talleres, venta de llantas, venta de lubricantes, seguros, dispositivos de rastreo, venta de combustibles, etc.

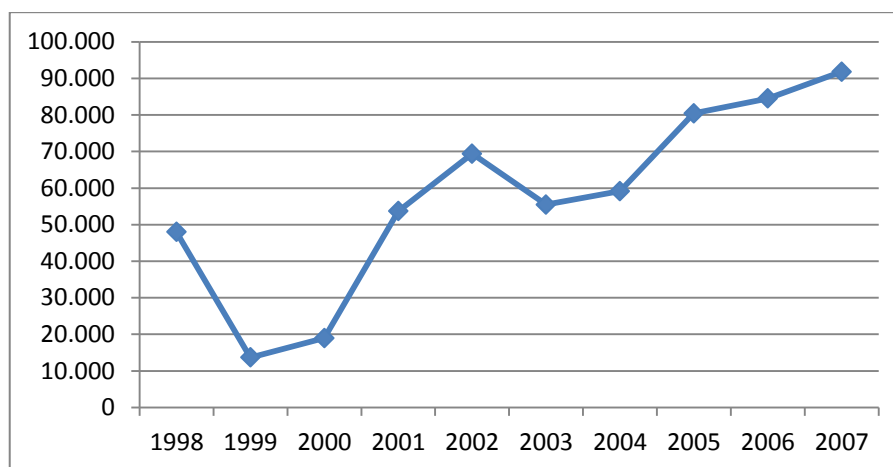
1.6.1 Ventas de vehículos a nivel nacional

La actividad automotriz aporta en gran medida a la economía del país, en el año del 2007 apporto al fisco con alrededor de 400 millones de dólares por concepto de impuestos, tasas y aranceles. Según cifras del SRI, en cuanto a impuestos, la matrícula de los vehículos motorizados recaudó alrededor de \$74´356.000, un crecimiento del 6.9% respecto al 2006. En la siguiente tabla se demuestra el volumen de ventas anuales desde el año de 1998 hasta el año 2007.

Tabla 1.11 Ventas anuales a nivel nacional período 1998-2007

Año	Total
1998	47.985
1999	13.672
2000	18.983
2001	53.673
2002	69.372
2003	55.456
2004	59.151
2005	80.410
2006	84.505
2007	91.778

Figura 1.3 Ventas anuales a nivel nacional periodo 1998-2007



Como se observa en la figura 1.3 a finales de los años 90, las ventas de automóviles disminuyen, debido a la crisis que enfrentó la población ecuatoriana, diversos factores influyen en la disminución de ventas, entre los más destacados se encuentran el fenómeno del Niño de 1998 y la caída de los precios del petróleo de 1998-1999. Entre 1999 y el año 2000 el sistema financiero se vio afectado por el cierre de más de la mitad de los bancos del país, afectando directamente a la industria automotriz.

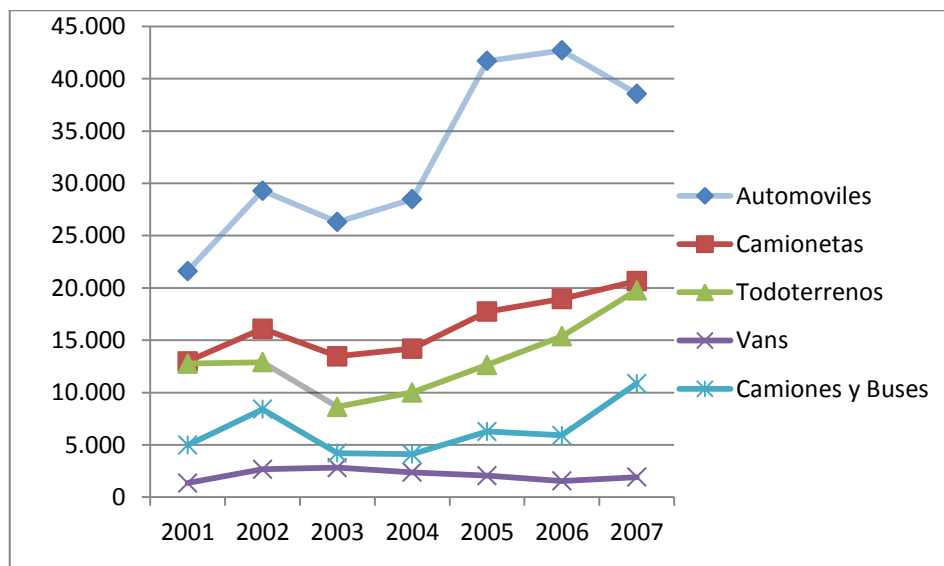
1.6.2 Ventas nacionales segmentadas por tipo de vehículo

De acuerdo a los datos estadísticos proporcionados por la asociación de empresas automotrices del Ecuador (AEDE), podemos observar que; los automóviles, son el segmento de vehículo preferido para los habitantes del Ecuador a nivel nacional, como se nota en la tabla 1.12, las ventas a partir del año 2001 aumentan año tras año, el sector automotor incrementa su demanda .

Tabla 1.12 Ventas segmentadas por tipo de automotor período 2001-2007

Ventas Nacionales anuales segmentadas por tipo de vehículo						
Año	Automóviles	Camionetas	Todo Terreno	Vans	Camiones y Buses	Total
2001	21.616	12.973	12.762	1.349	4.973	53.673
2002	29.296	16.103	12.910	2.664	8.399	69.372
2003	26.313	13.472	8.639	2.813	4.219	55.456
2004	28.474	14.198	10.009	2.372	4.098	59.151
2005	41.695	17.734	12.647	2.054	6.280	80.410
2006	42.710	18.940	15.384	1.555	5.916	84.505
2007	38.565	20.660	19.769	1.917	10.867	91.778

Figura 1.4 Ventas segmentadas por tipo de vehículo período 2001-2007



CAPITULO 2

EL TRANSITO EN LA CIUDAD DE QUITO

2.1 HISTORIA DE LA FUNDACION DE LA CIUDAD

La historia de Quito se remonta a los primeros habitantes que poblaron las regiones orientales de la ciudad, en el sector del Inga alrededor del año 1030. La historiografía comienza sus relatos a partir del período formativo con la llegada de los Caras y su mezcla con los antiguos Quitus.

Más adelante con la llegada de los Incas, Quito se convertiría en el eje más importante de la zona norte del Tahuantinsuyo y la segunda capital de imperio Inca. Uno de los capítulos más controversiales en la historia de la ciudad es el relacionado con el Reino de Quito, se habla de un reino casi mítico conformado por las etnias Quitu y Caras.

Para los Incas, esta región parece haber tenido una importancia trascendental. La geografía de la ciudad era diferente a la actual. Las investigaciones revelan que gran parte de la zona que hoy ocupa el centro histórico fue ocupada en tiempo del incario. Hacia el norte se encontraba la laguna de Iñaquito y hacia el sur la laguna de Turubamba. De la montaña sagrada descendían numerosas quebradas, muchas de las cuales alimentaban a la población con sus manantiales y chorreras.

La fundación definitiva de lo que hoy conocemos como Distrito Metropolitano de Quito no ocurriría sino hasta la llegada de los conquistadores Españoles.

El 15 de Agosto de 1534, Diego de Almagro, urgido por el tiempo, realiza la primera fundación de la ciudad atribuyéndole el nombre de; Santiago del Quito, esta se realizó en las planicies de lo que hoy conocemos como la ciudad de Riobamba. De ésta manera, tomó

posesión de las tierras para la jurisdicción de Francisco Pizarro, días después, en el mismo sitio que Diego de Almagro fundó la ciudad de Santiago del Quito, ocurrió lo que varios historiadores llaman la fundación a distancia de San Francisco de Quito.

Después de tres meses y días del ceremonial a cargo de Don Diego de Almagro, en las inmediaciones de Riobamba, el teniente gobernador Sebastián de Benalcázar confirmó y ejecutó la fundación de San Francisco de Quito sobre las ruinas que sobraban de la antigua ciudad Inca. Aquello fue el domingo 6 de Diciembre de 1534, al practicarse el acto, se ratificó a las autoridades del nuevo Cabildo, compuesta por regidores y alcaldes. Por ello los estudiosos dicen, que de forma, Sebastián de Benalcázar fue el auténtico ejecutor e instalador de la Villa de San Francisco de Quito.

2.2 Ubicación Geográfica

Quito es una ciudad excepcional por su historia y su posición geográfica. Por su historia, ya que a más de ser la capital de la República del Ecuador, es cabecera del Distrito Metropolitano de Quito (el mapa 2.1 se muestra la ubicación del Distrito Metropolitano de Quito, incluida la ciudad de Quito) y por su posición geográfica, fue escenario de intensas jornadas de lucha por la independencia latinoamericana que le hicieron merecedora del calificativo “Quito, Luz de América”. Además, Quito conserva su centro histórico como una prueba de su trayectoria artística y cultural, que durante la colonia conformo la denominada “Escuela Quiteña” rica en escultura, arquitectura y pintura religiosa.

Mapa 2.1 Ubicación del Distrito Metropolitano



La ciudad también es privilegiada por su ubicación geográfica, se encuentra localizada en la mitad de mundo, sobre la hoya de Guayllabamba, se sitúa en las faldas orientales del volcán Pichincha, aproximadamente en las coordenadas $0^{\circ}15'0''S$ $78^{\circ}35'24''O$ y su altitud promedio es de 2850 m.s.n.m, es la capital con más altura en todo el mundo, comprende una superficie de 366.6 km^2 ¹.

Actualmente, Quito posee un paisaje encerrado, dividido en el centro por el cerro del Panecillo, al este por las lomas de Puengasí, Guanguiltagua e Itchimbía y al oeste por la cordillera de los Andes, esta cordillera encierra a la ciudad con sus tres diferentes elevaciones, Guagua Pichincha, Rucu Pichincha y Cóndor Guachana. Exigida por estos accidentes demográficos, la ciudad se ha desarrollado de manera alargada, su ancho no supera los 4 km.

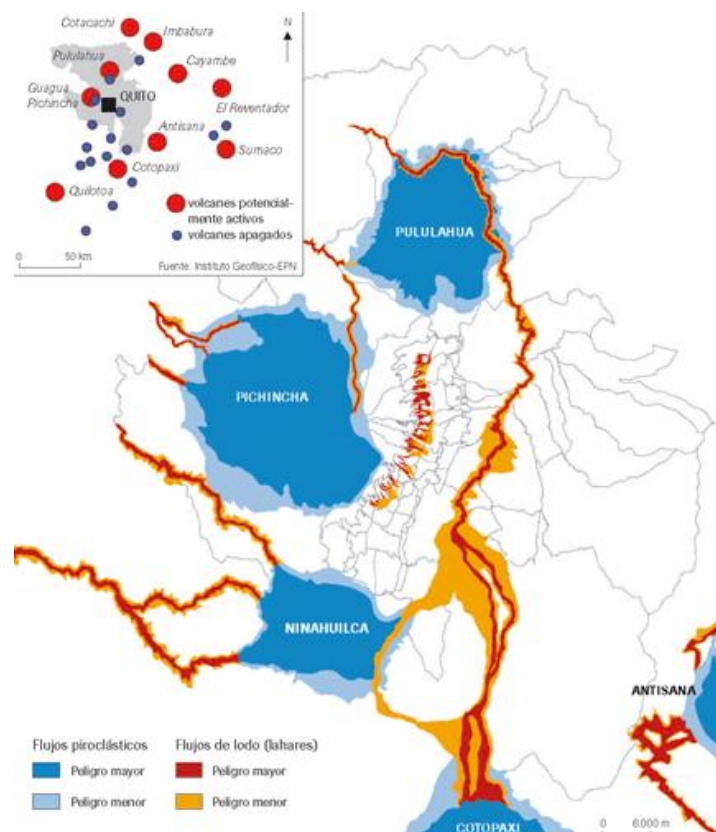
¹ Información proporcionada por el INEC

Según el ultimo censo la población de la ciudad de Quito es de 2'239.191² habitantes, cuenta con una importante infraestructura de servicios, una cultura productiva, sectores económicos dinámicos y es un núcleo de servicios financieros, todos estos factores la convierten en el principal polo de desarrollo industrial andino del Ecuador.

2.2.1 Actividad Volcánica

El Distrito Metropolitano de Quito se encuentra permanentemente amenazado por doce volcanes activos, de los cuales el Pichincha, Pululahua y Cotopaxi son los de mayor peligrosidad. A través de la historia, estos volcanes destruyeron parcialmente la ciudad y el área metropolitana. En el mapa 2.2 se observan los volcanes que representan mayor amenaza para el Distrito Metropolitano.

Mapa 2.2 Amenaza volcánica que enfrenta la ciudad de Quito



² Tomado del censo poblacional realizado por el INEC año 2010

- a) Volcán Pichincha: comúnmente llamado Guagua Pichincha, de 4.794 m.s.n.m. La última erupción destructiva ocurrió en 1660. La recurrencia eruptiva del volcán está entre 350 y 500 años.
- b) Volcán Cotopaxi: Este es uno de los volcanes más peligrosos del Ecuador, de 6.000 m.s.n.m., con casquetes de hielo desde los 4.800 m.s.n.m. La última erupción destructiva ocurrió en 1877. La recurrencia eruptiva del volcán es de 100 años, sus erupciones han causado la desaparición de grandes poblaciones, un peligro potencial es el de los lahares del volcán, comúnmente conocidos como autopistas de lodo.
- c) Volcán Pululahua: con una altitud de 2.800 m.s.n.m., tiene una caldera de 5 km en forma. Su última erupción ocurrió hace 2.325 años, se ha calculado una recurrencia de 2.000 años para este volcán. En una futura erupción, las poblaciones de San Antonio de Pichincha, Calacalí, Pomasqui y el norte de Quito podrán ser afectadas por acumulaciones de material piroclástico.

Otra amenaza potencial que enfrenta la ciudad de Quito esta relacionada con la actividad sísmica. Los habitantes de Quito no se encuentran preparados para enfrentar un fenómeno natural de esta magnitud.

2.2.2 Sismos

La falla geológica que separa Quito y los Valles (Cumbaya, Tumbaco y los Chillos) convierten a esta ciudad en una zona vulnerable a los movimientos sísmicos. Un ejemplo de esto es el paisaje accidentado que posee Quito, este paisaje se originó debido a los movimientos telúricos registrados en el periodo cuaternario.

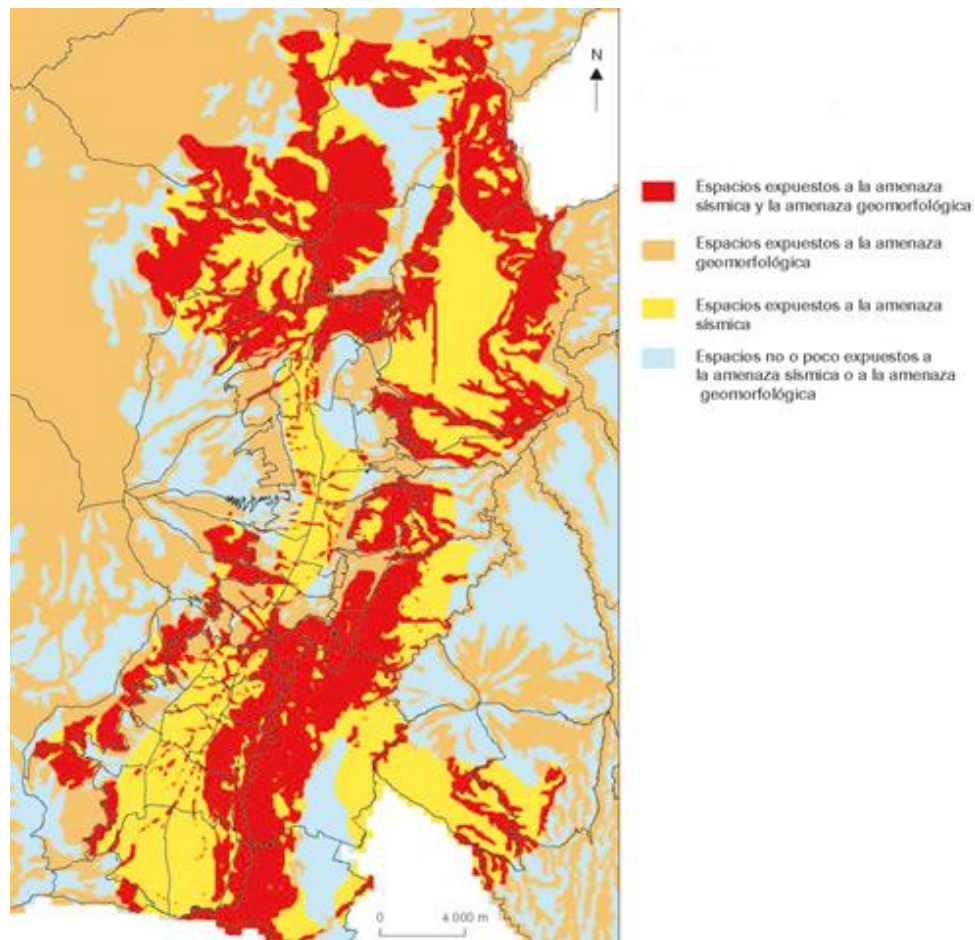
La dimensión de Quito ha aumentado cerca de 40 veces entre los años de 1880 y 1980; la topografía donde se encuentra, ha obligado que la ciudad tenga un crecimiento longitudinal, obligando también a la construcción de viviendas asentadas en fuertes pendientes, su crecimiento obligó al relleno del drenaje de las quebradas para ganar espacio.

Las primeras quebradas rellenadas en el centro desde la época colonial son; la de Manosalvas, que evacuaba las aguas de las quebradas de El Tejar y el Cebollar, así como la quebrada de la Marín, que drenaba la vertiente occidental del Itchimbia y de la zona de la Alameda.

A pesar de que la mayoría de suelos en los que se asienta el centro histórico son buenos y duros (tipo cangahua), esos rellenos están mal elaborados y presentan suelos blandos, muy vulnerables a los movimientos telúricos.

El 70 % de las edificaciones del centro histórico utiliza como material básico el adobe, el cual tiene una consistencia blanda por lo que cualquier evento sísmico con energía lo afecta directamente. Los resultados son derrumbes y destrucción de paredes, techos, caos las comunicaciones y el tránsito. En el mapa 2.3 observamos la zonificación de la amenaza sísmica.

Mapa 2.3 Zonas de amenaza sísmica en la ciudad de Quito



2.3 DISTRIBUCION POLITICA

Quito se diferencia de otras ciudades del Ecuador porque forma parte de un área metropolitana cuyo nombre oficial es el de Distrito Metropolitano de Quito, según decreto en la sala de sesiones del congreso nacional el 11 de Noviembre de 1993, se establece que Quito, capital de la República del Ecuador es Distrito Metropolitano.

Se denomina Distrito Metropolitano al espacio urbano que contiene a una gran ciudad y a una serie de pequeñas ciudades asentadas alrededor de la metrópolis. La finalidad de establecer un área metropolitana es obtener un mejor manejo de los recursos entre la gran

ciudad y las localidades periféricas. Las ciudades que se encuentran alrededor de la gran urbe, dependen de ésta en el aspecto económico, industrial, cultural y social. Es muy usual que la gente de las pequeñas ciudades trabaje todo el día en la metrópolis y luego por la noche vaya a descansar a su residencia en la ciudad aledaña, la zona metropolitana, ante todo, vela por el bienestar de la gran ciudad y de las ciudades aledañas.

2.3.1 Parroquias

El Distrito Metropolitano de Quito está constituido por 64 parroquias, a su vez estas se subdividen en 31 parroquias urbanas y 33 rurales, las parroquias con su debida segmentación se detallan en la tabla 2.1

La parroquia se define como la menor división política del territorio nacional, hay dos clases de parroquias: las parroquias urbanas y las parroquias rurales.

Las parroquias urbanas son las situadas dentro de los límites de la ciudad, el mapa 2.4 muestra las parroquias urbanas que forman parte del Distrito Metropolitano de Quito, las parroquias localizadas cerca del campo se llaman rurales, el mapa 2.5 muestra la segmentación de las parroquias rurales.

Tabla 2.1 Parroquias que constituyen el Distrito Metropolitano de Quito

Parroquias Urbanas	Parroquias Rurales
1. La Argelia	1. Alangasí
2. Belisario Quevedo	2. Amaguaña
3. Carcelén	3. Atahualpa
4. Centro Histórico	4. Calacalí
5. Chilibulo	5. Calderón
6. Chillogallo	6. Chavezpamba
7. Chimbacalle	7. Checa
8. Cochapamba	8. Conocoto
9. Comité del Pueblo	9. Cumbayá
10. Concepción	10. Gualea
11. Cotocollao	11. Guangopolo
12. La Ecuatoriana	12. Guayllabamba
13. La Ferroviaria	13. Llano Chico
14. Guamaní	14. Lloa
15. El Inca	15. La Merced
16. Iñaquito	16. Nanegal
17. Itchimbía	17. Nanegalito
18. Jipijapa	18. Nayón
19. Keneddy	19- Nono
20. La Libertad	20. Pacto
21. La Magdalena	21. Perucho
22. Mariscal Sucre	22. Pifo
23. La Mena	23. Píntag
24. Ponceano	24. Pomasqui
25. Puengasí	25. Puéllaro
26. Quitumbe	26. Puembo
27. Rumipamba	27. El Quinche
28. San Juan	28. San Antonio
29. San Bartolo	29. Minas
30. Solanda	30. Tababela
31. Turubamba	31. Tumbaco
	32. Yaruqui
	33. Zámbiza





2.4 GESTION DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

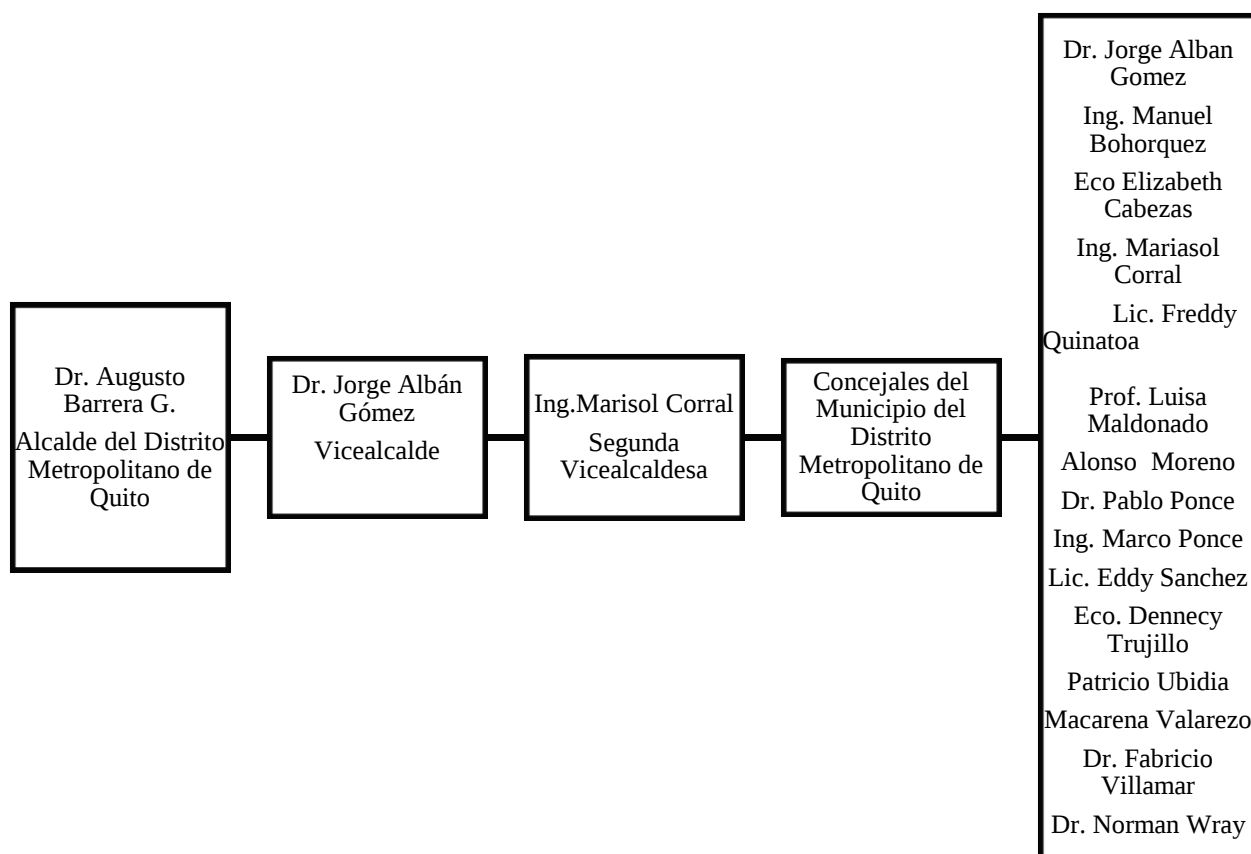
En la actual Constitución de la República aprobada por consulta popular en el año 2008, el Artículo No. 254 de la Quinta sección correspondiente a la organización territorial del estado, expresa: Cada distrito metropolitano autónomo tendrá un concejo elegido por votación popular. La alcaldesa o alcalde metropolitano será su máxima autoridad administrativa y presidirá el concejo con voto dirimente. Los distritos metropolitanos autónomos establecerán regímenes que permitan su funcionamiento descentralizado o desconcentrado.

La administración de la ciudad se ejerce a través del Concejo Metropolitano, que actualmente está encabezado por el alcalde Dr. Augusto Barrera quien fue posesionado el 31 de Julio del año 2009, el vicealcalde Dr. Jorge Albán Gómez, la segunda vicealcaldesa

Ing. Marisol Corral, además de 15 concejales. Esta estructura se observa en el diagrama 2.1.

Algunas, las principales competencias que tiene a cargo el Concejo Metropolitano son; orden urbanístico de la ciudad, promoción cultural, prestación de servicios públicos, las disposiciones tributarias, del uso de los bienes públicos, la aprobación del presupuesto general de la ciudad, la fijación de los límites urbanos y la reglamentación del transporte público y privado.

Diagrama 2.1 Estructura organizacional del concejo metropolitano de Quito



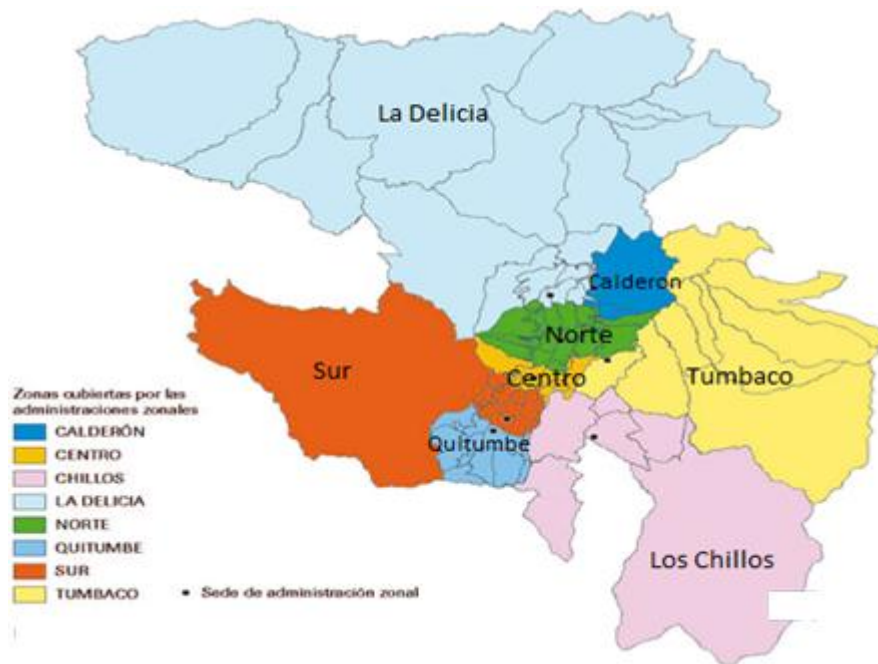
Los concejales del Cabildo quiteño, además de integrar las comisiones permanentes, deben cumplir con las delegaciones a empresas metropolitanas, corporaciones y demás instituciones que funcionan en la capital, dentro de las funciones pertenecientes al concejo metropolitano está la de regular el servicio de transporte dentro del Distrito Metropolitano de Quito.

2.4.1 Administraciones Zonales

Las ciudades aledañas son administradas a través de administraciones zonales, la función principal de estas administraciones es la de descentralizar los organismos institucionales, así como también mejorar la participación ciudadana dentro de su jurisdicción. Cada administración zonal es dirigida por un administrador zonal designado por el alcalde, el cual es responsable de ejecutar las competencias de la urbe en su sector. Actualmente

existen ocho zonas distritales como se muestra en el mapa 2.6, estas administraciones zonales abarcan todo el territorio del distrito.

Mapa 2.6: Administraciones Zonales del Distrito Metropolitano de Quito



2.5 TRANSPORTE TERRESTRE EN LA CIUDAD DE QUITO

La ley de orgánica de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial es la encargada de la organización, planificación, regulación y control del transporte terrestre en la red vial del territorio ecuatoriano, por lo tanto, el concejo metropolitano del distrito metropolitano de Quito se acoge a sus estatutos.

La municipalidad de Quito organizará el transporte terrestre dentro de su territorio y para esto se ha implementado una estructura funcional de la administración del transporte

Dentro de las funciones que el Municipio de Quito tiene a cargo encontramos:

1. Planificar, regular y controlar el uso de la vía pública en áreas urbanas y en las parroquias rurales del cantón.
2. Planificar y ejecutar las actividades de control del transporte terrestre, tránsito y seguridad vial que le correspondan en el ámbito de su jurisdicción, con sujeción a las regulaciones emitidas por los organismos de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial;
3. Determinar la construcción de terminales terrestres, centros de transferencia de mercadería, alimentos y trazado de vías rápidas, trolebús, metro vía u otras.
4. Decidir sobre las vías internas de su ciudad y sus accesos, interactuando las decisiones con las autoridades de tránsito.

2.5.1 Administración del transporte terrestre en la ciudad de Quito

La administración del transporte terrestre en el Distrito Metropolitano de Quito, parte de la administración del Concejo Metropolitano siendo este la máxima autoridad, seguida por alcalde de la ciudad, en la estructura funcional encontramos a la secretaria de la movilidad dirigida por Carlos Páez Pérez quien ejerce las funciones de secretario de movilidad.

2.6 SITUACION ACTUAL DEL TRANSPORTE TERRESTRE EN LA CIUDAD DE QUITO

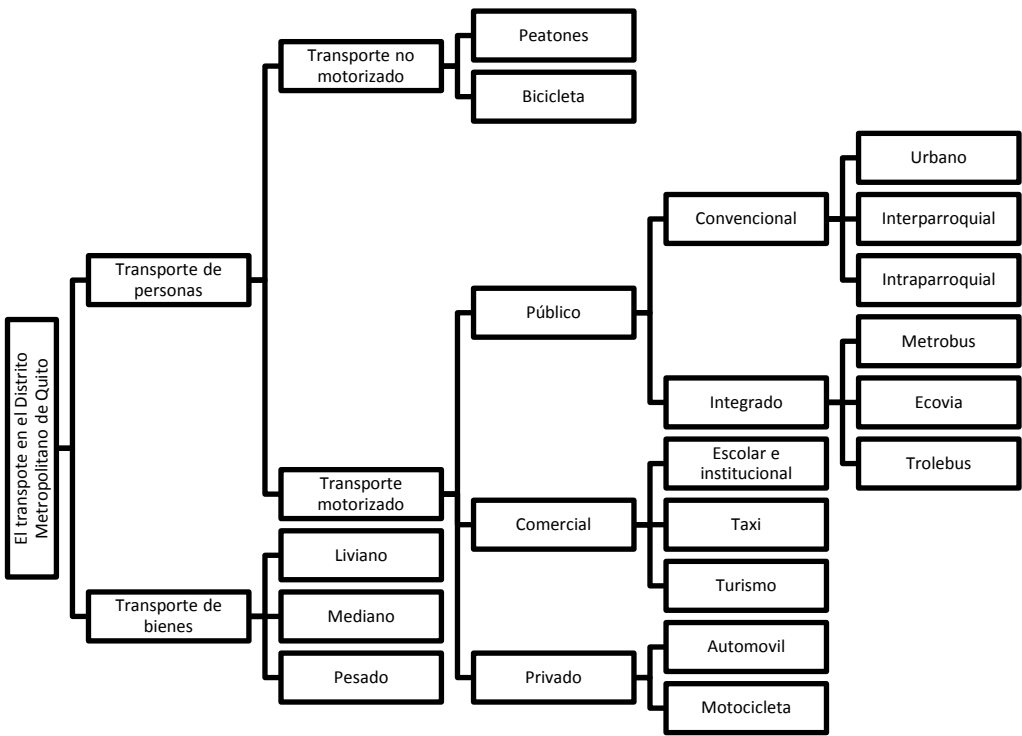
La ciudad de Quito históricamente ha sido un centro de comercialización, distribución y producción, la producción de una metrópoli o ciudad se encuentra vinculada al servicio de transporte, en la ciudad de Quito el servicio de transporte se ha vuelto trascendental para el desarrollo de actividades por parte de sus habitantes, es de suma importancia el

conocimiento de la situación actual del transporte terrestre. Para dar a conocer la situación actual del transporte en la ciudad se expone una clasificación general.

2.7 CLASIFICACION DEL TRANSPORTE TERRESTRE EN QUITO

La movilización de personas se produce mediante el uso de distintas formas o modos de transporte, por esta razón el municipio de la ciudad de Quito ha implementado varias maneras que permitan a sus habitantes trasladarse de un lugar a otro, en el diagrama 2.2 podemos apreciar la clasificación del transporte terrestre en la ciudad de Quito.

Diagrama 2.2 Clasificación del transporte en la ciudad de Quito



2.7.1 Transporte de personas

La movilización de personas se produce mediante el uso de distintas formas de transporte que pueden estructurarse como sistemas. Los sistemas de movilización públicos con los

que cuenta la ciudad de Quito tienen una tendencia desfavorable con relación al transporte privado.

2.7.1.1 Transporte no motorizado

La ciudad de Quito ha sido proyectada y diseñada en su mayoría para la circulación de vehículos. El modelo urbano de la ciudad junto con su parque automotor perjudican el desarrollo del sistema de transporte no motorizado, con la expansión que ha sufrido la ciudad de Quito las distancias de viaje son cada vez más extensas, si a esto le sumamos la topografía de la ciudad, la falta de respeto al ciclista y la falta de consideración al peatón podemos afirmar que el transporte no motorizado tiene poca trascendencia en la ciudad. Según la encuesta de movilidad realizada el año 2011, el número de viajes no motorizados (a pie y bicicleta) representan el 15.63 % de desplazamientos totales que se realizan en la ciudad.

2.7.1.1.1 Ciclovías

A partir del año 2003 se inauguró el ciclopaseo con la finalidad de incentivar en la ciudadanía el uso de la bicicleta. Los ciclos paseos se realizan todos los días domingos con un promedio de 40.000 participantes. El ciclopaseo fue el precedente para que en la ciudad se construya una red de ciclovías denominada Ciclo Q, en su etapa inicial contó con 46 km.

En septiembre de 2007 se construyó la segunda fase de la Ciclovía, a diferencia de la primera fase, en esta etapa se generó una vía exclusiva y segura para ciclistas.

El recorrido completo de esta segunda fase inicia en la estación la Y del trole, luego avanza por el parque isla Tortuga, isla San Cristóbal, calle Japón, para conectar con el puente Ciclopeatonal sobre Av. Naciones Unidas, parque la Carolina, Av. Eloy Alfaro, Av. Amazonas hasta la Av. Patria para finalmente realizar la conexión con el Parque El Ejido.

Hoy en día se ha implementado la cicloruta de las universidades que arranca en la intersección de la avenida 10 de Agosto y Veintimilla, su trayecto recorre las calles; Pedro Valdivia, Carrión, Av. 12 de Octubre, e ingresa a la Mena Camaño hasta la calle Isabela Católica.

En cuanto a la infraestructura para desplazamientos peatonales, hay poco desarrollo, las zonas peatonales han sido reducidas para dar prioridad a los automóviles, el uso de las aceras se complica en muchos sectores de la ciudad por su mal estado. Este aspecto ha sido el que menos atención ha recibido por parte de la municipalidad de Quito.

2.7.1.2 Transporte motorizado

Podemos definir al transporte motorizado como el medio que utiliza vehículos de autopropulsión para transportar personas o bienes de un lugar a otro.

Según la encuesta desarrollada por el municipio de Quito a través del consultor José Javier Muruzabal realizada entre los periodos enero y marzo del 2011, la cifra total de viajes que se realizan en un día en el Distrito Metropolitano de Quito corresponde a 4'271.565 viajes, de los cuales 3'603.609 son motorizados lo que corresponde al 84.36%. De los 3'603.609 de viajes motorizados la cifra de 2'629.058 (73 %) se realizan en transportación pública mientras que 974.550 (27%) se realizan en transporte privado.

2.7.1.2.1 Transporte Público

El transporte público comprende los medios de transporte en que los pasajeros no son los propietarios de los mismos, siendo servidos por terceros. Los servicios de transporte público pueden ser suministrados tanto por empresas públicas como privadas. La oferta

actual del transporte público, está organizada por dos sistemas: el convencional urbano, en donde se incluye el transporte interparroquial e intraparroquial y el sistema de transporte público integrado.

2.7.1.2.1.1 Transporte Público convencional urbano

El transporte público convencional urbano en la ciudad de Quito sirve para comunicar y transportar a todos los habitantes que residen dentro de la ciudad. Este sistema se caracteriza por ser desarticulado e ineficiente, sometido a restricciones de accesibilidad.

El servicio es prestado a los habitantes de la ciudad en inadecuadas condiciones de confort, el tiempo de viaje de los usuarios del transporte público se incrementa innecesariamente porque existe un bajo promedio de velocidad de circulación, aproximadamente 12 km/h, mientras que el promedio de circulación mientras recomendado es de 18 km/h.

Esta diferencia entre la velocidad real y la velocidad deseada es muy difícil de superar ya que corresponde a problemas de congestión vehicular.

Los horarios de funcionamiento de las rutas son irregulares, el que estos horarios se cumplan depende exclusivamente de la voluntad de las operadoras y conductores, tan solo el 24% de las rutas del sistema cumplen el horario obligatorio de 17 horas diarias de trabajo. En la tabla 2.2 encontramos la composición del transporte convencional urbano.

Tabla 2.2 Composición del transporte publico convencional

	Flota	Rutas	Operadoras
Buses urbanos convencionales	1.936	147	47
Buses interparroquiales	361	28	13
Buses intraparroquiales	35	7	3
Total	2.332	182	61

2.7.1.2.1.2 Transporte público integrado

El sistema de transporte público integrado en la ciudad está compuesto por sistemas BRT (Bus Rapid Transit), actualmente la ciudad posee 4 sistemas BRT; trolebús, ecovia, corredor sur oriental y metrobus.

Los sistemas de buses articulados trolebús, ecovia y corredor sur oriental forman parte de la Empresa Pública Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito (EPMTPQ), esta empresa esta encargada de operar y administrar el servicio de los 3 principales corredores de la capital, mientras tanto, la operación del sistema metrobus se realiza de manera privada.

Los buses articulados han solucionado en gran parte el problema de la movilidad, mediante la implantación de carriles exclusivos, los usuarios han disminuido considerablemente sus tiempos de viaje, generando así más producción.

2.7.1.2.1.2.1 Trolebús

El municipio del Distrito Metropolitano de Quito en el año de 1990 empezó a realizar estudios de ingeniería de transporte. Se llegó a la conclusión de que la mejor alternativa para atender la demanda de transporte público sería la implementación del sistema integrado de transporte trolebús el mismo que atravesaría a la ciudad por sus vías principales; la avenida 10 de Agosto y la avenida Maldonado, sus andenes serian el terminal norte en el sector de la Y y la terminal Sur en el sector el Recreo.

El sistema fue construido gracias al financiamiento del Reino de España y el aporte del gobierno Ecuatoriano. La primera etapa del trolebús se inauguró el 17 de Diciembre de 1995, entre el terminal norte y la terminal sur, en una extensión de 11.2 Km; con 39 paradas.

En esta etapa se adquirió 154 trolebuses más las instalaciones eléctricas para su funcionamiento.

Las instalaciones eléctricas son líneas aéreas de contacto con una longitud de 22.4 km con dos hilos, 8 subestaciones de tracción y 8 líneas medias de tensión.

La segunda etapa constituye la ampliación del sistema hacia el sur en 4.8 Km, la construcción de 8 paradas, el terminal de integración Moran Valverde, la parada de integración España y la ampliación del terminal el Recreo.

En esta etapa se compraron 59 trolebuses, 3 subestaciones de tracción, 3 líneas de media tensión y 9.6 Km de líneas aéreas de contacto.

Actualmente el sistema integrado trolebús dispone de la siguientes paradas ; Estación Norte, la Y, Estadio, la Carolina, Florón, Mariana de Jesús, Cuero y Caicedo, Colón, Santa Clara, Mariscal, Ejido, La Alameda, Banco Central (Solo de Norte a Sur), Hermano Miguel (Solo Sur a Norte) ,Teatro Sucre, Plaza Grande (Solo Norte a Sur),Santo Domingo, Cumandá, Recoleta, Jefferson Pérez (Solo de Norte a Sur), La Colina (Solo de Sur a Norte), Chimbacalle, Villa Flora, Estación Sur El Recreo, El Calzado, España, La Internacional, Solanda, Mercado Mayorista, Quimiag, Registro Civil, Morán Valverde, Amaru Ñan, Cóndor Ñan ,Terminal Terrestre Quitumbe. Además de 4 paradas de integración ubicadas en la Y, el Recreo, Moran Valverde y Quitumbe; cuenta con 113 trolebuses articulados, cubriendo 15 rutas alimentadoras con 102 buses convencionales.

a) Rutas Alimentadoras

Terminal norte la Y

Q10 Cotocollao, Q3 Rumiñahui, Q4 Kenedy, Q5 Comité del Pueblo, Q6 Laureles

Terminal Sur el Recreo

Q11 Solanda, Q12 Chillogallo, Q13 Oriente Quiteño, Q4 Lucha de los Pobres, Q6 Ferroviaria.

Terminal Moran Valverde

Q7 Guamaní, Q9 San Martín, Q17 Girón

Terminal Quitumbe

Q2 Camal Metropolitano, Q16 Ejército.

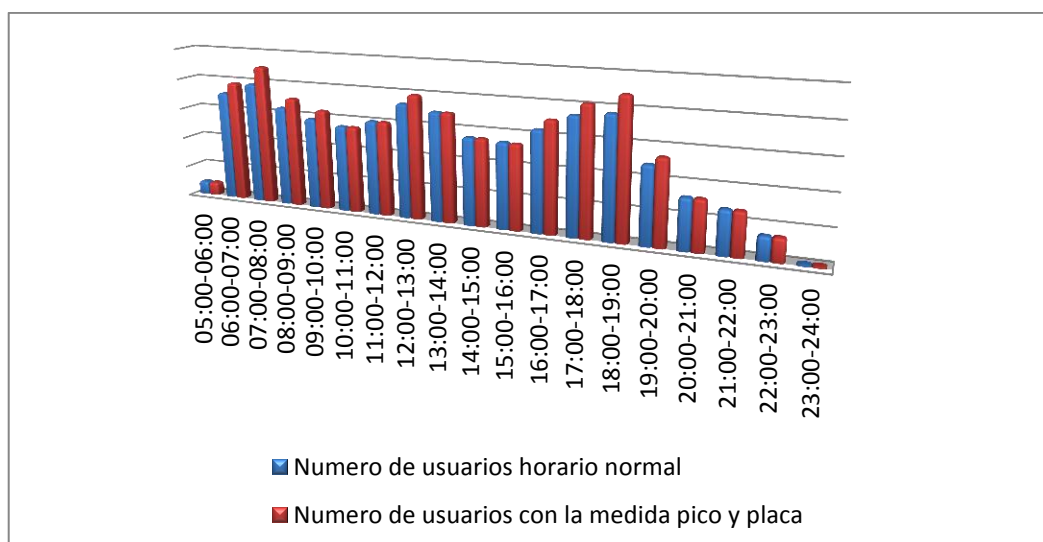
b) Demanda de pasajeros Sistema Trolebús

La demanda actual de pasajeros durante un día normal entre semana varia en las diferentes horas, existiendo picos de cantidad de pasajeros. Con la medida de pico y placa la demanda de pasajeros del sistema trolebús aumentó en un 7%, esto significa que existe un aumento de alrededor 16.834 pasajeros diariamente.

Tabla 2.3 Demanda de Pasajeros sistema trolebús

	Demanda Horario Normal	Demanda Horario Pico y placa	
Hora	Número de usuarios horario normal	Número de usuarios con la medida Pico y Placa	Incremento por hora
05:00-06:00	2182	2182	
06:00-07:00	17890	19679	
07:00-08:00	19734	22644	2910
08:00-09:00	16187	17806	1619
09:00-10:00	14762	16238	1476
10:00-11:00	13979	13979	
11:00-12:00	15207	15207	
12:00-13:00	18375	19869	
13:00-14:00	17515	17515	
14:00-15:00	13967	13967	
15:00-16:00	13706	13606	
16:00-17:00	16079	17687	1608
17:00-18:00	18625	20488	1863
18:00-19:00	19281	22124	2843
19:00-20:00	12323	13555	1232
20:00-21:00	8066	8066	
21:00-22:00	6928	6928	
22:00-23:00	3733	3733	
23:00-24:00	270	270	
Todo el día	248809	265543	
Incremento de pasajeros		7%	

Figura 2.1 Demanda de usuarios del sistema integrado trolebús



Con la implementación del sistema de pico y placa los ciudadanos utilizan con mayor frecuencia el sistema trolebús, la mayor cantidad de entradas se concentran entre las 7h00 a 8h00 de la mañana, 12h00 a 13h00 en el medio día y entre las 18h00 a 19h00 de la noche, horarios en los cuales ingresan 19.734, 18.375 y 19.281 usuarios respectivamente (ver tabla 2.3)

c) Circuitos

La flota de unidades mínima operacional que ofrece el sistema trolebús es de 100 unidades, el trole funciona las 24 horas del día los 365 días del año, para que esto ocurra el sistema está organizado por circuitos que permitan satisfacer la demanda de usuarios. En la tabla 2.4 se detallan los circuitos, recorridos y horarios con los cuales trabaja el sistema trolebús.

Tabla 2.4 Horarios de operación y circuitos del sistema trolebús

Circuitos	Recorridos	Lunes a Viernes			Sábados			Domingo		
		Flota	Horario Inicio	Horario Fin	Flota	Horario Inicio	Horario fin	Flota	Horario Inicio	Horario fin
C2	Moran-T.Norte(en la mañana)	21	5:10	9:56						
	Quitumbe-T.Norte(en la tarde)	24	16:00	20:02						
C4	Quitumbe-Ejido	25	5:16	19:53	16	6:09	18:28	22	6:09	18:28
COR	Quitumbe-T. Sur	6	9:00	20:00	6	6:05	18:47	6	6:05	18:47
	Quitumbe-T. Sur	28	20:00	23:40	18	18:56	21:50	18	18:56	21:50
C1	T Sur-T.Norte	40	5:00	24:00	37	6:00	22:00	30	6:00	22:00
Escolar	T Sur-Colon	3	6:15	7:00						
	T.Norte-Santo Domingo	3	6:15	7:00						
C5	T.Sur-Colon	5	6:30	8:30						
	T.Sur-Colon	8	14:00	20:00						
C3	T.Norte-Santo Domingo	3	6:00	8:00						
	T.Norte-Santo Domingo	3	11:00	14:30						
Nocturno	T. Quitumbe-T Carcelén	3	24:00	5:00	4	22:00	6:00	4	22:00	6:00

2.7.1.2.1.2.2 Ecovia

La ecovia se inaugura el 10 de Agosto del 2001, los buses articulados realizan su recorrido a través de la avenida 6 de Diciembre, su ruta empieza en la terminal Río Coca al norte de la ciudad, atravesando por sitios claves para las actividades cotidianas de los ciudadanos como; la zona comercial de la Naciones Unidas, el hospital Eugenio Espejo, la casa de la Cultura y el parque Alameda hasta llegar al playón de la Marín ubicado en el centro de la ciudad, este recorrido también es conocido con el nombre de "corredor nororiental" y atraviesa por las siguientes paradas; terminal Río Coca, Jipijapa, Los Sauces, Colegio 24 de Mayo, Naciones Unidas, Benalcázar, Eloy Alfaro, Bellavista, San Martín, la Paz, Francisco de Orellana, Baca Ortiz, Manuela Cañizares, Galo Plaza, Casa de la Cultura, Eugenio Espejo, Simón Bolívar y terminal Marín-Chillos. Actualmente la ecovia opera con una flota de 52 buses articulados y 37 buses alimentadores

Con la implementación del sistema pico y placa la movilización en el sistema ecovia aumento en un 5%, antes de la medida los buses articulados movilizaban entre 95.000 y 98.000 pasajeros al día. Con la medida de pico y placa se sumaron entre 4.000 y 5.000 personas diariamente.

La velocidad de los articulados también aumento, antes de la restricción las unidades circulaban a 11km/h hoy en día la velocidad de circulación es de 15 km/h. A partir de Mayo del 2011, la ecovia cuenta con una operación definitiva de 80 buses.

a) Rutas alimentadoras Terminal Río Coca

Q17 Monteserrín, Q18 La Luz, Q19 Agua Clara, Q20 Comité del Pueblo, Q2 Cumbayá, Q23 Zámbriza, Q24 Nayón, Q25 6 de Julio, Monteolivo e integración trolebús .

2.7.1.2.1.2.3 Corredor Sur Oriental

En el mes de Octubre del 2010 empezó a operar el corredor sur oriental desde el terminal Quitumbe hasta la Marin, inicialmente operó con tres rutas alimentadoras; la Joya-Estación Capulí, la Cocha- Capulí, y Marta Bucaram- puente de Guajalo.

El corredor Sur Oriental tiene un eje troncal de 12.1 km, posee una flota de 50 buses articulados y 54 buses alimentadores, ofrece a la población del sectores sur oriental los beneficios de una red de transporte ordenada.

Actualmente transporta 90.000 usuarios diariamente. El corredor se extiende hasta el sector de la Floresta, para dar un mejor de servicio se creó la parada de las universidades

a) Parada de las Universidades

Este es un servicio perteneciente al corredor sur oriental, se origina en el terminal Quitumbe, hasta llegar a la parada de las universidades ubicada en las calles 12 de Octubre y Veintimilla. La parada es un lugar estratégico para la movilidad de los habitantes de la ciudad de Quito, en esta convergen la universidad católica, la escuela politécnica nacional, el eje interuniversitario y la zona de la mariscal.

El eje troncal, desde el Terminal Quitumbe hasta Universidad Católica tiene 17 km de longitud, con la implementación de este circuito se logra menos transferencia en el sector de la Marin.

a) Rutas alimentadoras Sur:

La Joya- Estación Capulí, la Cocha- Capulí, Marta Bucaram-puente de Guajalo. Terminal Quitumbe- Héroes de Paquisha, Terminal Capulí - Caupicho, Tambo- puente de Guajaló,

Lucha de los Pobres- San Cristóbal, Solanda- el Recreo, Ferroviaria-el Recreo, Forestal-Chiriyacu.

b) Rutas alimentadoras Norte:

Rio coca- Eloy Alfaro, Eloy Alfaro- Carapungo, Rio Coca- Simón Bolívar, Simón Bolívar- Carapungo, Carapungo-Rio Coca, Rio coca- Amangasi, Amangasi- Llano Chico.

2.7.1.2.1.2.4 Corredor central Metrobus

El sistema integrado metrobus inició su operación el 27 de Noviembre del 2004, con una flota de 17 buses articulados y 50 buses alimentadores. A partir de Enero del 2005 la flota de la troncal se incrementó a 34 buses articulados y 80 convencionales.

En la actualidad se está operando con 74 buses articulados y 170 buses convencionales que trabajan en 18 rutas alimentadoras.

Este sistema de transporte masivo se prolonga desde la estación Marín- Chillos hasta la estación Ofelia – Carcelén a lo largo de 22 km de ruta troncal. Su construcción está conformada por 12.8 km de carriles exclusivos para la circulación de sus unidades y 3 intercambiadores de tráfico: Mariana de Jesús, Naciones Unidas y Plaza Benalcázar.

El sistema de buses articulados da servicio a un promedio de 200.000 usuarios por día, los mismos que ingresan al corredor ya sea a través de las paradas existentes en los circuitos o a través de los buses alimentadores que dan servicio a sectores alejados.

Los buses articulados de éste sistema son impulsados por combustible ecológico y recorren el carril exclusivo de las avenidas Diego de Vásquez, La Prensa y América.

Tiene la particularidad de que a pesar de ser un servicio público, la inversión en las unidades que circulan en la troncal es privada, la misma que asciende a un número de 74

unidades articuladas Euro II y Euro III además de 135 buses convencionales en servicios complementarios. La construcción de paradas y centros de transferencia fue asumido por el municipio.

A la municipalidad le corresponde solamente el mantenimiento vial que incluye semaforización, señalización y cambio de rodadura de la calzada. Adicionalmente, la Empresa Publica Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas (EPMMOP), regula y fiscaliza la operación del sistema, supervisa el cumplimiento de todas las condiciones operacionales, la flota disponible, horarios y frecuencias establecidas en el contrato.

La administración municipal firmó este contrato con cinco empresas: Catar, Pichincha, Tesur, Globaltrans y Conetra. Estas empresas tienen la obligación de realizar la operación del corredor con la movilización de los articulados, buses integrados, sistema de recaudación y de las estaciones de transferencia.

El sistema de transporte público metrobus consta de 4 estaciones: Estación Playón la Marín, Estación Marín-Central, Integración Seminario Mayor y Ofelia, además de 25 paradas: Santa Prisca, Consejo Provincial, Escuela Espejo, Hospital IESS, Pérez Guerrero, Colegio San Gabriel, Mañosca, Brasil, La Y, Edmundo Carvajal, La Concepción, Aeropuerto, La Florida, Base Aérea, Vaca de Castro, Avenida del Maestro, Cotocollao, La Delicia, Ponciano, San Eduardo, Prados del Este, Prados del Oeste, Balcón del Norte, Colegio Einstein y Carcelén.

a) Circuitos del sistema integrado metrobus

Circuito 1:

Circuito que inicia en la Terminal de la Ofelia y finaliza en la parada Marquéz de Varela, funciona como una línea diametral.

Circuito 2:

Circuito que inicia en la terminal del Playón de la Marín y finaliza en la terminal de la Ofelia, funciona como una línea radial.

Circuito 3:

Circuito que inicia en la terminal del Seminario Mayor y finaliza en la terminal de Carcelén, funciona como una línea radial.

b) Alimentadores:

Las rutas alimentadoras que posee este sistema de transporte son las siguientes; Colinas del Norte, Roldós, Pisulí, Planada, Carapungo, Carcelén Alto, Carcelén Bajo, Atucucho, Mitad del Mundo, La Pampa, Calacalí, Zabala, Calderón, El Placer, Santa María de Cotocollao y Mena del Hierro.

2.7.1.2.2 Transporte comercial

El transporte comercial está conformado por los servicios de transporte escolar, servicios de taxis y servicios de turismo.

2.7.1.2.2.1 Taxis

De acuerdo a la ordenanza metropolitana No 247 en el capítulo primero, artículo No 1 tenemos:

El Servicio de Taxi es el servicio de transporte terrestre comercial urbano de personas y sus equipajes (el “Usuario”), desde un lugar a otro, en vehículos habilitados administrativamente para este propósito (la “Calificación Auto-Taxi”), conducidos por

personas autorizadas conforme al ordenamiento jurídico (el “Conductor”), en el ámbito territorial y condiciones previstos en este título para cada clase y subclase.

Actualmente el servicio de taxis está regulado por la empresa pública metropolitana de movilidad y obras públicas (EPMMOP), esta empresa es la encargada de planificar y controlar el servicio de taxis en el Distrito Metropolitano de Quito.

El parque automotor de taxis en la ciudad de Quito para el año 2010 ha tenido un crecimiento veloz. La falta de planificación adecuada genera un desequilibrio entre la oferta y la demanda del servicio de taxis.

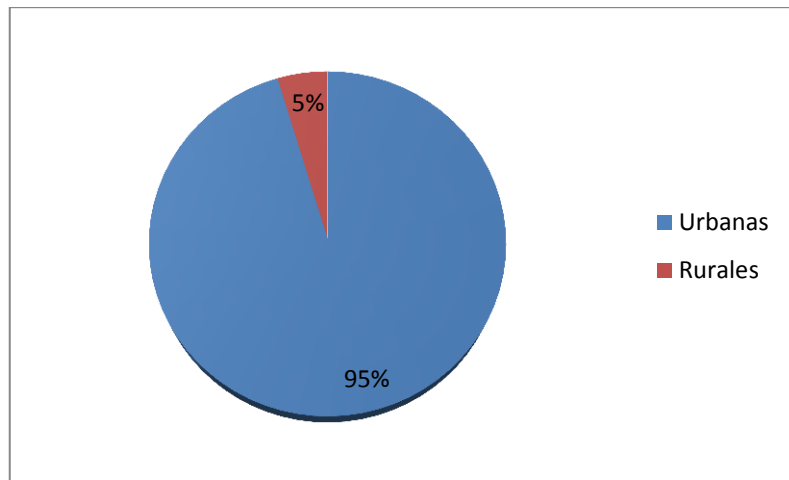
Según el último censo nacional, la ciudad de Quito cuenta con 2'239.191 habitantes y requiere de 6.434 taxis, sin embargo, actualmente se encuentran autorizados 8.809 automóviles, con una demanda promedio de 135.000 viajes por día. El requerimiento técnico de taxis por cada millón de habitantes es de 3.000 unidades.

Existen 214 operadoras de taxis distribuidas como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 2.5 Número de cooperativas de taxis del distrito metropolitano de Quito

Operadoras	Urbanas	Rurales
214	204	10

Figura 2.2 Distribución Operadoras de taxi en el Distrito Metropolitano de Quito



2.7.1.2.2.2 Transporte escolar

Se entiende por transporte escolar el traslado de alumnos y alumnas desde el lugar donde técnicamente sea posible, hasta el centro de enseñanza en el que están inscritos.

El transporte escolar se realiza en vehículos autorizados y está destinado a alumnos que cursan enseñanzas de educación infantil, primaria y secundaria en cualquier modalidad de escolarización.

En el Distrito Metropolitano de Quito el transporte escolar está compuesto por 45 operadoras con una flota de 2.720 unidades, las mismas que cubren una demanda diaria promedio de 326.360 estudiantes, en las actuales condiciones, la flota, no alcanza a cubrir la demanda existente ya que se ha podido detectar que el 12% del total de viajes se realiza en unidades no adecuadas para prestar este servicio.

Cuentan con el permiso otorgado por la gestión de movilidad de la EPMMOP las operadoras que constan en la tabla 2.6.

Tabla 2.6 Operadoras de Transporte Escolar

1.Union	23. Tour estudiantil
2.Shyistrans	24. Proestur
3.Aguilar y Adrade Cotraand	25. Paulo VI
4.Transtilstudy	26. Unipro
5.Aleman y Turismo Altratura	27. Rentravel
6.Salazar Miranda Traetur	28. Cotrans Paulo
7. Cotrasseb	29. Oro negro
8. 13 de Abril	30. Transzozoranga
9. 9 de Junio	31. Autotrans
10. Cotrafur	32. Escofur
11. Ciudad de Quito	33. Intimundo San Antonio
12. Cotreinsa	34. Steyt
13. 7 de Julio	35. Furgoseg
14. Rupito	36. Furgotrans
15. Transfurgostil	37. Transfurplant
16. Recrear	38. Diestrans
17. Maxiexpress	39. 8 de octubre
18. Transcrisjireh	40. Erazgom
19. Santisur	41. Teyri
20. La salle Comtrasalle	42. Cetitestudy
21. Vansexpress	43. Empresco
22.Furgotour el trébol	44. Los arrayanes
	45.Transrutar

2.7.1.2.2.3 Transporte de Turismo

Se considera como transporte turístico terrestre a la movilización de personas desde y hacia los establecimientos de interés turístico con objetivos de recreación, para lo cual se requiere contar con vehículos adecuados para este fin. El servicio de transporte turístico será prestado por personas legalmente constituidas y registradas.

El control y registro del servicio de transporte de turismo fue asumido por la municipalidad en el año 2008, cuenta con 233 unidades pertenecientes a 23 operadoras habilitadas por el municipio de Quito a través de la EMMOP, las unidades prestan el servicio tanto al interior

del DMQ como a diversos sectores del país. Las operadoras autorizadas para brindar este servicio se detallan en la tabla 2.7

Tabla 2.7 Operadoras de transporte Turístico

1.Trans rabbit	13.Carrasco Pazmiño
2.Achupallas tour	14.Marcelo Albuja
3.Airportmega	15.The great adventure people
4.Andean transport company	16.Sea Breeze Bus service
5.Exclusivans	17.Ridera servicios
6.Pamela tours	18.Estysan
7.Trans Magic	19.Protur
8.Representaciones Irigoyen Vega	20.Aneta Tta
9.Rio Bravo	21.Emillantur
10.Tour Vanfriend	22.Damari tour
11.Tourispasa	23.Yuyani tours
12.Ritas mares de sur	

Sin embargo la operación de este servicio no tiene mayor incidencia en la movilidad salvo en los sectores cercanos a los sitios de atracción turística, donde la escases de sitios de estacionamientos genera conflictos.

2.7.1.2.3 Transporte Privado

El medio de transporte favorito para los habitantes de clase social media--alta en la ciudad de Quito es el vehículo privado. Debido a que este medio de transporte presenta seguridad, comodidad y autonomía se ha convertido en uno de los más apetecidos por los habitantes de la capital.

La ciudad de Quito concentra el 45% del parque automotor a nivel nacional. El número de viajes en transporte privado en la capital del Ecuador registra un crecimiento sostenido,

situación vinculada al estilo de vida de una sociedad cada vez más competitiva y por lo tanto más individualista.

2.7.1.2.3.1 Vehículos Privados

En Quito el número de vehículos privados es mayor en relación al de vehículos de transporte público, en el año del 2010 el parque automotor que circula en la ciudad fue de 443.860³ unidades.

Cada año se incorporan al parque automotor cerca de 30.000 vehículos nuevos, esto ha desencadenado problemas de tráfico.

Los vehículos privados registran una ocupación aproximada de 1.8 personas por vehículo, relación que representa la tercera parte de la capacidad disponible (5 personas). La tasa de ocupación por vehículo es totalmente ineficiente en relación al espacio vial.

En promedio un hombre ocupa 1 m^2 cuando se desplaza caminando, el espacio que necesita un vehículo para accesos y maniobra es de 32 m^2 , si el auto lleva tan solo un ocupante, cada auto ocupa 100 veces más espacio que una persona que se traslada caminando.

Según el plan maestro de movilidad para Quito el número de viajes en transporte privado crece a razón de 10.8% anual, estos viajes se concentran principalmente en el hipercentro de Quito lugar en donde se producen cerca de 700.000 viajes por día.

En sectores como el valle de Tumbaco y Cumbaya la tenencia en propiedad de vehículos es la más alta, con una tasa promedio de 187 vehículos por cada 1.000 habitantes.

³ Información proporcionada por el departamento de estadísticas de la secretaria de movilidad

Cuando los ciudadanos utilizan sus automóviles privados para desplazarse durante las horas pico destinan un 50% mas del tiempo que les tomaría trasladarse en horas de poca congestión (horas valle).

2.7.1.2.3.2 Motocicletas

Existen muchos vestigios acerca del inventor de la motocicleta, sin embargo no fue sino hasta el año de 1894 donde se produjo la primera motocicleta con motor de combustión interna y que fue producida en serie. Desde entonces ha transcurrido mucho tiempo y las motocicletas se han difundido a nivel mundial, en la actualidad, la motocicleta es uno de los medios de transporte privado que mayor crecimiento ha experimentado en la ciudad de Quito.

Según datos obtenidos por parte de la secretaria de la movilidad el número de motocicletas que circulan en el Distrito Metropolitano de Quito en el año 2010 es de 16.150 unidades, subdivididas en: 16.146 motos a gasolina y 4 motos diesel.

2.7.1.2.4 Transporte de Bienes

Se define como el traslado de carga mediana y liviana desde un lugar a otro, se incluyen también los servicios de mudanza dentro del Distrito Metropolitano.

El servicio de transporte de bienes se realiza por 53 operadoras, 24 de ellas son urbanas las cuales dan el servicio con una flota de 382 unidades, además de 29 operadoras rurales que operan con una flota de 586 unidades. El transporte de carga pesada es administrado y supervisado por la Comisión Nacional de Transporte porque este servicio se presta a nivel nacional, sin embargo el concejo metropolitano regula la circulación de vehículos pesados mediante una ordenanza que regula los horarios y zonas de circulación en el interior de la ciudad.

CAPITULO 4

ANALISIS DEL FLUJO VEHICULAR

4.1 DEFINICION

Mediante el análisis de los elementos del flujo vehicular se pueden entender las características y el comportamiento del tránsito, requisitos básicos para la operación de carreteras, calles y sistemas de transporte. Con la aplicación de las leyes de la física y las matemáticas, el análisis de flujo vehicular describe la forma como circulan los vehículos en cualquier tipo de vialidad.

Uno de los resultados más útiles del análisis del flujo vehicular es el desarrollo de modelos microscópicos y macroscópicos que relacionan sus diferentes variables como el volumen, la velocidad, la densidad, el intervalo y el espaciamiento.

4.2 VARIABLES RELACIONADAS DE FLUJO

Las variables relacionadas con el flujo son la tasa del flujo, el volumen, el intervalo simple entre vehículos consecutivos y el intervalo promedio entre varios vehículos.

4.2.1 Tasa del flujo (q) y volumen (Q)

La tasa del flujo q es la frecuencia a la cual pasan los vehículos por un punto determinado de un carril. La tasa de flujo es pues el número de vehículos N que pasan durante un intervalo de tiempo específico T a una hora, expresada en veh/min o veh/seg, también puede ser expresado en veh/hora.

La tasa del flujo, q , se calcula con la siguiente expresión:

$$q = \frac{N}{T}$$

(Ecuación 4.1)

4.2.2 Intervalo simple (h_i)

Es el intervalo de tiempo entre el paso de los vehículos consecutivos, generalmente es expresado en segundos y medido entre puntos equivalentes del par de vehículos.

4.2.3 Intervalo promedio (h^-):

Es el promedio de todos los intervalos simples h_i , por tratarse de un promedio se expresa en segundos por vehículo y se calcula, de acuerdo a la figura 4.1 mediante la siguiente expresión:

$$h^- = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} h_i}{N-1}$$

(Ecuación 4.2)

Donde:

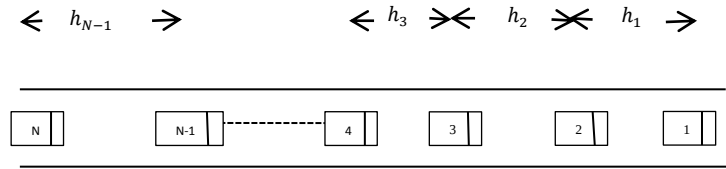
h^- : Intervalo promedio(s/veh)

N: número de vehículos (veh)

N-1: número de intervalos (veh)

h_i : Intervalo simple entre el vehículo.

Figura 4.1 Intervalos entre vehículos



Las unidades del intervalo promedio h^- (s/veh) son las unidades inversas de la tasa de flujo q (veh/s) por lo que también podemos plantear la siguiente relación:

$$h^- = \frac{1}{q}$$

(Ecuación 4.3)

Ejemplo

Sobre un punto específico de una vialidad se realizó un conteo vehicular durante una hora en periodos de 15 min. Dando como resultado el número de vehículos se muestran en la tabla 4.1. Se desea calcular las tasas de flujo para cada periodo, calcular el volumen horario y comparar la tasa de flujo máximo y el volumen horario.

Tabla 4.1 Volúmenes en 15 minutos

Intervalo de tiempo (horas : minutos)	Volumen cada 15 minutos $Q_{15(i)}$
07:00-07:15	460
07:15-07:30	500
07:30-07:45	317
07:45-08:00	337

Tabla de flujo para cada periodo: q_1

Según la tabla 4.1 y de acuerdo a la ecuación 4.1 las tasas de flujo para los cuatro periodos son:

$$q_1 = \frac{N_1}{T_1} = \frac{460 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 1840 \frac{\text{veh}}{\text{h}}$$

$$q_2 = \frac{N_2}{T_2} = \frac{500 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 2000 \frac{\text{veh}}{\text{h}}$$

$$q_3 = \frac{N_3}{T_3} = \frac{317 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 1268 \frac{\text{veh}}{\text{h}}$$

$$q_4 = \frac{N_4}{T_4} = \frac{337 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 1348 \frac{\text{veh}}{\text{h}}$$

Volumen horario: Q

Para la hora efectiva de las 07:00 a las 8:00 el volumen es:

$$Q = Q_{15(1)} + Q_{15(2)} + Q_{15(3)} + Q_{15(4)}$$

$$Q = 460 + 500 + 317 + 337$$

$$Q = 1.614 \text{ veh/h}$$

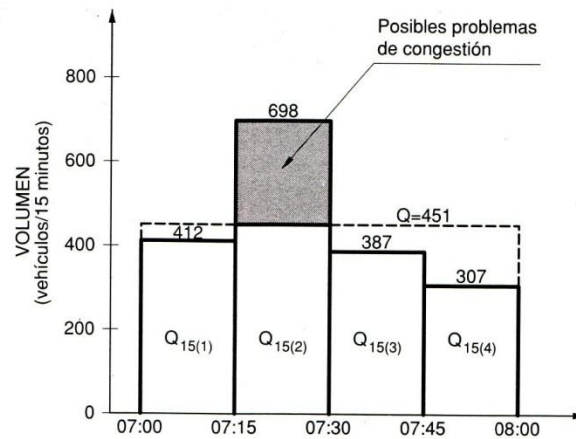
Este volumen horario referido a un periodo de 15 minutos (0.25horas) es:

$$Q_{15} = \left(\frac{1.614 \text{ veh}}{\text{h}} \right) \frac{(0.25 \text{ h})}{(15 \text{ min})}$$

$$Q_{15} = \frac{403,5 \text{ veh}}{15 \text{ min}} = 26.9 \frac{\text{veh}}{\text{min}}$$

La figura 4.2 muestra los diferentes volúmenes, lo mismo que el volumen horario, en periodos de 15 minutos

Figura4.2 Volúmenes en periodos de 15 minutos



Comparación entre la tasa de flujo máximo y el volumen horario:

De acuerdo a los valores obtenidos anteriormente, la tasa de flujo máximo corresponde al segundo periodo así tenemos:

$$q_{max} = q_2 = 2000 \frac{veh}{h}$$

$$Q = 1,614 \frac{veh}{h}$$

$q_2 > Q$, esto significa que la frecuencia con la que pasaron los vehículos en el segundo cuarto de hora fue mayor que la frecuencia con la que pasaron en toda la hora efectiva. Esto muestra la concentración de vehículos en cortos intervalos de tiempo, que en caso de tratarse de periodos de máximas demandas, puede generar problemas de congestión. Esta conclusión, manifiesta la importancia de tomar en cuenta los volúmenes vehiculares en

periodos cortos, que al ser altos causan congestión y, por consiguiente, demoras, tal como se aprecia en la figura 4.2.

Ejemplo

Sobre una determinada calzada de una arteria urbana de tres carriles se cronometraron los tiempos de paso de cada uno de los vehículos por un punto de referencia tal como se indica en la tabla 4.2. Se requiere calcular la tasa de flujo para el periodo de estudio, calcular el intervalo promedio y representar e interpretar gráficamente los diversos intervalos simples y el intervalo promedio.

Tabla 4.2 Tasas de flujo e intervalos

Vehículo numero	Tiempo de paso(h:m:s)	Vehículo numero	Tiempo de paso(h:m:s)	Vehículo numero	Tiempo de paso(h:m:s)
1	11:30:00	21	11:31:26	41	11:33:10
2	11:30:10	22	11:31:27	42	11:33:35
3	11:30:11	23	11:31:32	43	11:33:38
4	11:30:14	24	11:31:34	44	11:34:04
5	11:30:15	25	11:31:38	45	11:34:09
6	11:30:19	26	11:31:41	46	11:34:12
7	11:30:24	27	11:31:42	47	11:34:16
8	11:30:34	28	11:31:45	48	11:34:17
9	11:30:35	29	11:31:50	49	11:34:20
10	11:30:36	30	11:31:59	50	11:34:24
11	11:30:37	31	11:32:22	51	11:34:26
12	11:30:43	32	11:32:30	52	11:34:27
13	11:30:44	33	11:32:44	53	11:34:32
14	11:30:50	34	11:32:46	54	11:34:40
15	11:31:54	35	11:32:52	55	11:34:42
16	11:31:04	36	11:32:59	56	11:34:46
17	11:31:06	37	11:33:02	57	11:34:48
18	11:31:12	38	11:33:04	58	11:34:55
19	11:31:15	39	11:33:09	59	11:34:56
20	11:31:22	40	11:33:10	60	11:35:00

Tasa de flujo: q

Según la tabla 4.2 se anotaron 60 vehículos (N) durante 5 minutos (T) por lo que de acuerdo con la ecuación 4.1 se tiene:

$$q = \frac{N}{T} = \frac{60 \text{ veh}}{5 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 720 \frac{\text{veh}}{\text{h}}$$

Intervalo promedio $\bar{h}$

Con base a la tabla 4.2 se obtiene la tabla 4.3 que muestra los intervalos simples entre pares de vehículos consecutivos.

Tabla 4.3 Intervalos simples entre pares de vehículos consecutivos

Intervalo h_i en $s^{\circ}(\text{veh/ y veh } i+1)$	Intervalo h_i en $s^{\circ}(\text{veh/ y veh } i+1)$	Intervalo h_i en $s^{\circ}(\text{veh/ y veh } i+1)$	Intervalo h_i en $s^{\circ}(\text{veh/ y veh } i+1)$
10(1 y 2)	2(16 y 17)	8(31 y 32)	4(46 y 47)
1(2 y 3)	6(17 y 18)	14(32 y 33)	1(47 y 48)
3(3 y 4)	3(18 y 19)	2(33 y 34)	3(48 y 49)
1(4 y 5)	7(19 y 20)	6(34 y 35)	4(49 y 50)
4(5 y 6)	4(20 y 21)	7(35 y 36)	2(50 y 51)
5(6 y 7)	1(21 y 22)	3(36 y 37)	1(51 y 52)
10(7 y 8)	5(22 y 23)	2(37 y 38)	5(52 y 53)
1(8 y 9)	2(23 y 24)	5(38 y 39)	8(53 y 54)
1(9 y 10)	4(24 y 25)	1(39 y 40)	2(54 y 55)
1(10 y 11)	3(25 y 26)	1(40 y 41)	4(55 y 56)
6(11 y 12)	1(26 y 27)	24(41 y 42)	2(56 y 57)
1(12 y 13)	3(27 y 28)	3(42 y 43)	7(57 y 58)
6(13 y 14)	5(28 y 29)	26(43 y 44)	1(58 y 59)
4(14 y 15)	9(29 y 30)	5(44 y 45)	4(59 y 60)
10(15 y 16)	23(30 y 31)	3(45 y 46)	

Sustituyendo a la ecuación (4.2)

$$h^- = \sum_{\substack{i=1 \\ N-1}}^{N-1} h_i = \sum_{\substack{i=1 \\ 60-1}}^{60-1} h_i =$$

$$h^- = \frac{10 + 1 + 3 + 1 + 4 + 5 + 10 + 1 + 1 + 1 + 6 + 1 + 6 + 4 + 10 + 2 + 6 + 3 + 7 + 4 + 1 + 5 + 2 + 4 + 3 + 1 + 3 + 5 + 9 + 23 + 8 + 14 + 2 + 6 + 7 + 3 + 2 + 5 + 1 + 1 + 24 + 3 + 26 + 5 + 3 + 4 + 1 + 3 + 4 + 2 + 1 + 5 + 8 + 2 + 4 + 3 + 26 + 5 + 3 + 4 + 1 + 3 + 4 + 2 + 1 + 5 + 8 + 2 + 4 + 2 + 7 + 1 + 4}{59}$$

$$h^- = \frac{300 \text{ s}}{59 \text{ veh}} = 5.08 \text{ s/veh}$$

El intervalo promedio también se puede calcular utilizando la ecuación (4.3);

$$h^- = \frac{1}{q} = \frac{1}{720 \text{ veh/s}} \left(\frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \right) = 5.00 \frac{\text{s}}{\text{veh}}$$

4.3 VARIABLES RELACIONADAS CON LA DENSIDAD

Las variables del flujo vehicular relacionadas con la densidad son la concentración, el espaciamiento simple entre vehículos consecutivos y el espaciamiento promedio entre varios vehículos.

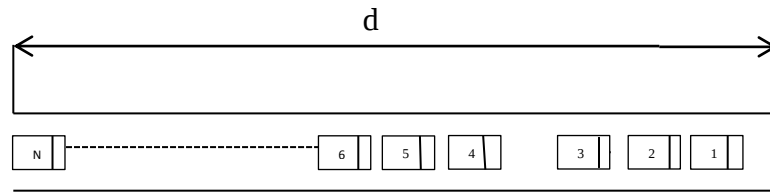
4.3.1 Densidad o concentración (k)

Es el número de vehículos (N) que ocupan una longitud específica (d) de una carretera en un momento exacto. Se expresa en vehículos por kilómetro (veh/km). La figura 4.4 muestra la densidad.

$$k = \frac{N}{d}$$

(Ecuación 4.4)

Figura 4.3 Densidad o concentración



4.3.2 Espaciamiento simple (s_i)

Es la distancia entre el paso de dos vehículos consecutivos, expresada en metros y medida entre sus guardachoques traseros.

4.3.3 Espaciamiento promedio ($\bar{s}$)

Es el promedio de todos los espaciamientos simples, s_i , existentes entre los diversos vehículos que circulan por una vía. Se expresa en metros por vehículos. La figura 4.4 nos muestra como se mide el espaciamiento entre vehículos y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\bar{s} = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} s_i}{N-1}$$

(Ecuación 4.5)

Donde:

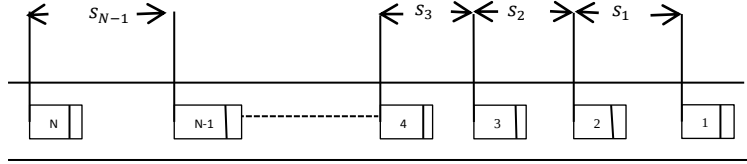
$\bar{s}$: espaciamiento promedio (m/veh)

N: número de vehículos (veh)

N-1: número de espaciamientos (veh)

s_i : Espaciamiento simple entre el vehículo i y el vehículo $i + 1$

Figura 4.4 Espaciamientos entre vehículos



Las unidades del espaciamiento promedio s^- (m/veh) son las unidades inversas de la densidad K (veh/m), por lo que también puede plantearse la siguiente relación:

$$s^- = \frac{1}{K}$$

(Ecuación 4.6)

Ejemplo

En un tramo de un kilómetro de una autopista de tres carriles por sentido, en un instante dado son observados 40 veh en el carril de la derecha, 30 veh en el carril central y 28 veh en el carril de la izquierda. Se desea calcular las densidades por carriles y por toda la calzada y estimar el espaciamiento promedio.

Densidades: k

De acuerdo a la ecuación (4.4), la densidad para cada carril (de la derecha $=k_D$, del centro $=k_c$, de la izquierda $=k_i$) es:

$$k_D = \frac{N_D}{d} = \frac{40 \text{ veh}}{1 \text{ km}} = 40 \frac{\text{veh}}{\text{km}}$$

$$k_C = \frac{N_C}{d} = \frac{30 \text{ veh}}{1 \text{ km}} = 30 \frac{\text{veh}}{\text{km}}$$

$$k_I = \frac{N_I}{d} = \frac{28 \text{ veh}}{1 \text{ km}} = 28 \frac{\text{veh}}{\text{km}}$$

La densidad para la autopista es:

$$k_{\text{autopista}} = \frac{N_D + N_C + N_I}{d}$$

$$k_{\text{autopista}} = \frac{40 \text{ veh} + 30 \text{ veh} + 28 \text{ veh}}{1 \text{ km}} = 98 \frac{\text{veh}}{\text{km}}$$

Espaciamiento promedio: s^-

Según la ecuación (4.6) el espaciamento promedio para cada carril es:

$$s^-_D = \frac{1}{k_D} = \frac{1}{40 \frac{\text{veh}}{\text{h}}} \left(\frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \right) = 25 \frac{\text{m}}{\text{veh}}$$

$$s^-_C = \frac{1}{k_C} = \frac{1}{30} (1000) = 33.33 \frac{\text{m}}{\text{veh}}$$

$$s^-_I = \frac{1}{k_I} = \frac{1}{28} (1000) = 35.71 \frac{\text{m}}{\text{veh}}$$

Ejemplo

El diagrama espacio- tiempo es un gráfico que describe la relación entre la ubicación de los vehículos en una corriente vehicular (espaciamentos), y el tiempo (intervalos) a medida que los vehículos avanzan a lo largo de un carril de una carretera o calle. En la figura 4.5 se muestra el diagrama espacio- tiempo para cuatro vehículos donde el eje vertical representa la distancia y el eje horizontal el tiempo.

En el punto de observación A (k0+000) en el tiempo cero (t = 0)

Posición de los vehículos:

El vehículo 1 esta a 50m de A

El vehículo 2 esta a 25m de A

El vehículo 3 esta a 10m de A

El vehículo 4 esta a 0m de A

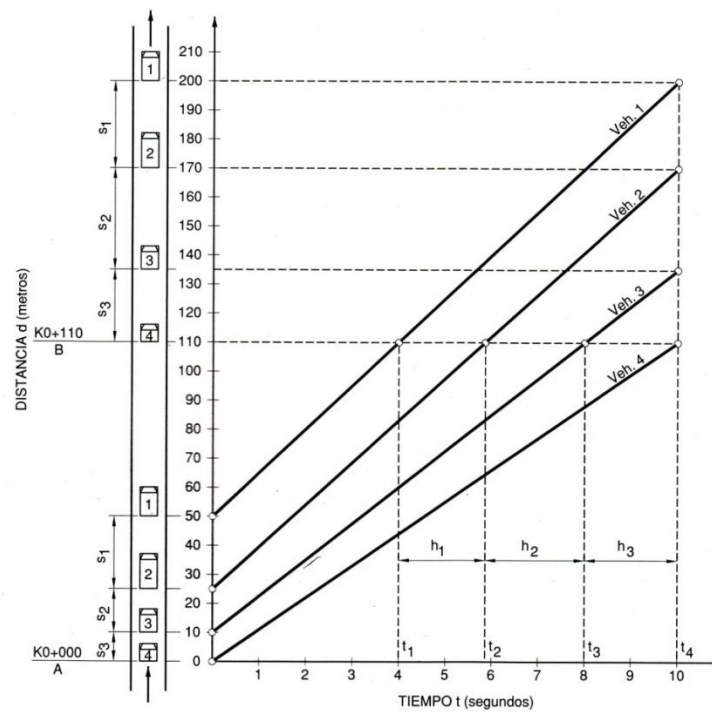
Espaciamiento y densidad:

$$s_1^- = 50 - 25 = 25m$$

$$s_2^- = 25 - 10 = 15m$$

$$s_3^- = 10 - 0 = 10m$$

Figura 4.5 Variables del flujo vehicular en el espacio y el tiempo



El espaciamiento promedio de acuerdo a la ecuación (4.5) es:

$$\bar{s} = \sum_{i=1}^{N-1} s_i = \bar{s} = \sum_{i=1}^{4-1} s_i$$

$$\bar{s} = \frac{25 + 15 + 10}{3} = 16.67 \frac{m}{veh}$$

Por lo tanto la densidad media estimada es:

$$k = \frac{1}{\bar{s}} = \frac{1}{16.67m/veh \left(\frac{1km}{1000m} \right)} = 60 veh/km$$

2. En el punto de observación B (K0 + 110) en el tiempo 10 segundos (t = 10 s)

Posición de los vehículos:

El vehículo 1 está a 200-100 = 90m de B

El vehículo 2 está a 170-110 = 60m de B

El vehículo 3 está a 135-110 = 25m de B

El vehículo 4 está a 110-110 = 0m de B

Espaciamiento y densidad

$$s_1^- = 200 - 170 = 30m$$

$$s_1^- = 170 - 35 = 35m$$

$$s_1^- = 135 - 110 = 25m$$

$$s_1^- = 30 m/veh$$

$$k = \frac{1}{s} = \frac{1}{30m/veh \left(\frac{1km}{1000m} \right)} = 33.3 \text{ veh/km}$$

Velocidades:

La velocidad de un vehículo para un instante (t) es la pendiente del diagrama espacio-tiempo para ese vehículo. Los cuatro vehículos se mueven a velocidades.

Durante 10seg. Los vehículos recorren las siguientes distancias.

El vehículo 1: $d_1 = 200-50= 150m$

El vehículo 2: $d_2 = 170-25= 145m$

El vehículo 3: $d_3 = 135-10= 125m$

El vehículo 4: $d_4 = 110-0= 110m$

Y desarrollan las siguientes velocidades:

$$v = \frac{d}{t}$$

$$\text{El vehículo 1: } V_1 = \frac{150m}{10s} (3.6) = 54.0 \frac{km}{h}$$

$$\text{El vehículo 2: } V_2 = \frac{145m}{10s} (3.6) = 52.2 \frac{km}{h}$$

$$\text{El vehículo 3: } V_3 = \frac{125m}{10s} (3.6) = 45.0 \frac{km}{h}$$

$$\text{El vehículo 4: } V_4 = \frac{110m}{10s} (3.6) = 39.6 \frac{km}{h}$$

Tiempo al cual pasan los vehículos por el punto: B

$$t = \frac{d}{v}$$

$$\text{El vehículo 1: } t_1 = \frac{(110-50)m}{54kn/h} (3.6) = 4.00s$$

$$\text{El vehículo 2: } t_2 = \frac{(110-25)m}{52.2kn/h} (3.6) = 5.86s$$

$$\text{El vehículo 3: } t_3 = \frac{(110-10)m}{45.0kn/h} (3.6) = 8.00s$$

$$\text{El vehículo 4: } t_4 = \frac{(110-0)m}{39.6km/h} (3.6) = 10.00s$$

Intervalos entre vehículos en el punto: B

Entre el vehículo 1 y el vehículo 2:

$$h_{1=t_2} - t_1 = 5.86 - 4.00 = 1.86 s$$

Entre el vehículo 2 y el vehículo 3:

$$h_{2=t_3} - t_2 = 8.00 - 5.86 = 2.14 s$$

Entre el vehículo 3 y el vehículo 4

$$h_{3=t_4} - t_3 = 10.00 - 8.00 = 2.00 s$$

El intervalo promedio de la ecuación 4.2 es:

$$\bar{h} = \frac{1.86 + 2.14 + 2.00}{3} = 2.00s/veh$$

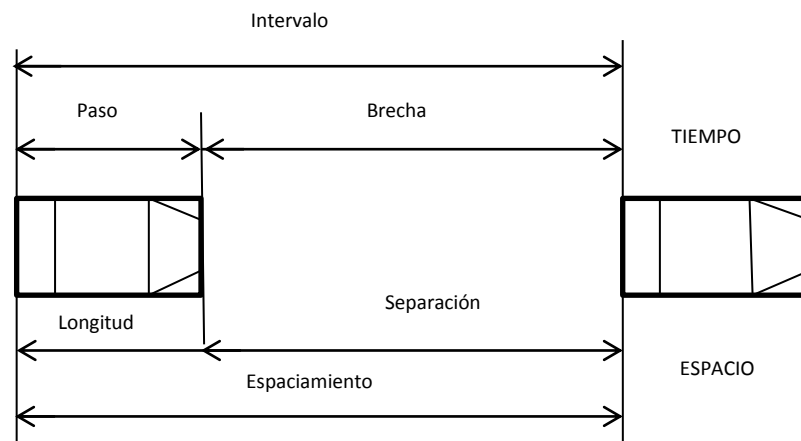
Tasa de flujo en el punto B:

$$q = \frac{1}{\bar{h}} = \frac{1}{2s/veh} \left(\frac{3600s}{1h} \right) = 1.800 veh/h$$

4.4 RELACION ENTRE EL FLUJO, LA VELOCIDAD, LA DENSIDAD, EL INTERVALO Y EL ESPACIAMIENTO

La figura 4.6 muestra un par de vehículos a los cuales se les ha asignado tiempo y espacio. El paso es el tiempo necesario para que el vehículo recorra su propia longitud. La brecha es el intervalo de tiempo libre entre los dos vehículos, se mide desde el guardachoque trasero del primer vehículo hasta el guardachoque delantero del primer vehículo.

Figura 4.6 Relaciones de tiempo y espacio de vehículos



Con base en la figura 4.6 y considerando un grupo de vehículos que se mueve a velocidad constante (v_e^-), su intervalo promedio (h^-) y espaciamiento promedio (s^-) se pueden relacionar así:

Espacio= (Velocidad) (Tiempo)

$$s^- = v_e^- h^-$$

(Ecuación 4.7)

Para un grupo de vehículos, el intervalo promedio y el espaciamiento promedio se relacionan a través de la velocidad media espacial.

El flujo de la corriente de tránsito puede definirse en base a sus tres variables principales: la tasa de flujo q , la velocidad v y la densidad k .

Por las ecuaciones (4.3) y (4.6) se sabe que:

$$h^- = \frac{1}{q}$$

$$s^- = \frac{1}{k}$$

Remplazando los dos valores anteriores en la ecuación (4.7) a:

$$\frac{1}{k} = v_e^- \left(\frac{1}{q} \right)$$

De donde:

$$q = v_e^- k$$

(Ecuación 4.8)

A la anterior correlación se le conoce como la ecuación fundamental del flujo vehicular, que en forma general se expresa como:

$$q = vk$$

(Ecuación 4.9)

Los resultados numéricos dados por la ecuación fundamental del flujo vehicular dependen del método de medición empleado para definir cada una de sus variables y de la forma de promediarlas.

Ejemplo

En un punto de una vialidad se contaron 115 vehículos durante 15 min. A lado y lado del punto anterior y en una distancia de 50 metros de longitud, se cronometraron los tiempos tomados en recorrerla por una muestra de 30 vehículos dado los siguientes valores:

7 vehículos emplearon 2.0 segundos

9 vehículos emplearon 2.5 segundos

8 vehículos emplearon 2.8 segundos

6 vehículos emplearon 3.0 segundos

Se quiere calcular la tasa de flujo, el intervalo promedio, la velocidad media espacial, la densidad y el espaciamiento promedio.

Tasa de flujo: q

$$q = \frac{N}{T} = \frac{115 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = \frac{460 \text{ veh}}{\text{h}}$$

Intervalo promedio: h^-

$$h^- = \frac{1}{q} = \frac{1}{460 \text{ veh/h}} \left(\frac{3600 \text{ seg}}{1 \text{ h}} \right) = 7.82 \frac{\text{seg}}{\text{veh}}$$

Velocidad media espacial: v_e^-

Según la ecuación (4.5), se definió la velocidad media espacial en términos de la distancia dada y el tiempo de recorrido:

$$v_e^- = \frac{d}{t}$$

$$\bar{v}_e = \frac{d}{\frac{\sum(f_i t_i)}{n}}$$

$$\bar{v}_e = \frac{d}{\frac{\sum(f_i t_i)}{30}}$$

$$\bar{v}_e = \frac{50m}{\frac{7(2.0s) + 9(2.5s) + 8(2.8s) + 6(3.0s)}{30}} \left(\frac{1km}{1000m} \right) \left(\frac{3600s}{1h} \right) = 70.2km/h$$

Densidad: k

Despejando k de la ecuación (4.8) se tiene:

$$k = \frac{q}{\bar{v}_e} = \frac{\frac{460veh}{h}}{\frac{70.2km}{h}} = \frac{6.55veh}{km}$$

$$\bar{s} = \frac{1}{k} = \frac{1}{6.55veh/km} \left(\frac{1000m}{1km} \right) = 152.22m/veh$$

4.5 MODELOS BASICOS DEL FLUJO VEHICULAR

La ecuación fundamental del flujo vehicular es:

$$q = vk$$

(Ecuación 4.10)

La variable más fácil de medir es el flujo (q), siguiéndole la velocidad (v) y la densidad (k), usualmente se considera la densidad (k) como la variable dependiente.

En general los modelos del flujo vehicular se pueden clasificar en dos grandes clases: microscópico y macroscópico. Los modelos microscópicos consideran los espaciamientos y las velocidades individuales de los vehículos, con base a la teoría del seguimiento vehicular. Los modelos macroscópicos describen la operación vehicular en términos de sus variables de flujo, generalmente tomadas como promedio.

4.5.1 Modelo lineal

Greenshields llevo a cabo una de las primeras investigaciones sobre el comportamiento del flujo vehicular, en la cual estudió la relación existente entre la velocidad y la densidad. Utilizando un conjunto de datos (k, v) , para diferentes condiciones del tránsito, propuso una relación lineal entre la velocidad (v) y la densidad (k) . En la figura 4.9 podemos apreciar la relación en la cual se basa el modelo

$$v_e^- = v_l - \left(\frac{V_l}{k_c}\right) k$$

(Ecuación 4.11)

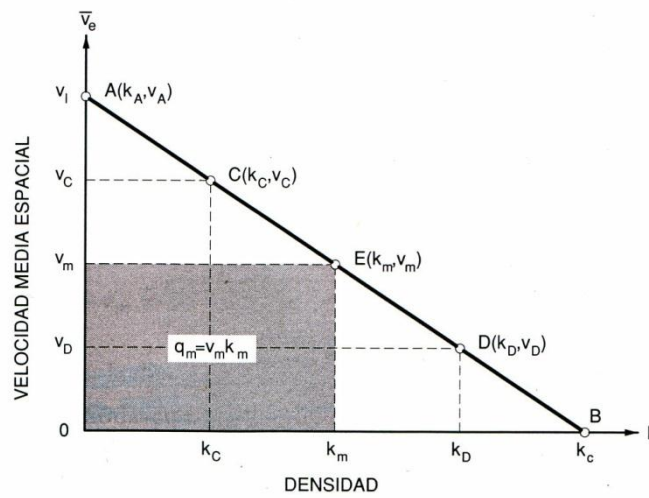
v_e^- = velocidad media espacial (km/h)

K = densidad (veh/km/carril)

v_l^- = velocidad media espacial a flujo libre (km/h).

k_c = densidad de congestionamiento (veh/km/carril)

Figura 4.7 Relación lineal entre la velocidad y la densidad



En general la velocidad disminuye a medida que aumenta la densidad, desde un valor de velocidad a flujo libre V_l (punto A), hasta un valor mínimo $\bar{v}_e = 0$ (punto B) donde la densidad alcanza su máximo valor de congestionamiento k_c .

En la práctica, la densidad nunca toma el valor cero, quiere decir que para que exista velocidad a flujo libre, debe presentarse al menos un vehículo sobre la calle circulando a velocidad libre, bajo esta condición, la densidad es muy baja. En el otro extremo, al presentarse congestionamiento, los vehículos están detenidos uno tras otro.

El flujo (q) se puede representar en el diagrama velocidad – densidad, a través de la ecuación fundamental $q = vk$ donde para cualquier punto sobre la recta de coordenadas (k, v) , el producto vk es el área de un rectángulo cuyo lado horizontal es la densidad k y el lado vertical es la velocidad v .

Por ejemplo, para los puntos C y D, los flujos asociados a las densidades y las velocidades son:

$$q_C = v_C k_C$$

$$q_D = v_D k_D$$

El rectángulo de área máxima corresponde al punto E, que está ubicado exactamente en la mitad de la recta. Su área, sombreada en la figura 4.7, representa el flujo máximo q_m , el cual se obtiene para los valores siguientes de $v_m k_m$:

$$v_m = \frac{v_l}{2}$$

(Ecuación 4.12)

$$K_m = \frac{k_c}{2}$$

(Ecuación 4.13)

Por lo tanto, el flujo máximo es:

$$q_m = v_m k_m$$

(Ecuación 4.14)

O lo que es lo mismo:

$$q_m = \frac{v_l k_c}{4}$$

(Ecuación 4.15)

La relación entre el flujo q y la densidad k se obtiene reemplazando la ecuación (4.11) en la ecuación fundamental (4.10)

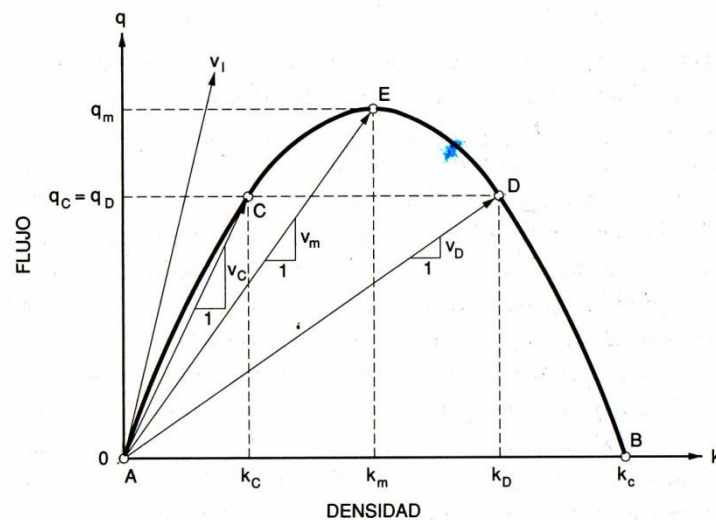
$$q = vk = \left[v_l - \left(\frac{v_l}{k_c} \right) k \right] k$$

$$q = v_l k - \left(\frac{v_l}{k_c}\right) k^2$$

(Ecuación 4.16)

Esta ecuación expresa al flujo (q) como una función parabólica de la densidad (k). Por lo tanto, la forma de la curva, mostrada en la figura 4.8, es la de una parábola.

Figura 4.8 Relación parabólica entre la velocidad y el flujo



Por definición se requiere que cuando la densidad se aproxime a cero, el flujo también se aproxime a cero, lo cual representa condiciones de operación a flujo libre (punto A). Igualmente, cuando la densidad es la máxima, $k = k_c$, los vehículos se detienen uno tras otro, defensa delantera a defensa trasera, tal que no avanzan, $q = 0$ (punto B)

Entre los dos extremos anteriores, existe una diversidad de condiciones del flujo vehicular, identificadas por los puntos C, D, E, reflejando estas últimas características de operación a flujo máximo o capacidad, $q = q_m$.

La velocidad anterior es la pendiente del vector dirigido desde el origen A hacia cualquier punto sobre la curva. Así, para los puntos, C, D y E tenemos:

Pendiente de AC $V_c = \frac{q_c}{k_c}$

Pendiente de AD $v_D = \frac{q_D}{k_D}$

Pendiente de AE $v_c = \frac{q_m}{k_m}$

Note que a la densidad de congestionamiento, $k=k_c$ (punto B) la pendiente del vector AB es cero indicando que no existe velocidad pues los vehículos están completamente detenidos en un congestionamiento total. En la medida en que el flujo (q) y la densidad (k) se aproximan a 0 el vector tiende a ser tangente a la curva y su pendiente representa la velocidad de flujo libre v_l . El valor de la velocidad de flujo libre depende del conductor y de las características del vehículo. La relación entre la velocidad (v) y el flujo (q) se obtiene despejando la densidad (k) de la ecuación 4.11 y remplazando su valor en la ecuación 4.8 de la siguiente manera:

De la ecuación 4.11

$$k = k_c - \left(\frac{k_c}{v_l}\right) v_e^-$$

Remplazando en la ecuación 4.8

$$q = v_e^- k = v_e^- \left[k_c - \left(\frac{k_c}{v_l}\right) v_e^- \right]$$

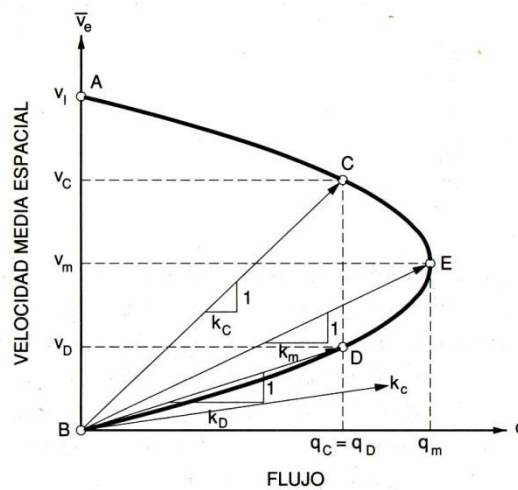
$$q = v_e^- k_c - \left(\frac{k_c}{v_l}\right) (v_e^-)^2$$

$$v_e^- = \frac{v_l}{2} \pm \frac{\sqrt{v_l^2 - 4 \left(\frac{v_l}{k_c}\right) q}}{2}$$

(Ecuación 4.18)

La ecuación 4.18 representada en la figura 4.9 indica que entre la velocidad y el flujo existe una relación parabólica, donde para un valor del flujo ($q = q_c = q_D$) hay asociados dos valores de velocidad ($v_c = v_D$). En la medida que el flujo aumenta desde el punto A ha velocidad flujo libre, la velocidad (v) progresivamente disminuye. De manera que si para una vialidad, el flujo de entrada q (demanda) se aproxima a la capacidad q_m (máxima oferta de servicio), la dinámica del flujo vehicular puede causar que este se reduzca por debajo de la capacidad con velocidades correspondientes a la parte inferior de la curva desde el punto E hasta el punto B, indicando que la operación ocurre a nivel de congestión.

Figura 4.9 Relación parabólica entre la velocidad y flujo



La densidad k se puede también representar en el diagrama velocidad-flujo despejándola de la ecuación fundamental $q = vk$

$$k = \frac{q}{v}$$

$$k = \frac{1}{\frac{v}{q}}$$

En la expresión anterior la pendiente del vector dirigido desde el origen B a cualquier punto sobre la curva es el inverso de la densidad en ese punto. Así para los puntos C, D y E se tiene:

$$\text{Pendiente de BC} = \frac{1}{k_C} = \frac{v_C}{q_C}$$

$$\text{Pendiente de BD} = \frac{1}{k_D} = \frac{v_D}{q_D}$$

$$\text{Pendiente de BC} = \frac{1}{k_m} = \frac{v_m}{q_m}$$

Note que en los niveles de congestionamiento total, $q = 0$ (punto B) la pendiente del vector en el punto B es caso cero, indicando que los vehículos están completamente detenidos, alcanzándose la densidad máxima o de congestionamiento (k_c .)

Por el contrario a la velocidad a flujo vehicular, $v = v_l$ (punto A), la pendiente del vector BA tiende a infinito, indicando que la densidad tiende a cero, es decir hay pocos vehículos circulando a flujo libre.

La relación velocidad – densidad es el punto de partida de la mayoría de los modelos teóricos vehicular. La relación flujo densidad es la base para el control en autopistas, puesto que la densidad se puede expresar en términos del porcentaje de ocupación de tramos específicos en un momento dado. La relación velocidad-flujo es utilizada principalmente para identificar los niveles de servicio (velocidades) y los niveles de productividad (flujos).

Ejemplo

En un tramo de carretera, se realizó un estudio de aforos y velocidades en diferentes días para diversas condiciones de operación del tránsito. Esto permitió obtener pares de datos

densidad - velocidad media espacial ($k_i v_e^-$), que al realizar su ajuste lineal por el método de los mínimos cuadrados dio como velocidad a flujo libre el valor de 76 kilómetros por hora y como velocidad de congestión el valor de 152 vehículos por kilómetro por carril. Se sabe además que la longitud promedio de los vehículos es de 5 metros. Se desea determinar: las ecuaciones del modelo lineal que caracterizan este flujo vehicular, al flujo máximo, el intervalo promedio a flujo máximo, el espacio promedio a flujo máximo, y la separación promedio entre vehículos a flujo máximo.

Ecuaciones del modo lineal

Los parámetros del modelo son dados como:

$$v_i = \frac{86 \text{ km}}{h}$$

$$k_c = 142 \text{ veh/km/carril}$$

La relación velocidad-densidad según la ecuación (4.11) es:

$$v_e^- = v_i - \left(\frac{v_i}{k_c} \right) k$$

$$v_e^- = 86 - \left(\frac{86}{142} \right) k$$

$$v_e^- = 86 - 0.6k$$

La relación flujo-densidad según la ecuación (4.16) es:

$$q = v_i k - \left(\frac{v_i}{k_c} \right) k^2$$

$$q = 86 - \left(\frac{86}{142} \right) k^2$$

$$q = 86k - 0.6k^2$$

La relación de la velocidad-flujo, según la ecuación (4.18), es:

$$v_e^- = \frac{v_l}{2} \pm \frac{\sqrt{v_l^2 - 4\left(\frac{v_l}{k_c}\right)q}}{2}$$

$$v_e^- = \frac{86}{2} \pm \frac{\sqrt{86^2 - 4\left(\frac{86}{142}\right)q}}{2}$$

$$v_e^- = 43 \pm \sqrt{1849 - 0.6q}$$

Por lo tanto, las ecuaciones del modelo son

$$v_e^- = 86 - 0.6k$$

$$v_e^- = 86 - 0.6k^2$$

$$v_e^- = 43 \pm \sqrt{1849 - 0.6q}$$

Flujo máximo: q_m

De acuerdo a la ecuación (4.15) el flujo máximo es:

$$q_m = \frac{v_l k_c}{4} = \frac{86(142)}{4}$$

$$q_m = 3053 \text{ veh/h/carril}$$

Intervalo promedio a flujo máximo

$$h_m^- = \frac{1}{q_m} = \frac{1}{\frac{3053 \text{ veh}}{h}} \left(\frac{3600s}{1h} \right)$$

$$h_m^- = 1.17s/veh/carril$$

Espaciamiento promedio a flujo máximo: s_m^-

$$s_m^- = \frac{1}{k_m} = \frac{1}{\frac{k_c}{2}} = \frac{1}{\frac{142veh/km/carril}{2}} \left(\frac{1000m}{1km} \right)$$

$$s_m^- = 14.08m/veh/carril$$

Separación promedio entre vehículos a flujo máximo:

La separación entre vehículos se mide de defensa trasera del primero y la defensa delantera del segundo. Esto es:

$$separacion = espaciamento - longitud\ del\ segundo\ vehiculo$$

En condiciones de flujo máximo en promedio se tiene:

$$separacion\ promedio = 14.08 - 5.00 = 9.08 \frac{m}{veh}$$

4.5.2 Modelos no lineales

Otras investigaciones relacionadas con el comportamiento del flujo vehicular han llegado a concluir que no siempre existe una buena correlación lineal entre la velocidad y la densidad. En estos casos se logra un mejor ajuste mediante otros modelos los cuales toman en cuenta la curvatura de datos. A continuación se mencionan los modelos macroscópicos más clásicos con sus respectivas ecuaciones que relacionan el flujo con la densidad

4.5.2.1 Modelo logarítmico

Apoyado en la analogía hidrodinámica, H Greenberg combina las ecuaciones movimiento y continuidad de los fluidos compresibles y al aplicarlas al flujo vehicular obtiene las siguientes relaciones:

$$v_e^- = v_m \ln \left(\frac{k_c}{k} \right)$$

(Ecuación 4.19)

$$q = v_m k \ln \left(\frac{k_c}{k} \right)$$

(Ecuación 4.20)

Este modelo da buenos ajustes en flujos congestionados ya que no funciona muy bien a bajas densidades como puede observarse en la ecuación (4.19) debido a que cuando (k) tiende a cero la velocidad se hace tan grande que puede llegar a ser infinita, que sería la condición a flujo libre. Los parámetros del modelo son la velocidad a flujo máximo v_m y la densidad de congestionamiento (k_c)

Para condiciones a flujo máximo:

$$v_e^- = v_m \text{ y } k = k_m$$

Remplazando la velocidad y la densidad a flujo máximo en la ecuación 4.19 se tiene:

$$v_m = v_m \ln \left(\frac{k_c}{k_m} \right)$$

$$\ln \left(\frac{k_c}{k_m} \right) = 1$$

De donde:

$$k_m = \frac{k_c}{e}$$

(Ecuación 4.21)

$$e = 2.718282$$

Y por lo tanto el flujo máximo q_m o capacidad es:

$$q_m = v_m k_m = \frac{v_m k_m}{e}$$

(Ecuación 4.22)

Ejemplo

Para un flujo de tránsito congestionado se determino como velocidad a flujo máximo el valor de 38km/h y como densidad de congestionamiento el valor de 132 veh/km/carril. Se desea plantear las ecuaciones del modelo logarítmico, calcular la velocidad y el flujo para una densidad de 90 veh/km/carril y calcular la capacidad

Ecuaciones del modelo

Para la información dada se obtiene:

$$v_m = \frac{38km}{h} \text{ y } k_c = 132veh/km/carril$$

Luego según las ecuaciones (4.19) y (4.20), las ecuaciones del modelo son;

$$v_e = v_m \ln\left(\frac{k_c}{k}\right) = 38 \ln\left(\frac{132}{k}\right)$$

$$q = v_m k \ln\left(\frac{k_c}{k}\right) = 38k \ln\left(\frac{132}{k}\right)$$

Velocidad y flujo para una densidad de 90 veh/km/carril

Remplazando el valor de esta densidad en las expresiones anteriores se obtiene:

$$v_e^- = 38 \ln\left(\frac{132}{90}\right) = 14.55 \text{ km/h}$$

$$q = 28(90) \ln\left(\frac{132}{90}\right) = 965.14 \text{ veh/h/carril}$$

Capacidad utilizando la ecuación (4.22) la capacidad es:

$$q_m = \frac{v_m k_m}{e} = \frac{38(132)}{2.718282} = 1,845 \text{ veh/h/carri}$$

4.5.2.2 Modelos exponenciales

R.T underwood interesado por el análisis del régimen a flujo libre desarrolla el siguiente modelo exponencial para flujos no congestionados:

$$v_e^- = v_l e^{-k/k_m}$$

(Ecuación 4.23)

$$q = v_l k e^{-k/k_m}$$

(Ecuación 4.24)

Como puede verse en la ecuación (4.23) el modelo no representa la velocidad igual a cero para las altas densidades. Que seria la condición de congestionamiento. Por esta razón los parámetros del modelo son la densidad a flujo máximo k_m y la velocidad a flujo libre v_l

Para condiciones de flujo máximo (k_m, v_m), la ecuación (4.23) se convierte en:

$$v_m = v_l e^{-k/k_m}$$

De donde:

$$v_m = \frac{v_l}{e}$$

(Ecuación 4.25)

El valor de flujo máximo o de la capacidad es:

$$q_m = v_m k_m = \frac{v_l k_m}{e}$$

(Ecuación 4.26)

Ejemplo

En un estudio de flujo no congestionado en una vialidad, se determino como velocidad a flujo libre el valor de 70 km/h y como densidad a capacidad el valor de 50 veh/km/carril. Se requiere plantear las ecuaciones del modelo exponencial y calcular la capacidad.

Ecuaciones del modelo

Remplazando la velocidad a flujo libre y la densidad a capacidad en las ecuaciones (4.23) y (4.24) para este flujo vehicular se tienen las siguientes expresiones:

$$v_e = v_l e^{-k/k_m} = 70 e^{-k/50}$$

$$q = v_l k e^{-k/k_m} = 70 e^{-k/50}$$

Capacidad

De acuerdo a la ecuación (4.26) la capacidad es:

$$q_m = \frac{v_l k_m}{e} = \frac{70(50)}{2.718282} = 1.287 \text{ veh/h/carril}$$

Por otra parte, dentro de los modelos exponenciales la gran mayoría de curvas velocidad-densidad tienen la forma de una S. de tal manera se propone la siguiente ecuación de tipo exponencial de segundo orden:

$$v_e^- = v_l e^{-0.5(k/k_m)^2}$$

(Ecuación 4.27)

CAPITULO 3

LA CONGESTION VEHICULAR

3.1 DEFINICION

A menudo utilizamos la palabra congestión en el contexto del tráfico vehicular; podemos decir que hasta una cierta condición, los automóviles pueden circular a una velocidad relativamente libre y moderada, pero a dimensiones mayores, cada automotor adicional estorba el traslado de los demás, comenzando así el fenómeno de la congestión.

Una definición ideal sería” la congestión es la condición que prevalece si la introducción de un vehículo en un flujo de tránsito aumenta el tiempo de circulación de los demás” (Thompson y Bull, 2001).

Cada vehículo adicional siente su propia demora, pero complementariamente aumenta la demora de los demás vehículos que se encuentran en el flujo de tránsito en ese momento. A simple percepción podemos confirmar que a bajos niveles de concentración de automóviles, un aumento de la cantidad de vehículos, no aumenta trascendentalmente el tiempo de viaje, pero a niveles mayores, el mismo aumento incrementa significativamente las demoras totales.

Debido a la necesidad de transportarse con comodidad, se ha popularizado el automóvil. Originado así la congestión vehicular, a continuación analizaremos las condiciones para que se genere congestión vehicular.

3.2 Relación entre la oferta vial y la demanda vehicular

Durante la época de los 90, el automóvil ha experimentado cambios extraordinarios; inicio su vida útil siendo un artefacto de lujo, con el pasar de los años ha llegado a ser uno de los instrumentos más influyentes dentro del tránsito.

Los cambios principales que ha sufrido son principalmente de potencia, velocidad y comodidad, se recuerda que en 1895 la carrera entre Chicago y Libertyville fue ganada con un promedio de velocidad de 13 kilómetros por hora, si se la compara actualmente con una competencia de fórmula uno, se observa que las velocidades necesarias para ganar esta competencia fluctúan entre 250 y 300 kilómetros por hora.

Se puede decir que estos cambios siguen sucediendo año tras año y nos se ve fin en su eterna evolución, con tal consideración la canalización del vehículo debe ser adecuada al funcionamiento del sistema vial, con el objetivo de lograr un equilibrio entre velocidad, seguridad y congestión vehicular.

Con el objetivo de comprender los problemas de tránsito, se ha realizado la figura 3.1, en donde podemos observar los dos elementos principales del tránsito; la demanda vehicular y la oferta vial.

Empecemos definiendo que es la demanda vehicular; se denomina demanda vehicular a la cantidad de vehículos que tienen la necesidad de desplazarse por un determinado sistema vial, se incluye dentro de la demanda vehicular los vehículos que están en cola esperando circular y los que deciden tomar rutas alternas para evitar la congestión.

En cambio la oferta vial representa el espacio físico (calles y carreteras). La oferta vial se puede determinar en términos de capacidad y representa la cantidad máxima de vehículos que finalmente pueden circular en un espacio físico. La oferta vial se caracteriza por la

capacidad de carriles y velocidades de desplazamiento. A continuación definimos las condiciones a partir de las cuales se generan problemas en el tránsito vehicular.

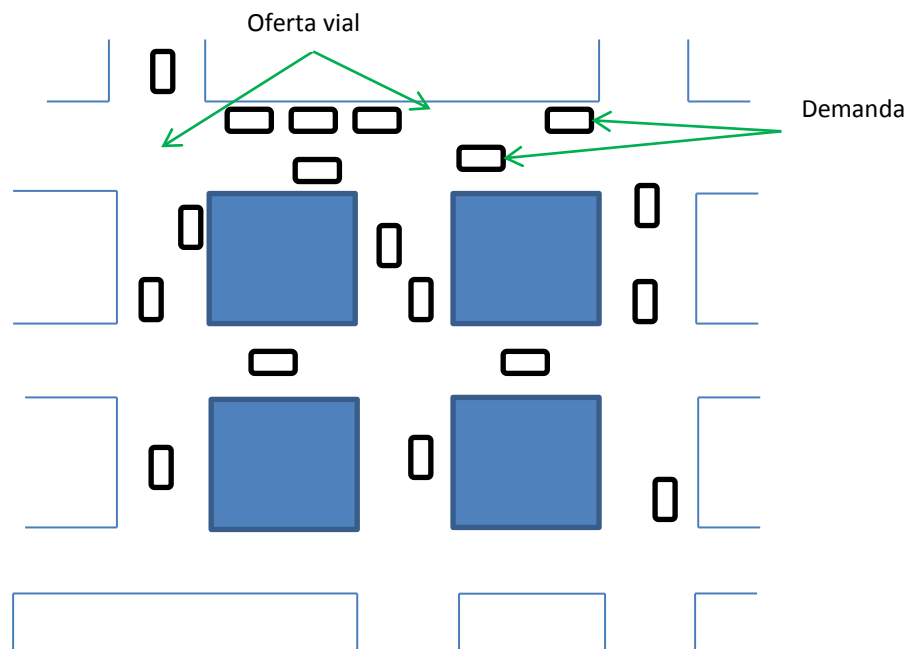
Si la demanda vehicular es $<$ la oferta vial, el flujo será normal y la circulación de vehículos variaría entre excelente y aceptables.

Si la demanda vehicular es $\leq$ la oferta vial, no existirá problema en el tránsito.

Si la demanda vehicular es $=$ a la oferta vial, se llega a la capacidad del sistema, se genera tránsito variable y se puede llegar a la congestión.

Si la demanda vehicular es $>$ la oferta vial, el sistema será exigido, presentándose para frecuentes y grandes demoras generando así el fenómeno de la congestión vehicular.

Figura 3.1 Oferta vial y demanda vehicular



3.3 Elementos del Tránsito

Con el propósito de estudiar los aspectos del tránsito es importante analizar de manera general los elementos básicos que hacen que se produzcan los flujos de tránsito; los vehículos, el sistema vial, los dispositivos de control.

Todos y cada uno de los elementos de tránsito juegan un papel de vital importancia y deben tener una sinergia para lograr un tránsito organizado y regulado. A continuación daremos una breve explicación de cada uno de los elementos antes mencionados.

3.3.1 El Peatón

Los peatones como usuarios de los diferentes medios de transporte son elementos primordiales del tránsito por calles y carreteras, se puede considerar como peatón a personas desde un año hasta cien años de edad.

3.3.2 El vehículo

El vehículo es uno de los elementos más primordiales del tránsito, a través de los años el crecimiento del número de automóviles en el mundo es apabullante, en el año de 1939 existían alrededor de 45 millones de automóviles y para el año del 2004 se registraron 610 millones, es decir un aumento de 14 veces.

3.3.3 El sistema vial

Uno de los bienes más valiosos con el que cuenta cualquier ciudad es la infraestructura vial, la mayor parte del transporte urbano es de tipo vial.

La infraestructura vial congestionada perjudica la economía de la ciudad y aumenta la contaminación ambiental afectando a las personas que utilizan el transporte público al

hacerlo más lento. En términos de movilidad y accesibilidad la clasificación de un sistema vial urbano se da a conocer a continuación.

a) Autopistas y vías rápidas

Las autopistas son las que facilitan el movimiento libre de grandes volúmenes de tránsito alrededor de la ciudad. Una autopista tiene separación total de los flujos conflictivos, mientras tanto una vía rápida puede ser la etapa anterior a una autopista, puede tener o no intersecciones a desnivel.

b) Calles principales

Son las que permiten el movimiento de tránsito entre lugares de la ciudad y se conectan con el sistema de autopistas y vías rápidas, con frecuencia tienen control a sus accesos. Las calles principales se combinan entre sí, para formar un sistema que mueve al tránsito en toda la ciudad y en todas las direcciones.

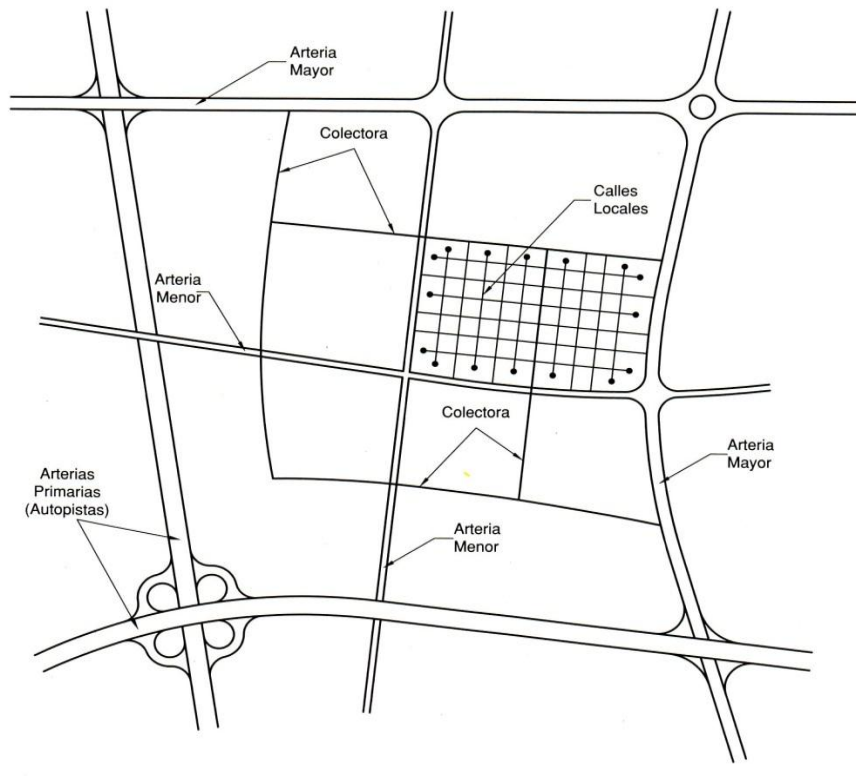
c) Calles colectoras

Son aquellas que ligan a las calles principales con las calles locales, proporcionando acceso a las propiedades contiguas.

d) Calles locales

Son las que proporcionan acceso directo a las propiedades, sean estas residenciales o comerciales, se conectan directamente en las calles colectoras y las calles principales. A continuación en la figura 3.2 se muestra la clasificación de un sistema vial urbano.

Figura 3.2 Clasificación del sistema vial



3.3.4 Dispositivos de control de Tránsito

La infraestructura vial es el medio que permite el transporte terrestre mediante el uso de automóviles, camiones, motocicletas y bicicletas.

Para que estos medios de transporte se desplacen con seguridad y fluidez es indispensable que el conductor, peatón o pasajero, disponga de la información suficiente para usar adecuadamente las vialidades, lo cual se logra en gran medida a través de las señales de tránsito.

Se denomina dispositivos para el control de tránsito a las, señales, marcas o cualquier otro dispositivo que se coloca por una autoridad pública sobre una calle o carretera para prevenir, regular y guiar a los usuarios de las mismas. Los dispositivos para el control de calles y carreteras se clasifican en:

a) Señales preventivas

Las señales preventivas son tableros con símbolos y leyendas, su función es dar al usuario un aviso anticipado para prevenirlo de la existencia de un peligro potencial y su naturaleza. La señal por si misma debe provocar que el conductor adopte medidas de precaución y llamar su atención hacia una reducción de velocidad con el objetivo de precautelar su propia seguridad y la del peatón. Los colores de las señales preventivas están en acabado reflejante amarillo para el fondo y negro para el símbolo a excepción del símbolo de alto que debe ser rojo.

Figura 3.3 Señales preventivas



b) Señales restrictivas

La función de las señales restrictivas es expresar en la calle o carretera alguna fase del reglamento de tránsito para su cumplimiento por parte del conductor, en general tienden a

restringir el movimiento del mismo, recordándole la existencia de alguna prohibición reglamentada.

El color de fondo de las señales restrictivas será blanco en acabado reflejante, el color del reverso del tablero y de la estructura del soporte debe ser gris mate o acabado galvanizado.

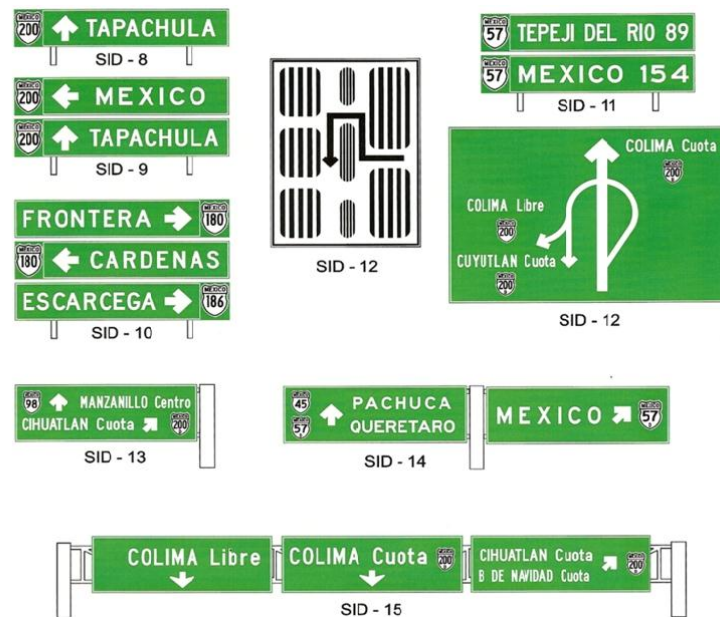
Figura 3.4 Señales restrictivas



c) Señales informativas

Son tableros fijados en postes con leyendas, escudos y flechas, tienen como función guiar al usuario a lo largo de calles y carreteras e informarle sobre nombres y ubicación de poblaciones, lugares de interés, servicios y ciertas recomendaciones.

Figura 3.5 Señales Informativas



3.4 LA CONGESTION VEHICULAR EN LA CIUDAD DE QUITO

El sistema de circulación del tráfico vehicular del D.M.Q en los últimos años ha experimentado una serie de impactos como; la incorporación de nueva infraestructura vial, implementación de contraflujos en tramos congestionados, reformas geométricas etc.

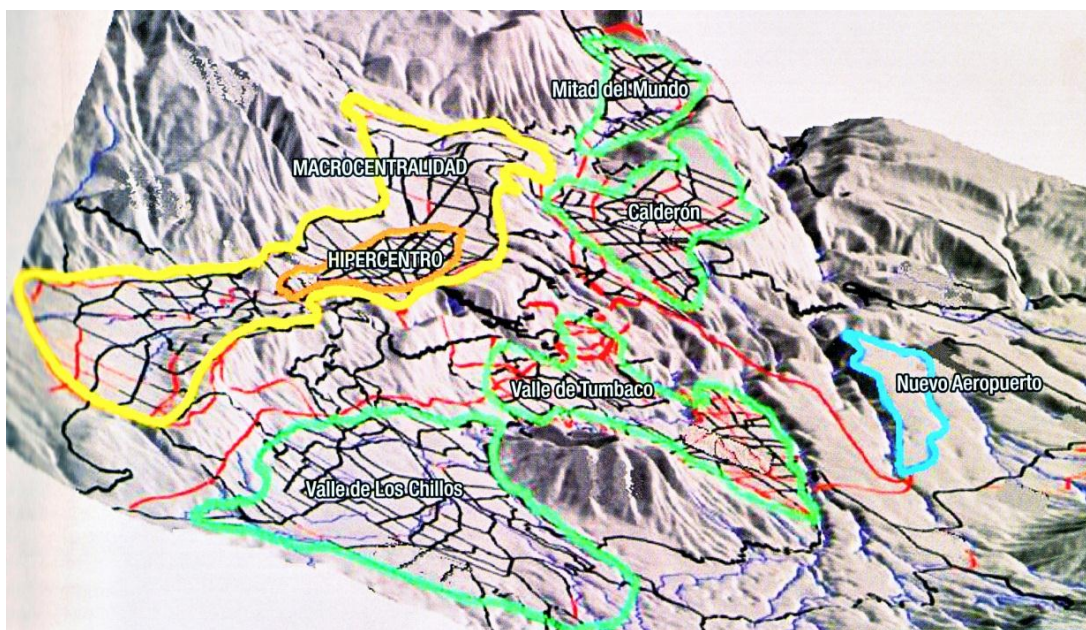
Sin embargo la situación de circulación del tráfico es un aspecto complejo, demanda acciones como la planificación de la movilidad e incorporación de tecnología en el control del tránsito, los aportes que hasta la fecha se han implementado para mejorar la situación de la movilidad en Quito, han resultado insuficientes.

3.4.1 Hipercentro

El número de viajes en la ciudad de Quito registran un crecimiento sostenido a través de los años, esta situación se relaciona directamente a los cambios de vida de una sociedad más competitiva, esto es evidente en la multiplicación de actividades productivas y la educación.

De acuerdo con el Plan Maestro de Movilidad 2009-2025, los viajes en transporte público se concentran mayoritariamente en el denominado hipercentro, entre "La Y" y la Villa Flora, en el cual se incluye al centro histórico. Según el estudio, el 64% de los viajes proviene de fuera del hipercentro y solo el 36% se genera dentro de los límites de esta jurisdicción.

Figura 3.6 Hipercentro del Distrito Metropolitano de Quito



3.4.2 Causas de la congestión vehicular en la ciudad de Quito

El aumento de la demanda de transporte ha causado en la ciudad mayor congestión, demoras y accidentes. La congestión vehicular se ha transformado en el principal problema percibido por los ciudadanos de Quito, registra niveles que han superado la capacidad vial en muchos tramos, especialmente en el hipercentro.

En el Distrito Metropolitano de Quito el porcentaje de kilómetros saturados llega aproximadamente al 32% de la red vial.

3.4.2.1 La emigración de la población hacia los valles

El agrandamiento desorganizado que ha experimentado la ciudad de Quito requiere que se aumenten los viajes desde el centro a los alrededores y de los alrededores al centro, la mayoría de gente que vive en los valles aledaños realizan viajes en transporte particular privado provocando congestionamientos sobre todo en horas pico.

Los valles cercanos; Los Chillos, Tumbaco y Calderón, se han convertido en los sectores de mayor crecimiento poblacional de la ciudad en los últimos años.

Una de las mayores razones que ha originado el crecimiento poblacional de estos valles es precisamente la pérdida de la calidad de vida en la ciudad. Los nuevos habitantes de estos valles, así como los vendedores de viviendas y urbanizaciones en estos sectores, coinciden en señalar las ventajas de vivir en lugares libres del alto tráfico y de contaminación.

Los habitantes, buscando recuperar en parte la calidad de vida perdida, prefieren ir a vivir a los pueblos cercanos a la capital, creando zonas suburbanas e inconscientemente convirtiendo a Quito en una ciudad de baja densidad poblacional, sin embargo la gran mayoría de residentes suburbanos sigue trabajando en la ciudad, empeorando las cosas, pues aumentan los desplazamientos y consiguientemente ahondando el problema de la congestión vehicular.

Los servicios de transporte público en estos valles son insuficientes, lo que genera que la gente que vive en esta zona dependa mucho más del automóvil particular. El caso del Valle de Los Chillos y el de Tumbaco, es más grave, ya que al ser excelentes tierras agrícolas, día tras día son echadas a menos por el proceso de urbanización y expansión de la ciudad.

Es claro que si la población está más concentrada en un menor espacio de terreno, obtendremos un mayor ahorro de energía porque los desplazamientos serán menores, la

infraestructura necesaria para solucionar la demanda vial será menor para servir a mayor cantidad de habitantes.

Sin embargo, hasta la fecha no ha existido una ordenanza municipal que regule este aspecto.

3.4.2.2 La macro centralidad de actividades

En la mayoría de las ciudades generalmente los centros, se convierten en sitios de destino de gran cantidad de población.

Con respecto a la ciudad de Quito en el centro histórico se encuentran más de cien establecimientos educativos que acogen a aproximadamente 40.000 estudiantes, sin embargo los niños y jóvenes que tienen viviendas y habitan en el centro histórico no llegan ni a la tercera parte de esa cifra, es decir que para que los estudiantes lleguen a sus establecimientos educativos deben trasladarse al interior de la ciudad, al estar agrupados muchos establecimientos educativos en una zona común se generan problemas de movilización y congestión vehicular.

En la zona de Santa Prisca se alojan los sectores judicial y legislativo, las oficinas de abogados, notarias y juzgados tiene una distancia aproximada de una cuadra unos con otros, la centralización de la actividad legislativa es evidente, la mayoría de personas que laboran en este sector acuden a su lugar de trabajo en automóviles privados, la escasa infraestructura para parqueaderos afecta el tránsito de este sector.

Si avanzamos hacia el Norte, específicamente en el sector de la Carolina, se encuentra un gran sector bancario y comercial en donde predominan las actividades económicas, grandes centros comerciales como el Quicentro Shopping y el centro comercial Ñaquito. La mayoría de capitalinos llegan a este sector en automóvil generando grandes filas de

vehículos, el problema se hace aún más evidente en época navideña donde es casi imposible transitar en automóvil. La macro centralidad de Quito concentra el 77% de la población económicamente activa.

Lamentablemente la planificación y la legislación urbana fomentan la concentración de actividades. Por ejemplo, existen barrios residenciales, en donde está prohibida la ubicación de comercios, oficinas profesionales o de talleres artesanales y existen sectores predominantemente comerciales, sectores industriales y sectores predominantemente administrativos. Si se desconcentran actividades, es decir, si se reparte distintas actividades a distintos lugares se reducirán de manera notable los problemas de congestión vehicular.

En el mapa 3.1 se observa la zona de Quito donde se concentran la mayor cantidad de actividades comerciales, legislativas y educativas.

Mapa 3.1 Concentración de actividades en la ciudad de Quito



3.4.2.3 La preferencia del auto privado frente al colectivo

El uso irracional del automóvil privado incentiva a causar más congestión.

La prioridad que se le da al automóvil privado, no solamente perjudica a los conductores que se encuentran atascados en las interminables filas de autos, sino también a los usuarios del sistema de transporte público, generando así una demora general en los tiempos de viaje, que perjudican a todos los usuarios del sistema vial.

En la ciudad de Quito existen familias acaudaladas que poseen más de un automóvil por hogar, ante este suceso resulta lógico que la infraestructura vial de la ciudad colapse.

Al elegir entre un transporte público y el automóvil privado, la mayor parte de habitantes optan por su automóvil.

La inseguridad es uno de los principales males que aquejan a los buses urbanos, muchos delincuentes utilizan este medio de transporte como su lugar de trabajo y es fácil conocer porque estos lugares son preferidos por los asaltantes.

Los conductores de los buses no tienen idea de que están prestando un servicio y miran a los usuarios como mercancía, mientras mas mercancía acarreen mayor será la utilidad, por esta razón existen correteos y accidentes en las vías de la capital. Bajo estas condiciones resulta lógica la predilección por el auto privado.

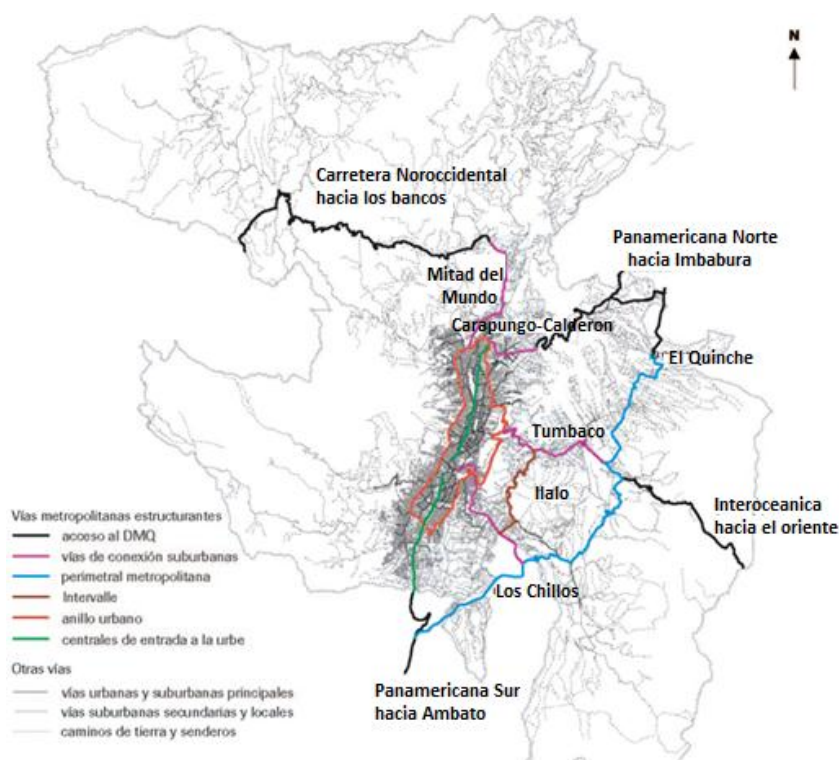
Si deseamos solucionar este problema se debe tener un transporte público de calidad, de manera que el viajar en transporte público no sea un castigo o una aventura, sino más bien una actividad tranquila y sin mayores complicaciones.

3.4.2.4 La falta de infraestructura vial

Esta causa de congestión esta íntimamente ligada a la escasa densidad poblacional que se concentra en la ciudad, al emigrar población hacia los valles la infraestructura vial debe aumentar. Vías que antes eran de baja circulación se convierten en vías de alta circulación generando problemas de tránsito y demandando cada vez mas espacio vial.

Suena irónico que si alrededor del 40% del espacio total de la ciudad es infraestructura vial, entonces se hable de escasez vial, existe la impresión de que eso ocurre y generalmente se piensa que las vías ya no abastecen. Frente a esto se construyen pasos elevados, se ensanchan vías y sin darse cuenta con estas medidas se reduce el espacio de circulación del peatón, con esto lo único que se consigue es acarrear la congestión vehicular a otro sitio. En el mapa 3.2 establecemos las principales vías que atraviesan el Distrito Metropolitano de Quito

Mapa 3.2 Red vial de la ciudad de Quito



3.4.2.5 La morfología de la ciudad

En la ciudad de Quito el diseño urbano, aplicado durante la época colonial, se basó en el módulo rectangular, en esta época la forma de la ciudad no sufrió mayores transformaciones, es decir sin mayor expansión, esta situación se mantiene hasta finales del siglo XX, cuando se inicia un período de transformación generando nuevas zonas urbanas, expandiendo a la ciudad de manera longitudinal.

Esta transformación tiene mucho que ver con los problemas de congestión vehicular para el caso de la ciudad de Quito. De tener un modelo rectangular en la época colonial se pasa a un modelo longitudinal. El centro histórico con calles que fueron diseñadas como espacios de encuentro de los vecinos, forma parte del patrimonio cultural de la ciudad por lo que poco o nada se puede hacer para modificarlo, la topografía de la ciudad con quebradas y lomas obligan a que se hagan rellenos que no son recomendados para construcción de vías, muchas veces ya se ha visto casos de hundimiento de calles, como por ejemplo el hundimiento en el sector del trébol, con el colapso del trébol se generó un punto crítico en la movilidad de la ciudad, durante meses el caos vehicular se apoderó de calles y autopistas.

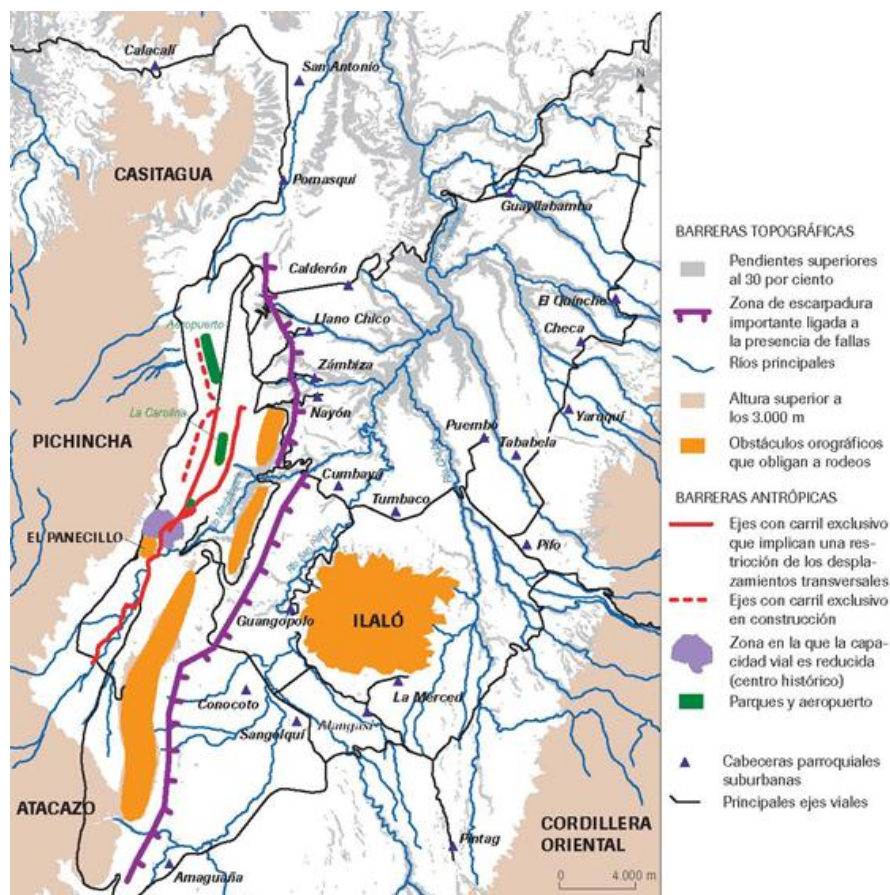
El crecimiento de la ciudad con barrios que se fueron conformando con el pasar del tiempo sin conexión entre sí, han contribuido a que no exista un trazado racional de vías colectoras y arteriales que permitan desfogues rápidos, obligando a que en ciertos puntos de la ciudad un alto número de autos tengan que encontrarse y se provoquen congestionamientos.

Pero sobre esto no podemos hacer mucho. El centro histórico está ahí desde mucho antes, al igual que la topografía de Quito.

Lo que si podemos hacer es crear normas claras y una planificación adecuada de vías colectoras y arteriales para las zonas de expansión de la ciudad,

En el mapa 3.3 observamos las principales barreras topográficas en donde se encierra la ciudad

Mapa 3.3 Principales barreras físicas de aglomeración en la ciudad de Quito



3.4.2.6 La desorganización del sistema de tránsito

La desorganización del sistema de tránsito es una de las principales causas de congestión vehicular.

Generalmente existen cruces de dos o más grandes vías con alto flujo de autos con giros a la izquierda y a la derecha, buses en doble y triple fila, autos realizando cruces a la

izquierda en trayectos seguidos y giros en U donde existen semáforos, buses parando a cada paso a recoger o dejar pasajeros, semáforos no sincronizados, autos que van demasiado lento impidiendo el flujo de tránsito, autos estacionándose a veces en doble fila. Cuando convergen más de dos causas juntas se generan problemas graves de congestión.

Los agentes de tránsito en lugar de ayudar a mejorar la movilidad empeoran la situación, no es difícil encontrarse en una intersección muy congestionada que esta siendo dirigida por un agente de tránsito.

Este es un eje fundamental que se debería mejorar, en la actualidad se esta realizando una transición de competencias en la materia de tránsito, el Distrito Metropolitano asumirá las competencias de tránsito de la ciudad. Esto quiere decir que la parte operativa y de control del tránsito en Quito estará al mando de la Municipalidad. Este cambio esta mas bien orientado a la parte administrativa mas no en la operacional, para que la parte operacional mejore se debería realizar una capacitación a los agentes de tránsito, esta capacitación debe estar enfocada al manejo de flujos vehiculares ya que es evidente que se encuentran poco capacitados en este aspecto. Al mejorar el control del tránsito y manejar de manera técnica los flujos de tránsito ayudaremos en mucho a la movilidad de la ciudad.

3.4.2.7 La popularización del automóvil

La evolución de los ingresos económicos hace que la propiedad de un automotor deje de ser un sueño inalcanzable y se transforme en una realidad para muchas familias

Entre las principales causas que han llevado al congestionamiento de la ciudad de Quito se encuentra el aumento del parque automotor, al no existir un mandato que regule este aspecto, los automóviles seguirán aumentando día tras día sin lograr que ninguna infraestructura vial sea suficiente para satisfacer la demanda.

La demanda de vehículos ha presentado un importante crecimiento motivado en gran medida por el incremento en los ingresos familiares. En el año 2005, el ingreso promedio anual de las familias en la capital se ubicó aproximadamente en USD 3.845. En 2009, esta renta se elevó a un promedio de USD 6.155.

El incremento de los ingresos económicos, sumado a las facilidades de financiamiento y los cambios en las preferencias de movilidad, ha derivado en una mayor demanda de vehículos, algo que se refleja en la relación de vehículos por cada habitante en la capital. En 2006 existía un vehículo por cada 6.3 habitantes, mientras que en 2010, existe un vehículo por cada 5.2 habitantes.

Así mismo, el número de vehículos matriculados en el Distrito Metropolitano de Quito, medido a través de la revisión vehicular obligatoria, realizada por la secretaria de movilidad, refleja un incremento promedio cercano al 9% anualmente.

3.4.3 Problemas ocasionados por la congestión vehicular

3.4.3.1 Contaminación atmosférica

La congestión vehicular y la contaminación atmosférica son dos grandes problemas que aquejan a las ciudades modernas. Ambos problemas tienen causas comunes.

La congestión se produce por la operación de vehículos motorizados en calles, mientras que la contaminación se produce porque las emisiones contaminantes de los vehículos sobrepasan la capacidad de absorción y dilución de la cuenca en que se ubica la ciudad.

La Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito es la encargada del monitoreo de la calidad del aire en la ciudad, tiene como finalidad producir datos confiables sobre la

concentración de contaminantes atmosféricos en el territorio del Distrito Metropolitano de Quito.

El mayor contaminante del aire a nivel urbano es sin lugar a dudas el automóvil, en el caso de la ciudad de Quito el 80% de la contaminación es producida por el parque automotor. Las emisiones totales de monóxido de carbono (CO) en Quito son 119.583 toneladas/año; de las cuales 46.154 son producidas por vehículos livianos

Cada automóvil emite a la atmosfera un promedio de cinco toneladas de dióxido de carbono al año, además de otras sustancias como el plomo, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de azufre, hidrocarburos, benceno y el ozono a ras de tierra. A continuación vamos a detallar cada uno de ellos:

a) El ozono

El ozono es un gas inoloro e incoloro compuesto de tres átomos de oxígeno. La presencia del ozono es beneficiosa para los seres vivos, ya que los protege de la radiación ultravioleta emitida por el sol sin embargo, a nivel del suelo el ozono es un contaminante peligroso, que se forma cuando los contaminantes emitidos por los vehículos, reaccionan químicamente en la atmósfera en presencia de la luz solar.

Los mayores niveles de ozono a nivel del suelo ocurren durante los días que presentan cielos despejados, especialmente en las primeras horas de la mañana, muchas veces se manifiesta como el smog fotoquímico, que es una especie de nube amarillenta estacionada sobre zonas de alto tráfico vehicular.

Entre los principales problemas derivados de la contaminación por ozono están:

- El ozono puede irritar el sistema respiratorio, causando tos, irritación de la garganta

y una incómoda sensación en el pecho.

El ozono puede agravar el asma. Cuando los niveles de ozono son altos, las personas con esta enfermedad sufren ataques que requieren atención médica o el uso de medicamentos.

b) El monóxido de carbono

El monóxido de carbono (CO) es un gas inoloro e incoloro. Se forma cuando el carbono de los combustibles no se quema completamente, situación que ocurre en los motores de combustión interna. Las concentraciones de CO son generalmente mayores durante los climas fríos ya que las bajas temperaturas provocan que el proceso de combustión sea menos completo.

Los efectos más comunes causados por el CO son los siguientes:

- El monóxido de carbono ingresa al torrente sanguíneo a través de los pulmones y se combina rápidamente con la hemoglobina, deprimiendo el abastecimiento de oxígeno a las células, consecuentemente afecta a los tejidos y órganos del cuerpo humano. Concentraciones altas de CO pueden ocasionar dolores de cabeza y mareos, hasta el extremo de pérdidas de conocimiento e incluso la muerte.
- Los individuos sanos expuestos a altos niveles de monóxido de carbono pueden ver afectados su alerta mental y visión.

c) El dióxido de azufre

El dióxido de azufre (SO₂) es un gas incoloro y reactivo que se produce durante la quema de combustibles que contienen azufre.

Los principales efectos sobre la salud que resultan de la exposición al SO₂ son los siguientes:

- Estrechamiento de las vías respiratorias, lo cual puede causar síntomas tales como opresión del pecho y dificultad para respirar.
- Exposiciones de largo plazo a dióxido de azufre y material particulado fino, pueden causar enfermedades respiratorias, alterar los mecanismos pulmonares de defensa y agravar enfermedades cardiovasculares existentes.

d) Plomo

El plomo (Pb) es un elemento químico tóxico y es expulsado a través del tubo de escape del automóvil. El plomo, en sus diferentes formas, es un compuesto tóxico que se acumula en el sistema nervioso central y es particularmente perjudicial en el desarrollo mental de los niños. El Plomo puede causar varios efectos a la salud del ser humano, como son:

- El incremento de la presión sanguínea, lo cual puede llevar incluso a un derrame cerebral.
- A altas exposiciones se puede experimentar perturbación del sistema nervioso,

e) Los hidrocarburos

Los hidrocarburos (HC) son compuestos orgánicos constituidos predominantemente por moléculas de carbono e hidrógeno, son contaminantes primarios. Se forman por la combustión de productos como la gasolina, y su mayor producción se debe a la combustión de vehículos de motor.

Entre los principales efectos que producen los hidrocarburos sobre la salud humana se encuentran:

- El efecto primario que se experimenta incluso al exponerse a bajos índices de inhalación son: tos, ahogo, sibilancias y ronqueras.
- Exposiciones a largo plazo de hidrocarburos pueden causar somnolencia.

f) Benceno

El Benceno (C_6H_6) es un hidrocarburo aromático, es incoloro y muy inflamable, de aroma dulce. Puede entrar en el cuerpo por las vías respiratorias o a través de la piel.

Entre las principales afectaciones que produce el benceno en la salud se obtiene:

- Mayores exposiciones pueden producir depresión, dolores de cabeza, vértigo y náuseas.
- Es considerado cancerígeno para el ser humano y no existe ningún nivel de seguridad conocido.

3.4.3.2 El ruido

La ciudad de Quito alberga una de las mayores concentraciones automovilísticas a nivel nacional, el ruido está ligado a la congestión vehicular, esto sumado al paisaje encerrado por montañas y colinas genera un enorme resonador, que eleva los decibeles de contaminación auditiva.

El ruido está presente en los lugares donde existe mayor congestionamiento, a mayor tráfico, el ruido es mayor. Dos vehículos con el mismo ruido producen tres decibeles más que el ruido de uno solo, varios vehículos amplifican el ruido del automotor más ruidoso.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el límite de ruido varía entre 44 a 55 decibeles, cuando el nivel está entre 65 a 75 decibeles se produce una molestia psicológica en la persona y si se sobrepasa los 90 decibeles hay malestar físico. Sin embargo el promedio de ruido en algunos sectores de Quito producido por los automotores, sobrepasa

los 80 decibeles¹. En el centro de Quito, y en la Av. Eloy Alfaro se alcanzan los 90 decibeles.².

Ante esta problemática, el municipio de Quito ha dispuesto la aplicación de la ordenanza No 213 que pretende controlar la contaminación ambiental acústica. En caso de que los ciudadanos no respeten esta norma se establecen multas que van desde 0.4 a 2 remuneraciones básicas unificadas para quienes sobrepasen los 65 decibeles.

3.4.3.3 Accidentabilidad

La enorme cantidad de vehículos que se incorporan en las calles y avenidas de la ciudad sumados a la imprudencia de algunos conductores, han convertido los accidentes de tránsito en la mayor causa de muerte violenta para los habitantes del Distrito Metropolitano, según un informe publicado por el Observatorio Metropolitano de Seguridad Ciudadana (OMSC) los accidentes de tránsito registran un total de 297 muertes, constituyendo el 27.4 % del total de muertes registradas en el periodo del 2011.

Tabla 3.1 Variación porcentual de muertes en el Distrito Metropolitano de Quito

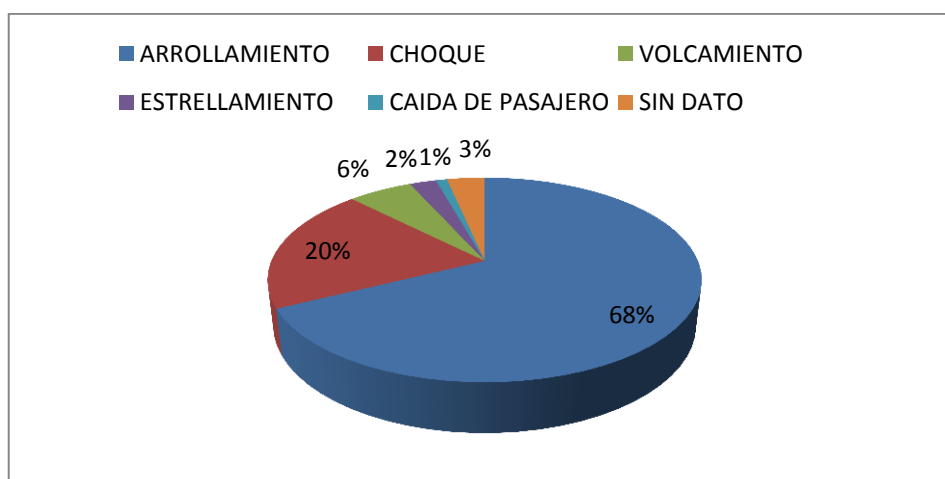
Tipo de muerte	Frecuencia			Variación porcentual	
	2009	2010	2011	2010/2009	2011/2010
Accidentes de tránsito	409	387	297	-5%	-23%
Homicidio	223	290	226	30%	-22%
Muerte accidental	320	281	359	-12%	28%
Suicidio	164	178	174	9%	-2%
Indeterminada	41	21	34	-49%	62%
Total	1157	1157	1090	0%	-6%

¹ Fuente: Burneo Cesar Augusto. " Contaminación ambiental por ruido y estrés en el Ecuador"

² Trujillo Ernesto: No solo el smog contamina. Revista Mundo Diners.260

A pesar de que los accidentes de tránsito son la causa principal de muerte violenta, se observa una reducción del 23% con respecto a los accidentes que ocurrieron en el período del año 2010. Entre las posibles causas que han generado la disminución figuran la implementación de puntos de control en las zonas más peligrosas a través de los operativos combinados entre el Municipio, la Policía Nacional y la vigencia de la nueva Ley de tránsito. El arrollamiento sigue siendo la principal causa de muerte en accidentes de tránsito, a continuación en la figura 3.7 se muestran los porcentajes de las causas de muerte en Quito.

Figura 3.7 Causa de muertes en accidentes de tránsito



CAPITULO V

PROPUESTAS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRANSITO EN LA CIUDAD DE QUITO

5.1 GENERALIDADES

El problema de movilidad en la ciudad capital es un tema muy complejo y requiere de varios ejes de acción, ha surgido años atrás y se ha venido agudizando con el pasar del tiempo.

La ciudad de Quito se desarrolla en una geografía muy compleja que sumada ha un creciente movimiento comercial genera un déficit en la movilidad. En este capítulo se analizan las principales medidas que se han implementado para disminuir la congestión vehicular, así como también las propuestas para el mejoramiento del tránsito en la ciudad capital.

5.2 MEDIDAS QUE SE HAN IMPLEMENTADO

Para controlar la compleja situación de tránsito por la que atraviesa la ciudad se han adoptado medidas que ayudan al mejoramiento de la circulación vehicular en calles y avenidas.

5.2.1 Impuestos

El cobro de impuestos para vehículos privados puede ser considerado como una estrategia para disminuir el crecimiento del parque automotor.

En los últimos años las tasas y aranceles han aumentado considerablemente, el automóvil es un producto cargado de aranceles, pese a ello, el número de vehículos en la ciudad de Quito aumenta en un valor aproximado de 30.000 unidades anuales.

En la tabla 5.1 se realiza una comparación de precios para la venta de automotores entre Estados Unidos y Ecuador, por ejemplo, se observa que en el caso del crossover Toyota Rav 4 el precio de venta en Estados Unidos es inferior en un 56% respecto al valor que se paga en Ecuador.

Tabla 5.1 Precios de vehículos en Estados Unidos y Ecuador

Modelo	EE.UU.	Ecuador
Toyota Rav 4	22650	40000
Toyota Fj Cruiser	25770	50500
Volkswagen Tiguan	23485	47000
Hyundai Tucson	18745	28990
Grand Vitara SZ	19900	25190

Los precios de venta en el país son superiores porque al importar un vehículo nuevo se cancela una serie de impuestos. En la tabla 5.2 se muestran los impuestos con los que se cargan a los automotores, cabe mencionar que en el caso de que el propietario decida contratar un seguro privado, se debe pagar otro impuesto, en base al valor del auto por una tasa que asigna la aseguradora, se cancela 0.35% a la superintendencia de bancos.

Tabla 5.2 Los impuestos que paga un automóvil en Ecuador

Impuesto al Valor agregado (IVA)	12%
Aranceles	40% para vehículos con motores hasta 2000cc y 35% vehículos con motores de más de 2000cc
Impuesto a los consumos especiales (ICE)	25% ,el ICE a los vehículos híbridos varia según el valor del automóvil desde el 8 % hasta el 30%
Fodinfra	0.5%
Matricula	Una tasa según el avaluó del Vehículo
Corpaire	\$25.03
Soat	Valor según la tabla
Impuesto Verde	(Cilindraje - 1500cc x el monto por el valor de cilindraje fijado en la tabla mas monto de factor antigüedad fijado en la tabla)

El cobro de cuantiosos impuestos son contrarrestados por las estrategias de venta que poseen los concesionarios, entre la más común figura el financiamiento con planes de pago que van hasta 5 años plazo.

La disminución de accesorios es otra estrategia utilizada por los concesionarios; por ejemplo, los aros de magnesio del vitara modelo 2011 son considerados como accesorios extras en el modelo 2012, elevando aun más el precio de venta del vehículo.

El alto precio de venta con el que se comercializan los automóviles afecta en poco o casi nada a disponer de un auto nuevo.

Se puede evidenciar que esta medida no desestima la compra de vehículos particulares nuevos en la ciudad de Quito.

5.2.2 Control de vehículos mal estacionados

La ciudad de Quito cuenta con alrededor de 4.148 metros de vías, además de una cantidad aproximada de 443.860 vehículos que circulan por calles y avenidas ocasionando graves problemas de tránsito.

El uso inadecuado del espacio vial por parte de los conductores bloquea las calles de la ciudad, es común observar vehículos mal estacionados.

El control de vehículos mal estacionados constituye una solución a los problemas de tránsito vehicular que experimenta la ciudad, el alcalde de Quito conjuntamente con la policía nacional han implementado el proyecto denominado Control del Espacio Público en sitios prohibidos de estacionamiento.

El propósito es que las principales calles de la ciudad aumenten la capacidad vial y la velocidad de recorrido de circulación.

5.2.2.1 Multas y sanciones

Los operativos de control de vehículos mal estacionados se fundamentan en el código municipal emitido el 7 de Agosto del 2008, además de la ordenanza municipal 247, donde se manifiesta que la EPMMOP en coordinación con la policía nacional realizara trabajos conjuntos para controlar el uso de suelo por parte de los propietarios de vehículos privados, a quienes en caso de infringir esta norma se les sancionara con el 50 % de una remuneración básica unificada (146 dólares)

5.2.2.2 Proceso de detención

El proceso de retención de vehículos mal estacionados se realiza a través de winchas, los operarios antes de embarcar los vehículos colocan adhesivos de seguridad en las puertas del auto, luego se levanta un registro fotográfico del vehículo infractor posteriormente se emite un parte policial que luego será entregado al propietario.

Una vez que el vehículo infractor ingresa al patio de retención vehicular el funcionario encargado emite la papeleta de cancelación en una entidad del sistema financiero para que el propietario pueda cancelar el valor de la multa.

5.2.2.3 Requisitos para sacar el vehículo de los centros de detención

Para el retiro desde el patio de retención vehicular el infractor deberá presentar:

- Original y 2 copias del comprobante de pago.
- Original y copia de la matricula.
- Original y copia de la cédula de identidad de quien retire el vehículo.

Los vehículos que son retirados por las winchas son trasladados a los patios de retención vehicular que se detallan en tabla 5.3.

Tabla 5.3 Patios de detención vehicular

Patio de retención vehicular	Dirección
Rio Coca Terminal Norte Iñaquito Cumandá	Entre la Av. Rio Coca y Laureles Ubicado en la Y Calle José Alarcón Ayala entre unión nacional de periodistas y Villalengua En el ex terminal terrestre Cumandá

El control de vehículos mal estacionados ayuda de manera significativa a la fluidez del tránsito, posibilita el correcto uso de paradas destinadas a buses de transporte público, beneficiando así al 80% de la población que se moviliza utilizando este medio de transporte, disminuye el tiempo de viaje tanto de buses como de vehículos privados, además de permitir que el peatón recupere el espacio público destinado para su circulación, el acceso a parqueaderos domiciliarios también ha resultado beneficiado. Esta medida se ha vuelto crucial y trascendental para la movilidad en el tránsito de la ciudad capital.

5.2.3 Zona azul

El Sistema de Estacionamientos de Quito, tiene como base legal lo establecido en la ordenanza metropolitana de Quito No. 221, donde se crea el sistema de estacionamientos de Quito, el concejo metropolitano de Quito, mediante Resolución No. C0555 del 4 de septiembre de 2008, autoriza el uso de espacio público sobre la vía para desarrollar el servicio de estacionamiento rotativo tarifado de vehículos, denominado zona azul.

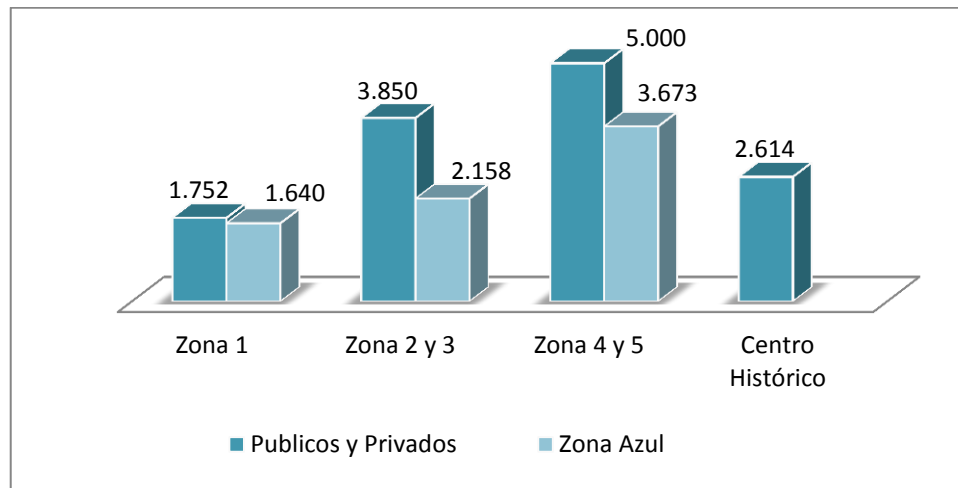
El objetivo de la zona azul es devolver a los peatones el derecho de utilizar las aceras y a los conductores el uso de vías de manera ordenada, la zona azul permite la disponibilidad de espacios libres para estacionamiento, mejorando la circulación vehicular.

El sistema de estacionamientos de Quito esta bajo la administración de la Empresa Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas EMMOP-Q.

La oferta de estacionamientos en el hipercentro de Quito (zona comprendida entre la Av. Naciones unidas y villaflora) es de 2.087 plazas de estacionamiento, si consideramos que en las horas pico alrededor de 35.000 vehículos demandan plazas de estacionamiento, la oferta de estacionamientos tiene un gran déficit, esta fue la razón para la creación del sistema zona azul.

La zona azul regula 7.471 plazas de estacionamiento sobre la vía, en la figura 3.1 se observa una comparación entre la oferta de estacionamiento públicos y privados comparadas a las plazas de estacionamiento que genera la zona azul.

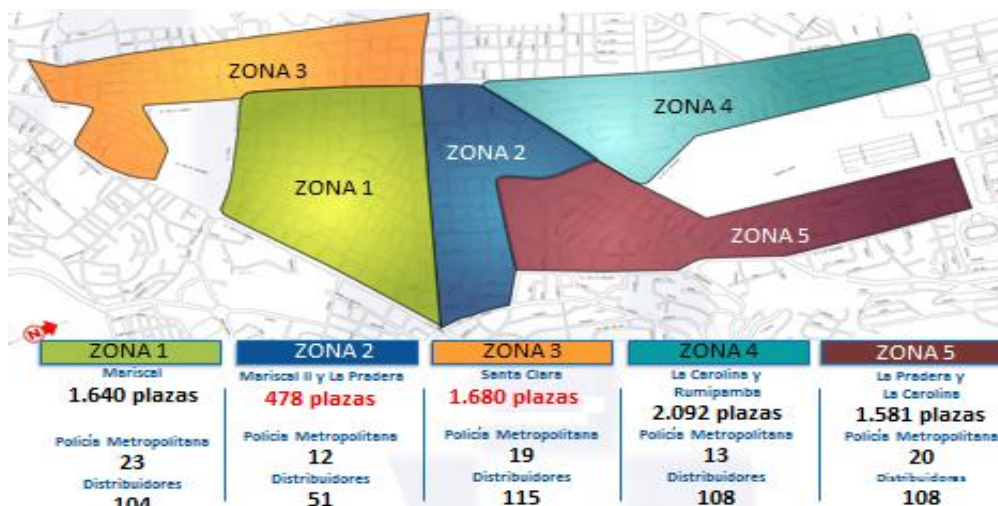
Figura 5.1 Oferta de estacionamientos en el Hipercentro de Quito



5.2.3.1 Limites territoriales

Actualmente el sistema funciona en cinco zonas; la Mariscal, la Pradera, Santa Clara, la Carolina y la Carolina 2, estas zonas se detallan en el mapa 4.1, los beneficios que se pueden notar con la implementación del sistema son: el ordenamiento de vías y el aumento de la velocidad de circulación, en tramos críticos la velocidad mejoró hasta en 4km/h, logrando mayor fluidez del tránsito.

Figura 5.2 Lugares donde existen plazas de estacionamiento zona azul



5.2.3.2 Funcionamiento

El sistema zona azul abastece al conductor plazas de estacionamientos, cada plaza de estacionamiento está controlada por la autoridad municipal posibilitando su uso por un tiempo máximo de 2 horas.

Para estacionar un vehículo en la zona azul el conductor debe comprar una tarjeta de estacionamiento a los proveedores. El proveedor marca la fecha y hora de llegada, luego de esto el propietario del vehículo debe colocar la tarjeta en una zona visible.

La tarjeta prepago tiene un costo de 0.40 centavos por hora o fracción, el sistema zona azul funciona desde los días lunes hasta los días viernes en horarios de 08h00 a 18h00.

El sistema integra a 510 distribuidores independientes, autorizados para la venta de tarjetas quienes reciben el 50% del precio de venta de cada tarjeta, un promedio de 3.3 millones anuales se generan por el cobro de multas y la venta de tarjetas de estacionamiento.

5.2.3.3 Multas y sanciones

Las multas y sanciones se realizan cuando; el propietario del vehículo estacione su automotor sobre la zona azul sin comprar la tarjeta prepago, exceder las dos horas de estacionamiento o por alterar u ocultar la tarjeta para evitar que se realice el control.

De acuerdo a la ordenanza No 221 la multa por infringir el funcionamiento de la zona azul es del 10% de la remuneración básica unificada (\$24.60), el conductor tiene un tiempo máximo de dos horas para cancelar el valor de la multa más el pago correspondiente al tiempo adicional de permanencia en el estacionamiento, si esto no ocurre se retira el vehículo y se lo conduce hacia los patios de retención municipal.

5.2.3.4 Proceso de retención

El funcionario de la policía metropolitana inmoviliza el automotor mediante la colocación de un candado, luego se entrega la multa para el dueño del vehículo, en caso de que el propietario no cancele el valor de la multa se considera como un vehículo mal estacionado y se continúa con el proceso de retención.

El control del sistema actualmente se realiza con 82 policías metropolitanos, estos recorren y verifican el funcionamiento de aproximadamente 22 km de estacionamientos tarifados, cada policía metropolitano tiene bajo su control 268 metros de estacionamiento durante 10 horas.

Una falencia que minimiza el funcionamiento de la medida está en que los distribuidores de tarjetas no tienen un control sobre el horario de su jornada laboral, hay quienes empiezan su jornada a las 09:30 y se retiran a las 16:30, en muchas ocasiones los distribuidores se vuelven cómplices de los propietarios, ya que, al expirar el tiempo máximo de estacionamiento ocultan las tarjetas y solo las colocan ante la presencia del

policía municipal, evitando que distintos vehículos utilicen una plaza rotativa de estacionamiento.

Para fortalecer el funcionamiento de esta medida se debe remplazar los distribuidores por unidades automatizadas que emitan tarjetas prepago, además se tiene que incrementar el número de uniformados para el control de la medida.

5.2.4 Restricción vehicular pico y placa

La modalidad de restricción a la circulación de vehículos motorizados en la ciudad de Quito corresponde al denominado pico y placa.

El pico y placa es un programa de restricción vehicular implementado inicialmente en la ciudad de Bogotá durante la alcaldía de Enrique Peñalosa, posteriormente ha sido implementado en otras ciudades de Colombia, Ecuador y Venezuela.

Con esta medida se busca la disminución de viajes en vehículos particulares y a su vez, incentivar el uso de transporte público. Esta norma impone una restricción de circulación en el área urbana a vehículos privados en horarios con mayor afluencia de tráfico, dependiendo del último número de placa del automóvil.

De acuerdo a la ordenanza No. 247, la EMMOP-Q ejecuta los planes de restricción y regulación de la circulación vehicular de transporte.

Entre los objetivos fundamentales de esta medida se encuentran; reducir los tiempos de viaje, incrementar la velocidad de circulación, disminuir las emisiones de gases contaminantes, motivar el uso del transporte público y reducir los índices de accidentalidad generados por el tráfico

Esta medida entró en vigencia el 5 de marzo del 2010, la restricción de circulación de vehículos se realiza en los horarios entre las 07h00 y 10h00 por la mañana; y entre las 16h00 y 19h30 de la tarde, en la tabla 5.4 se detallan los días donde se aplica la restricción de acuerdo al ultimo dígito de la placa.

Tabla 5.4 Horarios pico y placa

Lunes	vehículos con placa terminada en número 1 - 2
Martes	vehículos con placa terminada en número 3 - 4
Miércoles	vehículos con placa terminada en número 5 - 6
Jueves	vehículos con placa terminada en número 7 - 8
Viernes	vehículos con placa terminada en número 9 - 0
Sábados y Domingos sin restricción	

5.2.4.1 Límites territoriales

Se aplica en la zona urbana de la ciudad de Quito, los límites se describen a continuación; redondel del Condado, intercambiador de Carcelén, intercambiador entre la av. el Inca y av. Eloy Alfaro, redondel de las av. de los Granados y av. Azucenas, peaje del túnel Guayasamín, av. de los Conquistadores, sector de la av. Simón Bolívar, intercambiador el Trébol de la av. Simón Bolívar y autopista Rumiñahui,-intercambiador de Puengasí, intersección de la av. Simón bolívar con av. Escalón. En el mapa 3.4 se muestra los límites donde se aplica la medida regulatoria en la ciudad de Quito.

Figura 5.3 Límites de regularización pico y placa



5.2.4.2 Multas y sanciones

La ordenanza metropolitana No.305 establece que los propietarios de vehículos que se encuentren circulando infringiendo los planes de restricción serán sancionados con una multa equivalente a la tercera parte de una remuneración básica unificada, por segunda ocasión, con una multa equivalente a la mitad de una remuneración básica unificada y en caso de reincidencia, por tercera ocasión o más, con una multa equivalente a una remuneración básica unificada.

Tabla 5.5 Sanciones Pico y Placa

Ocasión	Multa \$ USD	Retención vehículos
Primera ocasión	Tercera parte de una remuneración básica unificada: USD 97,33	1 día
Segunda ocasión	El 50% de una remuneración básica unificada: USD 146	3 días
Tercera ocasión	Una remuneración básica unificada: USD 292,00	5 días

5.2.4.3 Proceso de retención

Una vez detectado el automóvil infractor la policía nacional lo detiene, pide la matrícula y licencia, luego entrega estos documentos al fiscalizador de la EPMMOP quien ingresa en el sistema los datos del vehículo, la policía escolta el auto hasta el patio de retención vehicular, en caso de que el propietario ponga resistencia se llama una wincha para levantar el vehículo y trasladarlo al patio de retención vehicular, en caso de que esto ocurra el usuario deberá cancelar valor de la wincha. Una vez que el vehículo ingresa al patio, se llena el parte de ingreso, se le da una copia al propietario y se le entrega los documentos.

5.2.4.4 Proceso de retiro de los vehículos

El vehículo debe cumplir el número de días determinados por la ley. Para el retiro desde el patio de retención vehicular el infractor debe presentar:

- Original y copia de la cédula de identidad de la persona que retira el automotor.
- Original y copia de la matrícula del vehículo.
- Parte de Ingreso del vehículo al patio de retención vehicular
- Original y copia del pago de la multa.

Tabla 5.6 Patios de detención para vehículos infractores

Patio de retención vehicular	Dirección	Teléfono
Las cuadras	Matilde Alvarez y Mariscal Sucre	2630089
Cumandá	Cumandá frente al exterminal	2282479
Iñaquito	Villalengua y Ayala	2269047
Gualaquiza	Gualaquiza y Av. Maestro	2294036

6 de Diciembre	6 De Diciembre y Galo Plaza	2471602
----------------	--------------------------------	---------

Con el propósito de evaluar el patrón de crecimiento vehicular comprendido entre abril del 2010 y abril del 2011 se tomaron los datos proporcionados por la secretaria de movilidad. Las cifras del número de automotores registran un crecimiento de 29.411 vehículos con respecto a la cantidad de unidades registradas en el año 2011, con el antecedente de que año tras año ingresan en un promedio 30.000 automóviles se concluye que esta medida no fomenta la compra de vehículos nuevos.

De acuerdo al estudio realizado por la facultad de arquitectura de la universidad central del Ecuador, el volumen total de tráfico experimenta una reducción del 8 % en el pico de la mañana y un 12 % en el pico de la tarde.

Según el estudio realizado por la universidad central del Ecuador se establece que la tasa de ocupación vehicular aumento un 0.1 %, pasando de 1.7 % al 1.8 %. A pesar de las campañas que fomentan el uso compartido del vehículo el índice de ocupación no varía significativamente.

En cuanto a la tasa de ocupación del transporte público convencional para el pico de la mañana se establece una reducción de 1.15 % mientras que para el pico de la tarde se registra un incremento de 8.55%.

En el informe correspondiente a la contaminación vehicular se recolectaron datos para el periodo mayo 2009- Abril 2010 (sin pico y placa) y mayo del 2010- abril 2011(con pico y placa). Se observa una disminución de monóxido de carbono de 0.16 mg/m^3 en el periodo pico mañana y entre el 0.5 mg/m^3 y 0.09 mg/m^3 en el periodo pico tarde. La medida de restricción ayudo a mejorar a calidad del aire de la ciudad de Quito.

La medida de restricción vehicular (pico y placa) además de incentivar el uso del transporte público, mejora de la calidad de aire en los lugares que se aplicó la medida, sin embargo, con la cantidad de unidades que año tras año incrementan el parque automotor, la medida va perdiendo efectividad.

5.2.5 Contraflujos

Los contraflujos se realizan en la ciudad desde el año 2006, el propósito de esta medida es descongestionar el tráfico vehicular durante las horas pico con la designación de un carril más dependiendo del sentido en el cuál el tránsito está trabado. La medida se aplica de lunes a viernes.

Esta modalidad de circulación es aplicable solamente para transporte liviano, y en los tramos indicados en cada calle o avenida, con la aplicación de los contraflujos vehiculares se logra que la velocidad de circulación se incremente y así acortar el tiempo de recorrido de los usuarios.

La aplicación de los contraflujos en la ciudad de Quito se realiza en puntos primordiales que son:

a) Túnel Av. Oswaldo Guayasamín

De 07:00 a 09:30: contraflujo sentido Cumbaya-Quito, tramo comprendido entre la av. Seis de Diciembre y el Intercambiador a Cumbayá.

De 17:00 a 20:00 contraflujo en dirección Quito-Cumbayá, entre el Intercambiador a Cumbayá y la av. Seis de Diciembre.

b) Av. Mariscal Sucre (Sector los Túneles)

De 07:00 a 09:00 entre la calle Cestaris y av. Universitaria, dirección sur –norte. Las unidades de transporte público son desviadas por la av. Rodrigo de Chávez - av. Cinco de Junio hacia el norte o desde la av. Rodrigo de Chávez – Galte – Cinco de Junio – Miller– Necochea hacia el norte.

De 18h: 00 a 20:00 entre av. Universitaria y Rodrigo de Chávez, dirección norte – sur.

c) Av. 5 de junio

De 07:30 a 09:00: tramo comprendido entre la Venezuela hasta la Rodrigo de Chávez, dirección sur – norte. Las unidades de transporte público, durante la hora de contraflujo toman el siguiente desvío: Benalcázar – Rocafuerte – Abdón Calderón – Cumandá – Mariscal Sucre, para continuar hacia el sur.

De 18:00 a 19:00: tramo comprendido entre la Rodrigo de Chávez y García Moreno, dirección norte – sur. En este horario, las unidades de transporte público que normalmente circulan por la av. Rodrigo de Chávez y Cinco de junio hacia el norte, realizan el siguiente desvío: Rodrigo de Chávez – Galte – Francisco Barba y toman la Necochea hacia el norte, otras unidades circulan por la av. Rodrigo de Chávez – General Enríquez hasta llegar a la Necochea hacia el norte.

d) Calle Venezuela

De 06:30 a 08:00: tramo de la calle Caldas a la Oriente, dirección sur – norte.

Av. Oriental – Napo

De 17:00 a 20:00: Desde la Primero de Mayo hasta la Cumandá, dirección norte – sur.

5.2.6 Plan vial

El plan vial forma parte de las acciones complementarias para lograr una solución integral para la movilidad de la urbe.

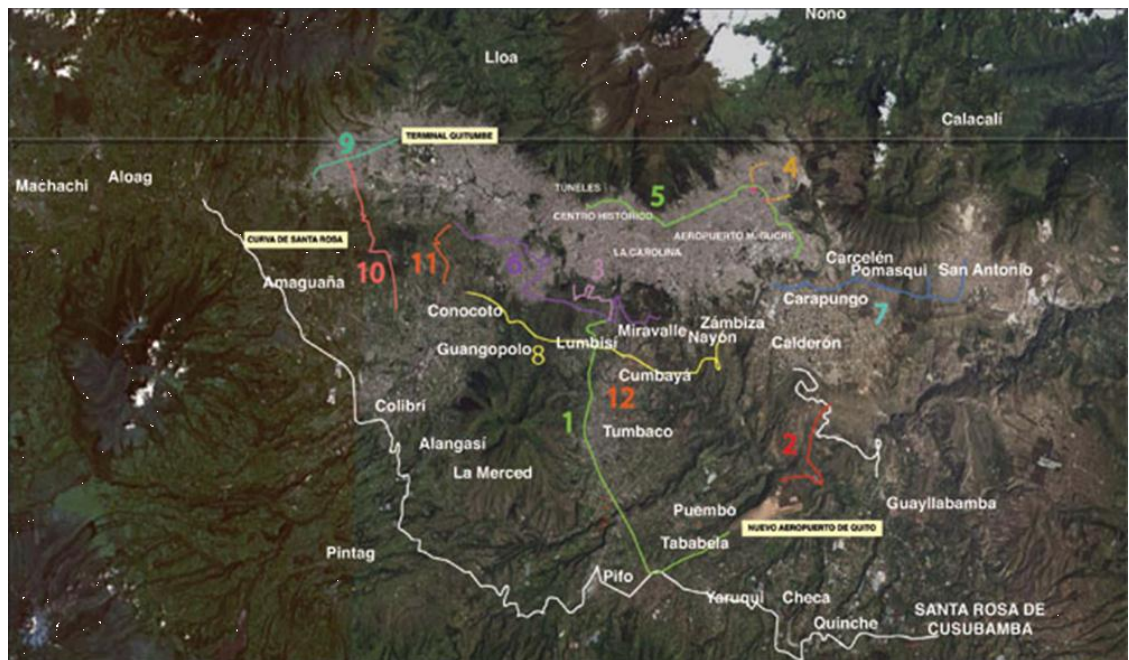
El Plan Vial comprende 12 proyectos que suman un monto de inversión de alrededor de 630 millones de dólares en una intervención total de 103 kilómetros, tanto en mejoramiento, ampliaciones y construcción de nuevas vías, se prevé que su implementación esté lista en los próximos cinco años.

1. La Ruta Sur: Este proyecto del plan vial tendrá un costo de 160 millones de dólares y una extensión de 18 km que iniciaría en la Av. Simón Bolívar cruzará el Ilaló hasta llegar al conector Alpachaca que conduce al nuevo aeropuerto. Esta ruta tendrá 5 intercambiadores y 3 puentes el San Pedro, el Chiche y el Guambi.
2. La Ruta Norte: Con una extensión de 8.5 km, inicia en el kilómetro 7 y medio de la Panamericana Norte y está compuesta por un intercambiador, un puente de 320 metros de longitud sobre el río Guayllabamba, dos carriles por lado, su costo bordea los 50 millones de dólares.
3. Ruta la Vicentina- Monjas- San Juan Alto: Unirá la autopista Rumiñahui con la parte de San Juan Alto en la Av. Simón Bolívar. Tiene una extensión de 9.5km, costará 70 millones con la edificación de tres puentes. Se edificara un puente en el sector de la Floresta, de esta manera los vehículos que viene del valle de Tumbaco podrán salir hacia la Av. Simón Bolívar, hacia la Vicentina o al sector de Monjas. En una segunda etapa tendrá otra conexión con un túnel de 1.3 km que unirá la Av. Simón Bolívar con la Vicentina.
4. Optimización de la Av. Mariscal Sucre en el sector del Condado: Ampliación de la Av. Rumihurco a 4 carriles para mejorar la salida de los barrios de la Roldós, Rancho Bajo y Pisulí. Se construirá otra derivación que saldrá desde la parte alta de

- la Pisulli hasta la unión de la Machala con la Av. Occidental, en este sitio se construirá un intercambiador.
5. Rehabilitación de la Av. Mariscal Sucre desde Carcelén hasta la Av. Morán Valverde: Repavimentación, construcción de 3 intercambiadores en el sur y 5 en el norte. Se trata de evitar que los 90.000 vehículos que circulan por estas vías tengan atascos en las principales intersecciones. La obra costará alrededor de 30 millones de dólares.
 6. Mejoramiento de la Av. Simón Bolívar entre la Morán Valverde y Monte Olivo: Se realizará la construcción de 6 intercambiadores en las zonas más conflictivas para mejorar la fluidez de 100.000 vehículos que a diario utilizan esta ruta. Además se hará la repavimentación de todo ese trayecto y tendrá un costo total de 32 millones de dólares.
 7. Ampliación de la Av. Simón Bolívar entre Carapungo y Calacalí: contará con una extensión de 26 km, dos conexiones con la Av. Córdova Galarza, la una por Tajamar y la otra por Maresa. La obra costará 100 millones de dólares se edificarán tres puentes sobre el río Monjas y dos intercambiadores.
 8. Vía Perimetral Troncal Metropolitana: contará con una extensión de 18.2 km que unirán la autopista General Rumiñahui con Nayón, se construirán dos puentes y dos intercambiadores, costará 80 millones de dólares.
 9. Prolongación de la Av. Mariscal Sucre: Se construirá desde el ingreso de la ecuatoriana hasta empatar con la Av. Maldonado, su extensión será de 6.2 km con un costo de 28 millones de dólares.
 10. Escalón de Miranda: Unirá Amaguaña con la av. Simón Bolívar en el sur de la ciudad tiene una longitud de 6 km. En una segunda etapa esta vía unirá la av. Simón Bolívar con la Av. Mariscal Sucre.

11. Conexión de Ontaneda con la Av. Simón Bolívar: Se construirá un intercambiador en la Argelia alta para aliviar el tráfico de la antigua vía a Conocoto.
12. Mejoramiento de la Interoceánica: Se prevé la construcción de 4 intercambiadores y tendrá un costo de 20 millones de dólares.

Figura 5.4 Plan Vial del Distrito Metropolitano de Quito



5.2.7 El metro

El metro empezará a construirse en el mes de Julio del año 2012 con un tiempo aproximado de 36 meses, se extenderá a lo largo de 22 km e iniciará desde el terminal terrestre de Quitumbe que es una estación que recoge todos los pasajeros interprovinciales, llegará hasta la avenida Moran Valverde, continuará por Solanda, el Calzado, estación el Recreo donde se realiza la integración con el sistema del trolebús, la Magdalena, plaza San Francisco, luego avanzará a la Alameda, El Ejido que es una estación que recoge

estudiantes de las universidades aledañas, Universidad Central, la Pradera, la Carolina, Iñaquito, Jipijapa y finalmente llegara al Labrador.

Tendrá 15 estaciones y 18 trenes en servicio cada uno con seis vagones en total 108 vagones que funcionaran con un intervalo de dos a tres minutos según la demanda, lo que permite transportar a 1.270 pasajeros en cada viaje, el tiempo estipulado para realizar este recorrido es de 34 minutos con una velocidad promedio de 34 kilómetros por hora y una velocidad máxima de 90 kilómetros por hora.

Para utilizar este medio de transporte cada usuario deberá cancelar el valor de 0.40 centavos (tarifa que solventa el funcionamiento operacional del sistema), de las 15 estaciones subterráneas seis serán de integración a los corredores metro vía, sur oriental ecovia y trolebús.

Una de las principales ventajas del sistema es que al estar integrado en una red de transporte estructurada y en funcionamiento funciona como el eje vertebrador del transporte público, potenciando el transporte masivo de personas en corredores de buses BRT.

El metro tendrá un costo aproximado de 1.386 millones de dólares, de los cuales el gobierno central financiara el 50 %, la otra mitad se financiara a través de créditos internacionales estipulados a un plazo de 30 años.

La construcción del túnel se realizara por medio de tuneladoras E.P.B (Earth Pressure Balance) que en resumen, son máquinas que nivelan la presión de tierra, al mismo tiempo que escavan, expulsan una mezcla que refuerza la superficie del túnel.

La energía que utiliza este sistema de transporte es eléctrica, por lo tanto se evita emisiones contaminantes hacia la atmósfera, la construcción del metro traerá un significativo ahorro de tiempo personal y mejora de la productividad de la ciudad.

5.2.8 Sistema de semaforización centralizado

Actualmente el sistema de semaforización de la ciudad de Quito esta dividido en dos entidades. La primera es a través de la empresa EPMMO Q y la segunda entidad es la dirección nacional de control de tránsito y seguridad vial (DNCTSV).

La EPMMOP Q administra alrededor del 50 % de los semáforos que se ubican en las intersecciones de la ciudad, básicamente en el hipercentro. Utiliza la tecnología de un sistema centralizado, regulado desde dos salas de control; una en la terminal norte del trolebús y otras en los talleres del trolebús, terminal sur.

El sistema centralizado corresponde a una tecnología implementada en el año de 1996, cabe recalcar que para la actualidad este sistema es completamente obsoleto, ya que su capacidad se ha saturado, por este motivo es casi imposible la incorporación de nuevas intersecciones.

Por otro lado la DNCTSV administra el restante 50 % de las intersecciones semaforizadas de la ciudad, utiliza tecnologías de menor desempeño que el de un sistema centralizado de semaforización, es decir, cada intersección funciona de manera aislada. Esta tecnología corresponde a controladores de tipo PLC que son equipos electrónicos con muchas limitaciones, porque solo permiten asignar dos planes horarios y una función de luces intermitentes, adicionalmente algunas intersecciones son reguladas con controladores electromecánicos, que tan solo permiten la regulación a un solo plan horario.

Actualmente se prevé implementar un sistema de semaforización inteligente. La empresa pública metropolitana de movilidad y obras públicas (EPMMOP) firmó el contrato para diseño, provisión, construcción y funcionamiento del sistema centralizado adaptativo de semaforización con la empresa TELVENT S.A.

El costo de esta obra es de aproximadamente 27 millones de dólares, el plazo para la instalación de este sistema es de 24 meses y 3 años adicionales para su configuración.

Este sistema contempla la instalación de 600 semáforos computarizados, en distintas intersecciones de la ciudad, estos semáforos deberán manejarse de manera centralizada desde el centro de operaciones, esto representa una gran ventaja ya que el actual sistema de semaforización con el que cuenta la ciudad funciona a través de 2 centros de operaciones totalmente incompatibles. Al contar con un sistema de control de semaforización centralizado se podrá configurar modos de operación preestablecidos que se activan dependiendo de la situación del tránsito.

Entre los componentes que forman parte de este sistema podemos destacar; 1.151 cámaras de video detección, un sistema de vigilancia de tránsito, el cual está compuesto por 185 cámaras de video de supervisión, ubicadas en lugares donde se presenten congestiones vehiculares, con el propósito de proporcionar información en tiempo real del flujo vehicular, también se incorporarán 8 paneles de mensajes en la vía pública que informarán a los conductores de vehículos en caso de que se genere algún desvío y vías alternas que deben tomarse en cuenta en caso de obras civiles o accidentes de tránsito.

5.2.9 Sistema de gestión de flotas

El 6 de Abril del 2011 entró en funcionamiento el centro de gestión de control de flotas, este departamento es parte de la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras

Públicas, la finalidad para la creación de esta sistema es el controlar la operación de los buses de transporte publico convencional, ya que antes de su creación el cumplimiento de horarios y rutas quedaba a entera voluntad de los conductores de unidades.

El sistema de gestión de flotas cuenta con diez operadores de sala y técnicos de campo, cada operador tiene a su cargo el monitoreo de 27 líneas de buses. Cada bus tiene instalado un dispositivo GPS que envía la información en tiempo real a los servidores, por medio de un software adaptado a la necesidad de Quito por los técnicos de la entidad municipal. Se grafica la información en un mapa.

En tres pantallas se visualiza el mapa, cuando un bus esta pintado de verde significa que está en movimiento, el amarillo, rojo, negro y morado muestran aquellos que están detenidos en una parada o fuera de ella, los que se han salido de la ruta establecida y aquellos que no emiten coordenadas.

El sistema verifica, a qué hora se iniciaron los recorridos y cuándo se terminaron, las rutas establecidas por donde deben circular los buses, la flota con la que esta trabajando cada cooperativa y número de buses que opera por hora dentro de la ruta.

Este centro tiene comunicación a través de teléfono y correo electrónico con las cooperativas de buses.

Sin duda alguna, la implementación de este sistema es de vital importancia para el mejoramiento de la calidad de servicio que ofrecen los transportistas públicos, sin embargo, el sistema debe mejorar ya que hasta la fecha actual no se han aplicado sanciones para las cooperativas de buses que mediante sus flotas infringen las condiciones de operación.

5.2.10 Control de paradas de buses

El 12 de Febrero de 2012 arrancó el plan de control de paradas de buses en las principales vías del hipercentro de Quito, los controles buscan que los buses no se detengan en sitios que no sean las paradas autorizadas, además de verificar que los buses circulen con las puertas cerradas entre parada y parada. El control se ejecuta en 287 paradas y se trabaja en grupos de tres policías metropolitanos de manera rotativa para intentar cumplir el total de paradas.

La falencia de este sistema radica en que los policías metropolitanos, solo realizan una llamada de atención más no una sanción, otro fenómeno que se evidencia es la denominada viveza criolla por parte de los conductores, debido a que estos tan solo cumplen con la norma ante la presencia del policía municipal, cuando este no observa se continua con el recoger y dejar pasajeros en donde se les venga en gana.

5.3 PROPUESTAS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRANSITO EN LA CIUDAD DE QUITO

Diariamente en Quito se realizan 4'271565 de viajes, en la actualidad el 80 % de viajes motorizados se realizan en transporte publico y el 20% de viajes restantes se realiza en vehículos privados, frente a esta situación se deberá concientizar a la ciudadanía acerca de los graves problemas ocasionados por el uso excesivo del automóvil.

5.3.1 Estacionamientos que incrementen el costo según su tiempo de permanencia

Esta medida plantea que las tarifas para los estacionamientos sean más caras hora tras hora, por ejemplo, la primera hora que un vehículo permanezca estacionado debe cancelar la cantidad de \$0.50 centavos, si continua estacionado una segunda hora pagara \$1.00, las 3 horas tendrán un valor \$1.50 y así sucesivamente, hasta llegar a un valor de \$4.00 por las

ocho horas de parqueo, a partir de las ocho horas el valor de la tarifa cambia a \$4.00 la hora.

Esta medida esta enfocada hacia los oficinistas que trabajan en el hipercentro de la ciudad y puede implementarse en la red de estacionamientos Quito que constan en la tabla 5.7. El objetivo de esta medida es que los ciudadanos piensen 2 veces antes de optar por la utilización de vehículos privados para trasladarse hacia sus lugares de trabajo.

Tabla 5.7 Red de estacionamientos Quito

Sector	Estacionamiento	Dirección	Número de plazas de Estacionamiento
La Carolina	La Carolina 1	Av. Amazonas y República	93
	La Carolina 3	Calle Japón y Av. Amazonas	84
Caja IESS	Manuel Larrea	Manuel Larrea entre Checa y Arenas	40
	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro entre Manuel Larrea y Juan Larrea	40
	Checa	Checa entre Juan Salinas y 10 de Agosto	50
La Pradera	La Niña	La niña entre Reina Victoria y Diego de Almagro	20
	Orellana	Orellana entre Juan León Mera y Rábida	400
	La Pradera	La Pradera y San Salvador	100

5.3.2 Instalación de peajes urbanos de congestión

Esta medida considera que para circular en vehículo privado a través de ciertas zonas en la ciudad de Quito se debe pagar un costo adicional, el objetivo del peaje urbano es que las personas utilicen medios de transporte alternativos.

Las personas que quieran transportarse de manera individual en su automóvil deberán pagar para hacerlo, la tarifa tendrá un valor significativo de \$ 20.00, el pago de esta tarifa le permite al automóvil entrar y salir del perímetro a lo largo del día.

Para que esta medida funcione se debe tener un transporte público que llegue incluso a los suburbios de la ciudad, los recursos que recaude esta medida pueden usarse para mejorar el funcionamiento de los corredores ecovia, metro vía y trolebús.

Los usuarios de vehículos particulares se autoimponen este impuesto cuando usan las vías durante los horarios picos de congestionamiento, es decir, son obligados a pagar por la congestión que ellos mismo generan.

Para que esta medida funcione se deben crear sistemas automatizados de cobro, los peajes urbanos deben contabilizar de manera digital los carros que circulen por la ciudad, además se debe integrar organismos de control entre los cuales existían cámaras y sanciones para los infractores. Esta tecnología será similar a la ya implementada en el túnel de Guayasamín mediante el cobro de tele peajes con la diferencia de que los tele peajes se ubicarían al ingresar al hipercentro de la ciudad.

Entre los obstáculos para la implementación al cobro de peajes urbanos en la ciudad de Quito tenemos:

- Posibles problemas de inequidad social. En algunas ciudades se ha rechazado la tasa por congestión porque se percibe que beneficiaría a los ciudadanos de mayor ingreso mientras que afecta a las personas de menor ingreso. La pregunta sobre la inequidad social de la tasa por congestión todavía es tema de investigación. (Swedish Road Administration 2002)

- Preocupación por la desvalorización de las propiedades dentro del área en que se aplica el impuesto.

Los puntos anteriores conducen a que se cuestione la viabilidad de implantar una tasa por congestión. Por ejemplo, en el 2005 más del 60% de la población de la ciudad británica de Edimburgo rechazó un proyecto de tasa por congestión.

Este sistema brinda la opción de acoger la medida sin afectar el confort y seguridad, si el automóvil es de trascendental importancia para una persona lo puede utilizar mediante el pago de una tarifa.

5.3.3 Vías de alta ocupación

El sistema consiste en incentivar el uso compartido del automóvil privado generalmente para viajar hacia sus lugares de trabajo o de estudio. Los que se acojan a esta medida serían en su mayoría personas que tengan vehículo propio, todos los participantes alternarían el uso de su vehículo.

Para aumentar la efectividad de este sistema los establecimientos educativos o empresas deberán crear una página web donde estudiantes y personas pongan a disposición su vehículo para compartirlo y el conductor debe especificar la ruta que va a tomar, hora de salida, número de sitios disponibles para posteriormente esperar a que lo contacten.

Esta medida economiza en gastos de viaje, por ejemplo, los vehículos tendrían menos recorrido, al recorrer menos alargarán el tiempo para su período de mantenimiento. El ahorro de la gasolina sería otra ventaja colateral, es decir mediante el uso del auto compartido el propietario del vehículo también tendrá un ahorro económico.

Además el conductor se beneficiara de circular en carriles exclusivos donde solo podrán circular vehículos con tres ocupantes, los lugares en Quito donde se podría implementar vías de alta ocupación son; la Panamericana Sur, Autopista Rumiñahui, Avenida Interoceánica, Avenida Simón Bolívar, Panamericana norte, Avenida Córdova Galarza, Avenida Mariscal Sucre.

El control de las vías de alta ocupación se haría por parte del municipio de Quito conjuntamente con la policía nacional, la infracción para los que no acaten la medida será el pago de una multa. Un punto a considerar es que con esta medida principalmente se disminuirá el tiempo de desplazamiento principalmente en las vías de alta ocupación.

5.3.4 Incrementar el costo de la gasolina

El precio de los combustibles en el Ecuador es inferior al precio real, esta situación provoca que los consumidores pierdan la perspectiva real de cuanto cuesta movilizarse en un automóvil privado, distorsionando así la elección de un medio de transporte alternativo.

En Ecuador, la gasolina extra se comercializa en \$1.45 el galón, mientras que el precio de la súper oscila entre \$ 1.99 y \$ 2.19. En Perú, la gasolina corriente se vende en \$ 3.60, mientras que en Colombia se ubica en \$ 4.14.

Si el precio de la gasolina fuera más alto, los conductores tendrán mas conciencia sobre el uso de otro medio de transporte, porque el costo del combustible generaría más egresos, esta medida sin duda debería ir de la mano junto con el mejoramiento del transporte público.

5.3.5 Hoy no circula

El hoy no circula consiste en una medida de restricción vehicular ya implementada en ciudades como Bogotá y México D.F. Esta medida consiste en la restricción de la circulación vehicular por un día, entre los días de jornada laborable (lunes-viernes), dependiendo del último número de la placa vehicular.

Entre las ventajas que se obtendrán con este sistema se encuentran; la disminución de gases contaminantes, incremento de la velocidad de circulación y disminución de las filas de congestión vehicular.

Esta solución es factible para la ciudad de Quito, al estar en vigencia el sistema de pico y placa el implementar esta medida no producirá mayor impacto social a la población.

5.3.6 Mejorar el transporte público

Los ciudadanos capitalinos realizan 2'230.584 viajes al día utilizando el transporte público, en este sentido se debe mejorar la calidad de servicio.

En ciudades donde el transporte público es de excelente calidad no hacen falta normas que regulen el uso de automóviles privados, por iniciativa propia los habitantes de las metrópolis eligen transportes alternativos para movilizarse hacia sus distintas ocupaciones.

En Quito este echo esta muy lejos de aproximarse a la realidad, el viajar en transporte público resulta irritante, la calidad del servicio es pésima y los usuarios están obligados a lidiar con abusos, insultos y desorden.

El mejorar la calidad de servicio será un medio determinante para mejorar el tránsito en la ciudad, puesto que si logramos que los conductores de vehículos particulares opten por el transporte público se retiraran muchos automóviles de las calles y avenidas.

5.3.6.1 Caja común

Otra de las odiseas que deben soportar los usuarios del transporte público, es el correteo que existe entre buses con la finalidad de ganar pasajeros, para esto se plantea establecer una caja común para cada operadora. La caja común otorga una retribución económica en función del número de vueltas que los buses recorran dentro del horario planificado.

5.3.7 Incentivar a la caminata

El trasladarse caminando en la ciudad de Quito es una actividad que con el pasar del tiempo ha venido en decadencia, es lógico que los habitantes de la ciudad eviten el caminar si hoy en día el espacio público está enfocado a la circulación de automóviles, las aceras son pequeñas, el dominio de los autos sobre el espacio público produce una sensación de inseguridad y miedo en los peatones, no hay iluminación, cada vez los espacios verdes disminuyen. Esto provoca que la gente no camine ni para distancias cortas y utilice el automóvil para estos traslados.

Por lo tanto podríamos incentivar a los ciudadanos a la caminata mediante el diseño de veredas continuas, que tengan conexiones con plazas, espacios recreativos y que tengan relación con las actividades del entorno. Si se quiere que el peatón tenga dominio en la ciudad, el espacio de las aceras debe ser por lo menos equivalente a un carril de circulación vehicular, si las aceras son grandes podríamos arborizarlas de manera que los trayectos sean agradables para la caminata.

5.3.8 Incentivar al uso de la bicicleta

El uso de las bicicletas puede significar un cambio positivo en la movilidad de Quito, la bicicleta es el medio de transporte de mayor ahorro energético, no produce ninguna contaminación en el aire, es decir es un medio de transporte que emite cero emisiones.

Ocupa poco espacio, 10 veces menos que un auto y cinco veces más que un peatón, diez bicicletas parqueadas ocupan el mismo espacio que un automóvil pequeño, con esto no se produce congestionamientos. No utiliza demasiado espacio público y su funcionamiento permite recuperar mucho espacio destinado hacia los peatones. Es un medio de transporte rápido para la ciudad en espacios cortos, se debe tomar en cuenta que un viaje en bicicleta usa menos tiempo que un viaje en autobús o automóvil tomando en consideración el tiempo de demora para esperar un autobús o el parquear un auto.

En los últimos años el uso de las bicicletas ha ganado espacio en las avenidas y calles de la capital, la implementación de ciclovías en el hipercentro de la ciudad fomentan el uso de las mismas, pero todavía hay mucho por hacer.

Una propuesta para la mejora de circulación en bicicleta es integrar parqueaderos en las estaciones de trolebús, ecovia y metrobus. Al tener un lugar seguro para dejar sus bicicletas los habitantes de la ciudad pueden acceder a los corredores de transporte dejar su bicicleta y tomar los buses BRT para realizar viajes de larga distancia.

5.3.9 Rehabilitar el centro histórico

En el centro histórico de la ciudad existen pocas aceras y el espacio esta dedicado exclusivamente para la circulación de autos particulares.

El congestionamiento que existe en la zona, la contaminación ambiental y la inseguridad representa un gravísimo problema. La perdida de la calidad de vida que experimentan los propietarios genera migración hacia otros lugares dejando sus casas cerradas e inutilizadas, con el pasar del tiempo estos bienes inmuebles se deterioran y en muchas ocasiones son utilizados como guaridas para ladrones.

Por lo tanto se plantea peatonalización del centro histórico, si restringimos el paso de automóviles las calles y aceras se volverán más atractivas para los ciudadanos, un claro ejemplo de esta propuesta se puede observar en la calle la ronda, destinada exclusivamente a la circulación de peatones, por lo tanto, se ha vuelto un sitio de encuentro para familiares y amigos. Al quitar espacio a los automóviles los habitantes de la ciudad piensan 2 veces antes de trasladarse en sus vehículos propios y optan por un medio de transporte alternativo.

Si a esto le sumamos la reparación de viviendas, el sector será atractivo de tal manera que la población volverá a vivir en ellos, evitando así que cada vez más personas habiten en los valles aledaños y provoquen problemas de movilidad en distintos puntos de la ciudad.

5.3.10 Popularización de autos híbridos

La implementación de autos híbridos ayuda a disminuir los niveles de contaminación originados por el tránsito vehicular, además no emite contaminación auditiva.

Los coches híbridos tratan de minimizar las pérdidas de energía que existen en un vehículo convencional, los rozamientos mecánicos y la resistencia aerodinámica demandan un alto consumo de combustible, es decir que el combustible se transforma en energía desperdiciada. El enfoque de los vehículos híbridos es utilizar una eficiencia energética superior a la que encontramos en los vehículos propulsados por un motor de combustión interna. El vehículo híbrido esta compuesto por un motor de combustión interna que alterna su funcionamiento con un motor eléctrico. Esta mejora de la eficiencia se consigue mediante baterías, que almacenan la energía perdida en los sistemas convencionales de propulsión, como por ejemplo; la energía cinética que se pierde en forma de calor. Los híbridos permiten reutilizar esta energía convirtiéndola en energía eléctrica gracias a los

frenos regenerativos. Al obtener energía eléctrica en base a la carga de baterías en frenadas obtenemos un ahorro de combustible, lo que se traduce en menor número de emisiones hacia la atmósfera.

Mientras que un motor térmico necesita incrementar sus revoluciones para aumentar su par, el motor eléctrico tiene un par constante, es decir produce la misma aceleración al comenzar la marcha que con el vehículo en movimiento.

Entre los principales problemas a los que se enfrentan los vehículos híbridos figuran los costos actuales de producción, el peso total del vehículo y la complejidad de los sistemas de funcionamiento.

5.3.11 Incentivar el uso de vehículos eléctricos

Los vehículos de gasolina y diesel mantienen un dominio sobre las calles de la ciudad de Quito, el movilizarse en auto propio es una costumbre para los capitalinos, por esta razón se propone la alternativa de implementación de vehículos eléctricos.

Algunos modelos de vehículos eléctricos ocupan menor espacio que los de uso convencional, por lo tanto se propone implementar el Renault Twizy al mercado automotor que actualmente existe en la capital. Al ser un vehículo de pequeñas dimensiones es ideal para transportarse en las calles capitalinas, el Renault Twizy es un vehículo de 2,33 metros de longitud, 100% eléctrico, biplaza y con una autonomía de unos 100 kilómetros.

Un viaje común desde la carolina hasta el valle de los chillos tiene una longitud aproximada de 17 km, la autonomía de carga de las baterías del renault Twizy abastece para 5 viajes diarios.

El valor comercial del Twizy en España es de 6.990 euros, porque existe un plan de alquiler de baterías, este sistema es idéntico al servicio de telefonía celular, es decir se cancela un valor de 50 euros mensuales por el arrendamiento de la batería.

En nuestro medio el método de arrendamiento de baterías no existe, sin embargo se avalúa el valor de las baterías en 10.000 euros, que sumados a los 6.990 euros nos da un costo aproximado de 21.550 dólares.

De acuerdo a la tabla 5.8, perteneciente a la ley de régimen tributario que aplica para la venta de vehículos híbridos y eléctricos, el Renault Twizy esta libre de impuestos.

Tabla 5.8 Impuestos a los vehículos híbridos o eléctricos

Vehículos híbridos o eléctricos cuyo precio de venta al público sea de hasta USD 35.000	0%
Vehículos híbridos o eléctricos cuyo precio de venta al público sea superior a USD 35.000 y de hasta USD 40.000	8%
Vehículos híbridos o eléctricos cuyo precio de venta al público sea superior a USD 40.000 y de hasta USD 50.000	14%
Vehículos híbridos o eléctricos cuyo precio de venta al público sea superior a USD 50.000 y de hasta USD 60.000	20%
Vehículos híbridos o eléctricos cuyo precio de venta al público sea superior a USD 60.000 y de hasta USD 70.000	26%
Vehículos híbridos o eléctricos cuyo precio de venta al público sea superior a USD 70.000	32%

Este vehículo combina las ventajas de un transporte privado con los beneficios ambientales, al ser un automóvil eléctrico no emite emisiones contaminantes al medio ambiente.

El precio de la electricidad es barato en comparación al de la gasolina, por lo que el Renault Twizy representa un ahorro económico. Al no poseer un motor de combustión interna la altitud de la ciudad de Quito no influye sobre la combustión.

5.4 ANALISIS DE ALTERNATIVAS PARA SOLUCIONAR EL TRANSITO EN LA CIUDAD DE QUITO

Auto Eléctrico

Para realizar el análisis de soluciones se escogió el auto eléctrico Renault Twizy, porque ha dejado de ser un prototipo futurista y en la actualidad está siendo comercializando en Europa, especialmente en España.

Una de las principales ventajas que presenta este automóvil se basa en que al compararlo con un automóvil convencional ocupa un espacio vial inferior, debido a sus pequeñas dimensiones tanto en largo y ancho.

Auto Híbrido

Para realizar el análisis se escogió el modelo Toyota Prius, porque actualmente es el vehículo híbrido que registra un mayor porcentaje de ventas a nivel nacional.

Debido a que es un automóvil que se comercializa en el país, se puede adquirir un vehículo en cualquier concesionario Toyota, por lo tanto representa una solución real para los problemas que padece la ciudad capital.

Metro

Se escogió el proyecto del metro de Quito, debido a la capacidad de desplazamiento de personas que presenta este medio de transporte, al tener un estudio y financiamiento aprobado representa una solución accesible para el tránsito en la ciudad de Quito.

5.4.1 Análisis de criterios

5.4.1.1 Capacidad de desplazamiento de personas

Renault Twizy

El Renault Twizy es un vehículo con una capacidad máxima para trasladar dos personas, al tener en cuenta que la tasa de ocupación de los vehículos privados en la ciudad de Quito es de aproximadamente 1,8 personas por vehículo, el renault Twizy satisface la demanda.

Toyota Prius

El Toyota Prius tiene la capacidad máxima de transportar 5 personas, es un automóvil que se encuentra en promedio con la capacidad que poseen los vehículos propulsados por gasolina o gasóleo, por lo tanto no tendrá el impacto que presenta implementar un vehículo biplaza en nuestro medio

Metro

De acuerdo a los estudios publicados en la página oficial del metro de Quito, este medio de transporte tendrá la capacidad de transportar a 1.270 personas en un solo viaje.

5.4.1.2 Costo por recorrer 100 km

Renault Twizy

Según los datos publicados en la página oficial de Renault, el tiempo de carga para las baterías del Twizy es de 8 horas en una red doméstica, las baterías a carga completa otorgan una autonomía de 100 km.

De acuerdo a la publicación del diario el universo, con fecha 11 de Junio del 2011, el costo promedio del kw/h es de 0.08 centavos.

El consumo diario de una familia de clase media alta promedia 6,8kw/h, sumados a los 8 kw/h que consume la carga total de las baterías tenemos un consumo mensual de 444 kw/h.

En Ecuador la energía eléctrica es subsidiada por el estado de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 5.9 Facturación región sierra

Consumo en kilovatios hora	Pago sin incremento	Incremento	Pago con Incremento
300	\$27.30	0%	\$27.30
350	\$32.19	0%	\$32.19
400	\$37.09	0%	\$37.09
450	\$41.98	0%	\$41.98
500	\$46.88	0%	\$46.88
750	\$71.35	11%	\$79.45
1.000	\$95.83	29%	\$123.58
1.500	\$144.78	86%	\$269.22
2.000	\$193.73	160%	\$503.30
3.000	\$291.63	326%	\$1241.66

Con el consumo de 444 kW/h el incremento corresponde al 0%. Con estas consideraciones se puede calcular que el costo para desplazarse 100 km en un renault Twizy es 0.64 centavos de dólar.

Toyota Prius

De acuerdo a la tesis “ANÁLISIS DE RENDIMIENTO, CONSUMO Y EMISIONES GENERADAS POR LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS” realizada por FRANCISCO XAVIER CASTILLO MONDRAGÓN, ANDRÉS ALEJANDRO TORRES BRITO, el Toyota Prius consume 5.5 litros de gasolina para recorrer 100 km.

El galón de combustible de gasolina súper tiene el valor comercial de 2.00 dólares americanos, por consiguiente:

$$\frac{1 \text{ galón}}{x} - \frac{3.78 \text{ litros}}{5,5 \text{ litros}} = 1.45 \text{ galones}$$

$$\frac{1 \text{ galón}}{1.45 \text{ galones}} - \frac{2 \text{ dolares}}{x} = 2.90 \text{ dolares}$$

El costo para recorrer 100 km en un Toyota Prius es de 2.90 dólares

Metro

Tomando como referencia la información publicada en la página web oficial del metro de Quito, la línea de recorrido tiene una longitud de 22 km, la tarifa al público es de 0.40 centavos por lo tanto:

$$\frac{0.44 \text{ centavos}}{x} - \frac{22 \text{ kilometros}}{100 \text{ kilometros}} = 1.81 \text{ dolares}$$

El costo para recorrer 100km en el metro de Quito es 1.81 dólares.

5.4.1.3 Espacio para parquear

Renault Twizy

Citando la información de la pagina web oficial de Renault España ,se obtiene; el ancho total del renault Twizy es 1.234 m, mientras que la longitud total es de 1.434 m. Al tener en consideración un espacio de maniobra para parquear de 1.50 metros se obtiene que el vehículo ocupa una superficie de $3.30 m^2$.

Toyota Prius

La información publicada en el catálogo de ventas del Toyota Prius informa que el ancho total es de 1.745 m, la longitud total 4.460 m, el espacio de maniobra de parqueo corresponde a 1.50 m por lo tanto el automotor ocupa una superficie de $9.26 m^2$.

Metro

El metro es un medio de transporte que en su totalidad circulara bajo la superficie de la ciudad de Quito, por lo tanto el espacio que ocupa en la superficie es de $0m^2$.

5.4.1.4 Emisiones contaminantes (CO2)

Renault Twizy

Al ser un vehículo que funciona con un motor eléctrico no posee escape, por lo tanto, emite una contaminación de 0 g/km

Toyota Prius

Citando la información correspondiente a la tesis “ANÁLISIS DE RENDIMIENTO, CONSUMO Y EMISIONES GENERADAS POR LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS”

realizada por FRANCISCO XAVIER CASTILLO MONDRAGÓN, ANDRÉS ALEJANDRO TORRES BRITO, el Toyota Prius emite 12.7 g/km de CO₂ al ambiente

Metro

El metro es un medio de transporte eléctrico por lo tanto emite 0g/km de CO₂.

5.4.1.5 Costo de introducción

Renault Twizy

Gracias a la estrategia de mercado que consta en rentar las baterías a un precio de 50 euros mensuales, el precio de venta del Twizy en España es de 6.990 euros.

Para calcular el valor de introducción de este automotor en nuestro medio se debe agregar el valor de 10.000 euros por concepto de baterías, lo que equivale a un costo total de 16.990 euros.

De acuerdo a la ley tributaria del Ecuador los vehículos híbridos o eléctricos inferiores a 35.000 dólares no pagan IVA e ICE, por lo tanto el costo total de comercialización promediaría los 21.551 dólares.

Toyota Prius

Tomando la información otorgada por el concesionario Toyota Casabaca el precio total del Toyota Prius full es de 32.463 dólares.

Metro

El metro para la ciudad de Quito tendrá un costo de 1.386 millones de dólares y se construirá en un plazo de 36 meses.

5.4.2 Jerarquización de soluciones

Para realizar la jerarquización de soluciones se optó por el método de SCORING.

Este método está diseñado para identificar de una manera rápida y sencilla la alternativa preferible en un problema de decisión multicriterios, las etapas del método son las siguientes:

1. Identificar la meta general del problema
2. Identificar alternativas
3. Listar los criterios a emplear en la toma de decisión
4. Asignar una ponderación para cada uno de los criterios

1=Muy poco importante, 2=poco importante, 3=importancia media, 4=algo importante, 5=muy importante

5. Establecer en cuanto satisface cada alternativa a nivel de cada uno de los criterios

1=Extra bajo, 2=Muy bajo, 3=Bajo, 4=Poco bajo, 5=Medio, 6=Poco alto, 7=Alto, 8=Muy alto, 9=Extra alto

6. Calcular score para cada una de las alternativas
7. Ordenar las alternativas en función del score. La alternativa con el score más alto representa la alternativa a recomendar.

Matriz de Ponderación

A continuación se exponen los valores que se ha emitido para la conformación de la matriz de ponderación.

Al tratarse de un proceso de análisis de soluciones al tránsito el criterio de capacidad de desplazamiento de personas es el más importante frente a cualquier otro criterio.

Tabla 5.10 Tabla de peso de criterios

CRITERIOS		PONDERACION
1	Capacidad de desplazamiento de personas	5
2	Costo para recorrer 100 km	3
3	Espacio para parquear	4
4	Emisiones de CO2	2
5	Costo de implementación	1

Matriz de satisfacción de alternativas

Tabla 5.11 Tabla de satisfacción de alternativas

CRITERIOS	METRO	AUTO ELECTRICO(RENAULT TWISY)	AUTO HIBRIDO (TOYOTA PRIUS)
Capacidad de desplazamiento de personas	9	2	5
Costo para recorrer 100 km	5	3	4
Espacio para parquear	1	3	7
Emisiones de CO2	1	1	1
Costo de implementación	9	6	7

Matriz de ponderación para cada alternativa

Tabla 5.12 Tabla de ponderación

CRITERIOS		PONDERACION	METRO	AUTO ELECTRICO (RENAULT TWISY)	AUTO HIBRIDO (TOYOTA PRIUS)
1	Capacidad de desplazamiento de personas	5	9	2	5
2	Costo para recorrer 100 km	3	5	3	4
3	Espacio para parquear	4	1	3	7
4	Emisiones de CO2	2	1	1	1
5	Costo de implementación	1	9	6	7
SCORE			75	39	74

Conclusiones

El metro es el medio de transporte más ecológico y efectivo para los habitantes de la ciudad de Quito, al operar bajo la superficie no ocupa espacio vial y no empeora las condiciones de tránsito. Al movilizar 1.200 personas en un solo viaje supera ampliamente la capacidad de cualquier otro medio de transporte, el traslado de personas a una velocidad promedio de 39km/h permite una elevada eficiencia en el tiempo de viaje de los usuarios.

La integración del Renault Twizy es posible en la ciudad de Quito, al ser un vehículo totalmente eléctrico no produce contaminación alguna, la tarifa de kilovatio hora que rige en la ciudad lo transforma en un medio barato, en comparación a los costos de mantenimiento y operación de los vehículos que poseen motores de combustión interna. Es un medio de transporte individual por lo tanto no afecta la comodidad de las personas al momento de trasladarse. La altitud de la ciudad no influye sobre estos automóviles, al no tener combustión los 2.800 metros de altitud de la ciudad de Quito no afectan el desempeño del motor eléctrico.

La popularización de vehículos híbridos genera bajos índices de contaminación en la ciudad de Quito, el consumo de combustible es inferior en comparación con los vehículos que poseen motores de combustión interna convencionales, al no emitir ruido reducen la contaminación ambiental en la ciudad.

Debido a las ventajas que ofrece el transporte privado los usuarios están predispuestos a tolerar cierto nivel de congestionamiento, por lo tanto no es necesario intentar eliminar la congestión sino más bien mantenerla bajo control,

El problema de la congestión vehicular afecta tanto a los usuarios de automóviles privados como a los usuarios del transporte público, degrada la calidad de vida de los habitantes de la ciudad y genera problemas en su salud.

Recomendaciones

Fortalecer el transporte público mediante la implementación del metro. Si se ofrece un servicio digno y rápido se podría mantener la proporción de viajes diarios realizados en transporte público. Si evitamos que los ciudadanos tengan la necesidad de comprar vehículos privados estaremos aliviando el problema de la congestión a largo plazo.

Dar a conocer a los habitantes de la ciudad de Quito cuales son las consecuencias del abuso del auto particular, además de como y cuando se genera congestión. Se recomienda crear una campaña de concientización para disminuir el uso irracional del vehículo privado.

Se recomienda crear una política que regule la ocupación de viviendas abandonadas en el centro histórico de Quito, con la finalidad de lograr una mayor concentración poblacional y evitar que se incremente el número de viajes desde y hacia las ciudades satélites.

Implementar el Renault Twizy al parque automotor de la ciudad de Quito, crear una infraestructura que permita construir estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos.

Implementar un sistema de alquiler de baterías que permita abaratar el costo comercial del Renault Twizy para nuestro mercado.

.

Bibliografía

Secretaría de Movilidad DMQ (2010). Hacia un nuevo modelo de movilidad en el DMQ. Empresa Municipal de Movilidad y Obras Públicas. Presentación en PowerPoint.

Secretaría de Movilidad DMQ (2010). Regulación Vehicular en la Zona Urbana de la Ciudad de Quito. Empresa Municipal de Movilidad y Obras Públicas. Presentación en PowerPoint.

Anuario de Estadísticas de Transporte. Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC, Estadísticas Estructurales de Empresas y Establecimientos Económicos. “Impresión Talleres Gráfico del INEC. Ediciones de 1968 a 2008. Quito, Ecuador.

MONZON, Andrés, LOPEZ, María Eugenia. Gestión del transporte urbano. Disponible en: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=789321> (consultado en junio de 2011)

Ilustre Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. Noticias sobre la medida Pico y placa. Disponible en: <http://www.noticiasquito.gov.ec/Noticias> (Consultado en: noviembre de 2011)

DOS SANTOS, Ricardo. La revolución del transporte en Curitiba: el hombre antes que el auto. Disponible en: <http://www.tierramerica.net/ciudades/curitiba.shtml>. (Consultado en septiembre de 2011)

NAVARRO, Bernardo, CADENA, Lidia. Planeación del transporte y conflicto social. Disponible en: <http://links.jstor.org/sici?sici=01882503%28199007%2F09%2952%3A3%3C3%3APDTYCS%3E2.0.CO%3B2-U> (Consultado en febrero de 2011)

CAL, Rafael, MAYOR, R. y CARDENAS, James. Ingeniería de Transito, octava edición, México D.F, Editorial Alfaomega, 2007.

HURTADO VASQUEZ, Diego. Ciudadanos o ciudadautos, primera edición, Quito, Centro de investigaciones ciudad, 2004.

PARDO, Carlos. Salida de emergencia: reflexiones sociales sobre las políticas del transporte. Disponible en:

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-92672005000300002&lng=es&nrm=iso)

92672005000300002&lng=es&nrm=iso>.ISSN 1657-9267. (Consultado en Febrero de 2011)

Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. Plan Maestro de movilidad para el Distrito Metropolitano de Quito 2009-2025

Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. Plan de Movilidad para el Quito del siglo 21. Presentación de PowerPoint.

CORDOVA, Marco. Quito Imagen Urbana, Espacio Publico, Memoria e Identidad, primera edición, Quito, Editorial Trama, 2005.

El comercio, "El pico y placa debería aplicarse todo el día", Lunes 30 de Mayo del 2011, Quito.

Agencia publica de noticias Quito. Zona Azul ordena el espacio público del centro norte de la ciudad. Disponible en:

http://noticiasquito.gob.ec/Noticias/news_user_view/zona_azul_ordena_el_espacio_publico_del_centro_norte_de_la_ciudad--4382 (consultado en enero del 2012)