

TRABAJO FIN DE MÁSTER

"PROPUESTA DE PROLONGACIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE MASIVO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO HACIA EL VALLE DE CALDERÓN – CARAPUNGO MEDIANTE ANÁLISIS DE REDES"

Autor: Patricia Martínez

Directora: Dra. María Zúñiga Antón

**Máster Universitario en
Tecnologías de la información geográfica para la ordenación del
territorio: sistemas de información geográfica y teledetección**

Noviembre de 2013



**Universidad
Zaragoza**

**Departamento de
Geografía y Ordenación
del Territorio**



Resumen

La ciudad de Quito se identifica por ser una ciudad con un relieve muy irregular, al occidente se presentan barreras topográficas que limitan el desarrollo urbano y los cultivos agrícolas generando una expansión demográfica hacia los valles del noreste y sureste. Los datos del censo de población y vivienda del año 2010 presentados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), indican que la ciudad de Quito ha tenido un crecimiento poblacional del 22% en los últimos 10 años, teniendo así un aumento aproximado de 400.000 habitantes entre los censos del 2001 y 2010. Esta acelerada expansión de población hacia los valles y la limitación geográfica, no han permitido planificar adecuadamente el desarrollo del área urbana, principalmente en lo que corresponde a la construcción de una infraestructura vial que permita un flujo adecuado y rápido del tránsito. Adicionalmente, existe una sobredemanda en el uso de transporte público que se ha visto desbordado y no ha dado soluciones eficientes para cubrir el crecimiento continuo de la demanda, generando una dependencia excesiva del vehículo privado.

La concentración de población en las ciudades, ha provocado un aumento en las necesidades de movilidad diaria, tanto en el tiempo como en las distancias empleadas para desplazarse de un punto a otro. Por ello, el objetivo de este Trabajo Fin de Máster es identificar a través del análisis de redes, rutas óptimas que permitan prolongar el servicio del Sistema Integrado de transporte masivo del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) hacia el Valle de Calderón – Carapungo. Este valle se encuentra ubicado al noreste del DMQ, y es uno de los polos de desarrollo más importantes hacia donde puede expandirse la ciudad capital. De este modo se proponen soluciones que permitan mejorar la calidad del servicio de transporte público masivo logrando una movilidad más eficiente y sostenible.

Palabras Clave: *Transporte público, movilidad urbana, análisis de redes, rutas óptimas, expansión demográfica.*

Abstract

The city of Quito is known for having a very irregular geographical relief. On the west we can find topographic barriers that limit urban development and agricultural crops which induce a population expansion towards the valleys of the north east and south east. According to the population and housing data of the 2010 census presented by the National Institute of Statistics and Census (INEC), the city of Quito has had a population growth of 22% over the last 10 years, thus having an increase of approximately 400,000 habitants between the 2001 and 2010 census. This fast population expansion into valleys and geographic limitations has not allowed an adequate urban development planning, especially for the construction of road infrastructure that would allow appropriate and rapid influx of traffic. Additionally, there is an excess demand of public transportation which has caused it to collapse and is not efficient enough to cover the continued growth demand, generating a dependence on private vehicles.

The concentration of population in cities and in this specific case, have caused an increase in daily mobility needs, both in time and distance used to move from one point to another. Therefore, the objective of this Master's Thesis is to identify, through network analysis, optimal routes that allow the extension of the Integrated Mass Transit Service of the Metropolitan Quito District (DMQ) towards Calderon – Carapungo Valley. This valley is located northeast of the DMQ, and is one of the most important development centers to where the capital city can expand. And therefore improve the quality of mass transit service achieving a suitable and sustainable mobility.

Key Words: *Public transportation, urban mobility, route analysis, optimal routes.*

Índice

1.	Introducción	pág 4
1.1.	Contexto y justificación del trabajo	pág 4
1.2.	Estado en cuestión	pág 5
1.3.	Objetivos	pág 11
2.	Metodología y Actividades	pág 11
2.1.	Planificación:	pág 11
2.2.	Análisis	pág 11
2.3.	Desarrollo	pág 11
2.4.	Marco teórico	pág 13
2.5.	Marco conceptual	pág 13
3.	Desarrollo Analítico	pág 15
3.1.	Recopilación de Información Cartográfica	pág 15
3.2.	Análisis de la Información Cartográfica	pág 21
3.2.1.	Instituto Nacional de Estadísticas y censos	pág 22
3.2.2.	Secretaría de Movilidad del Municipio de Quito	pág 24
3.2.3.	Gerencia de Planificación de la Movilidad	pág 24
3.2.4.	Open Street Map	pág 26
3.3.	Selección del área de estudio	pág 27
3.4.	Procesamiento de la información	pág 29
3.4.1.	Cartografía vial OSM	pág 29
3.4.2.	Población según sector censal del área de estudio	pág 31
3.4.3.	Estaciones de buses	pág 36
3.5.	Descripción de la metodología de análisis de redes	pág 37
3.5.1.	Localización asignación	pág 37
3.5.2.	Áreas de influencia	pág 38
3.5.3.	Rutas Óptimas	pág 38
4.	Resultados	pág 40
4.1.	Red vial	pág 40
4.2.	Área de influencia de las estaciones existentes	pág 41
4.3.	Demanda del servicio del SITM según sector censal	pág 43
4.4.	Área de influencia estación existentes y propuestas	pág 44
4.5.	Rutas propuestas	pág 45
4.6.	Paradas propuestas	pág 46
5.	Conclusiones	pág 50
6.	Relación de fuentes, bibliografía y recursos o materiales utilizados	pág 52
7.	Acrónimos	pág 54
	Anexos	pág 55

Índice de Gráficos

Gráfico 1: Evolución del parque vehicular en el DMQ, 1970-2025	7
Gráfico 2: Proyección de las condiciones de saturación de la Red vial principal	9
Gráfico 3: Desplazamientos en Transporte Público al Hipercentro de Quito – año 2008	10
Gráfico 4: Diagrama de zonificación de densidades poblacionales en el territorio del DMQ	28

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Estructura del transporte en el DMQ	9
Ilustración 2: Estructura de la metodología aplicada	12
Ilustración 3: Información cartográfica censal INEC (vías)	16
Ilustración 4: Información cartográfica censal INEC (sectores censales)	17
Ilustración 5: Información cartográfica (SITM) – Secretaría de Movilidad	18
Ilustración 6: Información cartográfica (SITM) – Secretaría de Movilidad	19

Ilustración 7: Información cartográfica – EPMMOP	20
Ilustración 8: Área de estudio – visualizador Open Street Map	21
Ilustración 9: Resumen errores topológicos cartografía vial - INEC	22
Ilustración 10: Resumen errores topológicos cartografía censal (sectores) - INEC.....	23
Ilustración 11: Codificación Sectores censales - INEC.....	23
Ilustración 12: Resumen errores topológicos de las de rutas de alimentadores	24
Ilustración 13: Comparación vías EMMOP - INEC.....	25
Ilustración 14: Resumen errores topológicos cartografía vial - EPMMOP.....	25
Ilustración 15: Resumen errores topológicos	27
Ilustración 16: Cartografía obtenida a través de Open Street Map	29
Ilustración 17: Atributos de la cartografía del OSM de geometría Punto	30
Ilustración 18: Atributos de la cartografía del OSM de geometría Línea	30
Ilustración 19: Atributos de la cartografía del OSM de geometría Polígono	31
Ilustración 20: Listado de áreas (códigos y variables) REDATAM.....	35
Ilustración 21: Delimitación del área de estudio del listado de áreas (códigos y variables) REDATAM	35
Ilustración 22: Población de las parroquias de estudio por sector censal - REDATAM	36
Ilustración 23: Análisis de demanda de usuarios en base a la localización.....	37
Ilustración 24: Configuración de las distancias para elaboración de áreas de influencia	38
Ilustración 25: Generación de rutas óptimas	39
Ilustración 26: Informe de rutas	39
Ilustración 27: Red vial	40
Ilustración 28: Cronograma de actividades	55

Índice de Mapas

Mapa 1: Concentración del Equipamiento y servicios en el hipercentro	5
Mapa 2: Estructura mono céntrica del DMQ	6
Mapa 3: Capacidad y velocidad de las Red vial principal del DMQ, 2008	8
Mapa 4: Área de estudio con y sin servicio del SITM	42
Mapa 5: Demanda del servicio del SITM según sector censal.....	43
Mapa 6: Área de influencia del servicio del SITM	44
Mapa 7: Rutas propuestas para la prolongación del servicio del SITM.....	45
Mapa 8: Paradas propuestas entre las estaciones de buses del servicio del SITM.....	46
Mapa 9: Demanda de las paradas intermedias del servicio del SITM según sector censal.....	47
Mapa 10: Área de influencia de las paradas propuestas dentro del servicio del SITM.....	48
Mapa 11: Rutas y paradas propuestas para la prolongación del servicio del SITM, rutas de alimentadores y buses convencionales	49

Índice de Tablas

Tabla 1: Cartografía recopilada de las instituciones públicas	15
Tabla 2: Cartografía obtenida del OSM	20
Tabla 3: Clasificación de las vías - OSM	26
Tabla 4: Acrónimos	54

1. Introducción

1.1. Contexto y justificación del trabajo

Un breve repaso a la historia del transporte público de la ciudad de Quito, permite identificar cuatro grandes etapas que reflejan el problema del servicio de transporte público, (FLACSO):

La *primera etapa* ocurrió entre los años 1914 a 1946, en ésta época la población de la ciudad se acercaba a los 225.000 habitantes y los límites de la ciudad no eran muy extensos. La gestión del transporte estuvo a cargo de una empresa privada extranjera la cual manejaba la administración del tranvía, siendo éste el servicio de transporte público con mayor demanda en la época.

La *segunda etapa* corresponde al periodo comprendido entre los años 1947 a 1978, cuando desapareció el servicio de transporte del tranvía y se desarrollo una de las expansiones geográficas más representativas que se hayan registrado en la ciudad. Estos hechos provocaron el llamado "*Periodo de incubación de los problemas del actual sistema de transporte público de la ciudad de Quito*" (MDMQ, 2011). En ésta época se le concedió al sector privado la gestión de este servicio, que se caracterizó por ser totalmente ineficiente. En este periodo, se realizaron acuerdos entre los proveedores privados del transporte y el Gobierno Nacional: los empresarios cobraban un precio fijo por tarifa de los pasajes mientras que el gobierno les garantizaba un precio bajo de combustible. Desde un inicio el servicio de transporte público logró cubrir la demanda, pero conforme la ciudad se fue expandiendo tanto en superficie como en población, el servicio se fue deteriorando debido a la incapacidad del gobierno de conservar subsidiados los precios de los combustibles. Se generó un colapso total del sistema y un incremento de las tarifas de los pasajes provocando una serie de protestas como la conocida "*Guerra de los cuatro reales*".

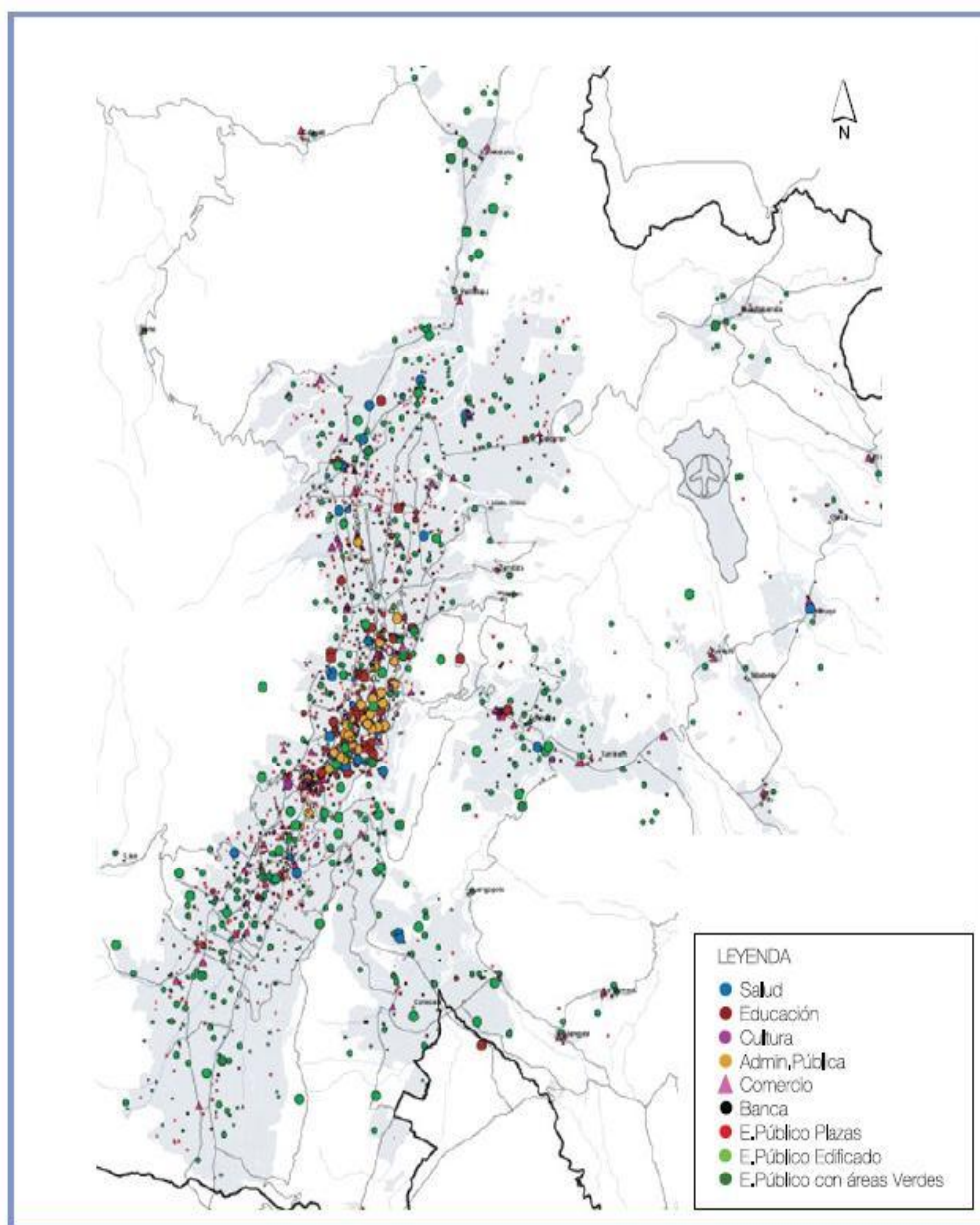
Estos antecedentes dieron inicio a la *tercera etapa* que estuvo marcada por un rápido deterioro de la calidad del servicio de transporte público, provocando un incremento en los precios de los combustibles y en las tarifas de transporte. Adicionalmente, se presentó otro inconveniente generado por el elevado crecimiento de la población (un 54% entre los años 1974 – 1990), que puso de manifiesto la falta de planificación y gestión del servicio de transporte público por parte de las autoridades teniendo como resultado la expansión del parque de vehículos particulares.

En el año de 1995 el DMQ asume la gestión del sistema de transporte público, comenzando así la *cuarta etapa*, la cual da origen a las empresas municipales tales como: la Empresa Metropolitana de Transporte de Pasajeros y la Empresa Metropolitana de Obras Públicas. Éstas diseñan y ejecutan proyectos de vialidad y movilidad para la ciudad de Quito como son el del sistema integrado Metrobús-Q, la ampliación y construcción de vías y pasos a desnivel, eliminación de redondeles, etc. Actualmente, existen aproximadamente 2'123.495 habitantes en la ciudad y las soluciones aplicadas no han sido lo suficientemente eficientes para cubrir la demanda total de transporte público. Por otro lado, los altos subsidios que el Estado otorga a los combustibles y la facilidad del acceso a líneas de crédito para la adquisición de vehículos particulares, son algunos de los factores que han terminado de agravar ésta situación. En la actualidad existen en Quito, aproximadamente 415.000 vehículos particulares activos y la tasa de crecimiento del parque automotor es del 7,4%. A ese ritmo de crecimiento el parque automotor de Quito se duplicaría cada 11 años. Es por ello que mejorar el servicio del sistema de transporte público de la ciudad de Quito es una prioridad ya que, se necesita una solución rápida y eficiente en la cual se disminuya el uso del vehículo particular y se cubra la demanda del servicio de transporte público para la comunidad.

1.2. Estado en cuestión

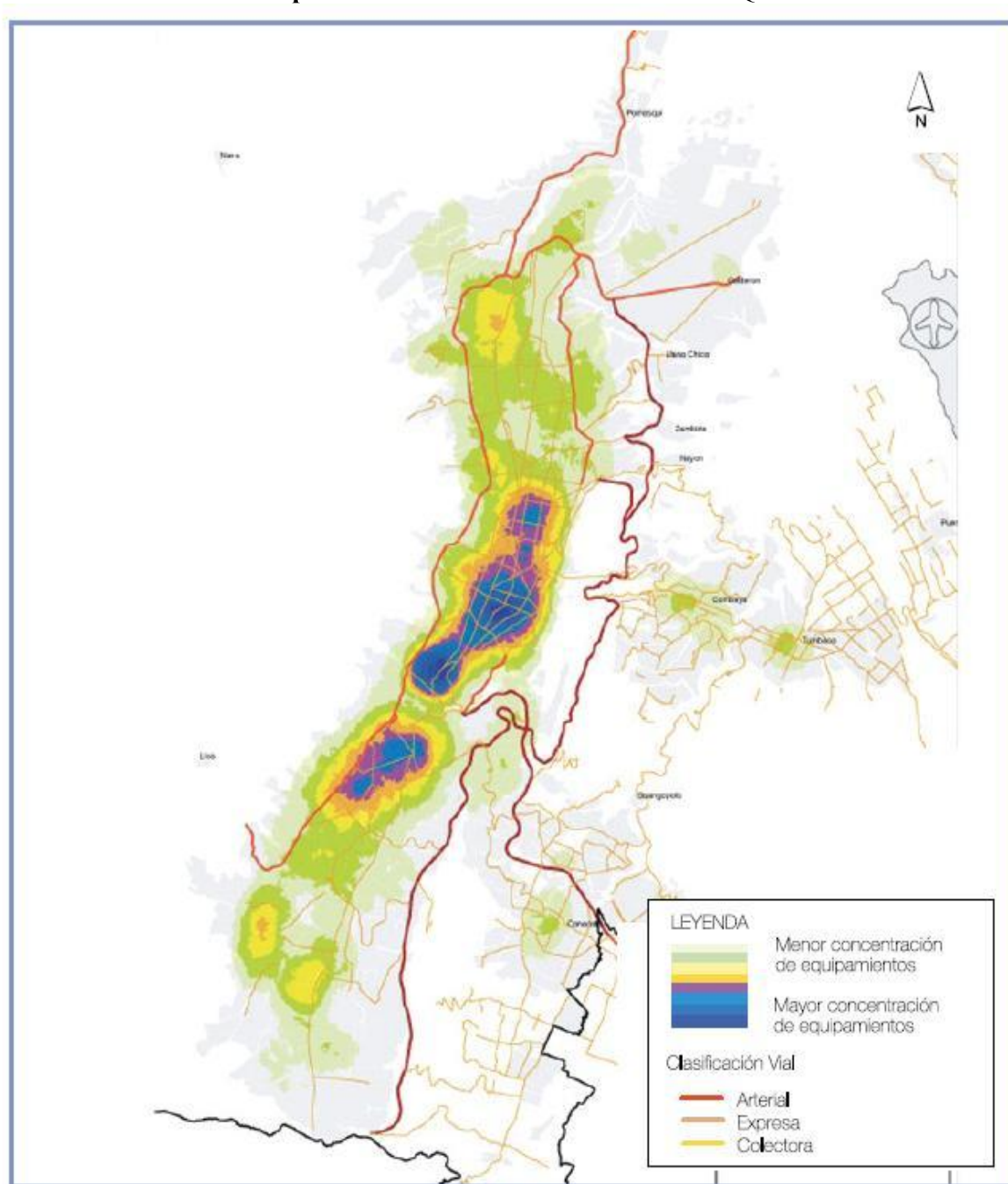
La ciudad de Quito se asienta sobre una meseta dentro del callejón interandino y posee una superficie de 4230 km², su particular topografía encajada ha condicionado el desarrollo territorial de la urbe. En el último censo realizado por el INEC en el año 2010, se observa que la población actual de la ciudad es de 2'123.495 habitantes, la cual se ha concentrado principalmente dentro de la denominada “Macro centralidad” la cual posee 188,60 km², en donde se agrupan la mayor cantidad de equipamientos urbanos como son: servicios públicos, comerciales, financieros, educativos, salud, entre otros (**Ver Mapa 1**). En el **Mapa 2** referente a la estructura mono céntrica del DMQ, se observa que en la Macro centralidad existe una zona denominada “Hipercentro” en donde los índices de: población, equipamiento y servicios son aun más elevados, en ambos casos el movimiento poblacional es bastante elevado.

Mapa 1: Concentración del Equipamiento y servicios en el hipercentro



Fuente: STHV – MDMQ, 2011

Mapa 2: Estructura mono céntrica del DMQ



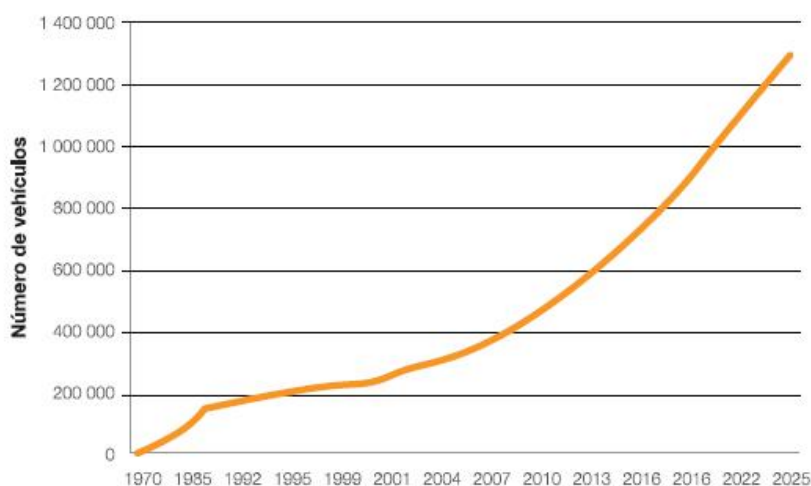
Fuente: STHV – MDMQ, 2011

Como se mencionó anteriormente, la expansión de la ciudad se generó en base a las limitaciones topográficas provocando que la ciudad crezca de forma longitudinal, teniendo como consecuencia una expansión de las zonas urbanas hacia los Valles orientales: Los Chillos y Tumbaco – Cumbayá y hacia el norte en Carapungo – Calderón y Pomasqui – San Antonio. Esta expansión poco planificada provocó que la ciudad se desarrollara de manera desordenada especialmente en lo que se refiere a infraestructura vial. El resultado es la aparición de vías con mayor número de carriles (avenidas) localizadas en dirección norte sur, provocando que el servicio de transporte público se desplace en el mismo sentido dejando incomunicada la población que se asienta en dirección este oeste.

Este sistema vial ha ocasionando serios problemas de movilidad y accesibilidad de la población, desplazarse de un punto a otro supone un tiempo excesivo provocando que la operación del

transporte público sea ineficiente y costosa. Todos estos inconvenientes, sumados a la inadecuada distribución de los centros educativos han generado que el número de buses que prestan el servicio de transporte escolar sea similar al número de buses de transporte público, lo cual ocasiona mayor congestión de tráfico. Varios estudios realizados por el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (MDMQ) determinan que el servicio de transporte público moviliza al 77% de los habitantes; a pesar que el servicio no tiene un buen nivel de calidad, comodidad y confiabilidad de los itinerarios. Esto es consecuencia de la aplicación de un modelo poco adecuado y de la mala planificación en la ocupación del territorio, representado por una “dispersión horizontal de la mancha urbana y un proceso de conurbación con las parroquias rurales”. (MDMQ, 2012) La ineficiencia del sistema vial se debe a una falta de capacidad y conectividad de la red entre los diferentes sectores urbanos causados por los procesos incontrolados de uso y ocupación del suelo. Frente a ello se identifica una tendencia creciente del uso del vehículo particular como modo preferido de transporte, lo que incrementa los conflictos relacionados con el mal uso del espacio público, la congestión y la contaminación ambiental (**Ver Gráfico 1**).

Gráfico 1: Evolución del parque vehicular en el DMQ, 1970-2025



Fuente: Secretaria de Movilidad, incluye proyección a 15 años.

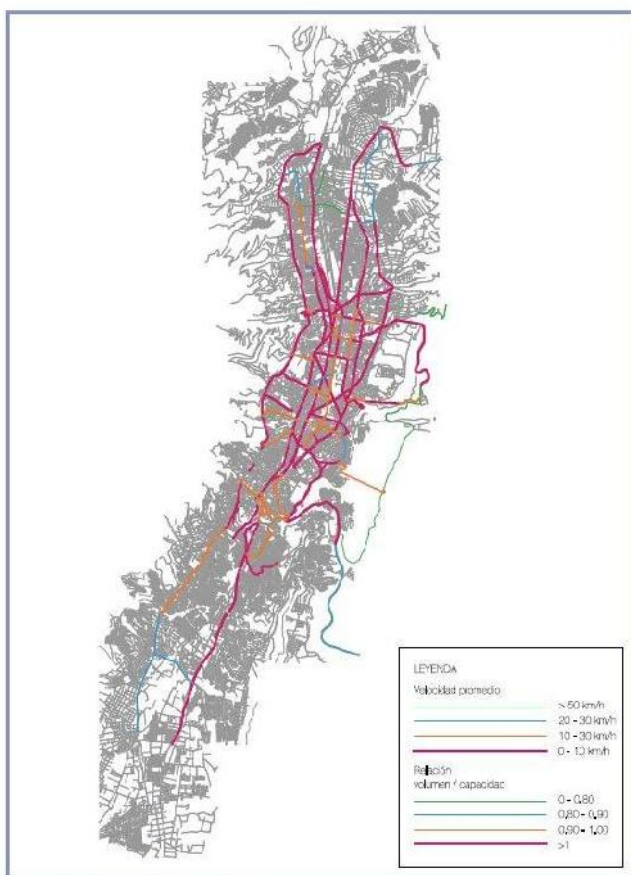
Actualmente, el MDMQ propone corregir el modelo urbano existente partiendo de una concepción integral del sistema donde se puedan relacionar: el tránsito, la seguridad vial y la vialidad. Busca que las condiciones de movilidad sean más eficientes priorizando siempre la integridad y seguridad de los usuarios, optimizando la calidad del servicio del transporte público y garantizando la conectividad entre todas las zonas del DMQ. Dentro de este modelo se toman en cuenta ciertos elementos estructurales como son: la institucionalidad, la tecnología, la calidad del servicio y la implementación de una nueva cultura en movilidad; mediante la cual se fortalezca la gestión pública incorporando nuevas tecnologías que permitan tener un sistema de transporte inteligente y especialmente se genere una cultura ciudadana en movilidad en la cual exista respeto y solidaridad entre conductores y peatones. En este nuevo modelo de movilidad el municipio plantea varias líneas de acción que permitirían tener una mejor fluidez del tránsito en la ciudad: (Mosquera, 2010)

- *Construcción de infraestructura vial:* (vías, intercambiadores, pasos a desnivel, etc.)

- *Circulación peatonal segura*: mediante la rehabilitación de puentes elevados y pasos peatonales, y la mejora del acceso del transporte público que permitan llegar a barrios periféricos de la ciudad.
- *Disminución de viajes motorizados*: impulsando el uso del transporte colectivo institucional, modificando horarios de ingreso y salida de oficinas y centros educativos y optimizando el uso de los vehículos oficiales.
- *Gestión de estacionamientos*: que permita controlar a los vehículos mal estacionados, ampliar la zona azul e implementar estacionamientos municipales y privados fuera del hipercentro de la ciudad.
- *Transporte colectivo*: mejorar las rutas, frecuencias y horarios de servicio de transporte público.
- *Restricción vehicular*: permite restringir el uso de un porcentaje de vehículos, en el cual se prohíbe la circulación durante ciertas horas del día en base al último número de la placa, iniciando el lunes con los vehículos cuya placa termina en 1 y 2, martes 3 y 4, miércoles 5 y 6, jueves 7 y 8, y viernes 9 y 0.

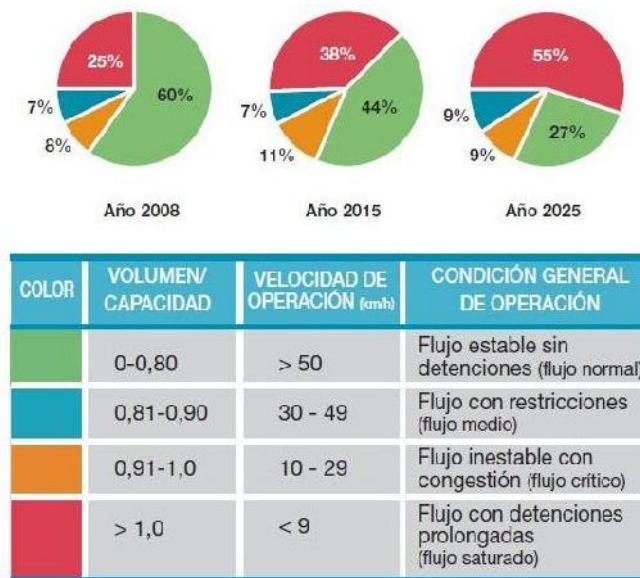
Uno de los puntos más discutidos dentro del nuevo modelo que propone el municipio de Quito se refiere especialmente a las restricciones vehiculares, ya que se llegó a esta medida después de varios estudios que indicaban que si la tendencia actual de capacidad y velocidad vial en la ciudad continuaban, el 55% de las vías tendrían condiciones de flujo saturados, con velocidades menores a 9 km/h (Ver Mapa 3 y Gráfico 2).

Mapa 3: Capacidad y velocidad de las Red vial principal del DMQ, 2008



Fuente: MDMQ – PMM, 2009

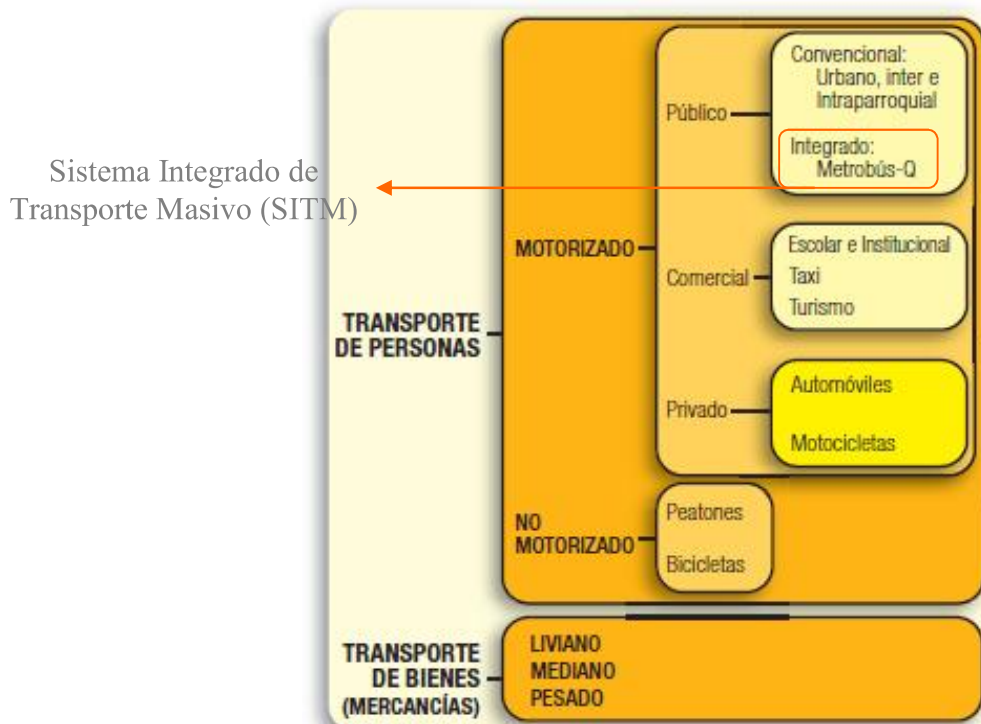
Gráfico 2: Proyección de las condiciones de saturación de la Red vial principal



Fuente: MDMQ – PMM, 2009

Estos problemas necesitan una solución inmediata que permita normalizar el uso del vehículo privado y el de otros medios de transporte como son los motorizados. De esta forma se promoverán formas alternativas de desplazamiento de la población dentro de las cuales el transporte público juega un papel fundamental, especialmente el Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM). La estructura actual del servicio de transporte del DMQ, está conformada de la siguiente manera:

Ilustración 1: Estructura del transporte en el DMQ



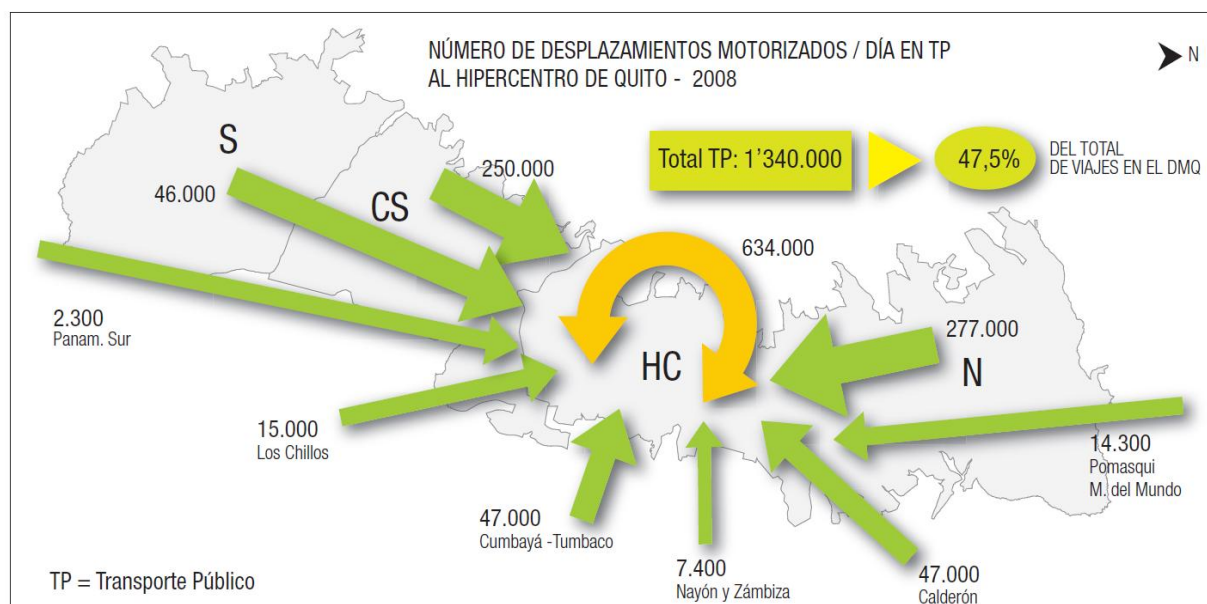
Fuente: Plan Maestro de movilidad para el DMQ 2009-2025

Definiendo así al sistema de transporte de Quito como un modelo de asignación bimodal el cual permite conocer la distribución de la movilidad tanto en transporte de personas como en transporte de bienes. Si nos centramos únicamente en el transporte de personas podemos mencionar que existen dos tipos: los motorizados y los no motorizados.

Motorizados: es aquel desplazamiento que realiza la población a través de vehículos livianos, medianos y pesados.

- *Transporte comercial*: está conformado por transporte escolar, institucional, taxis y turismo.
- *Transporte público (TP)*: El transporte público en el DMQ se encuentra segmentado en dos tipos de servicios: convencionales e integrados.
 - o Convencional: está conformado por diferentes rutas de transporte, cuyos dueños pertenecen a varios tipos de cooperativas.
 - o Integrado: este sistema se gestiona directamente por el MDMQ, está compuesto por el SITM (Ecovía, Trole y Metro bus-Q) los cuales se desplazan únicamente en sentido norte-sur por las principales avenidas de la ciudad, este sistema permite trasladar aproximadamente a 3 millones de personas diariamente, uniendo sur y norte en un tiempo aproximado de 40 minutos. Adicionalmente, este servicio posee un sistema de alimentadores el mismo que permite realizar conexiones hacia la mayor parte de sectores de la ciudad.
- *Transporte privado (TPr)*: se refiere a todo tipo de vehículo particular (automóvil y motocicleta). Según el MDMQ en el año 2008 la evolución del porcentaje de viajes se ha ido incrementando desde 1998 y de seguir así los viajes en transporte privado aumentarían en un 41% hasta el año 2025, mientras que los viajes en transporte público disminuirían en un 51%, tomando en cuenta que toda esta cantidad de viajes se realizan desde el exterior hacia el interior del DMQ en donde se localiza principalmente el hipercentro. **(Ver Gráfico 3)**

Gráfico 3: Desplazamientos en Transporte Público al Hipercentro de Quito – año 2008



Fuente: DMT - 2008

El desplazamiento del transporte público hacia el interior del hipercentro genera un número considerable de viajes (1'340.000), lo que corresponde al 47,5% del total de viajes en el DMQ. Es el hipercentro el que recibe la mayor cantidad de habitantes provenientes de este movimiento poblacional, pudiendo analizar en base a esta información que el mayor número de viajes del trans-

porte público se realiza de forma longitudinal en sentido norte – sur, sin embargo el número viajes de la población asentada en sentido noreste y sureste, es considerable. La dificultad más grande que tiene la población al momento de trasladarse se debe a que el SITM no llega a todos los sectores, especialmente hacia el norte de la ciudad. Esto se debe básicamente a que el servicio de estas rutas se desplaza entre el hipercentro y el sur de Quito, dejando totalmente aislada a la población del norte del DMQ y al valle de Calderón (Carapungo).

1.3. Objetivos

El objetivo de este Trabajo Fin de Máster es identificar a través de análisis de redes, rutas óptimas que permitan prolongar el servicio del SITM del DMQ hacia el Valle de Calderón – Carapungo y proponer nuevas estaciones de buses con sus respectivas paradas.

1.3.1. Objetivos específicos

- Delimitar el área de interés para el presente estudio.
- Recopilar información cartográfica y material bibliográfico, correspondiente al DMQ y la parroquia Carapungo.
- Evaluar el estado de la información cartográfica obtenida de diferentes fuentes.
- Estructurar una base de datos adecuada para la información cartográfica requerida para la elaboración de la red vial.
- Corregir errores topológicos de la información cartográfica seleccionada para el área de estudio.
- Ubicar estaciones de buses existentes del SITM.
- Proponer nuevas estaciones en el área de interés.
- Analizar el área de influencia de las estaciones existentes y propuestas.
- Generar rutas óptimas para la prolongación del SITM.
- Localizar paradas intermedias entre las estaciones de bus propuestas en el proyecto.

2. Metodología y Actividades

La metodología planteada para el TFM, está compuesta por tres fases: Planificación, Análisis y Desarrollo, se detallan a continuación las diferentes actividades que permitirán desarrollar cada uno de los objetivos expuestos.

2.1. Planificación:

- Definición de objetivos y actividades.

2.2. Análisis:

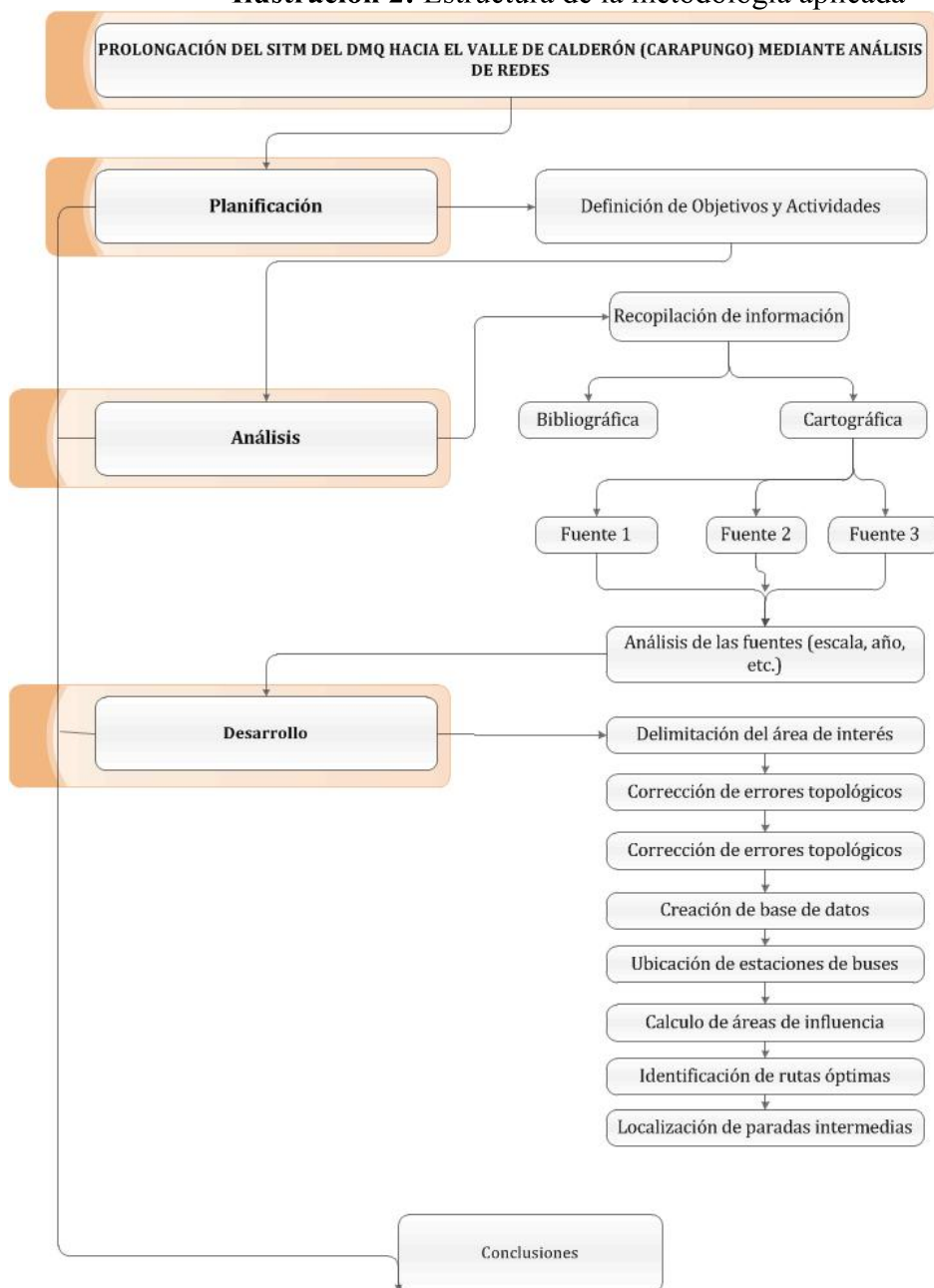
- Compilación de información cartográfica y bibliográfica.
- Evaluar el estado de la información especialmente cartográfica (año, escala, fuente, etc.).

2.3. Desarrollo:

- Identificación del área de interés.
- Con la cartografía compilada, se analiza cual es la más completa y adecuada para el estudio.
- En base a toda la cartografía obtenida del DMQ se define el área de interés.
- Una vez identificada la cartografía disponible para el área de interés, se procede a corregir los errores topológicos, especialmente de las vías.
- A la cartografía ajustada se le asignan atributos creando una base de datos apropiada que permitan generar una red de vial.

- Para localizar las nuevas estaciones de buses es necesario contar con la red de vial y la cartografía censal (sectores amanzanados y dispersos). Posteriormente se analizará en base a la población, la zona más apropiada para implementar una o más estación de buses, las mismas que beneficiarán a gran parte de la comunidad asentada al norte del DMQ.
- Una vez ubicadas las estaciones de buses, calculamos el área de influencia de dichas estaciones con el fin de verificar que el servicio abarque la mayor cantidad de sectores habitados del área de interés.
- A continuación, se procede a identificar rutas óptimas que permitan prolongar el SITM desde el DMQ hacia el valle de Calderón (Carapungo).
- Finalmente, se ubican las paradas intermedias entre las estaciones de buses con una distancia promedio entre ellas obtenida a través de las paradas existentes de las rutas de: la Ecovía, el Metrobús, y el Trole.

Ilustración 2: Estructura de la metodología aplicada



2.4. Marco teórico

En las zonas urbanas el transporte público es un elemento clave para los gobiernos municipales especialmente en ciudades donde el flujo vehicular es saturado, ya que la población debe desplazarse diariamente por diversas actividades como son estudios, trabajo y ocio. Usualmente el transporte público está mayoritariamente utilizado por segmentos de población de estrato socioeconómico medio – bajo, los cuales no tiene otros medios de movilización que les permita desplazarse de un lugar a otro y a un bajo costo.

Varios autores (Fernández, 1998; Seguí y Petrus 1991; Zárate Martín, 1991; Seguí y Martínez, 2004) afirman que el transporte público es un elemento esencial en el funcionamiento de las ciudades ya que (Cardozo, Gómez, & Parras, 2009):

- Permite principalmente movilizar a la población que carece de recursos para adquirir un vehículo y necesita desplazarse largas distancias.
- Reduce la congestión en las vías por la capacidad de usuarios que llevan en un solo viaje a comparación del vehículo particular que en promedio lleva una persona por viaje.
- Minimiza la contaminación ambiental, quemando menos combustible y por lo tanto generando menos humo a la atmósfera.

2.5. Marco conceptual

Se expone a continuación la definición de una serie de conceptos clave para el desarrollo y entendimiento del trabajo realizado:

- **Análisis Espacial:** El Análisis Espacial analiza los procesos que se dan por parte de estructuras y formas de organización existentes y características de un espacio, tomando en cuenta conceptos como distancia, interacción espacial, polarización y centralidad. Utiliza herramientas como la estadística para poder entender y valorar dichos procesos y lo que estos implican en el espacio. (Pumain, 2004)
- **Área de influencia (o zona de influencia):** Zona polarizada por un centro, por un conjunto de relaciones (área de influencia de una ciudad), o por una categoría de relaciones (área de influencia cultural o comercial). La noción de influencia es difícil de precisar. Se mide a partir de las frecuencias (o de las probabilidades) de desplazamiento de los residentes de la periferia hacia el centro, cuando éstos aprovechan los servicios que éste ofrece. Las áreas de influencia (por ejemplo, el mapa realizada por G. Chabot en 1952 para las ciudades francesas) tienen formas más o menos circulares, porque la probabilidad de frecuentación de un centro decrece en forma exponencial con la distancia a dicho centro. Sus límites son fluidos, ya que, sobre las márgenes, las poblaciones se reparten entre varios centros que compiten entre sí. (Pumain, 2004)

- **Análisis de redes:** Permite estudiar la relación entre dos o más puntos en un espacio que se encuentren conectados entre sí por una red vial. Mediante el mismo se pueden realizar distintos procedimientos que permitan obtener resultados enfocados en la distancia que separa dichos lugares, por ejemplo establecer rutas óptimas o determinar lugares ideales para establecimientos de tipo comercial, en función de cercanía del mismo hacia sus lugares de interés. (Esri, 2012)
- **Cartografía censal:** Es la representación gráfica a escala, de los accidentes geográficos de un área determinada donde se efectúan investigaciones estadísticas de diferente índole. La cartografía censal está conformada por mapas, planos y croquis censales. (INEC, 2010)
- **Óptimo:** Punto teórico del espacio en que una determinada empresa maximiza su beneficio. Concepto utilizado por las teorías clásicas de localización y sus desarrollos posteriores, que lo identificaron con aquel en que la empresa reducía al mínimo sus costes de transporte. (Diccionario de Geografía, 1986)
- **Red:** Una red es un conjunto de elementos materiales, las infraestructuras, e inmateriales, electromagnéticos (ondas) o informacionales, que aseguran la puesta en relación de diferentes lugares de un territorio y de las entidades que lo ocupan.
Una red se compone, no solamente de elementos lineales, permanentes o temporarios, que traducen la existencia de relaciones y que garantizan la posibilidad de su existencia, sino también de elementos nodales necesarios para la organización de flujos y para el funcionamiento del sistema en el cual se inscribe la red. Entre los elementos lineales citamos las vías férreas, las rutas y las autopistas, los canales, los cables telefónicos y eléctricos, las canalizaciones necesarias para la aducción de agua y para el avenamiento, los enlaces hertzianos, los ríos y sus afluentes constitutivos de las redes hidrográficas o, de un modo más abstracto, los intercambios de informaciones, de recursos, las relaciones sociales, etc. Los elementos nodales corresponden, en lo que a ellos se refiere, a las estaciones, aeropuertos, estaciones de metro, cruces de caminos y de autopista, transformadores eléctricos, controles de visita, cambios de agujas ferroviarios, satelitales, o incluso, a otra escala, a las ciudades, bancos, empresas, personas, cuando algunos mantienen entre sí relaciones variadas (políticas, económicas, sociales, etc.), numerosas y regulares en el marco de redes urbanas, bancarias, sociales o de empresas. (Chapelon, 2004)
- **Redatam:** Es una herramienta para administrar bases de datos de gran volumen como los censos de población y vivienda bajo una estructura jerárquica permitiendo procesar información para áreas pequeñas como las manzanas o radios censales. (INEC, 2010)
- **Reglas topológicas:** directrices funcionales para el tratamiento de elementos geoespaciales, que regidos bajo un modelo matemático permiten el control sobre las relaciones espaciales permitidas entre elementos de una misma capa o distintas a ella. (EPPETROECUADOR, 2011)
- **Ruta:** Camino o dirección que se toma para un propósito. (Española, 2013)
- **Sector censal:** Es una división estadística que se define como carga de trabajo de los operativos de campo en investigaciones estadísticas. (INEC, 2010)
- **Sector censal amanzanado:** Es una superficie delimitada y continua, geográficamente constituida por una o más manzanas. (INEC, 2010)
- **Topología:** es el estudio de aquellas propiedades de los cuerpos geométricos que permanecen inalterados por transformaciones continuas, manejadas por métodos cartográficos que

definen relaciones espaciales entre puntos, líneas, polígonos. (EPETROECUADOR, 2011)

- **Vía:** Es una superficie delimitada y continua, geográficamente constituida por una o más manzanas. (INEC, 2010)

3. Desarrollo Analítico

3.1. Recopilación de Información Cartográfica

En el Ecuador antiguamente la información cartográfica que generaban las instituciones gubernamentales era reservada y tenía costo para el público en general, a partir del año 2004 la información pública es de libre acceso y se apoya en la Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública, propagada en el Registro oficial suplemento 337 del 18 de mayo del 2004, Artículo 1.- El acceso a la información pública es un derecho de las personas que garantiza el Estado.

En la cual se menciona que toda la información que emane o que esté en poder de las instituciones, organismos y entidades, personas jurídicas de derecho público o privado que, para el tema materia de la información tengan participación del Estado o sean concesionarios de éste, en cualquiera de sus modalidades, conforme lo dispone la Ley Orgánica de la Contraloría General del Estado; las organizaciones de trabajadores y servidores de las instituciones del Estado, instituciones de educación superior que perciban rentas del Estado, las denominadas organizaciones no gubernamentales (ONG's), están sometidas al principio de publicidad; por lo tanto, toda información que posean es pública, salvo las excepciones establecidas en esta Ley. (ESPOL, 2004).

Con estos antecedentes, se solicitó la información cartográfica tanto estadística como de movilidad, a diferentes instituciones públicas del DMQ y del Valle de Calderón (Carapungo), pudiendo recopilar la siguiente información que se detallan en la **Tabla 1**.

Tabla 1: Cartografía recopilada de las instituciones públicas

Fuente	Cartografía	Geometría	Escala	Año
Instituto nacional de estadísticas y censos INEC	Vial	Línea	1:5000	2010
	Sectores censales (amanzanado y disperso)	Polígono	1:5000	2010
Secretaría de Movilidad	Rutas de transporte convencionales	Línea	-	-
	Alimentadores	Línea	-	-
	Carriles exclusivos SITM	Línea	-	-
	Paradas y estaciones de buses	Punto	-	-
	Barrios	Polígono	-	-
Gerencia de movilidad EPMOP	Vial	Línea	-	-

Al examinar la información concedida por las instituciones públicas se pudo observar que:

- La mayor parte de la información cartográfica no posee metadatos por lo tanto no se pudo conocer su escala ni año de edición.

Ilustración 3: Información cartográfica censal INEC (vías)



- La cartografía vial del INEC se encuentra fraccionada por sector censal.

Ilustración 4: Información cartográfica censal INEC (sectores censales)



- Los sectores censales proporcionados por el INEC, no poseen dentro de sus atributos el dato de población.

Ilustración 5: Información cartográfica (SITM) – Secretaria de Movilidad

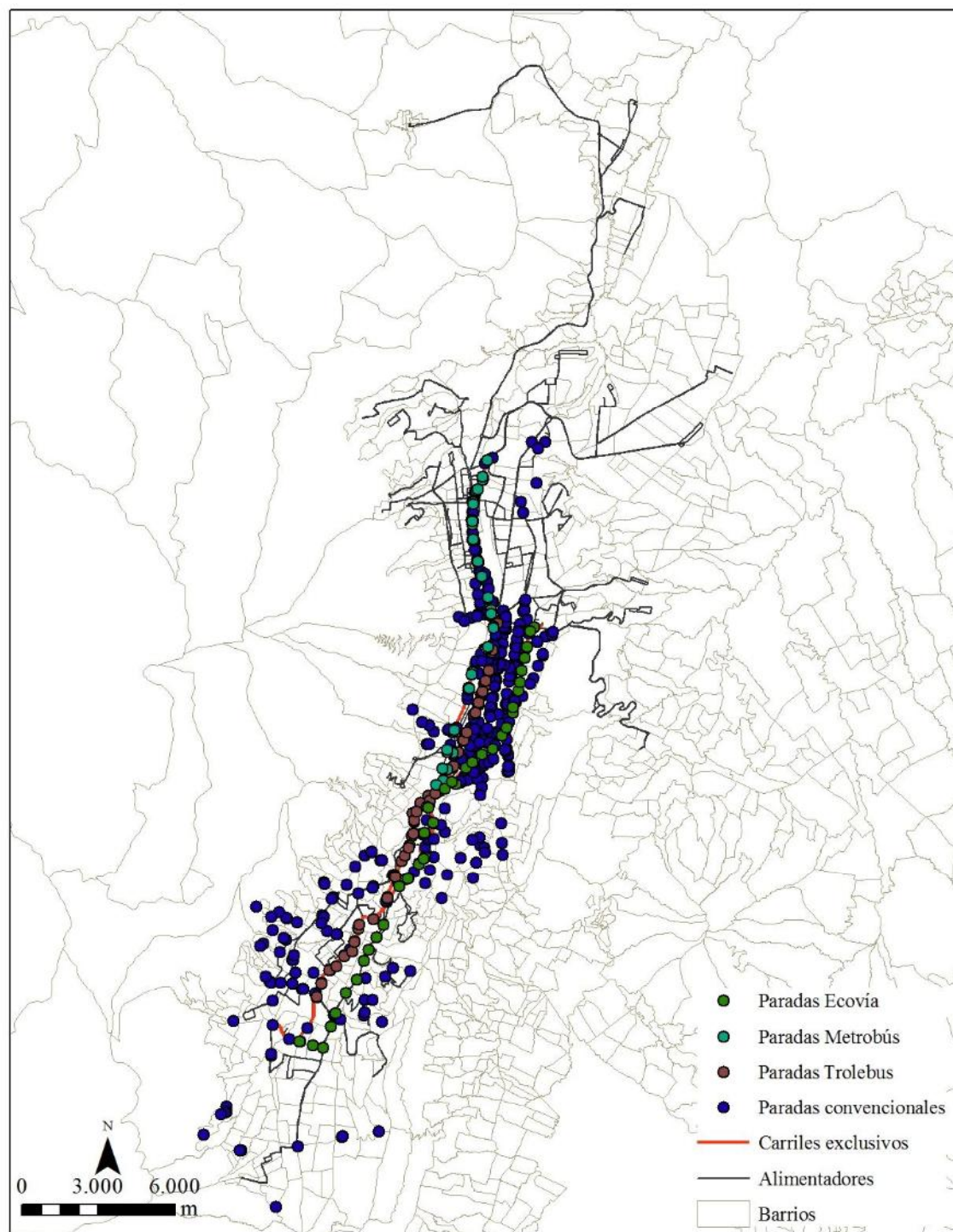
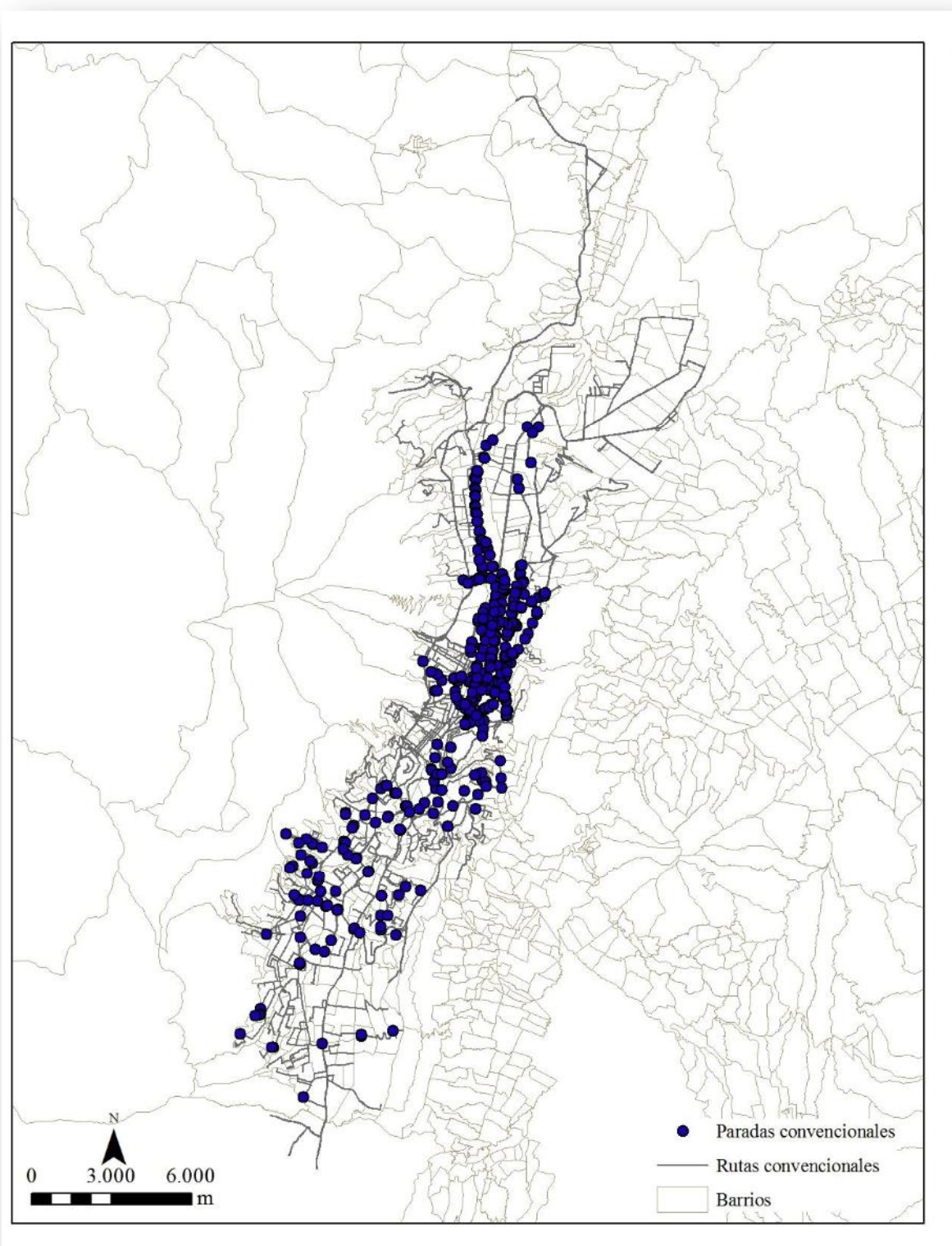


Ilustración 6: Información cartográfica (SITM) – Secretaria de Movilidad



- La información sobre rutas convencionales, alimentadores y carriles exclusivos del SITM suministrados por la Secretaría de Movilidad, no encajan con ninguna de las cartografías viales obtenidas de las instituciones públicas antes mencionadas.
- Los barrios facilitados de igual manera por la Secretaría de Movilidad, se encuentran en formato kmz sin información relevante dentro de sus atributos.

Ilustración 7: Información cartográfica – EPMMOP



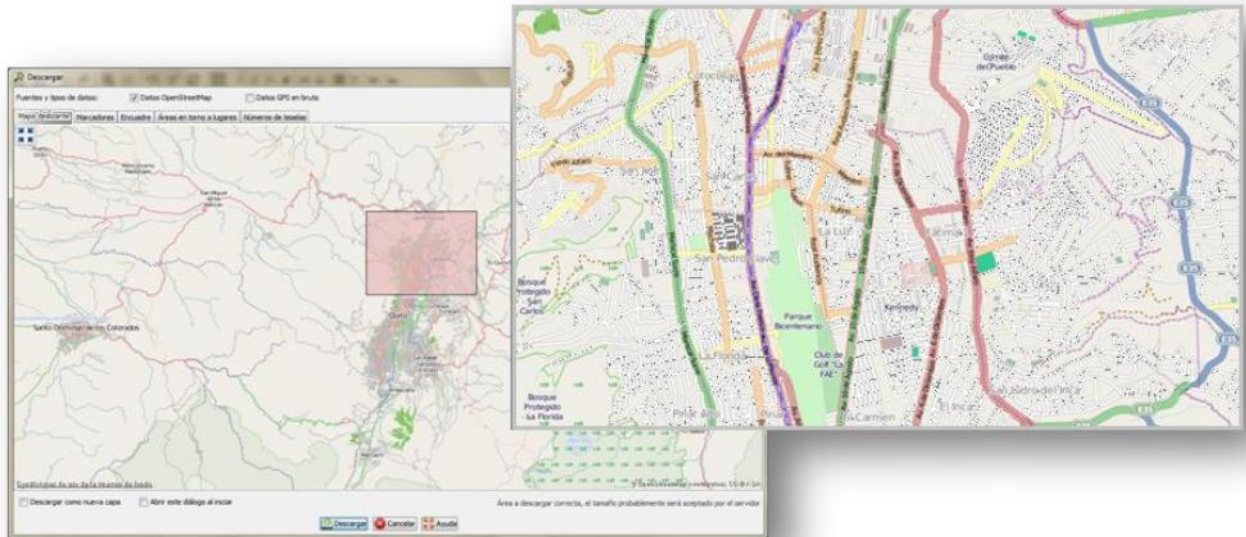
- La información vial proporcionada por parte del INEC, es una información más actualizada en comparación con la información de la EPMMOP. Esto se pudo comprobar superponiendo la información en la cual se encontraron, por ejemplo: redondeles en lugares donde ya no existen, calles nuevas, prolongación de vías, etc.

Al realizar esta revisión a la cartografía, especialmente vial y encontrar tantos inconvenientes, se buscó material adicional decidiendo así descargar información de la página de Open Street Map (OSM) a través del JOSM - Editor JAVA, pudiendo observar que es una cartografía actualizada y que contiene información difícil de adquirir por medio de las instituciones públicas como es el sentido de las vías.

Tabla 2: Cartografía obtenida del OSM

Fuente	Cartografía	Geometría	Escala	Año
OSM	Punto	Punto	1:5000	2013
	Línea	Línea	1:5000	2013
	Polígono	Polígono	1:5000	2013

Ilustración 8: Área de estudio – visualizador Open Street Map



Esta información es la más completa y actualizada por lo que se utilizará para la consecución de los objetivos del presente estudio.

3.2. Análisis de la Información Cartográfica

Para realizar el análisis topológico de la cartografía recopilada se establecieron algunas reglas para poder comparar la información y analizar cuál es la más conveniente para aplicar en el presente trabajo.

Se emplearon las siguientes reglas topológicas:

a. Geometría tipo línea

- *No debe superponerse (Must not overlap)*: Requiere que las líneas no se superpongan con las líneas en la misma clase (o subtipo) de entidad. Esta regla se utiliza en aquellos segmentos de línea que no se deberían duplicar, por ejemplo, en una clase de entidad de arroyo. Las líneas se pueden cruzar o intersectar pero no pueden compartir segmentos. (Esri, Arcgis Resource Center, 2012)
- *No deben quedar nodos colgados (Must not have dangles)*: Requiere que una entidad de línea deba tocar las líneas desde la misma clase (o subtipo) de entidad en ambos extremos. Un extremo que no esté conectado con otra línea se llama nodo colgado (dangle). Esta regla se utiliza cuando las entidades de línea deben formar bucles cerrados, como cuando definen los límites de las entidades poligonales. También se podría utilizar en los casos en los que las líneas se conectan generalmente con otras líneas, como con calles. En este caso, las excepciones se pueden utilizar allí donde la regla se viola ocasionalmente, como con segmentos cul-de-sac o de calle sin salida. (Esri, Arcgis Resource Center, 2012)
- *No debe superponerse con (Must not overlap with)*: Requiere que una línea desde una clase (o subtipo) de entidad no se superpongan con las líneas de entidad en otra clase (o subtipo) de entidad. Esta regla se utiliza cuando las entidades de líneas no pueden compartir el mismo espacio. Por ejemplo, las carreteras no deben superponerse con las líneas de ferrocarril o los subtipos de depresión de las líneas de contorno no se pueden superponer con otras líneas de contorno. (Esri, Arcgis Resource Center, 2012)

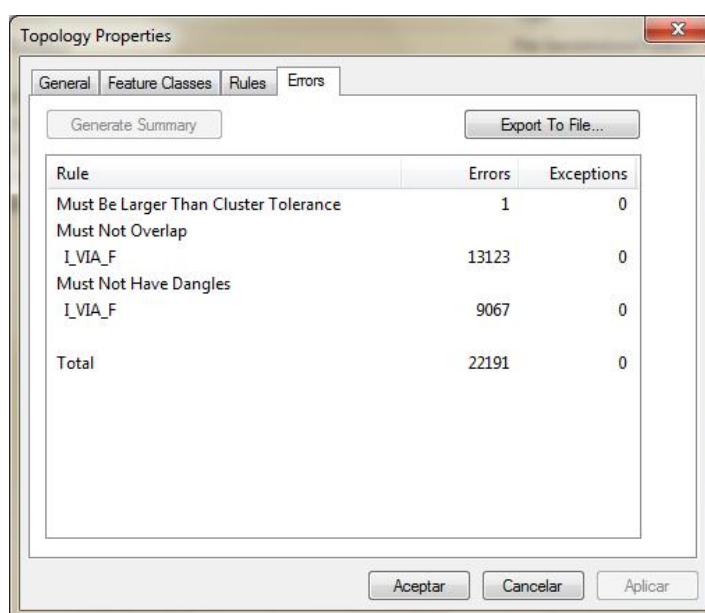
b. Geometría tipo polígono

- *No deben haber huecos (Must not Have Gaps)*: Esta regla precisa que no haya vacíos dentro de un polígono simple o entre polígonos adyacentes. Todos los polígonos deben formar una superficie continua. Siempre existirá un error en el perímetro de la superficie. Puede ignorar este error o marcarlo como una excepción. Utilice esta regla en datos que deben cubrir completamente un área. Por ejemplo, los polígonos de suelo no pueden incluir espacios ni formar vacíos, deben cubrir un área completa. (Esri, Arcgis Resource Center, 2012)
- *No deben superponerse con (Must not Overlap with)*: Requiere que el interior de los polígonos en una clase (o subtipo) de entidad no se deba superponer con el interior de los polígonos en otra clase (o subtipo) de entidad. Los polígonos de las dos clases de entidad pueden compartir bordes o vértices o estar completamente inconexos. Esta regla se utiliza cuando un área no puede pertenecer a dos clases de entidad separadas. Resulta útil para combinar dos sistemas mutuamente exclusivos de clasificación de área, tales como zonificación y tipos de masa de agua, en las que las áreas definidas en la clase de zonificación tampoco se pueden definir en la clase de masa de agua y viceversa. (Esri, Arcgis Resource Center, 2012)

3.2.1. Instituto Nacional de Estadísticas y censos:

Cartografía vial: esta cartografía es una de las más actuales que posee el país, especialmente en el área amanzanada (urbana). La información proporcionada se encuentra desagregada a nivel de sector censal, y por ello se realizó en primer lugar una unión de esta información y posteriormente se revisó la topología en la cual se pudo detectar el principal problema. El resumen de errores permite ver (**Ver Ilustración 8**) que las vías se encuentran solapadas y entrecortadas. Para poder realizar el análisis de redes es necesario que la cartografía vial esté topológicamente correcta, es por ello que esta información no será de utilidad para el presente estudio, ya que corregir estos 22.190 errores tomaría más tiempo de lo planificado.

Ilustración 9: Resumen errores topológicos cartografía vial - INEC



Rule	Errors	Exceptions
Must Be Larger Than Cluster Tolerance	1	0
Must Not Overlap I_VIA_F	13123	0
Must Not Have Dangles I_VIA_F	9067	0
Total	22191	0

Sector censal: al igual que la cartografía vial, esta cartografía presenta varios errores topológicos (**Ver Ilustración 10**). Esta cantidad de errores es más viables corregirlos, y además es la única información cartográfica a nivel de sector censal con la cual podemos analizar la población y conocer donde ubicar las estaciones de autobus.

Ilustración 10: Resumen errores topológicos cartografía censal (sectores) - INEC

Rule	Errors	Exceptions
Must Be Larger Than Cluster Tolerance	0	0
Must Not Have Gaps GEO_SECDIS2010_F	183	0
Must Not Overlap GEO_SECDIS2010_F	177	0
Total	360	0

Para conocer la ubicación de la estaciones de buses es necesario realizar un análisis estadístico que nos permita conocer en qué sectores existe mayor cantidad de habitantes. Por ello al revisar la cartografía de los sectores censales del DMQ y del valle de Calderón (Carpungo) se pudo observar que la misma no tiene el número de habitantes en cada uno de sus sectores, sino únicamente la codificación.

Ilustración 11: Codificación Sectores censales - INEC

OBJECTID*	Shape*	Id	DPA SECTOR	DPA VALOR	DPA ANIO	DPA ZONA	Shape Length	Shape Area
1	Polygon	0	170165001001	0	2010	170165001	2111,65442	118009,833861
2	Polygon	0	170165001002	0	2010	170165001	2020,03739	110269,142745
3	Polygon	0	170165001004	0	2010	170165001	1937,595594	145127,255418
4	Polygon	0	170165001003	0	2010	170165001	4499,969001	341246,41745
5	Polygon	0	170165001005	0	2010	170165001	2963,492515	360384,540716
6	Polygon	0	170165001006	0	2010	170165001	2241,663058	187147,9735
7	Polygon	0	170165001008	0	2010	170165001	1958,636547	97170,119607
8	Polygon	0	170165001009	0	2010	170165001	1238,083347	39153,686232
9	Polygon	0	170165001010	0	2010	170165001	1098,351969	36373,817851

Codificación en base a la estructura jerárquica:

Provincia: **17**
 Cantón: **0001**
 Parroquia: **000065**
 Zona: **0000000001....2, 3, 4...**
 Sector: **000000000001....2, 3, 4...**

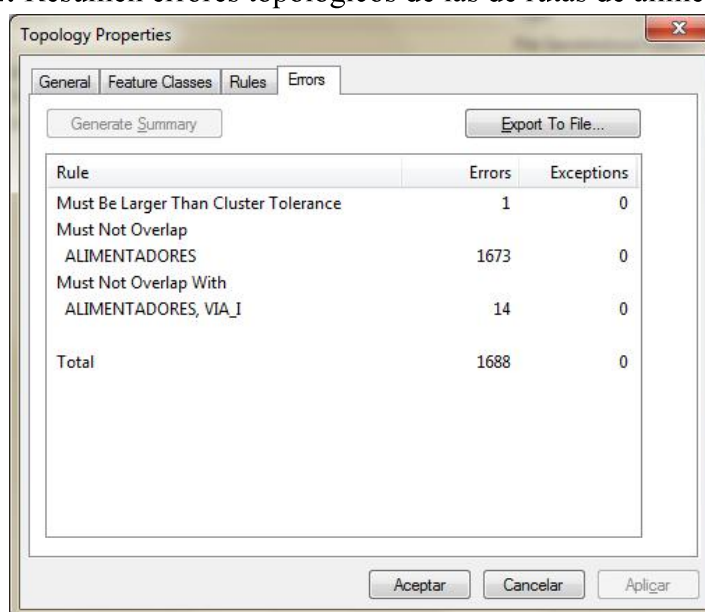
En la codificación se puede observar que contiene los datos de: la provincia, el cantón, la parroquia, la zona y el sector. Por lo tanto una vez corregido estos errores topológicos, y a través de la codificación se realizara la asignación de la población a cada uno de los sectores censales.

3.2.2. Secretaria de Movilidad del Municipio de Quito:

Rutas de transporte: las rutas concedidas por la secretaria de movilidad del Municipio del DMQ, no encajan con las vías adquiridas.

En base a lo analizado, esta información fue digitalizada sobre otras vías y las rutas no han sido actualizadas sobre la información existente.

Ilustración 12: Resumen errores topológicos de las de rutas de alimentadores



Rule	Errors	Exceptions
Must Be Larger Than Cluster Tolerance	1	0
Must Not Overlap ALIMENTADORES	1673	0
Must Not Overlap With ALIMENTADORES, VIA_I	14	0
Total	1688	0

La información que contiene la tabla de atributos de esta cartografía es muy útil ya que nos indica los horarios, las velocidades en las que se desplazan los buses, la orientación del destino y las frecuencias de cada una de las líneas de alimentadores.

Por ello para poder utilizar la tabla de atributos y su contenido es necesario realizar un proceso de tablas relacionadas las cuales permitan conocer en las vías seleccionadas la información disponible de las rutas de alimentadores.

3.2.3. Gerencia de Planificación de la Movilidad:

Cartografía vial: en la revisión de esta información se pudo detectar varios problemas ya que al desconocer el año de edición de esta cartografía, se tuvo que comparar con la información del INEC para poder visualizar el estado de la misma. Para ello se superpusieron las dos cartografías y se pudo comprobar que las vías facilitadas por la EPMOP están desacuarteladas en relación a la cartografía vial del INEC.

En el marco de las vías de la EPMMOP (**Ver ilustración 13**) existen todavía redondeles en lugares donde ya se los ha eliminado. Asimismo se puede observar que según las vías del INEC se han construido calles nuevas que no constan en la cartografía de la EPMMOP, así como las prolongaciones de ciertas vías que tampoco se representan en esta cartografía.

Ilustración 13: Comparación vías EMMOP - INEC



Al analizar la topología respecto a la cartografía vial de la EMMOP se obtuvo dentro del resumen un total de 18682 de errores (**Ver ilustración 14**)

Ilustración 14: Resumen errores topológicos cartografía vial - EPMMOP

Topology Properties		
General Feature Classes Rules Errors		
Generate Summary		Export To File...
Rule	Errors	Exceptions
Must Be Larger Than Cluster Tolerance	0	0
Must Not Overlap		
VIAS	2	0
Must Not Have Dangles		
VIAS	18680	0
Total	18682	0

A pesar de que esta cartografía contiene menos errores topológicos que la del INEC, no es posible utilizarla ya que habría que realizar muchas modificaciones para que las vías queden actualizadas. Lo que tomaría mucho tiempo y no permitiría conseguir los objetivos planteados en el tiempo establecido para el estudio.

3.2.4. Open Street Map:

Cartografía vial: la información del OSM se obtiene mediante un proyecto colaborativo que permite crear y editar mapas. Para la creación de estos mapas se utilizan dispositivos móviles GPS, ortofotos y otras fuentes libres con el apoyo de diferentes usuarios registrados. Éstos pueden subir rutas desde el GPS, crear y corregir datos vectoriales a través de herramientas implantadas por la comunidad. Dentro del grupo OSM de Ecuador propone normalizar la clasificación de vías¹.

Tabla 3: Clasificación de las vías - OSM

Tag (highway=)	Tipo	Descripción
Motorway	Autopistas urbanas	Están compuestas por dos calzadas separadas y sin uniones frecuentes. No son cruzadas a nivel por ninguna otra vía y sin acceso directo desde los terrenos adyacentes. Los accesos son por desniveles y links. Sin semáforos ni redondeles. Ejemplo: vías perimetrales, circunvalaciones o otras autopistas
Trunk	Arterias urbanas	Están compuestas por dos calzadas separadas y sin uniones entre ellas. No suelen haber cruzadas a nivel por ninguna otra vía y sin muchos accesos desde los terrenos adyacentes. Los accesos suelen ser por rotondas y links. Ejemplo: Vías arteriales de las ciudades
Primary	Avenidas urbanas principales	Grandes Avenidas urbanas, con gran concentración de tráfico y parter de separación al medio. Cruces, semáforos y rotondas pueden ser frecuentes.
Secondary	Avenidas urbanas secundarias	Avenidas Urbanas, con parter u otro tipo de separación del sentido del tráfico. Máximo dos carriles en cada sentido
Tertiary	Avenidas urbanas pequeñas / Calles grandes	Sin separación entre sentidos de circulación, con un carril por cada sentido de circulación. Más importantes que las calles normales
Residential	Calles	Todas las calles "normales" de la ciudad, rodeadas de casas o comercios
living_street	Calles de urbanización	Calles de urbanización, no diseñada para tráfico continuo, sino para acceso a viviendas. No implica acceso restringido, sino tráfico "pacificado"
Unclassified	Calle no clasificada	Calle que por alguna razón no puede ser clasificada como "Residential". Es poco usado en el ámbito urbano. Ejemplo: Calles recién abierta sin casas a los lados

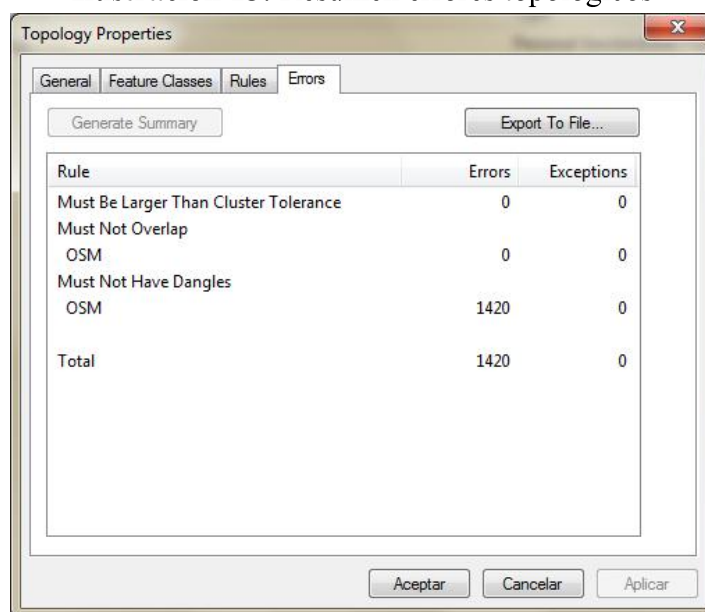
¹ <http://es.wikipedia.org/wiki/OpenStreetMap>

Road	Calle desconocida	Es una etiqueta "temporal" cuando trazamos una calle y no sabemos su tipo, pero luego alguien más la puede actualizar. Es equivalente a decir: "no sé que es esta calle, ¿alguien puede ayudar?"
Pedestrian	Calle peatonal	Calle prohibida para autos. Solo acceso a peatones o bicicletas

FUENTE: (OSM Wiki contributors, 2011)

Una vez analizada la estructura de la información y extraídas las vías de la cobertura, se procedió a analizar la topología aplicando cada una de las reglas topológicas utilizadas anteriormente, obteniendo así 1420 errores topológicos.

Ilustración 15: Resumen errores topológicos

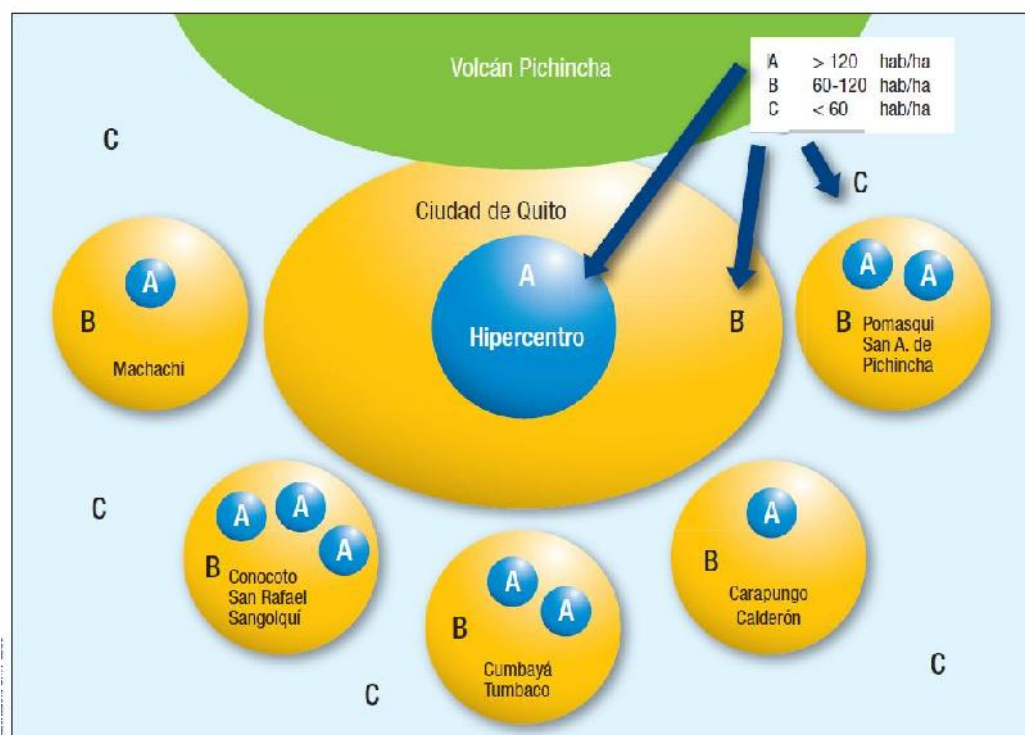


Como se menciono inicialmente la cartografía vial obtenida mediante la ayuda de las instituciones públicas (INEC y EPMMOP) no cumplen con las expectativas, por ello fue indispensable recurrir a la información que facilita el OSM en su página web. Al observar que esta información se encuentra actualizada y que el arreglo de los errores topológicos es factible, se decidió utilizar esta cartografía para realizar la red vial propuesta en el presente trabajo.

3.3. Selección del área de estudio

Una vez analizado el estado de la información cartográfica, se ha procedido a seleccionar una zona piloto como área de estudio puesto que abordar el espacio completo de la ciudad de Quito desborda los objetivos de este trabajo.

Gráfico 4: Diagrama de zonificación de densidades poblacionales en el territorio del DMQ



Fuente: DMT – 2008

Como se comentó inicialmente, la ciudad de Quito está conformada por una macro centralidad la cual contiene al hipercentro, en el **Gráfico 4** se puede observar que tanto en el hipercentro como en los valles del noreste y sureste, existen varias Zonas tipo “A” en la cual se encuentran la mayor densidad poblacional con más de 120 habitantes por hectárea. Si se observa el **Gráfico 4** podríamos decir que la población tiene hacia donde extenderse, la topografía tan irregular que tiene el DMQ ha hecho que las zonas urbanas se desplacen hacia los valles del noreste y sureste, a pesar de que no existen las suficientes vías de comunicación que conecten a la población con el hipercentro que es en donde se asientan la mayor cantidad de equipamientos urbanos. Al mismo tiempo se puede observar que una de las zonas donde hay población mayor a 120 habitantes por hectárea y según la bibliografía es un polo de desarrollo hacia donde se puede extender el DMQ, es el valle de Carapungo (Calderón). Tanto Pomasqui como Cumbayá y Conocoto son áreas en donde el crecimiento urbano no ha permitido planificar de una manera adecuada el uso del suelo, mientras que los valles de Machachi y Calderón (Carapungo) se presentan como polos de desarrollo en donde la población está comenzando a expandirse, pudiendo así planificar adecuadamente el crecimiento urbano.

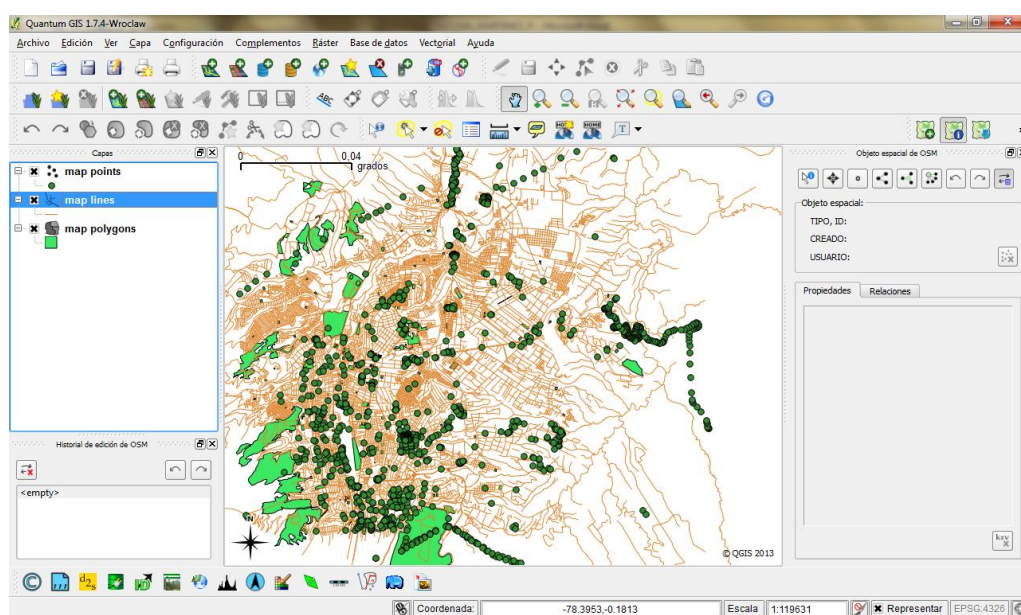
Tomando en cuenta que Macachí es una parroquia dedicada en mayor porcentaje a la agricultura y que Calderón es más urbano y que se encuentra relativamente cerca al nuevo aeropuerto de Quito, se considera que es un área piloto adecuada para este estudio. Es por ello que analizando todos los parámetros como son la cartografía recopilada, la red vial, el volumen de población y la importancia que tiene para la ciudad se decidió realizar el análisis de redes entre el DMQ y el valle de Carapungo - Calderón.

3.4. Procesamiento de la información

3.4.1. Cartografía vial OSM:

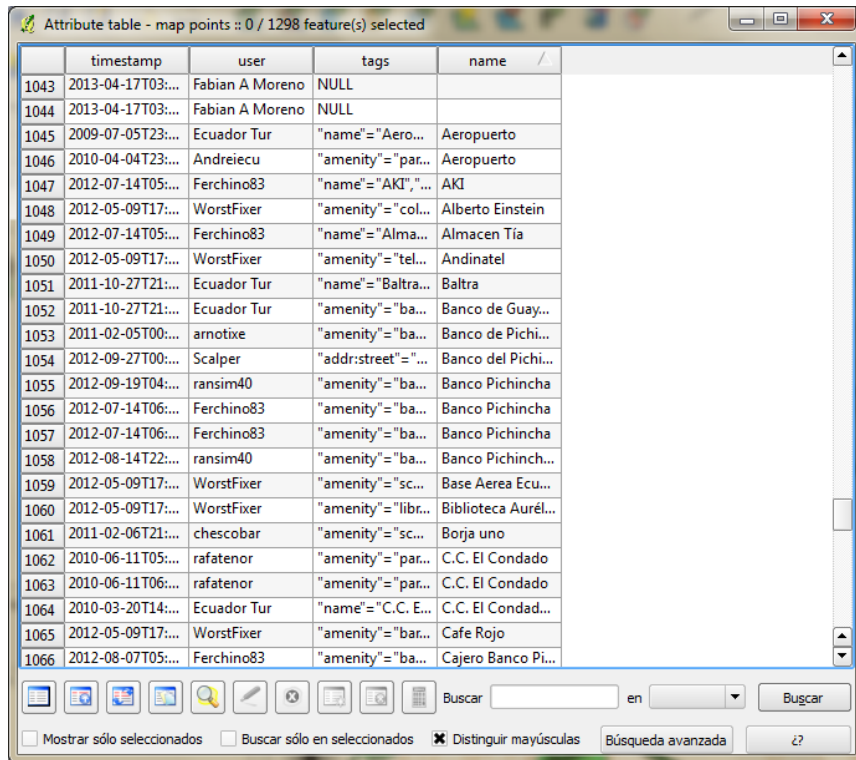
A través del programa JOSM – Editor JAVA para OpenStreetMap fue posible descargarse la información vectorial de geometría: punto, línea y polígono, en formato *.osm (**Ilustración 16**); posteriormente fue convertida en formato shapefile, mediante una herramienta que contiene el programa QGIS versión 1.7.4.

Ilustración 16: Cartografía obtenida a través de Open Street Map



En la información obtenida a través de OSM, aparecen varios tipos de geometría: punto, línea y polígono. Para poder conocer el contenido fue necesario revisar la tabla de atributos de cada una de estas geometrías y así conocer su utilidad. Por ello, al analizar la cobertura de la geometría tipo punto podemos observar: sitios de interés, restaurantes, bares, cafés, centros financieros, centros comerciales, supermercados. (**Ver Ilustración 17**). Esta información para el presente estudio no es indispensable, por lo tanto esta cobertura no entra dentro del análisis.

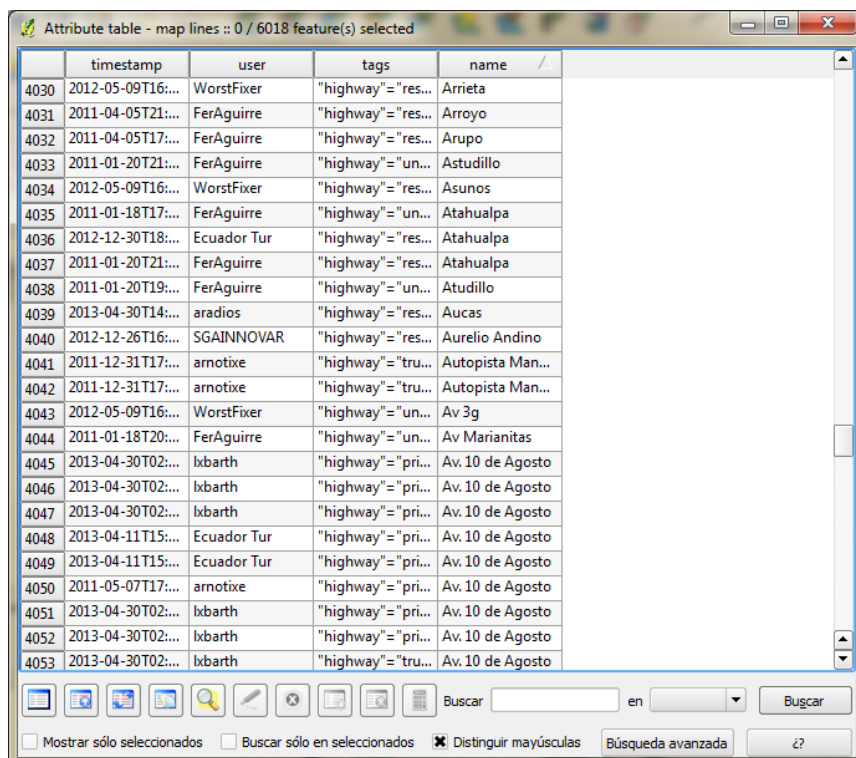
Ilustración 17: Atributos de la cartografía del OSM de geometría Punto



	timestamp	user	tags	name
1043	2013-04-17T03:...	Fabian A Moreno	NULL	
1044	2013-04-17T03:...	Fabian A Moreno	NULL	
1045	2009-07-05T23:...	Ecuador Tur	"name"="Aero...	Aeropuerto
1046	2010-04-04T23:...	Andreiecu	"amenity"="par...	Aeropuerto
1047	2012-07-14T05:...	Ferchino83	"name"="AKI", ...	AKI
1048	2012-05-09T17:...	WorstFixer	"amenity"="col...	Alberto Einstein
1049	2012-07-14T05:...	Ferchino83	"name"="Alma...	Almacen Tia
1050	2012-05-09T17:...	WorstFixer	"amenity"="tel...	Andinatel
1051	2011-10-27T21:...	Ecuador Tur	"name"="Baltra...	Baltra
1052	2011-10-27T21:...	Ecuador Tur	"amenity"="ba...	Banco de Guay...
1053	2011-02-05T00:...	arnotixe	"amenity"="ba...	Banco de Pichi...
1054	2012-09-27T00:...	Scalper	"addr:street"=" ...	Banco del Pichi...
1055	2012-09-19T04:...	ransim40	"amenity"="ba...	Banco Pichincha
1056	2012-07-14T06:...	Ferchino83	"amenity"="ba...	Banco Pichincha
1057	2012-07-14T06:...	Ferchino83	"amenity"="ba...	Banco Pichincha
1058	2012-08-14T22:...	ransim40	"amenity"="ba...	Banco Pichinch...
1059	2012-05-09T17:...	WorstFixer	"amenity"="sc...	Base Aerea Ecu...
1060	2012-05-09T17:...	WorstFixer	"amenity"="libr...	Biblioteca Aurél...
1061	2011-02-06T21:...	chescobar	"amenity"="sc...	Borja uno
1062	2010-06-11T05:...	rafatenor	"amenity"="par...	C.C. El Condado
1063	2010-06-11T06:...	rafatenor	"amenity"="par...	C.C. El Condado
1064	2010-03-20T14:...	Ecuador Tur	"name"="C.C. E...	C.C. El Condad...
1065	2012-05-09T17:...	WorstFixer	"amenity"="bar...	Cafe Rojo
1066	2012-08-07T05:...	Ferchino83	"amenity"="ba...	Cajero Banco Pi...

La cobertura tipo línea presenta información respecto a las vías y la red hidrográfica. (**Ver Ilustración 18**). Siendo de suma importancia las vías ya que es la información que permitirá realizar todo el análisis de la red vial y posteriormente generar las rutas optimas para el SITM. Cabe recalcar que la hidrografía no se utilizó en el análisis, únicamente las vías. (**Ver Ilustración 18**)

Ilustración 18: Atributos de la cartografía del OSM de geometría Línea



	timestamp	user	tags	name
4030	2012-05-09T16:...	WorstFixer	"highway"="res...	Arrieta
4031	2011-04-05T21:...	FerAguirre	"highway"="res...	Arroyo
4032	2011-04-05T17:...	FerAguirre	"highway"="res...	Arupo
4033	2011-01-20T21:...	FerAguirre	"highway"="un...	Astudillo
4034	2012-05-09T16:...	WorstFixer	"highway"="res...	Asunos
4035	2011-01-18T17:...	FerAguirre	"highway"="un...	Atahualpa
4036	2012-12-30T18:...	Ecuador Tur	"highway"="res...	Atahualpa
4037	2011-01-20T21:...	FerAguirre	"highway"="res...	Atahualpa
4038	2011-01-20T19:...	FerAguirre	"highway"="un...	Atudillo
4039	2013-04-30T14:...	aradios	"highway"="res...	Aucas
4040	2012-12-26T16:...	SGAINNOVAR	"highway"="res...	Aurelio Andino
4041	2011-12-31T17:...	arnotixe	"highway"="tru...	Autopista Man...
4042	2011-12-31T17:...	arnotixe	"highway"="tru...	Autopista Man...
4043	2012-05-09T16:...	WorstFixer	"highway"="un...	Av 3g
4044	2011-01-18T20:...	FerAguirre	"highway"="un...	Av Marianitas
4045	2013-04-30T02:...	lxbarth	"highway"="pri...	Av. 10 de Agosto
4046	2013-04-30T02:...	lxbarth	"highway"="pri...	Av. 10 de Agosto
4047	2013-04-30T02:...	lxbarth	"highway"="pri...	Av. 10 de Agosto
4048	2013-04-11T15:...	Ecuador Tur	"highway"="pri...	Av. 10 de Agosto
4049	2013-04-11T15:...	Ecuador Tur	"highway"="pri...	Av. 10 de Agosto
4050	2011-05-07T17:...	arnotixe	"highway"="pri...	Av. 10 de Agosto
4051	2013-04-30T02:...	lxbarth	"highway"="pri...	Av. 10 de Agosto
4052	2013-04-30T02:...	lxbarth	"highway"="pri...	Av. 10 de Agosto
4053	2013-04-30T02:...	lxbarth	"highway"="tru...	Av. 10 de Agosto

La cobertura tipo polígono contiene información sobre edificios importantes, áreas verdes, cementerios, hospitales, colegios, etc. (**Ver Ilustración 19**). Al igual que la cobertura de puntos, esta cobertura no es imprescindible para el análisis así que no se tomo en cuenta para el estudio.

Ilustración 19: Atributos de la cartografía del OSM de geometría Polígono

	timestamp	user	tags	name
289	2012-02-16T13:...	LLAQWA	"leisure"="natu...	Bosque Protegi...
290	2012-02-16T12:...	LLAQWA	"leisure"="natu...	Bosque Protegi...
291	2012-02-16T13:...	LLAQWA	"leisure"="natu...	Bosque Protegi...
292	2012-02-16T13:...	LLAQWA	"leisure"="natu...	Bosque Protegi...
293	2010-06-11T05:...	rafatenor	"amenity"="par...	C.C. El Condado
294	2013-04-30T02:...	lxbarth	"landuse"="ce...	Cementerio Ale...
295	2009-07-30T19:...	xybot	"landuse"="ce...	Cementerio Ca...
296	2012-07-14T05:...	Ferchino83	"name"="Ceme...	Cementerio de ...
297	2012-05-09T16:...	WorstFixer	"landuse"="ce...	Cementerio de ...
298	2013-04-30T02:...	lxbarth	"landuse"="ce...	Cementerio El ...
299	2012-08-07T04:...	Ferchino83	"name"="Ceme...	Cementerio Sa...
300	2012-05-09T16:...	WorstFixer	"landuse"="reta...	Centro Comerc...
301	2010-06-04T05:...	rafatenor	"landuse"="co...	Centro Comerc...
302	2011-11-12T01:...	Ecuador Tur	"building"="ret...	Centro Comme...
303	2012-11-01T17:...	Federico Explor...	"amenity"="do...	Centro Médico ...
304	2011-11-01T16:...	Ecuador Tur	"name"="Chevr...	Chevrolet
305	2012-09-27T00:...	Scalper	"addr:housena...	Chevrolet Auto ...
306	2012-09-26T23:...	Scalper	"addr:housena...	Chevrolet Auto ...
307	2012-05-09T16:...	WorstFixer	"leisure"="golf...	Club de Golf "L...
308	2010-06-11T05:...	rafatenor	"amenity"="sc...	Colegio Fiscal V...
309	2012-05-09T16:...	WorstFixer	"amenity"="col...	Colegio Fuerza ...
310	2012-03-09T00:...	R276	"addr:housena...	Colegio Intisana
311	2010-07-12T21:...	JChicaiza	"amenity"="col...	Colegio Maria E...
312	2012-07-14T05:...	Ferchino83	"amenity"="sc...	Colegio Nacion...

3.4.2. Población según sector censal del área de estudio:

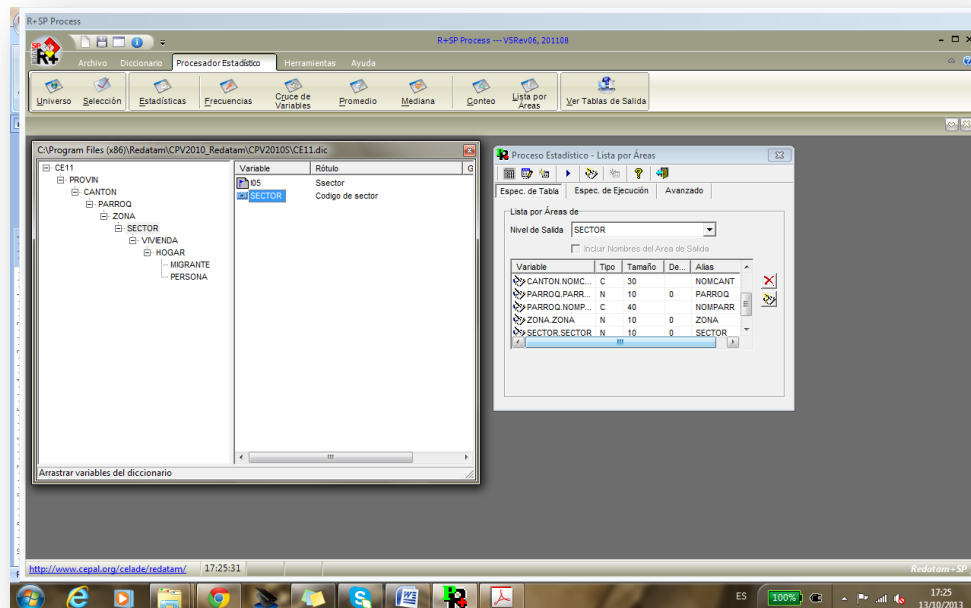
Inicialmente se comentó que la cobertura de los sectores censales no contenía dentro de sus atributos el dato de población, para poder incluir esta información fue necesario descargar de la página web del INEC la base de datos del último Censo de Población y Vivienda del año 2010, en formato *.spss o como diccionario - Retadam. Investigando esta herramienta REDATAM, se conoció que era más factible descargársela ya que la misma permite realizar procesos estadísticos mediante funciones básicas como:

- Estadísticas
- Frecuencias
- Cruce de variables
- Promedios
- Conteo
- Lista por áreas
- Universo
- Selección

Los datos que se requerían para el estudio, se podían obtener mediante la función Listar áreas que genera una lista que se denomina entidad clave y siempre se identifica por su código censal. Siendo posible relacionar esta información con la de un la base espacial y

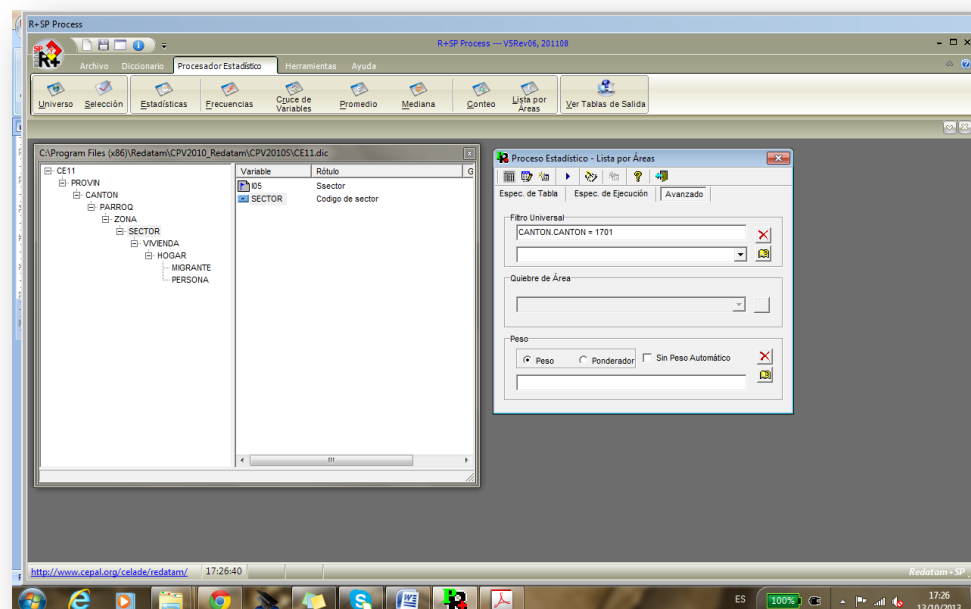
pudiendo identificar el sector deseado. Dentro de la lista se tiene el valor que ocupa la variable distribuida por columnas y cada uno de los registros que contiene la distribución de frecuencia de la variable. (Ver Ilustración 20)

Ilustración 20: Listado de áreas (códigos y variables) REDATAM



El diccionario de datos descargado de la página web del INEC, contiene toda la base de datos a nivel nacional. Por ello es que se extrajo la información requerida al área de estudio seleccionando únicamente las parroquias Quito y Calderón (Carapungo).

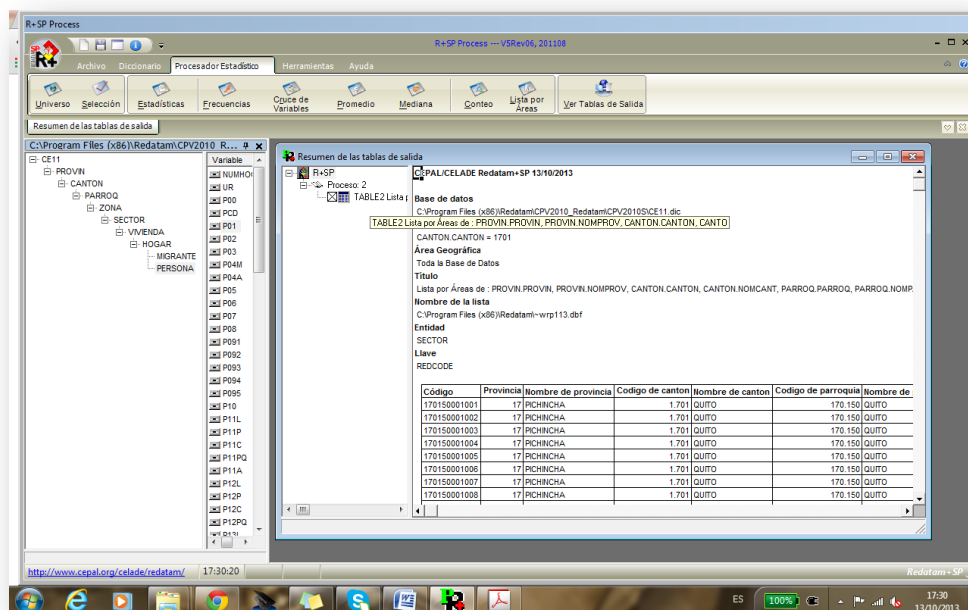
Ilustración 21: Delimitación del área de estudio del listado de áreas (códigos y variables) REDATAM



Finalmente, se obtuvo la tabla de salida que muestra cada campo rotulado con el nombre de la variable más un número correspondiente a la categoría. Estos datos serán de gran importancia al momento de incluirlos en la cartografía censal, pudiendo así ubicar las esta-

ciones de buses propuestas y permitiendo analizar la ubicación de las estaciones actuales (Ver Ilustración 22).

Ilustración 22: Población de las parroquias de estudio por sector censal - REDATAM



3.4.3. Estaciones de buses:

Para elegir las estaciones a ser utilizadas en el presente análisis, se tomo en cuenta no solo que pertenezcan al SITM, sino la importancia en su ubicación y la infraestructura existente.

Por ello que se seleccionaron las siguientes estaciones de buses:

1. Trole
 2. Ecovía
 3. Metro bus
- } Estaciones pertenecientes al SITM – Metrobús-Q

Estas estaciones están conformadas por los servicios de transporte integrado, cada una a su vez con su conjunto troncal (trolebuses y buses articulados) y servicio de alimentadores. (MetroQ, 2011)

4. Terminal Norte → Estación perteneciente al Sistema de Terminales Interprovinciales de Quito (STQ)

La estación Terminal Norte (Terminal Terrestre Carcelén – TTCA) es de gran importancia para este estudio, ya que a pesar de que no es parte del SITM, cuenta con una operación multimodal y se complementa con la Terminal de Quitumbe que se encuentra al sur del DMQ, atendiendo a las rutas provenientes de las provincias ubicadas al norte de Pichincha. La Terminal Carcelén dispone de áreas administrativas óptimas y funcionales, además de boleterías, locales de recepción y entrega de encomiendas, área de mantenimiento preventivo, locales comerciales, servicios higiénicos, servicios de seguridad, control y emergencia. (EPMMOP, Sistema de Terminales Interprovinciales)

5. Quiteño Libre → Estación del sistema convencional de buses

Se encuentra operado por buses tradicionales con sus respectivas rutas. (MetroQ, Sistema Integrado de Transporte Masvivo (SITM), 2011)

3.5. Descripción de la metodología de análisis de redes

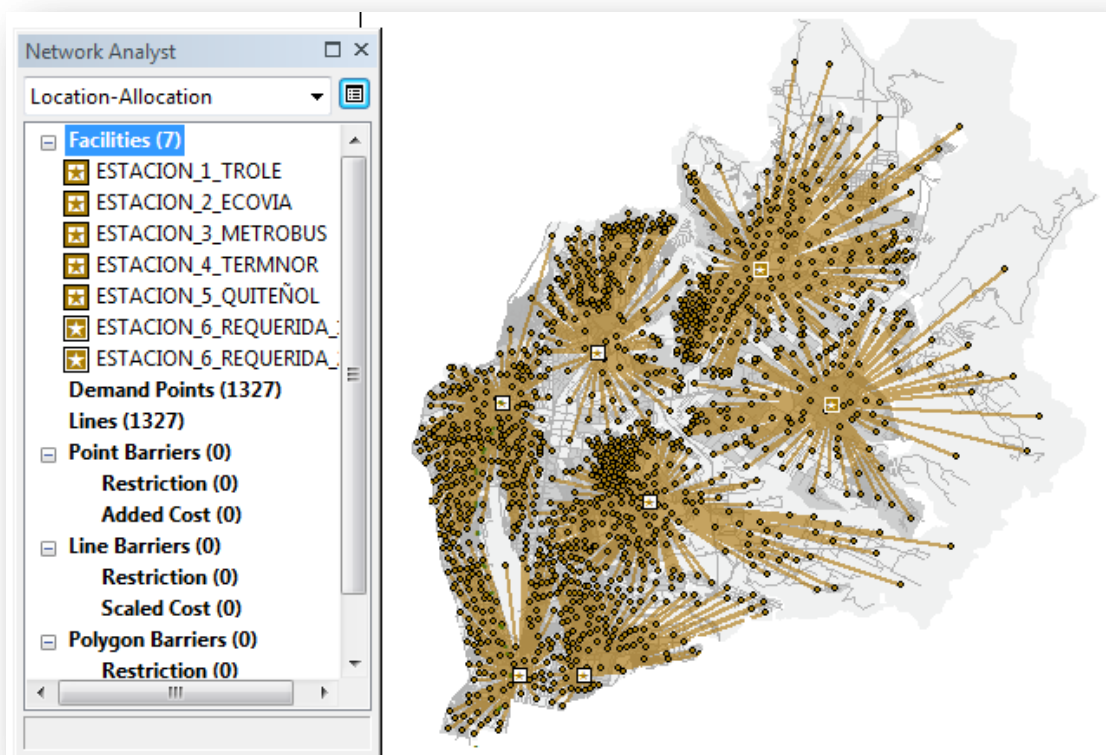
3.5.1. Localización asignación

En primer lugar se analizó la cantidad de población que existe en el área de estudio mediante a la cobertura de sectores censales pudiendo localizar las estaciones en una zona donde el rango promedio de población está entre 300 a 800 habitantes. Para verificar que la ubicación de las estaciones de buses sea correcta y que cubran gran parte del área de estudio, es necesario comprobar que tenga un número de usuarios similar al que poseen actualmente las estaciones del SITM. Para ellos, se utilizaron diferentes coberturas que permitirán conocer la demanda de las estaciones de buses, la misma metodología se siguió para conocer la demanda de las paradas de buses

Cartografía requerida para el proceso de localización asignación:

- Sectores censales
- Centroides de los sectores censales en la cual se extrajo el dato de población
- Vías, OSM
- Estaciones existentes y propuestas

Ilustración 23: Análisis de demanda de usuarios en base a la localización



Mediante este análisis se pudo comprobar que las estaciones propuestas tendrían una demanda de 5000 usuarios aproximadamente, cubriendo casi en su totalidad al área de estudio.

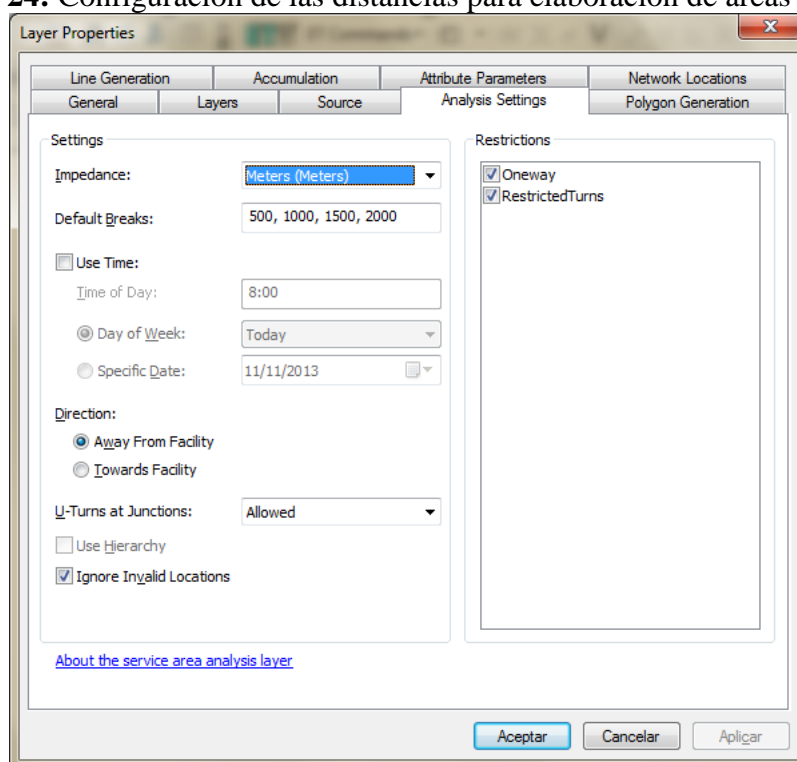
3.5.2. Áreas de influencia:

Para el cálculo del área de influencia de las estaciones de buses, en este caso fue indispensable contar con la siguiente información:

- Estaciones de Buses existentes y propuestas
- Vías

Para obtener los rangos del área de influencia, se calculo la distancia que existe entre las paradas y estaciones de buses existentes del SITM, tendiendo una longitud promedio entre los 500 y 600 metros, la misma que se utilizará para verificar el área que cubrirían cada una de las estaciones de buses propuestas. En la ilustración 24 se observa que la impedancia utilizada se encuentra en unidades métricas y que las distancias del área de influencia se encuentran en un rango entre 500 y 2000 metros.

Ilustración 24: Configuración de las distancias para elaboración de áreas de influencia

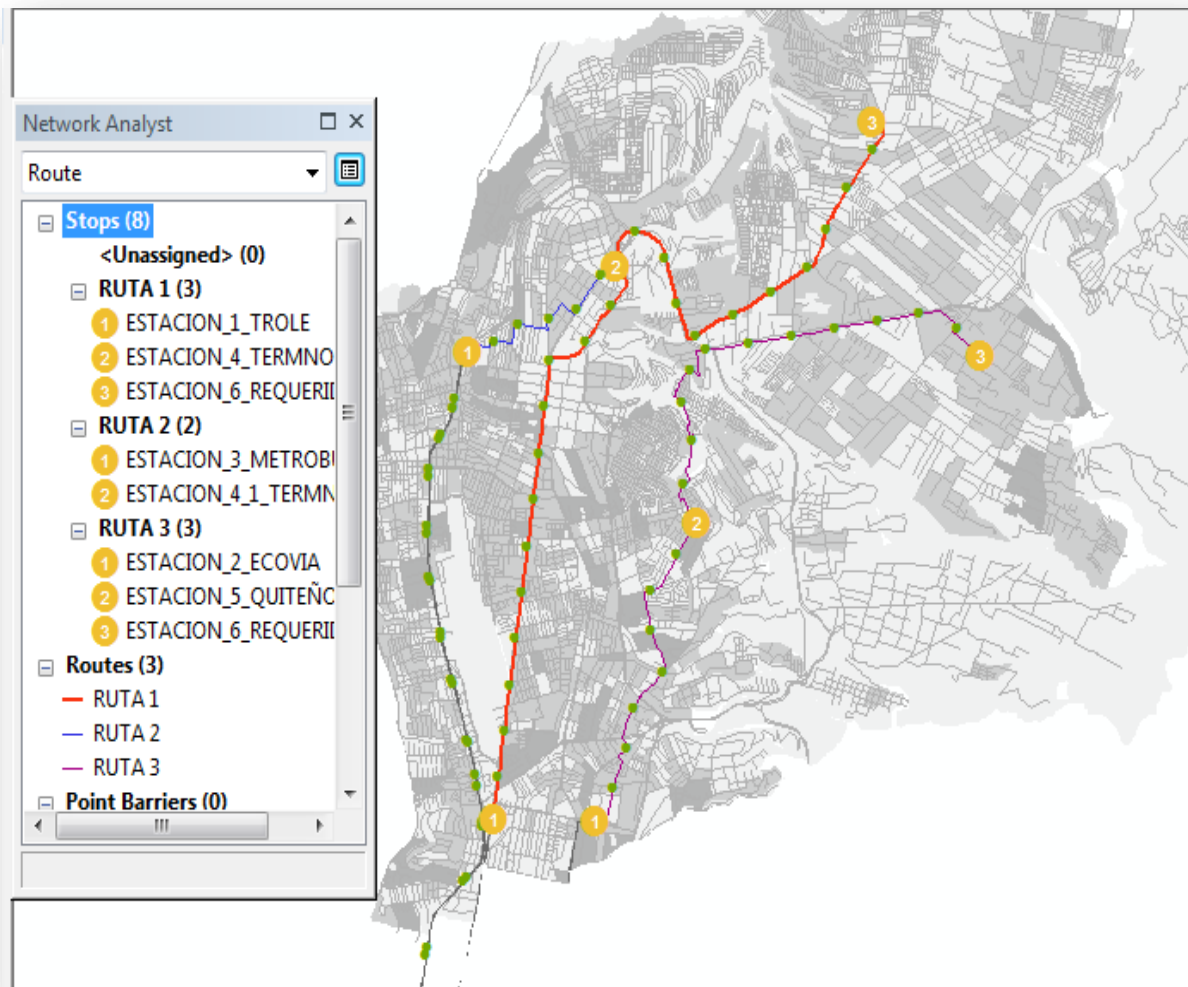


3.5.3. Rutas Óptimas

Para la generación de rutas óptimas se utilizó principalmente la ubicación de las estaciones de buses actuales y propuestas del SITM. Es importante indicar que dentro del análisis se debe agrupar las estaciones de buses que van a formar parte de las nuevas rutas, es por ello que se agruparon las estaciones de la siguiente manera:

- Ruta 1: Estación TROLE, estación terminal norte, estación requerida
- Ruta 2: Estación Metrobus y terminal norte
- Ruta 3: Estación Ecovia, Quiteño libre y estaciones propuestas.

Ilustración 25: Generación de rutas óptimas



Una vez obtenidas las rutas, podemos verificar a través del informe las diferentes tramos que toman casa una de las rutas y ruta su distancia.

Ilustración 26: Informe de rutas

Directions (Route)		
Route: RUTA 1		
1:	Start at ESTACION_1_TROLE	14286.6 m
2:	Go north on S/N	68.9 m
3:	Turn left on S/N and immediately turn right on Avenida 10 de Agosto	3602.8 m
4:	Continue on Galo Plaza Lasso	2291 m
5:	Turn right on Anansayas	468.7 m
6:	Continue on S/N	93.7 m
7:	Continue on Avenida Eloy Alfaro	1201.4 m
8:	Arrive at ESTACION_4_TERMNOR, on the left	
9:	Depart ESTACION_4_TERMNOR	
10:	Continue north on Avenida Eloy Alfaro	229.3 m
11:	Turn right on Galo Plaza Lasso	367.1 m
12:	Continue on Panamericana Norte	1690.2 m
13:	Turn left on Capitan Giovanni Calles	2041.8 m
14:	Turn left on Carlos Mantilla	2072 m
15:	Turn left to stay on Carlos Mantilla	39 m
16:	Continue on S/N	120.8 m
17:	Finish at ESTACION_6_REQUERIDA_1, on the left	
Driving distance: 14286.6 m		
Route: RUTA 2		
3315.6 m		
Route: RUTA 3		
12138.7 m		

4. Resultados

4.1. Red vial

Se caracterizan por representar de manera eficaz las principales características de la circulación vehicular a través de un área determinada. A diferencia de las redes geométricas, el flujo al interior de la misma es totalmente libre. Es decir. Un conductor o vehículo podrá desplazarse por ella con total libertad siempre y cuando no existan restricciones o límites al desplazamiento. (ESRI, 2010)

Ilustración 27: Red vial



Las redes de transporte permiten realizar varios análisis, los más importantes dentro del estudio son:

- Calcular la ruta más corta entre dos puntos.
- Determinar áreas de servicio.

La red está compuesta por varios elementos que participan en la infraestructura y generalmente están representados por los ejes y los nodos. Dentro de la red vial creada para este estudio tenemos: calles, intersecciones, barreras, origen y destinos; los cuales forman el comportamiento de la misma. Cabe mencionar que al interior de la red existen dos factores de impedimentos o impedancias las cuales están determinadas por:

El **factor tiempo** es el más complejo dentro de un modelo de redes, siendo este el más preciso entre los evaluadores de desempeño de una red; el cual depende de varios factores asociados como: las características del vehículo, el tipo de normativa que regula las velocidades máximas de los flujos, congestión vehicular, condiciones climáticas o inclusive la experticia del conductor.

Las cuales definirán en su conjunto, un mayor o menor tiempo de desplazamiento y la elección de la ruta más adecuada al interior de la red vial. (ESRI, 2010)

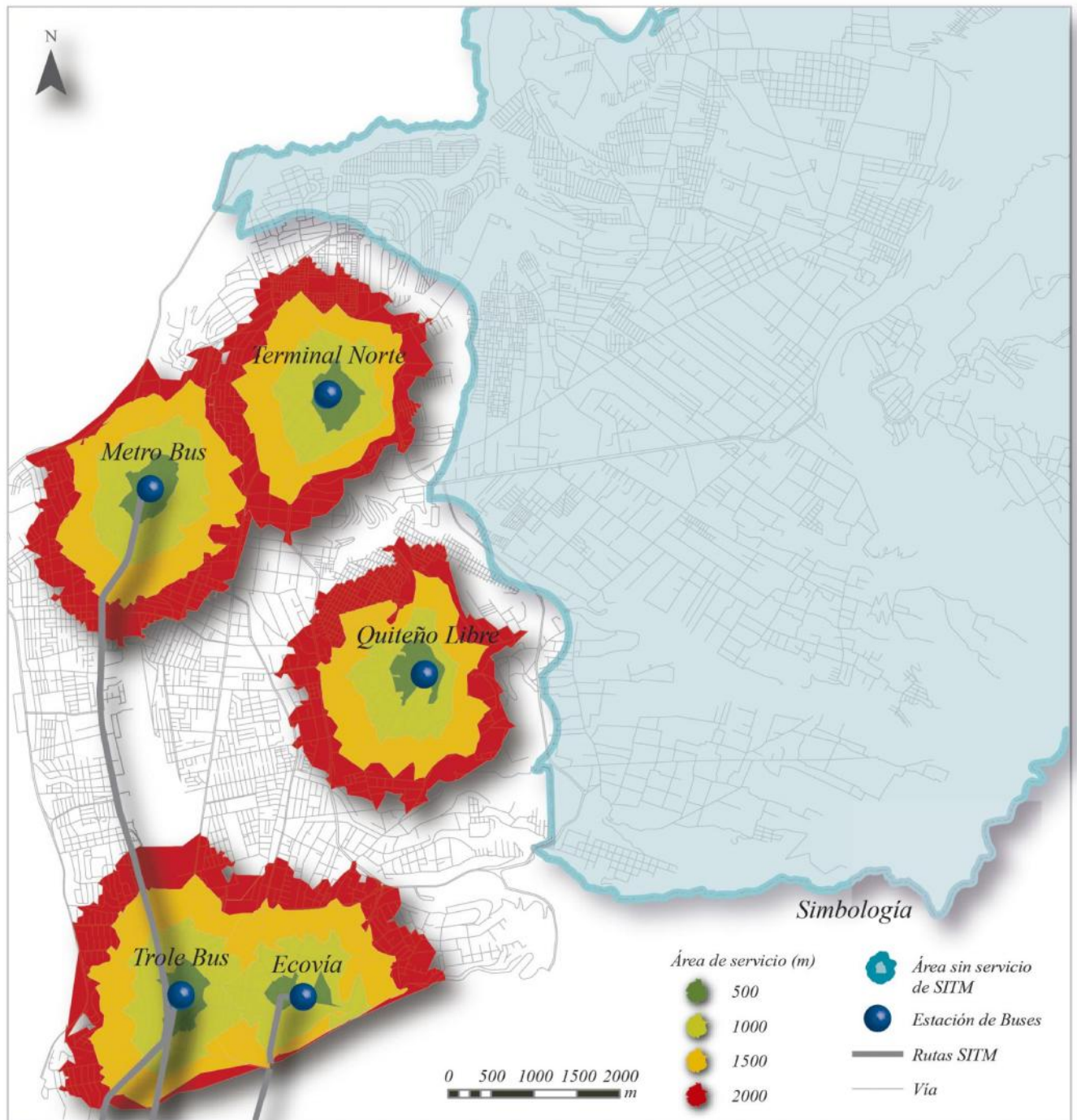
El **factor distancia** permite evaluar alternativas más viables a la hora de desplazarse a través de una red vial. Al usar este criterio no es necesario contar con grandes volúmenes de información en las bases de datos. Los atributos del modelo vial diseñado no poseen mayores complejidades y para trabajar sobre él, sólo es necesario contar con información básica proveniente de la infraestructura (ejes viales). Mediante este factor el programa mide la distancia euclidiana entre el punto de origen y el punto de destino y decide la alternativa de menor distancia posible considerando para ello la infraestructura disponible. (ESRI, 2010)

Examinando estos factores y la información disponible se decidió utilizar únicamente el impedimento basado en distancia, obteniendo así rutas optimas basas en la trayecto más corto en metros. También se debe comentar que la Ley de tránsito y transporte terrestre dentro del DMQ prohíbe que las velocidades dentro del área urbana tanto para vehículos livianos, motocicletas y transporte público y de pasajeros sea mayor a 50km/h. Por ello la velocidad tampoco sería un factor de importancia ya que sería constante.

4.2. Área de influencia de las estaciones existentes

Al interior del área de estudio tenemos dos zonas muy marcadas, en las cuales se puede apreciar los sectores hasta donde llega el servicio del SITM y que sectores se encuentran desprovistos de este servicio. Como se puede observar en el **Mapa 4** toda el área sin servicio, es justamente la población asentada en los sectores correspondientes a la parroquia de Calderón (Carapungo).

Mapa 4: Área de estudio con y sin servicio del SITM



Fuente: Carriles exclusivos del SITM, Secretaría de Movilidad
Estaciones de buses, Secretaría de Movilidad
Vías, OSM

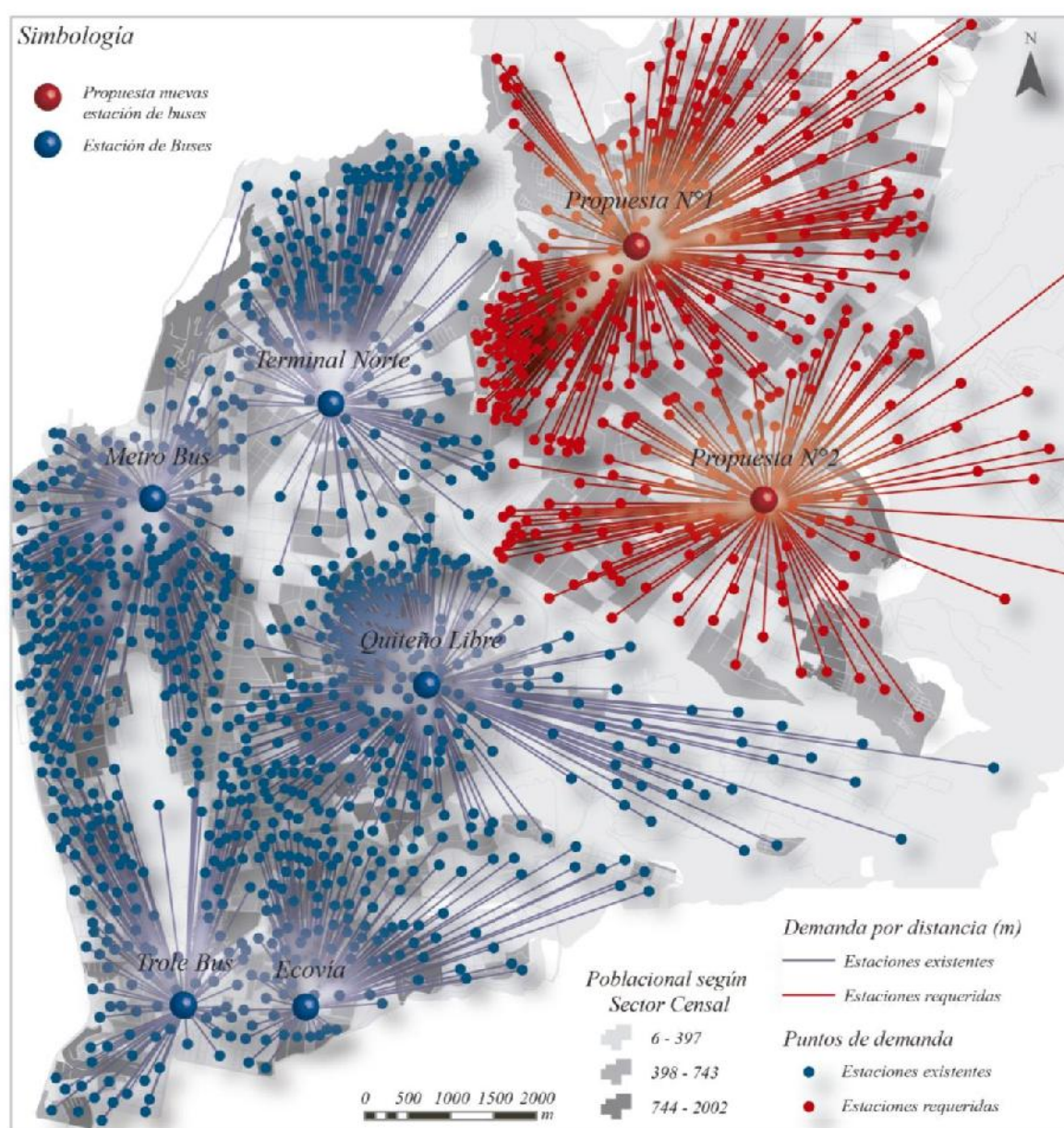
Elaboración: Propia

A pesar que las estaciones del Terminal Norte y del Quiteño libre no pertenecen al SITM, es fundamental incluirlas justamente por su ubicación, pudiendo aprovechar su cobertura y la infraestructura especialmente de la estación Terminal norte. Considerando que es muy importante que la población que se traslada tanto del terminal hacia otras ciudades como la población que recibe el terminal, tengan un medio que les permita desplazarse de manera rápida y segura sin necesidad de realizar muchos trasbordos. Una vez realizado el análisis del área de influencia de estas cinco estaciones de buses con una distancia entre los 500 y 2000 metros se pudo apreciar que su ubicación es estratégica, cubriendo con el servicio a la mayor parte de la población del DMQ.

4.3. Demanda del servicio del SITM según sector censal

Considerada el área de influencia de las estaciones de buses existentes y una vez incluida la población dentro de la cartografía de sectores censales, se pudo conocer que los sectores con mayor cantidad de población son aquellos donde habitan entre 398 a 2002 personas por sector. Permitiendo en primer lugar observar que dentro de la parroquia Calderón (Carapungo) hay dos polos en donde la mayor cantidad de población se asienta; pudiendo así establecer la localización de dos estaciones propuestas para el estudio. Esta ubicación se obtuvo mediante el uso del Network Analyst y su herramienta de localización asignación, la cual permitió conocer la demanda de cada una de las estaciones a través de la población que existe en cada uno de los sectores censales teniendo un promedio de 5000 usuarios para cada una de las estaciones, incluidas las estaciones propuestas.

Mapa 5: Demanda del servicio del SITM según sector censal



Fuente: Carriles exclusivos del SITM, Secretaría de Movilidad
Estaciones de buses, Secretaría de Movilidad
Sectores censales, INEC
Vías, OSM

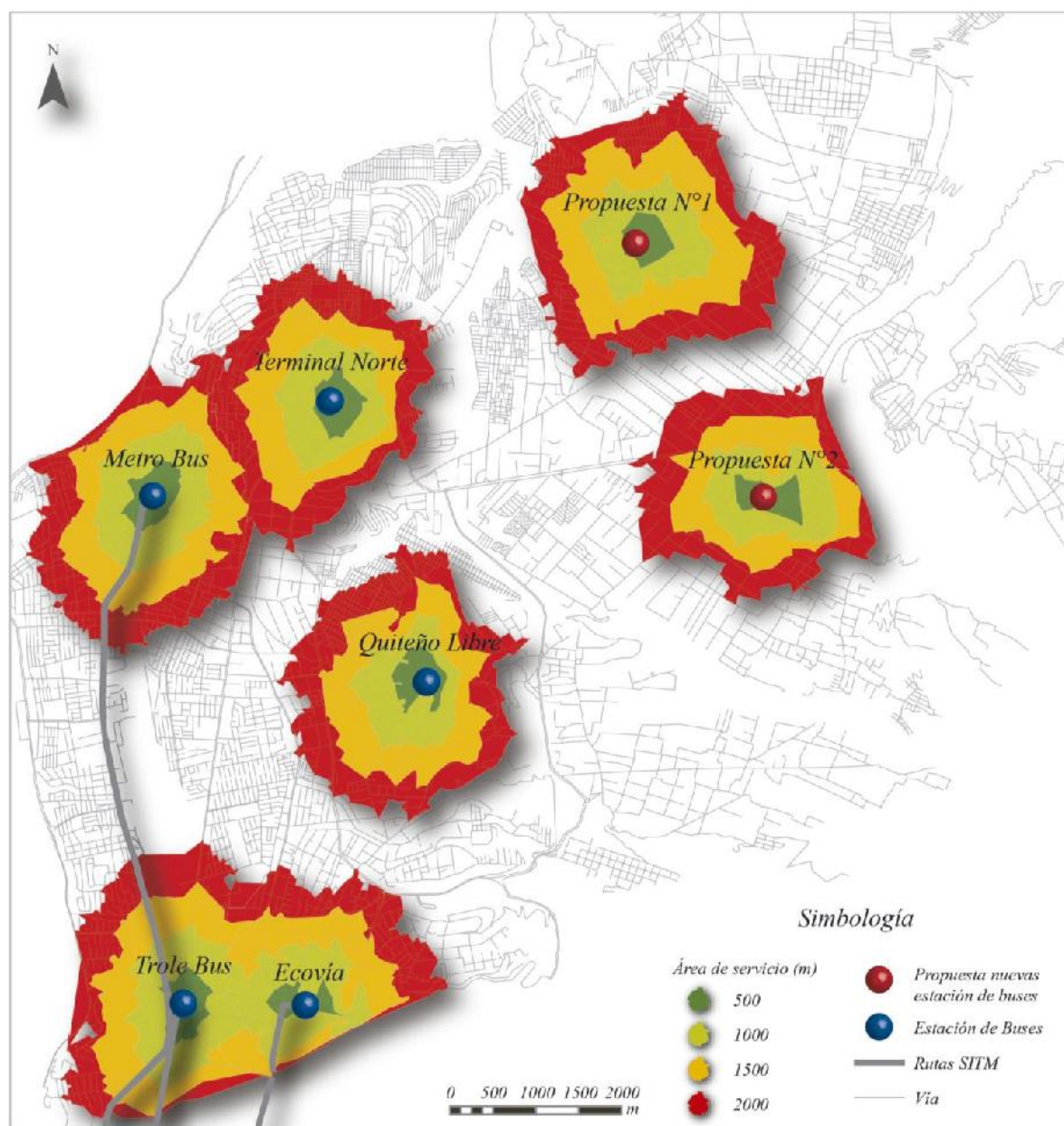
Elaboración: Propia

Mediante este análisis se pudo conocer que estas estaciones propuestas cumplen con la demanda requerida. Una vez que la ubicación era la adecuada y cumplía con los requisitos se debía revisar el área de influencia de cada una de ellas y así determinar si las estaciones propuestas cubren apropiadamente los sectores del área de estudio y así brindar el servicio a la mayor parte de la población de la parroquia de Calderón.

4.4. Área de influencia estación existentes y propuestas

Ubicadas las estaciones propuestas es importante revisar el área de influencia de las mismas y verificar que el área de estudio quede cubierta por el servicio del SITM. Por lo tanto se volvió a calcular el área de influencia de todas las estaciones tanto de las existentes como las propuestas, basándonos en las mismas distancias que se utilizaron anteriormente.

Mapa 6: Área de influencia del servicio del SITM



Fuente: Carriles exclusivos del SITM, Secretaría de Movilidad
Estaciones de buses, Secretaría de Movilidad
Vías, OSM

Elaboración: Propia

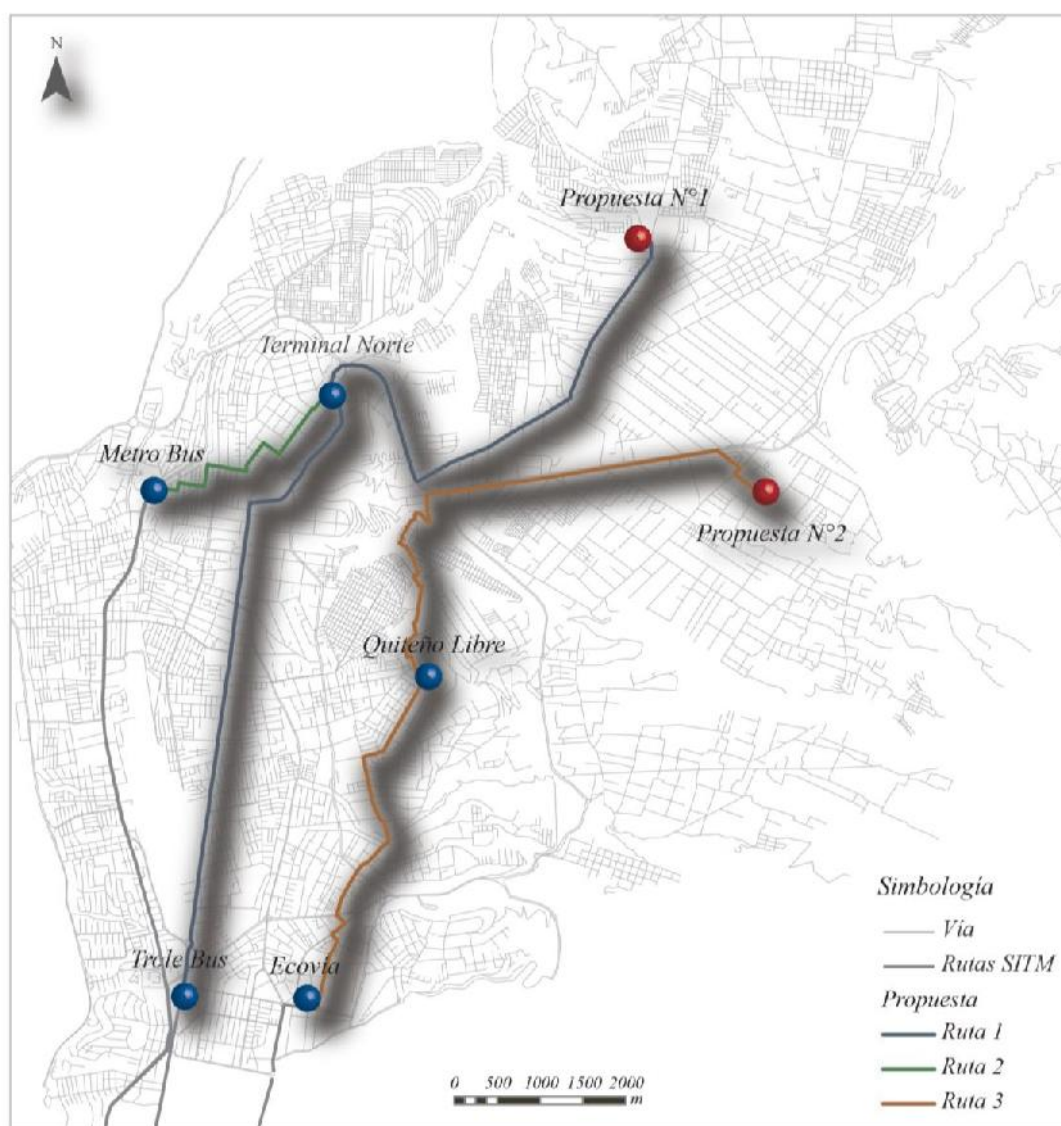
Como se puede observar en el **Mapa 6**, las estaciones de buses propuestas cubren la mayor parte del área de estudio, permitiendo que la población de la parroquia de Calderón (Carapungo) tenga acceso al servicio del SITM y a través de este servicio la movilización sea más rápida y segura para la comunidad.

4.5. Rutas propuestas

Con las estaciones de buses establecidas se procedió a construir las rutas óptimas entre las estaciones existentes y propuestas. Como se observa en el **Mapa 7**, se obtuvieron 3 rutas nuevas cómo propuesta para prolongar el SITM hacia Calderón (Carapungo) e integrar a la población de esta parroquia con el DMQ. En el mapa 6 se pueden identificar las siguientes rutas de transporte correspondientes al SITM:

- Ruta existente SITM: MetrobusQ
- Ruta 1: Trolebus - Terminal Norte - Propuesta N°1
- Ruta 2: Metrobus - Terminal Norte
- Ruta 3: Ecovía - Quiteño Libre – Propuesta N°2

Mapa 7: Rutas propuestas para la prolongación del servicio del SITM



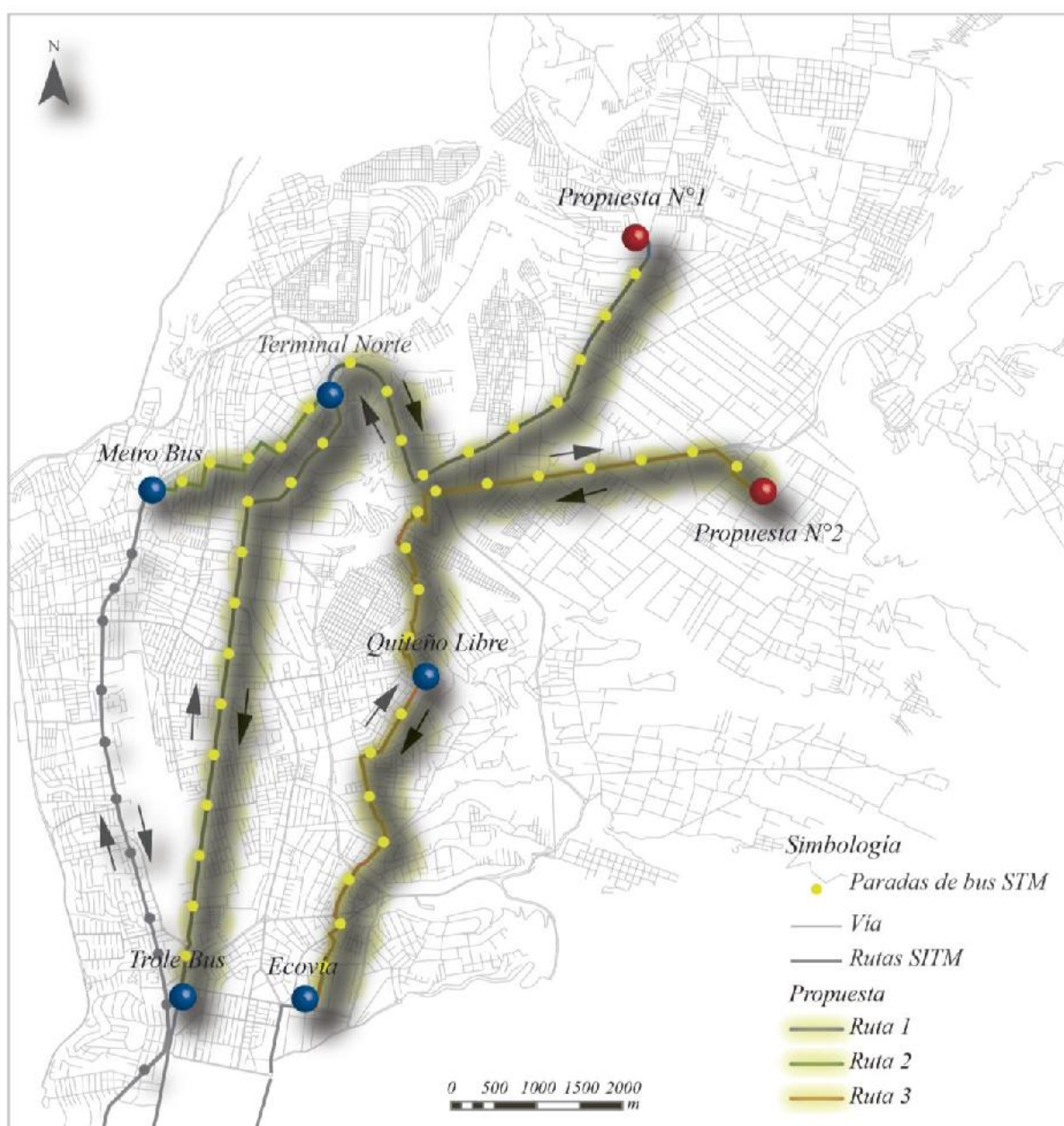
Fuente: Carriles exclusivos del SITM, Secretaría de Movilidad
Estaciones de buses, Secretaría de Movilidad
Vías, OSM

Elaboración: Propia

4.6. Paradas propuestas

Una vez identificadas las rutas de transporte planteadas para la prolongación del SITM, se procedió a localizar las paradas intermedias entre las estaciones de buses. Para ubicar las paradas intermedias de autobuses de las nuevas rutas del SITM, se realizó en primer lugar un análisis de la localización de las paradas actuales del Trolebus, Ecovía y Metrobus, mediante lo cual se obtuvo la distancia promedio entre cada una de las paradas, arrojando un resultado de 600 metros aproximadamente. Estableciendo así las nuevas paradas de las rutas propuestas para la prolongación del SITM (**Ver Mapa 8**).

Mapa 8: Paradas propuestas entre las estaciones de buses del servicio del SITM



Fuente: Carriles exclusivos del SITM, Secretaría de Movilidad
Estaciones de buses y paradas, Secretaría de Movilidad
Vías, OSM

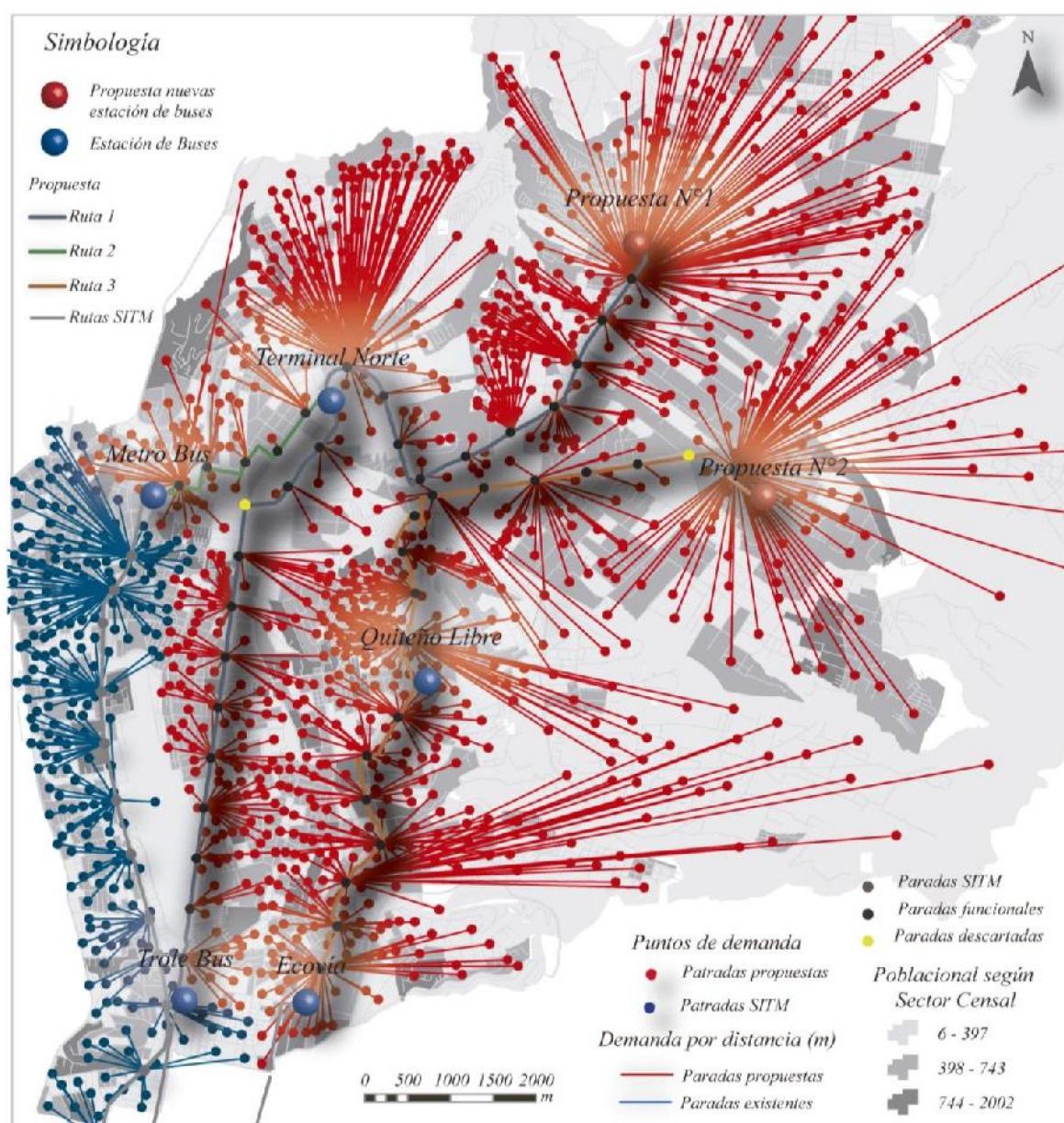
Elaboración: Propia

Se obtuvieron en total 45 paradas nuevas divididas de la siguiente manera:

- Ruta 1: se deberían construir 22 paradas de buses.
- Ruta 2: se deberían construir 5 paradas de buses.
- Ruta 3: se deberían construir 18 paradas de buses.

Es indispensable conocer si las paradas propuestas serán funcionales o no, para ello es importante realizar un análisis de la demanda de cada una de ellas lo cual nos permitirá conocer si estas paradas intermedias tendrán usuarios o quedaran obsoletas. Este análisis muestra que de las 45 paradas, existen 43 funcionales y 2 descartadas (**Ver Mapa 9**). El análisis sobre la demanda indica que la parada que menor valor tiene es de cero usuarios y la que mayor demanda de 54000 usuarios teniendo un promedio de 1200 usuarios por parada. Se decide descartar las paradas que tienen valor igual a cero ya que no tendría sentido prestar servicio en un sector en donde no se va a utilizar el mismo.

Mapa 9: Demanda de las paradas intermedias del servicio del SITM según sector censal



Fuente: Carriles exclusivos del SITM, Secretaría de Movilidad
Estaciones de buses y paradas, Secretaría de Movilidad
Sectores Censales, INEC
Vías, OSM

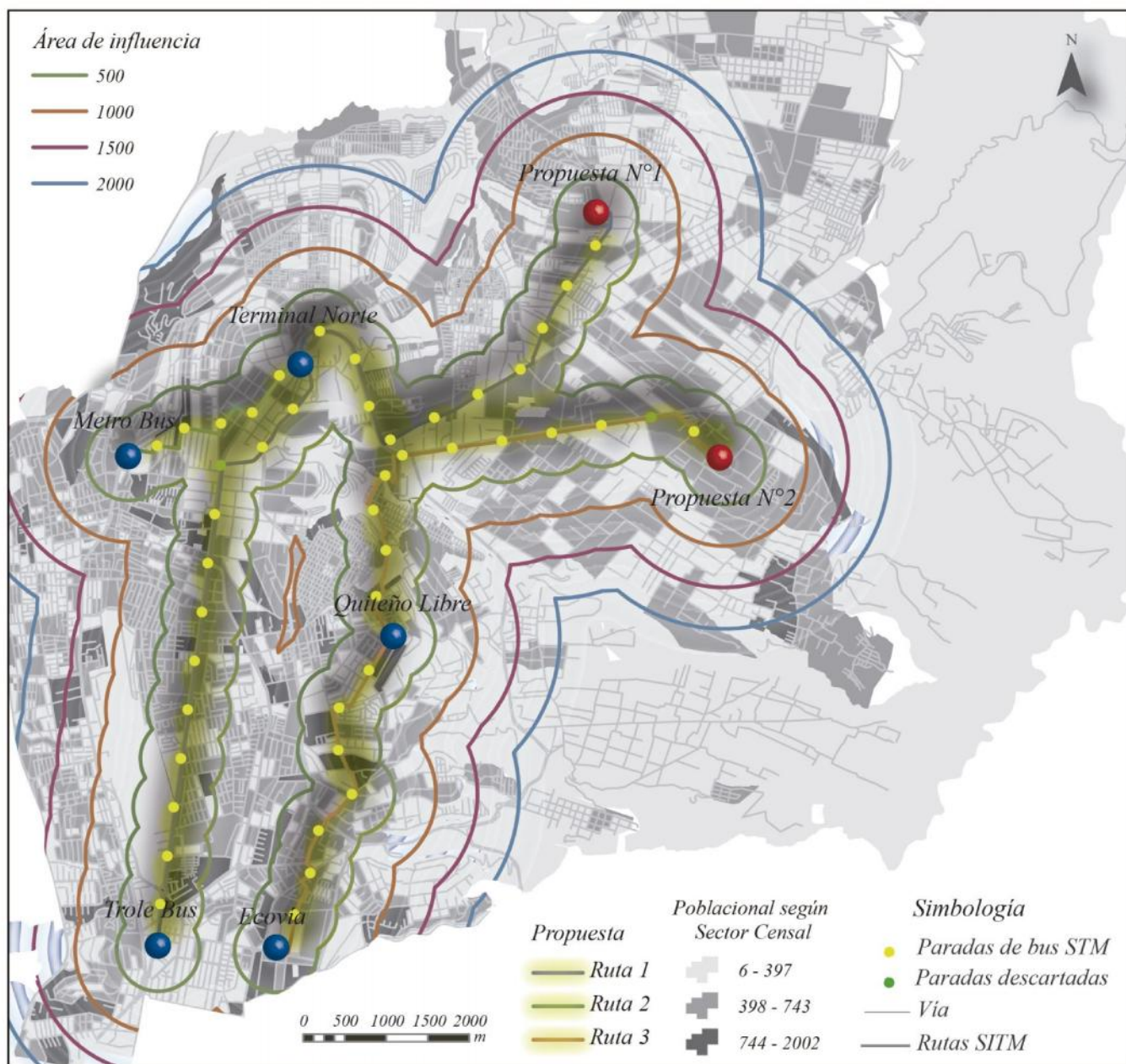
Elaboración: Propia

Consiguiendo como resultado un total 43 paradas nuevas divididas de la siguiente manera:

- Ruta 1: estaría conformada por 21 paradas de buses con un promedio de 10344 usuarios.
- Ruta 2: estaría conformada por 5 paradas de buses con un promedio de 5633 usuarios.
- Ruta 3: estaría conformada por 17 paradas de buses con un promedio de 10439 usuarios.

Localizadas las paradas de buses y analizada la demanda de usuarios, se calculó el área de influencia pudiendo establecer qué sectores se encuentran favorecidos con estas paradas y que sectores estarían fuera el área de servicio y así poder conocer la zonas a las que necesariamente de les debería suministrar el servicio del sistema de alimentadores.

Mapa 10: Área de influencia de las paradas propuestas dentro del servicio del SITM

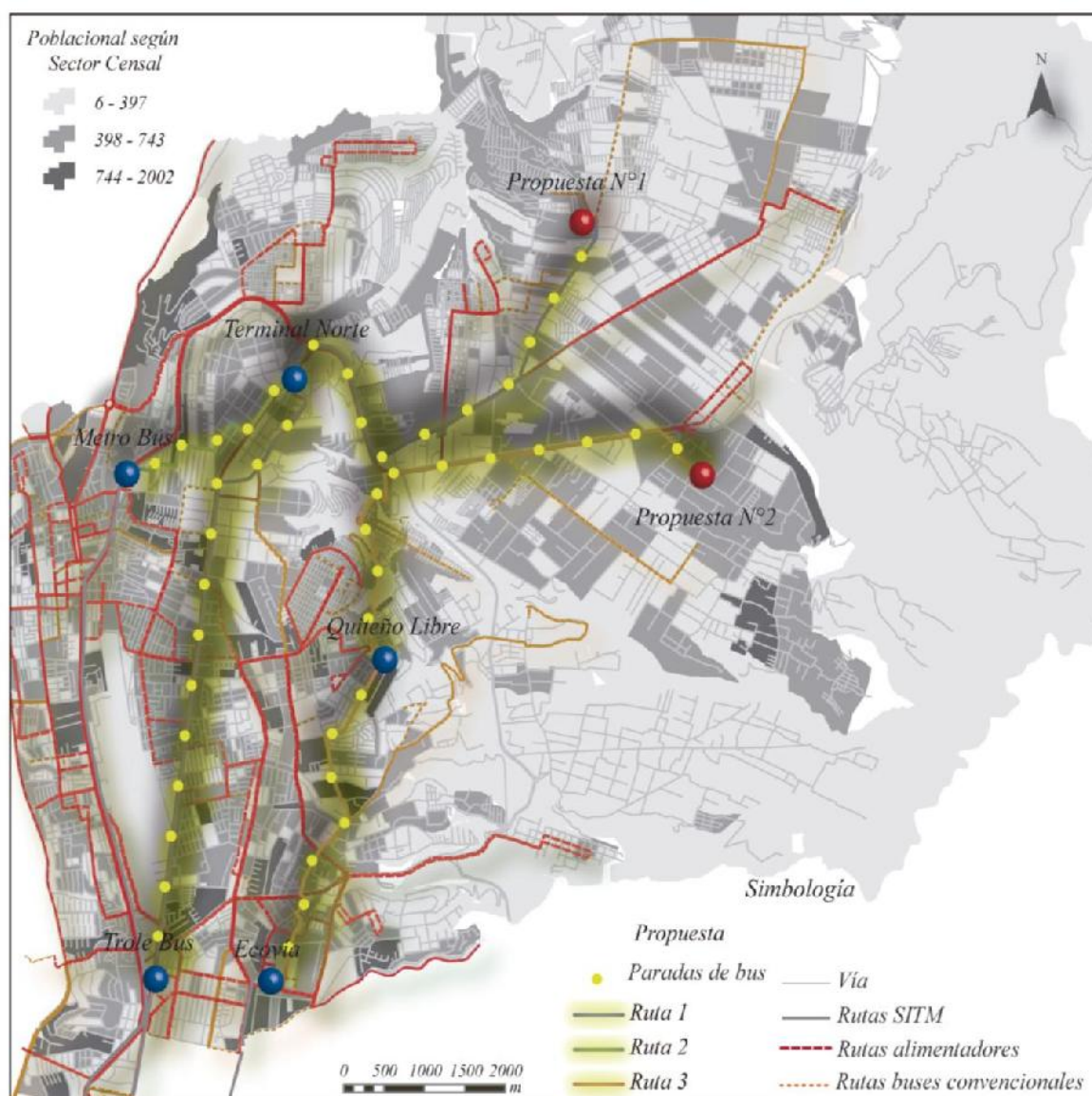


Fuente: Carriles exclusivos del SITM, Secretaría de Movilidad
Estaciones de buses y paradas, Secretaría de Movilidad
Sectores Censales, INEC
Vías, OSM

Elaboración: Propia

En base al **Mapa 10** se puede observar que la mayor parte de la zona que quedaría carente del servicio de transporte del SITM es un área rural en donde existe entre 6 y 397 habitantes por sector, en un mínimo porcentaje se observa que existen sectores que tienen entre 398 y 743 habitantes. Las paradas que en el análisis no tuvieron usuarios fueron consideradas dentro del análisis del área de influencia debido a que la población utilizada se tomó del censo de población y vivienda del año 2010 y posiblemente en estos sectores la población haya aumentado y en un análisis posterior estas paradas podrían ser funcionales. Finalmente, se generó un mapa que nos permitirá comparar las rutas propuestas en este análisis con las rutas de los alimentadores y de los buses convencionales. El **Mapa 11** nos permite apreciar que es indispensable reordenar el sistema de transporte en el DMQ, ya que existen muchas rutas que se superponen en varios sectores de la ciudad, sin embargo en otros sectores no tienen acceso al servicio de transporte ni integrado ni convencional.

Mapa 11: Rutas y paradas propuestas para la prolongación del servicio del SITM, rutas de alimentadores y buses convencionales



Elaboración: Propia

5. Conclusiones

- Estudios realizados en el año 2008 principalmente por el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito indican que los viajes efectuados en transporte público han disminuido en un 1.4% anual, mientras que el uso de los vehículos particulares se han incrementado en un porcentaje similar. Actualmente el tránsito en el Distrito Metropolitano de Quito ha aumentado especialmente en el hipercentro en donde se originan más del 47.7% de total de viajes (1.340.000 viajes / día). El parque automotor aumenta anualmente con más de 40.000 vehículos si esta situación continua, para el año 2025 los viajes en transporte privado sería alrededor del 60% y el transporte público del 40%.
- La semaforización en el Distrito Metropolitano de Quito es otro problema ya que el sistema no se encuentra sincronizado lo cual produce una pérdida en la capacidad del sistema y no permite que el tránsito fluya de manera adecuada.
- El transporte público tiene muchos inconvenientes relacionados a la congestión, entre ellos y los más importantes se refieren a la calidad del transporte público en cuanto a la velocidad promedio de desplazamiento y el tiempo de espera. En promedio el transporte público traslada a 2.4 millones de pasajeros al día, de los cuales el 1.8 millones utilizan el sistema convencional, el cual recorre la ciudad a una velocidad promedio de 14 km/hora. Mientras que el sistema integrado de transporte masivo transita a una velocidad promedio de 20 km/hora. Esta congestión ocasionada un deterioro en los vehículos y disminuye la rentabilidad. Los horarios del servicio son bastante irregulares, en el DMQ existen alrededor de 250 rutas disponibles, de las cuales el 76% no cumplen con las horarios.
- La falta de planificación en cuanto a la distribución de los equipamientos dentro de la ciudad, principalmente educativos, provocó que la flota de buses de transporte escolar se incremente y sea similar en número a la flota de buses de transporte público. Esto ha ocasionado un incremento de vehículos en el parque automotor que favorece la congestión de tráfico y la contaminación.
- La falta de eficiencia del sistema vial agrava la situación del transporte público en el DMQ y esto es principalmente ocasionado por un modelo mejorable de ordenamiento territorial en el cual la ciudadanía ha accedido y ocupado el suelo de una manera desordenada causando que en muchos casos el desarrollo del sistema vial sea inaplicable e imposibilite la conectividad entre algunos sitios de la ciudad.
- Mediante el presente estudio se pudo conocer que existen muchas rutas de transporte público que no se encuentran interconectadas, obligando a la población a realizar diversos tipos de conexiones que les permita llegar hasta un lugar determinado. Por ello, se pretende que con la propuesta de prolongar el Sistema integrado de transporte masivo hacia el valle de Calderón (Carapungo), la población pueda trasladarse de una manera más rápida y cómoda a sus diferentes destinos. En la actualidad existen multitud de servicios de transporte al margen de la legalidad que movilizan a la población por un precio más elevado que el del transporte público. Se exponen a ser sancionados por las autoridades, sin embargo es un servicio cómodo y que llega a lugares donde otros no llegan.

- En el DMQ es indispensable realizar un reordenamiento de las rutas de transporte integrado y convencional, permitiendo que el municipio de Quito se haga cargo de la administración del mismo, pudiendo implementar nuevas tecnologías como el sistema de las paradas dinámicas las cuales facilitan la estimación de llegada de los buses, brindando permanentemente información visual y auditiva a los usuarios. También se puede implementar paneles informativos al interior de los buses en donde cada usuario puede informarse de las diferentes conexiones que tiene la parada más próxima, otro elemento que es muy práctico dentro del sistema de transporte es la implementación del “sistema de billete electrónico” mediante tarjetas inteligentes evitando la congestión de los usuarios en los ingresos de las estaciones y paradas de buses al momento de tomar el servicio. Mediante la ejecución de esta tecnología tomando como ejemplo la ciudad de Zaragoza (España) se puede observar que se mejora la calidad del servicio, mejora la gestión de la red y mejora la calidad del trabajo de las personas que residen en la ciudad.
- Las redes viales son la base para todo tipo de circulación sobre la superficie terrestre, permitiendo planificar en este caso el servicio de sistema de transporte de una manera más rápida y organizada, mediante esta herramienta se puede mejorar la calidad de vida de la población mejorando el servicio, aumentando el número de viajes y disminuyendo el tiempo de desplazamiento de la población y conectando a la ciudad desde el norte hacia el sur en un lapso menor. Los estudios de análisis de redes tienen un amplio campo de aplicación, y una de ellas es el transporte, el cual ha permitido que se puedan determinar y proponer para este proyecto nuevas rutas óptimas que permitan prolongar el servicio del sistema integrado de transporte masivo y sus paradas intermedias las cuales se podrían implementar dando una solución adecuada, rápida y eficaz al problema de movilización en el DMQ. Cabe mencionar que las rutas óptimas se muestran en datos de distancia debido a que no existe la información disponible para realizar un análisis a mayor profundidad.
- El estudio planteado específicamente para el área de estudio hace que se propongan tres nuevas rutas, formadas por 2 estaciones con 43 paradas que darían servicio a 36416 personas. Al ser el valle de Calderón (Carapungo) una zona de crecimiento urbano, el número de usuarios incrementarían con el tiempo, lo principal de esta propuesta de prolongación del SITM, es que los habitantes que se encuentran asentados en esta área de estudio tendrían acceso a un servicio de transporte de mejor calidad que el que existe actualmente y les permitiría trasladarse de un punto a otro de una manera más rápida y eficaz.

6. Relación de fuentes, bibliografía y recursos o materiales utilizados

Fuentes bibliográfica:

- Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras, E. (Abril de 2012). Proyecto primera línea del Metro de Quito. Sistemas e Información Georeferenciado Metro de Quito "SIG.MQ".
- EPMMOP, S.A., M. d., & DMQ. (2010). Estudios para el diseño conceptual del sistema integrado de transporte masivo de Quito y factibilidad de la primera línea del metro de Quito.
- INEC. (2010). Conceptos Básicos. Quito, Pichincha, Ecuador.
- INEC. (2010). Información cartográfica censal . Quito, Ecuador.
- INEC. (2010). Instructivo depuración área amanzanada. Pp. 1-51.
- MDMQ. (2009). Plan de Movilidad Sostenible - Centro Histórico de Quito.
- MDMQ. (2010). Estadísticas censales para el DMQ.
- MDMQ. (2012). Plan Metropolitano de ordenamiento territorial 2012 - 2022.
- MDMQ, EPMMOP, & GPM. (2009). Plan Maestro de Movilidad para el distrito Metropolitano de Quito 2009 - 2025.
- MetroQ. (2012). El Metro de Quito - Metro a metro, conoce la magia de un transporte que no contamina la ciudad. Quito.
- Movilidad, S. d. (2010). Hacia un nuevo modelo de movilidad en el DMQ. Quito: Marzo.
- TRASA INGENIERIA. (2010). Informe de difusión "Encuesta origen destino de viajes". Antofagasta.
- Zabala, D. (2013). Análisis de rutas para optimizar el funcionamiento espacial de la empresa de seguridad privada Makro security en las parroquias de Cumbaya y Tumbaco . Quito: Tesis Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Fuentes web:

- Barrientos Martínez, M. A. (2007). Network analyst: El análisis de redes desde Arcgis 9.2. Obtenido de http://www.gabrielortiz.com/descargas/Network_Analyst_9_2.pdf
- Cardozo, O. D., Gómez, E. L., & Parras, M. A. (2009). Teoría de grafos y sistemas de información geográfica aplicados al transporte público de pasajeros en resistencia (Argentina). *Revista: Transporte y territorio N°1, Universidad de Buenos Aires*, Pp. 89-111. Obtenido de <http://www.rtt.filo.uba.ar/RTT00105089.pdf>
- Chapelon, L. (23 de Noviembre de 2004). *Red*. Obtenido de Hypergeo: <http://www.hypergeo.eu/>
- Diccionario de Geografía. (1986). Madrid: Anaya.
- EPMMOP. (s.f.). *Sistema de Terminales Interprovinciales*. Obtenido de <http://www.epmmop.gob.ec/epmmop/index.php/proyectos/estacionamientos-/sistema-de-terminales-interprovinciales-de-quito-stq>
- EPPETROECUADOR. (2011). *Normativa*. Obtenido de [http://normativa.eppetroecuador.ec:8080/documents/10157/24418/V06.02.04.03.01_PR_08+Reglas+Topologicas+para+Elementos+Tipo+Linea+\(v01\)](http://normativa.eppetroecuador.ec:8080/documents/10157/24418/V06.02.04.03.01_PR_08+Reglas+Topologicas+para+Elementos+Tipo+Linea+(v01))
- Española, R. A. (2013). Obtenido de <http://lema.rae.es/>
- ESPOL. (2004). *Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la información pública*. Obtenido de http://www.transparencia.espol.edu.ec/documentos/L_acceso.pdf
- ESRI. (2010). Network Analyst tutorial. Obtenido de http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/pdf/tutorial_network_analyst.pdf
- Esri. (19 de Marzo de 2012). Obtenido de Arcgis Network Analyst: <http://www.esri.com/>

- Esri. (07 de Noviembre de 2012). Obtenido de Arcgis Resource Center: <http://help.arcgis.com>
- FLACSO. (s.f.). *Historia del transporte urbano en Quito*. Obtenido de www.flacsoandes.org/biblio/catalog/resGet.php?resId=24453
- Furlan, A. D., & Hernández, F. M. (2011). Servicio de Transporte y turismo. Un análisis de red en la costa atlántica Bonaerense. Pp. 81-93. Obtenido de <http://gaea.org.ar/8.GAEA23-Furlan.pdf>
- García Palomares, J. C. (2000). SIG y accesibilidad: Efectos de las nuevas autopistas orbitales de Madrid. Pp. 624-639. Obtenido de Departamento de Geografía - Universidad de Alcalá: http://81.47.175.201/TRACC/attachments/article/8/2000_Accesibilidad_Madrid.pdf
- García Palomares, J. C., Cardozo, O., & Guitierrez Puebla, J. (2008). Sistemas de Información Geográfica como herramienta en la estimación de las entradas en las estaciones de metro en Madrid. En: *Hernández, L. y Parreño, J.M. (Eds.)*, Pp. 56-69. Obtenido de http://age-tig.es/gran_canaria08/ponencia_1/Garcia%20Palomares%20et%20al.pdf
- Gutiérrez Puebla, J., Cardozo, O. D., & Gracia Palomares, J. C. (2005). Modelos de demanda potencial de viajeros en redes de transporte público: aplicaciones en el Metro de Madrid. *Departamento de Geografía Humana de la Universidad Complutense de Madrid*. Obtenido de http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/3242/gutierrezproyeccion4.pdf
- INEC. (2010). *Censo de población y vivienda*. Obtenido de <http://redatam.inec.gob.ec/redatam/CPV2010/Help/Manual.pdf>
- INEC. (2010). *Gestión eficiente*. Obtenido de http://www.inec.gob.ec/nuevo_inec/items/gestion_eficiente/cartografia/introduccion.pdf
- Marquéz Pérez, J. (2004). *Análisis de redes*. Obtenido de http://sig.utpl.edu.ec/sigutpl/biblioteca/manuales/REDES_ver_56.pdf
- MDMQ. (2011). *Plan de Movilidad para el Distrito Metropolitano de Quito*. Obtenido de http://www.monografias.com/usuario/perfiles/edison_fernando_narvaez_tapia/monografias
- MetroQ. (2011). *Sistema Integrado de Transporte Masvivo (SITM)*. Obtenido de http://www.metrodequito.gob.ec/estudios_de_soporte/1-Diseño_Conceptual_del_Sistema_Integrado_de_Transporte_Masivo-SITM/5-INTEGRACION_FISICA_SITM.pdf
- Mierez, A. (2004). *Análisis de accesibilidad e interacción espacial a través del potencial dinámico: su aplicación a los partidos de la Cuenca del Río Luján*. Obtenido de Tesis - Universidad Nacional de Luján: <http://www.gesig-proeg.com.ar/documentos/libros/libro-13/CAPITULO-18.pdf>
- Moreno Navarro, J. G. (2007). *Análisis con SIG de la Red de transporte intermodal entre marruecos y la unión Europea. Evaluación de rutas y enclaves estratégicos*. Pp. 203-219. Obtenido de core.kmi.open.ac.uk/download/pdf/5375651
- Mosquera, R. (2010). *Racionalización del uso del automóvil en Quito: Un análisis de incentivos económicos*. Obtenido de <http://cie.udla.edu.ec>
- OSM Wiki contributors. (2011). *Ecuador normalización de vías*. Obtenido de OpenStreetMap Wiki: http://wiki.openstreetmap.org/w/index.php?title=Ecuador/normalizacion_de_vias&oldid=663618
- Perianes Rodríguez, A., Olmeda Gómez, C., & Moya Anegón, F. (2008). Introducción al análisis de redes. *El profesional de la información*, Pp. 664-668. Obtenido de <http://www.elprofesionaldelainformacion.com/contenidos/2008/noviembre/10.pdf>
- Pumain, D. (25 de Octubre de 2004). *Análisis espacial*. Obtenido de Hypergeo: <http://www.hypergeo.eu/>
- Pumain, D. (23 de Noviembre de 2004). *Área de influencia o zona de influencia*. Obtenido de Hypergeo: <http://www.hypergeo.eu/>

- Rodríguez Núñez, E. (s.f.). Análisis de vulnerabilidad de las redes de transporte terrestre: Enfoque desde la geografía de los transportes. Obtenido de Departamento de Geografía Humana - Universidad Complutense de Madrid: <http://pendientedemigracion.ucm.es/centros/cont/descargas/documento29950.pdf>
- Rolón, R. (2009). *Manejo del software transcad especializado en transporte, logística y operaciones*. Obtenido de Análisis de recorridos de los vehículos de los transporte público: http://lemac.frlp.utn.edu.ar/wp-content/uploads/2011/10/Tesis2009_Rocio-Rolon.pdf
- Salado García, M., Díaz Muñoz, M., Bosque Sendra, J., Carvalho Cantergiani, C., Rojas Quezada, C., Jiménez Gigante, F., . . . C., M. R. (2002). Movilidad Sostenible y SIG. Propuesta de evaluación del transporte publico en Alcalá de Henares. Pp. 1777-1794. Obtenido de http://age-tig.es/docs/XII_3/131%20-%20Salado%20Garcia%20et%20al.pdf
- Subero Munilla, J. M. (2009). *Métodos de análisis de la eficacia espacial de las redes de transporte colectivo de infraestructura fija, ensayo e indicadores de oferta*. Obtenido de Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Catalunya: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6630/TJSM4de4.pdf;jsessionid=0EE4842D0462882B0567AB349035FEC0.tdx2?sequence=4>

7. Acrónimos

Tabla 4: Acrónimos

DMQ	Distrito Metropolitano de Quito
DMT	Dirección Metropolitana de Transporte
ESRI	Enviromental Systems Research Institute
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
JOSM	Java Open Street Map Editor
MDMQ	Municipio del Distrito Metropolitano de Quito
METROBÚS -Q	Metrobús Quito
PMM	Plan Maestro de Movilidad
REDATAM	Recuperación de Datos para Áreas pequeñas por Microcomputador
SITM	Sistema Integrado de Transporte Masivo
STQ	Sistema de Terminales Interprovinciales de Quito
STHV	Secretaría de Territorio Hábitat y Vivienda
TP	Transporte público
TPr	Transporte privado

Anexos

Ilustración 28: Cronograma de actividades

