



**Desarrollo de una Aplicación Móvil con Web Map Services para líneas de Transporte
Articulado, Integración de un Análisis de Accesibilidad a las paradas del Sistema
Integrado Trolebús por parroquias dentro de la Zona Urbana del Distrito Metropolitano
de Quito.**

Alava Morales, Yandry Adriana

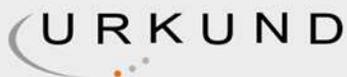
Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera Geógrafa y del Medio
Ambiente

Padilla Almeida, Oswaldo Vinicio Ph.D

01 de abril de 2021



Urkund Analysis Result

Analysed Document: 3_VERSION_FINAL.docx (D98664357)
 Submitted: 3/17/2021 4:47:00 PM
 Submitted By: ovpadilla@espe.edu.ec
 Significance: 7 %

Oswaldo
 Padilla
 Almeida

Firmado digitalmente por Oswaldo
 Padilla Almeida
 Nombre de reconocimiento (DN):
 cn=Oswaldo Padilla Almeida,
 ou=Universidad de las Fuerzas
 Armadas ESPE, ou=Departamento de
 Ciencias de la Tierra y de la
 Construcción,
 email=ovpadilla@espe.edu.ec, c=EC
 Fecha: 2021.04.08 08:05:43 -05'00'

Sources included in the report:

071116_DISERTACION - RICARDO ESPINOSA.docx (D23073100)
 TESIS JENIFFER ARTEAGA.pdf (D44278480)
 Tesis Vaca Simba.docx (D35028880)
 TESIS ERMV TRIBUNAL FINAL.docx (D37846457)
 Tesis Rocha Michael-Aplicación Turismo M♦♦vil.docx (D63114070)
<https://www.esri.com/es-es/store/extensions/arcgis-network-analyst#:~:text=ArcGIS%20Network%20Analyst%20es%20una,an%C3%A1lisis%20de%20%C3%A1rea%20de%20servicio.ESRI>
<https://www.geosur.info/geosur/index.php/es/?Itemid=469Gerencia>
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12558/Expansi%C3%B3n%20Urbana%20y%20demanda%20de%20transporte%20p%C3%BAblico%20de%20buses%2C%20casos%20de%20estudio%20Cumbay%C3%A1%2C%20Tumbaco%2C%20Pue.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
<https://docplayer.es/62862765-Informe-de-gestion-epq-transporte-eficiente-informe-de-gestion-2012-guia-y-estadisticas-2012.html>

Instances where selected sources appear:

19

Oswaldo
 Padilla
 Almeida

Firmado digitalmente por Oswaldo
 Padilla Almeida
 Nombre de reconocimiento (DN):
 cn=Oswaldo Padilla Almeida,
 ou=Universidad de las Fuerzas Armadas
 ESPE, ou=Departamento de Ciencias
 de la Tierra y de la Construcción,
 email=ovpadilla@espe.edu.ec, c=EC
 Fecha: 2021.04.08 08:06:43 -05'00'



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**Desarrollo de una Aplicación Móvil Con Web Map Services para Líneas de Transporte Articulado, Integración de un Análisis de Accesibilidad a las paradas del Sistema Integrado Trolebús por parroquias dentro de la Zona Urbana del Distrito Metropolitano de Quito**” fue realizado por la señorita **Alava Morales, Yandry Adriana**, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 07 de abril, 2021

Firma:
**Oswaldo
 Padilla
 Almeida**

Firmado digitalmente por Oswaldo Padilla Almeida
 Número de reconocimiento: 090
 cn.Oswaldo Padilla Almeida,
 cn.Universidad de las Fuerzas Armadas
 ESPE, cn. Departamento de Ciencias de la
 Tierra y de la Construcción
 -- email=ospadilla@espe.edu.ec, c.3C --
 Fecha: 2021.04.08 09:51:43 -05'00'

Ing. Padilla Almeida, Oswaldo Vinicio PHD.

C. C 1709776650



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Alava Morales, Yandry Adriana**, con cédula de ciudadanía N° 1723365258, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Desarrollo de una Aplicación Móvil Con Web Map Services para Líneas de Transporte Articulado, Integración de un Análisis de Accesibilidad a las paradas del Sistema Integrado Trolebús por parroquias dentro de la Zona Urbana del Distrito Metropolitano de Quito** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 07 de abril, 2021

Firma

Alava Morales, Yandry Adriana

C.C.: 1723365258



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo Alava Morales, Yandry Adriana, con cédula de ciudadanía N° 1723365258, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Desarrollo de una Aplicación Móvil Con Web Map Services para Líneas de Transporte Articulado, Integración de un Análisis de Accesibilidad a las paradas del Sistema Integrado Trolebús por parroquias dentro de la Zona Urbana del Distrito Metropolitano de Quito**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 07 de abril, 2021

Firma

Alava Morales, Yandry Adriana

C.C.: 1723365258

Dedicatoria

Llena de felicidad, dedico este proyecto a Dios, en primer lugar, porque es quien nos da la inspiración y nos permite vivir y disfrutar cada día.

A mis padres, por su esfuerzo y apoyo incondicional.

A mis amigas, quienes fueron y son una constante en mi vida.

A aquellos que se me fueron antes de tiempo, pero que los llevo en la memoria y en el corazón.

Pero por, sobre todo, se lo dedico a mi pequeñita razón de vida, Kaylee Valentina, quien con su amor y alegría me enseña que en cada nuevo amanecer existe la oportunidad de ser mejores. Esto es por nosotras, Te Amo Hija.

A todos y cada uno quien ha marcado mi camino, a los que el Universo me ha permitido reencontrar y coincidir y otros que se perdieron a lo largo del viaje.

YANDRY ADRIANA ALAVA MORALES

“Uma meta sem um plano é somente um desejo”.

-Antoine de Saint-Exupéry

Agradecimiento

A Dios, que permitió que esto llegue a culminarse con éxito

A mis padres y resto de familia por brindarme su apoyo.

A mis aventureras amigas, Dani, Michelle M, Verónica, Michelle V y Johanna, sin ustedes tampoco estaría aquí, el camino es mucho más fácil si las tengo a ustedes, gracias por todo y, por tanto.

Johanna Tello, eres como aquel ángel guardián que Dios nos envía todos los días a cuidarnos, gracias!

Mi Querida Gabriela Mero, supiste darme ánimos y apoyo en todo momento, y cuando llegue tu turno también estaré ahí.

A la familia Sisa Peñafiel, quienes me extendieron la mano en un momento indispensable de mi vida.

Gracias a Jonathan Yépez, por su apoyo y colaboración a lo largo del desarrollo de este trabajo.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, por permitir formarme como profesional con calidad humana dentro de sus aulas.

A la Empresa Metropolitana de Transporte de Pasajeros por la apertura y colaboración para este proyecto, en especial a la Ing. Geovanna Cañas.

Al Ing. Izar Sinde, por el inicio de este proyecto y a mi director de tesis, Ing. Oswaldo Padilla por su tiempo y asesoría para la culminación del mismo.

YANDRY ADRIANA ALAVA MORALES

Índice de Contenido

Herramienta de Verificación Urkund	2
Certificado del Director del Trabajo de Titulación	3
Autoría de Responsabilidad.....	4
Autorización.....	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Índice de Contenido.....	8
Índice de Tablas	11
Índice de Figuras.....	12
Resumen.....	15
Abstract.....	16
Capítulo I. Aspectos Generales	19
Antecedentes.....	19
Definición del problema.....	23
Justificación e importancia	24
Descripción del área de estudio	24
Objetivos.....	28
Objetivo General	28
Objetivos Específicos	28
Metas del proyecto.....	29
Hipótesis.....	29
Capítulo II. Marco Teórico	30
Sistemas de Información Geográfica	30
Generalidades	30
Base de datos o GDB.....	31
SIG y Accesibilidad	32
IDE	33
Movilidad	34
Accesibilidad.....	35
Análisis de Redes	37

Áreas de Servicio	37
Análisis de Rutas.....	37
Facilidad más cercana.....	38
Matriz de Origen y Destino	38
Location-Allocation	38
Transporte urbano	39
Sistema Metropolitano de Transporte.....	40
Web Map Service.....	49
GIS en la nube.....	50
ArcGIS online	51
QGIS	52
GeoServer.....	53
Carto	53
Aplicaciones móviles.....	54
Generalidades	54
Tipos de aplicaciones móviles	55
Desarrollo de Aplicaciones Móviles	58
Capítulo III. Metodología.....	63
Recopilación de información	64
Cartografía Base	64
Cartografía Temática.....	65
Toma de Datos en campo	65
Información Secundaria.....	69
Generación GDB.....	69
Análisis de Accesibilidad.....	71
Tabla de datos base	73
Creación del Network Dataset	79
Cálculo del área de servicio.....	81
Elaboración y obtención del Visualizador Web.....	85
Desarrollo del aplicativo móvil (APP)	88
Generación de APIKey desde ArcGIS.	88
Integración de los feature layer en Android Estudio.....	91
Interfaz	94

Control de la funcionalidad.....	99
Capítulo IV. Resultados.....	103
Accesibilidad medida por áreas de servicio.....	103
Parroquia Guamaní	103
Parroquia Turubamba.....	104
Parroquia Quitumbe	107
Parroquia Solanda.....	110
Parroquia La Argelia.....	111
Parroquia San Bartolo	113
Parroquia La Ferroviaria	114
Parroquia La Magdalena	117
Parroquia Chimbacalle	118
Parroquia Centro Histórico	120
Parroquia San Juan.....	123
Parroquia Itchimbía	123
Parroquia Belisario Quevedo.....	126
Parroquia Mariscal Sucre	127
Parroquia Iñaquito	130
Parroquia Rumipamba.....	132
Parroquia Jipijapa.....	134
Parroquia Concepción.....	135
Parroquia Kennedy.....	137
Parroquia Comité del Pueblo.....	139
Parroquia Ponceano.....	140
Visualizador Web	142
Aplicación móvil	143
Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones	148
Conclusiones	148
Recomendaciones	149
Capítulo VI. Bibliografía.....	151
Capítulo VII. Anexos.....	159

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>División Zonal de la Zona Urbana de Quito</i>	26
Tabla 2 <i>Circuitos y Cobertura del Corredor Trolebús</i>	42
Tabla 3 <i>Tabla resumen del Corredor Trolebús</i>	44
Tabla 4 <i>Circuitos y Cobertura del Corredor Ecovía</i>	46
Tabla 5 <i>Tabla resumen del Corredor Trolebús</i>	48
Tabla 6 <i>Información levantada en campo</i>	68
Tabla 7 <i>Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Guamaní</i>	104
Tabla 8 <i>Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Turubamba</i>	105
Tabla 9 <i>Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Quitumbe</i>	108
Tabla 10 <i>Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Solanda</i>	110
Tabla 11 <i>Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia La Argelia</i>	111
Tabla 12 <i>Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia San Bartolo</i> ...	113
Tabla 13 <i>Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia La Ferroviaria</i>	114
Tabla 14 <i>Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia La Magdalena</i>	117
Tabla 15 <i>Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Chimbacalle</i> ..	118
Tabla 16 <i>Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Centro Histórico</i>	120
Tabla 17 <i>Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia San Juan</i>	123
Tabla 18 <i>Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Itchimbía</i>	124
Tabla 19 <i>Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Belisario Quevedo</i>	126
Tabla 20 <i>Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Mariscal Sucre</i>	128
Tabla 21 <i>Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Iñaquito</i>	130
Tabla 22 <i>Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Rumipamba</i>	132
Tabla 23 <i>Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Jipijapa</i>	134
Tabla 24 <i>Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Concepción</i> ...	135
Tabla 25 <i>Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Kennedy</i>	137
Tabla 26 <i>Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Comité del Pueblo</i>	139
Tabla 27 <i>Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Ponceano</i>	140

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Área de Estudio</i>	25
Figura 2 <i>Vista General del Sistema Metropolitano de Transporte de Quito</i>	41
Figura 3 <i>Diagrama de procesos para el desarrollo del proyecto.</i>	63
Figura 4 <i>Cartografía Base</i>	64
Figura 5 <i>Cartografía Temática</i>	65
Figura 6 <i>Aplicación Avenza Maps</i>	66
Figura 7 <i>Fotografía de marca de posición, parada Beatereo corredor Ecovía</i>	66
Figura 8 <i>Terminal Sur de Guamaní del corredor Ecovía.</i>	67
Figura 9 <i>Información levantada en campo presentada en ArcMap.</i>	68
Figura 10 <i>Encuesta Digital.</i>	69
Figura 11 <i>Geodatabase SMT del proyecto y su estructura.</i>	70
Figura 12 <i>Geodatabase Accesibilidad del proyecto y su estructura.</i>	71
Figura 13 <i>Flujo para el desarrollo del análisis de accesibilidad</i>	72
Figura 14 <i>Atributos necesarios de la tabla base</i>	73
Figura 15 <i>Ilustración del campo categoría.</i>	74
Figura 16 <i>Cálculo de la distancia en metros.</i>	75
Figura 17 <i>Ilustración del campo sentido</i>	76
Figura 18 <i>Ilustración y cálculo del campo Jerarquía.</i>	77
Figura 19 <i>Ilustración del campo Minutes</i>	78
Figura 20 <i>Network Dataset desde el ArcCatalog.</i>	79
Figura 21 <i>Ventanas emergentes en la creación del ND, Paso 1.</i>	79
Figura 22 <i>Ventanas emergentes en la creación del ND, Paso 2.</i>	80
Figura 23 <i>Ventanas emergentes en la creación del ND, Paso 3.</i>	81
Figura 24 <i>Área de Servicio desde el ArcMap.</i>	82
Figura 25 <i>Ilustración de la creación del Área de Servicio</i>	82
Figura 26 <i>Herramientas de análisis en la ventana propiedades del Área de Servicio.</i> ..	83
Figura 27 <i>Generación de Polígonos en la ventana propiedades del Área de Servicio.</i> .	84
Figura 28 <i>Obtención del Área de Servicio</i>	85
Figura 29 <i>Archivo base en ArcMap.</i>	86
Figura 30 <i>Servicios en el Visualizador de ArcGIS Online.</i>	86
Figura 31 <i>Visualizador web</i>	87
Figura 32 <i>Proceso de la creación de la aplicación móvil “RecorreQuito”</i>	88

Figura 33 <i>APIKey generado desde el programa ArcGIS Developers.</i>	89
Figura 34 <i>Ingreso de la APIKey en la ventana de Android Estudio.</i>	89
Figura 35 <i>Librerías dentro de Android Estudio.</i>	90
Figura 36 <i>Feature Layers en Arcgis Online.</i>	91
Figura 37 <i>Detalles y URL de Feature Layers en Arcgis Online.</i>	92
Figura 38 <i>Directorio de Servicios de los Feature Server.</i>	93
Figura 39 <i>Enlaces dentro de Android Estudio.</i>	94
Figura 40 <i>Creación del logo Recorre Quito.</i>	95
Figura 41 <i>BaseMap disponibles, y código dentro de la aplicación.</i>	95
Figura 42 <i>Código para la obtención de coordenadas GPS en la aplicación.</i>	96
Figura 43 <i>Maquetado de los botones en Android Estudio.</i>	97
Figura 44 <i>Implementación de los botones en Android Estudio.</i>	97
Figura 45 <i>Código del enlace web.</i>	98
Figura 46 <i>Visualización del web map.</i>	99
Figura 47 <i>Prueba de control 1.</i>	100
Figura 48 <i>Prueba de control 2.</i>	101
Figura 49 <i>Prueba de control 3.</i>	102
Figura 50 <i>Áreas de Servicio de la parroquia Guamaní y Turubamba.</i>	106
Figura 51 <i>Áreas de Servicio de la parroquia Quitumbe.</i>	109
Figura 52 <i>Áreas de Servicio de la parroquia Solanda y La Argelia.</i>	112
Figura 53 <i>Áreas de Servicio de la parroquia San Bartolo y La Ferroviaria.</i>	116
Figura 54 <i>Áreas de Servicio de la parroquia La Magdalena y Chimbacalle.</i>	119
Figura 55 <i>Áreas de Servicio de la parroquia Centro Histórico.</i>	122
Figura 56 <i>Áreas de Servicio de la parroquia San Juan e Itchimbia.</i>	125
Figura 57 <i>Áreas de Servicio de la parroquia Belisario Quevedo y Mariscal Sucre.</i>	129
Figura 58 <i>Áreas de Servicio de la parroquia Ñaquito y Rumipamba.</i>	133
Figura 59 <i>Áreas de Servicio de la parroquia Jipijapa y Concepción.</i>	136
Figura 60 <i>Áreas de Servicio de la parroquia Kennedy.</i>	138
Figura 61 <i>Áreas de Servicio de la parroquia Comité del Pueblo y Ponceano.</i>	141
Figura 62 <i>Visualizador web.</i>	142
Figura 63 <i>Icono de aplicación RecorreQuito.</i>	143
Figura 64 <i>Opción GPS de la aplicación RecorreQuito.</i>	144
Figura 65 <i>Ventanas de selección de los circuitos</i>	145
Figura 66 <i>Ventana de la selección del mapa base.</i>	146

Figura 67 *Vista general de la aplicación RecorreQuito*.147

Resumen

La movilidad es uno de los grandes ejes por resolver dentro de la urbe, pues con la demanda vehicular se perjudica directamente los tiempos de viaje de los ciudadanos, es aquí donde se prioriza el uso de transporte público y se convierte en una pieza determinante en la mejora de la movilidad, siendo el Sistema Metropolitano de Transporte de Pasajeros de Quito, (SMT), el que mayor demanda en los últimos años ha alcanzado. Con este antecedente, y sabiendo que el SMT, traslada pasajeros de Sur a Norte en la ciudad, el presente proyecto pretende facilitar el acceso de los usuarios a la información de los corredores Central Trolebús y Oriental Ecovía, dentro de un aplicativo móvil que les permita visualizar datos como ubicación de paradas y trayectos de los distintos circuitos que conforman ambas troncales, permitiéndoles conocer las estaciones más cercanas a su ubicación actual y optimizando su experiencia de viaje. Esto se lo realizó incorporando Feature Layers provenientes de ArcGIS Online en Android Estudio, bajo el lenguaje de programación JAVA, permitiendo que la aplicación “RecorreQuito” este disponible para dispositivos con sistema operativo Android. Adicional, a esto, se completó el estudio con un análisis de accesibilidad a cada parada de los corredores, dando como resultado un aproximado de las personas beneficiadas de este tipo de transporte de acuerdo con cada parroquia urbana. Los resultados de este análisis muestran áreas de servicio comprendidas en ventanas de tiempo de 5, 10 y 15 minutos para que 819 633 usuarios puedan acceder a ellas, dando como resultado general una superficie total de 74,10 km² distribuida a lo largo de las 84 paradas que conforman el SMT.

PALABRAS CLAVE:

- **APP MÓVIL**
- **ACCESIBILIDAD**
- **SMT**

Abstract

One of the biggest axes to be resolved, is mobility within the city of Quito, because with the high demand for vehicle circulation directly harms the travel times of citizens, it's here where prioritizing the use of public transport is so important, it becomes a decisive piece in the improvement of mobility, being the Metropolitan Passenger Transport System of Quito, (SMT), the one that greater demand in recent years has reached. With this background, and knowing that the Metropolitan Transport System, transports passengers crossing from South to North the city, the present project aims to facilitate the access of users to the information of the corridors Central Trolebus and Oriental Ecovía, within a mobile application that allows them to visualize data as the location of stops and routes of the different circuits that make up both systems, allowing them to know the stations closest to their current location and optimizing their travel experience. This was done by incorporating Feature Layers from ArcGIS Online in Android Studio, under the JAVA programming language, allowing the application "RecorreQuito" to be available for devices with Android operating system, and achieving a better and friendly user interface. In addition, the study was completed by carrying out an analysis of accessibility to each one of the stops of both of systems, resulting in an approximate of the people benefited from this type of transport according to each urban parish. The results of this analysis show service areas comprised in 5, 10 and 15 minute time windows for 819 633 users to access them, giving as a general result a total area of 74,10 km² distributed along the 84 stops that make up the SMT.

KEY WORDS:

- **MOBILE APP**
- **ACCESIBILITY**
- **SMT**

Capítulo I. Aspectos Generales

Antecedentes

Es fundamental ampliar el ámbito de acción de la movilidad desde el transporte al desarrollo urbano, a la prestación de servicios y al modelo de territorio, pues son aspectos fundamentales para facilitar el desarrollo y planificación dentro de una ciudad (Gutiérrez, 2012). Es aquí donde el sistema de transporte público se convierte en un elemento determinante de las dinámicas de desarrollo en las ciudades y ya se empieza a generar medidas encaminadas al fomento de estos medios, entre ellas, la principal es mejorar el servicio aumentando su competitividad con respecto a vehículos privados, y atrayendo de este modo a un mayor número de usuarios. (Universidad de Valencia, 2012)

En Quito, la movilidad ha sido uno de los mayores ejes por resolver, por la forma de crecimiento urbano en los últimos años, donde la vialidad disponible es muy pequeña, y no atiende la gran demanda de circulación vehicular, que aumenta cada año y que perjudica la calidad de vida de los ciudadanos que se ve afectada especialmente por los tiempos de viajes que se incrementan a medida que la circulación se congestiona cada vez más. (Secretaría de Movilidad, 2014). Para mejorar la movilidad de pasajeros en el sistema de transporte público, en 2010 se crea La Empresa Pública Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito (EPMTPQ) que actualmente administra los principales corredores viales de la ciudad: Troncal Central Trolebús, Troncal Oriental Ecovía y Troncal Occidental; y que transporta cerca de 900 000 pasajeros diarios mediante todas sus líneas que también incluyen, servicios o buses alimentadores con conexiones entre terminales y a otros sectores de la urbe. (EPMTP-DMQ, 2019)

Sin embargo, cada uno de estos tres corredores viales crecieron y se desarrollaron en diferentes tiempos, cada uno pensado como un proyecto independiente para atender las necesidades de movilidad de la ciudadanía con alta calidad y con los servicios limitados que existen. En 1990 se crea el Trole, al principio con 14 unidades que comprendía el tramo entre El Recreo y la calle Esmeraldas, transportando un promedio de 50 mil pasajeros diarios, pero años después, y con 113 unidades se concretaron las extensiones a la Terminal El Labrador, Terminal Carcelén, la estación Morán Valverde, y Quitumbe. (EPMTP-DMQ, 2019)

La Ecovía fue el segundo sistema de transporte público, inició en 2001 y comprendía la ruta que va desde el Playón de la Marín a la estación Río Coca; hoy tiene conexión con la terminal Quitumbe y con la nueva Terminal Sur Ecovía en el sector de Guamaní. (EPMTP-DMQ, 2019)

El Corredor Occidental se implementó en 2012, transporta cerca de 200 mil pasajeros diarios en promedio y aunque anteriormente estaba dividida en 2 líneas conocidas como "Corredor Central Norte" y "Corredor Sur Occidental", actualmente recorre la ciudad desde el Terminal Quitumbe hasta el Terminal La Ofelia, recorriendo importantes arterias viales como las Avenidas Mariscal Sucre, Diego de Vásquez, De La Prensa y América. Es la única línea de la EPMTPQ cuya operación también incluye participación privada. (EPMTP-DMQ, 2019)

Además, el sistema municipal de transporte cuenta con más de 40 líneas alimentadoras y de integración que amplían su cobertura y ofrecen a los usuarios alternativas económicas para movilizarse y cumplir con sus actividades cotidianas. (EPMTP-DMQ, 2019)

El Censo de Población y Vivienda de 2010 proporciona un dato de movilidad interparroquial, que muestra que en torno a un millón de personas se desplazaba en 2010 fuera de su cabecera cantonal o parroquia rural para trabajar y en torno a medio millón de personas para estudiar, (Córdova, 2017), al mismo tiempo, gran parte de las personas que se desplazan dentro de las ciudades no tiene un amplio conocimiento sobre las rutas o destinos de los buses de transporte público, y como lo redacta una publicación del diario el Comercio del 2019, la ciudad de Quito ocupa el lugar número 26 en el ranking de las ciudades en el mundo que más problemas de congestión vehicular presentan. (El Comercio, 2019)

Aunque se han tomado medidas para la reducción de vehículos en el tránsito diario como el “Hoy no circula”, el parque automotor es tan extenso que la mayoría de los ciudadanos recurren a medios públicos para movilizarse a sus destinos, uno de los que mayor afluencia de pasajeros tiene es el Sistema Integrado de Trolebús (Ecovía y Trole principalmente) por el uso de un carril exclusivo que permite en teoría una mayor y mejor circulación en horas pico.

Analizando el desarrollo actual, se han elaborado proyectos similares en lo que respecta a la implementación de aplicaciones SIG para la web; claro está que no todos los proyectos se desarrollan bajo los mismos estándares, métodos o plataformas. Un claro ejemplo de uso del SIG como aplicativos webs fue el proyecto denominado “Aplicación Móvil y Web para la Gestión de lugares Geolocalizados” realizado por Eduardo Castilla en la Universidad de Madrid, que se centra en aprovechar las sinergias de la programación móvil y web para lograr que las mismas capas de datos sean usadas para ambas plataformas.

La Empresa Municipal de Transportes de Madrid, también cuenta con aplicaciones para smartphones, que permiten al usuario disponer de toda la información de la oferta

de sus servicios, se puede visualizar las paradas que están alrededor de la ubicación actual del usuario, calcular rutas, consultar tiempos de espera de un autobús, informar sobre toda la red de líneas y paradas; la app también notifica si hay algún imprevisto con la línea que espera, y permite tener información acústica de los tiempos, o capturar los códigos de las paradas para ubicar automáticamente el lugar en el que se encuentra el usuario. (EMT Madrid, 2015)

Desde la perspectiva del crecimiento urbano inteligente y la mejora de la movilidad urbana, alrededor del mundo aparecen estrategias prioritarias en el desarrollo de las ciudades que apuntan a mejorar las conexiones entre trabajo y vivienda, y para (Vaccaro, 2014), una forma de combinar y entender la relación entre la movilidad y la población es por medio de la accesibilidad, puesto que su concepto se basa en las posibilidades que el entorno da al individuo para trasladarse, así como las limitaciones o barreras que no solo tienen que ver con la dificultad para moverse sino también con el tiempo invertido en ello.

Tomando en cuenta lo expuesto y la clara necesidad de mantener un contacto directo de información entre los medios de transporte públicos y los usuarios, el presente estudio pretende facilitar la percepción que tiene un usuario de los circuitos del Trole y la Ecovía en la ciudad, para dejar a su elección la ruta, línea o parada más próximos a su ubicación, además de identificar la accesibilidad a cada una de las paradas, delimitándolas dentro de cada parroquia urbana para mejorar sus tiempos y experiencias de viaje, mediante el uso de Web Map Services dentro de un aplicativo móvil.

Definición del problema

De acuerdo con la Secretaria de Movilidad de Quito, los cambios en los estilos de vida y en los modelos urbanos y territoriales de las últimas décadas, han ido generando grandes problemas de movilidad. Entre éstos no sólo se incluyen la congestión del tráfico o la mala circulación, sino también los impactos ambientales y sociales que produce el transporte y afectan el general convivir de sus habitantes. (Secretaría de Movilidad, 2014)

Quito es también uno de los destinos turísticos más visitados por extranjeros y nacionales, y en la mayoría de las visitas, el uso de transporte público es prioritario adicional a los usuarios diarios que ya se movilizan dentro de la urbe y que aumentan el número de personas que disponen de este medio, sin embargo no todos los usuarios tienen a su alcance la información sobre las rutas, destinos, o estaciones de los mismos, esto puede generar conflictos en la movilidad propia de las personas, involucra más tiempo de viaje que el necesario, equivocaciones en las rutas o esperar una única línea de transporte, es decir el problema reside en el desconocimiento de las rutas de transporte público y la accesibilidad a sus paradas y eso puede tener implicaciones en el turismo, la economía, la seguridad, entre otros.

Es por eso por lo que, en vista de responder esa necesidad, se ha planteado la elaboración de un aplicativo móvil (en adelante app), en la plataforma Android, con la utilización de Web Map Services en donde el usuario pueda verificar toda la información acerca de rutas, líneas o paradas del Sistema Integrado de Trolebús más próximas a su ubicación además tendrá a su disposición los resultados de un análisis de accesibilidad a las diferentes paradas y estaciones, (por parroquias), de todos los circuitos involucrados en el estudio para de esta manera brindar una mejora en tiempos y experiencias de viaje a los usuarios.

Justificación e importancia

El transporte es un sector estratégico para la economía nacional, es el motor que impulsa las actividades particulares y productivas del país, y las políticas gubernamentales en materia de transporte a través de los últimos años se ven reflejadas de una u otra forma en la realidad actual del servicio de transporte de pasajeros. (INEC, 2013) Las personas necesitan movilizarse por diversas razones, y la escasez de datos relacionados con el servicio de transporte vuelven indispensable la realización de este estudio, en el cual se condensa la información y se la pone al alcance de la ciudadanía.

La importancia de este estudio radica en el uso de una aplicación móvil como una alternativa de visualizador de rutas para los usuarios. El uso de esta técnica, debido a su versatilidad al permitir el acceso a la información y poder tenerla a disposición a cualquier hora del día, puede generar un mayor abanico de posibilidades de transporte a los ciudadanos, y acercando la solución a un problema tan complejo como la movilidad en el transporte público de la urbe quiteña.

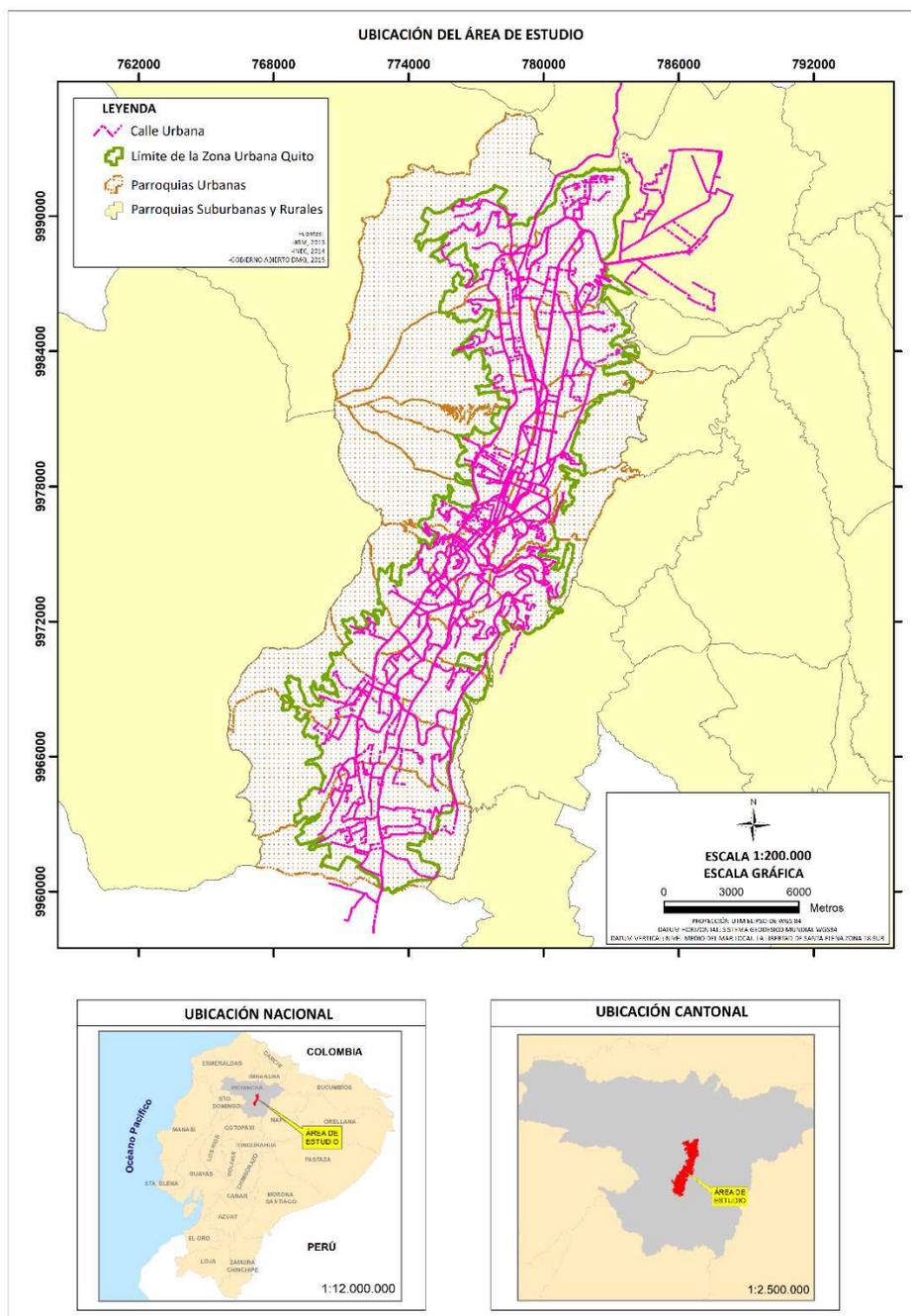
Descripción del área de estudio

La zona de estudio se encuentra en la Provincia de Pichincha, en el área urbana de Quito, Distrito Metropolitano, está conformada por 32 parroquias urbanas, (Gobierno de Pichincha, 2017), abarca una superficie de 200 km² con cerca 4 km de ancho y 50 km de largo, (INEC, 2014), (**Ver Figura 1.**), y de acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos, en sus trabajos de proyección, el Cantón Quito para el año 2020, cuenta con una población aproximada de entre 2'781.641 habitantes, (Secretaría Técnica Planifica Ecuador , 2017), del cual cerca de 2'011.388 personas se encuentra asentada

en la denominada mancha urbana del cantón, representando cerca del 72% del total de la población del cantón Quito.

Figura 1

Área de Estudio



Al estar ubicada en la Hoya de Guayabamba, en toda la zona predomine el relieve irregular y la presencia de diversas elevaciones como el Ruco y el Guagua Pichincha, además los ríos que cruzan la ciudad son el Machángara y Monjas. Con una temperatura promedio de 14 grados centígrados, la cota sobre el nivel del mar es aproximadamente de 2 854m., y se encuentra ubicada a 0° 13' 47" S y 78 °31' 29" W, datos obtenidos de (Molina, 2018) y comprobadas en el software ArcGIS 10.7.1 con mínima diferencia.

Las diferentes características topográficas y la presencia de fallas geológicas, han permitido a través de los años que la trama urbana se haya desarrollado de manera alargada, limitando así en algunos sectores la infraestructura, el equipamiento y una adecuada accesibilidad y movilidad, esto llevó a una organización y distribución en Administraciones Zonales en todo el cantón para mejorar el manejo y desarrollo de las parroquias, tal y como se presenta en la **Tabla 1.**, se da a conocer la distribución de las parroquias urbanas de acuerdo con cada Administración Zonal.

Teniendo en cuenta el alcance territorial de la línea del Trole y Ecovía pertenecientes al Sistema Integrado Trolebús y que tienen un recorrido que atraviesa de Sur a Norte la zona urbana del Distrito Metropolitano de Quito, se tomaron en cuenta 21 parroquias urbanas para la elaboración de este proyecto por su relación directa con los corredores.

Tabla 1

División Zonal de la Zona Urbana de Quito

Orden	Administración Zonal	Ubicación	Parroquias Urbanas
1	Quitumbe	Sur	Chillogallo, La Ecuatoriana, Guamaní, Turubamba, Quitumbe
2	Sur Eloy Alfaro	Sur	Chilibulo, Chimbacalle, La Argelia, La Ferroviaria, La Magdalena, La Mena, San Bartolo, Solanda
3	Manuela Sáenz	Centro	Centro Histórico, Itchimbía La Libertad, Puengasí, San Juan
4	Eugenio Espejo	Norte	Belisario Quevedo, Cochapamba, Concepción, Iñaquito, Jipijapa, Kennedy, Rumipamba, San Isidro del Inca
5	La Delicia	Norte	Carcelén, Comité del Pueblo, Cotocollao, El Condado, Ponceano

Nota: Adaptado de “Información Cartográfica del Gobierno Abierto de Quito” (Gobierno Abierto de Quito, 2015)

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar una aplicación móvil que incluya servicios WMS en la que se pueda visualizar las líneas del Trole y Ecovía, junto a un análisis de accesibilidad a sus respectivas paradas por parroquias para facilitar la utilización del transporte público municipal en la zona urbana de Quito.

Objetivos Específicos

- Recopilar información georreferenciada de las rutas correspondientes a la Ecovía y Trole con sus respectivas estaciones.
- Realizar entrevistas a los representantes del servicio de Trolebús, para conocer datos como frecuencias, número de unidades disponibles, duración de los viajes, entre otros para el desarrollo de las bases de datos.
- Generar una GBD que permita el manejo y depuración de la información recopilada.
- Analizar la accesibilidad de los peatones a cada una de las paradas por parroquias en diferentes intervalos de tiempo.
- Crear un Visualizador Web de forma dinámica para su uso en la aplicación móvil y visualización.
- Desarrollar una aplicación móvil que permita la visualización de la información final referente a los circuitos, paradas, estaciones y terminales de los corredores Trolebús y Ecovía.

Metas del proyecto

- Una, (1) Geodatabase que contenga *Feature Class* de las paradas, ejes viales actualizados e información georreferenciada de las de once, (11) rutas correspondientes a la Ecovía y Trole.
- Veintidós, (22) Mapas de Accesibilidad a las paradas de los circuitos, uno por cada parroquia urbana involucrada en el proyecto.
- Un, (1) Visualizador Web preparado con la información obtenida a lo largo de este proyecto.
- Una, (1) aplicación móvil que contenga la información respecto a la ubicación de las paradas, rutas, circuitos e información adicional de los Sistemas de Corredor Trolebús y Ecovía.

Hipótesis

Con el uso de la aplicación móvil los usuarios tienen una mayor facilidad de acceso a la información de las rutas y circuitos del Trole y Ecovía optimizando el recurso transporte.

Capítulo II. Marco Teórico

Sistemas de Información Geográfica

Generalidades

Los Sistemas de Información Geográfica o GIS por sus siglas en inglés, son considerados como una herramienta útil que integra tecnología informática, (software y hardware), personas, (operadores que efectúan los procesos) e información geográfica y cuya función primordial es capturar, analizar, almacenar, editar y representar datos relacionados a un espacio determinado dentro del territorio, es decir georreferenciados. (Olaya, 2014)

En la actualidad, un SIG es fundamental para trabajar con cualquier tipo de información de forma eficiente, siempre y cuando esté asociada geográficamente al territorio, por lo que permite representarla de una manera tal que sea más fácil su comprensión hacia otros usuarios, y que puede ser aplicada por diferentes disciplinas de acuerdo con sus necesidades.

El uso de este tipo de sistemas facilita la visualización de los datos obtenidos en un mapa con el fin de reflejar y relacionar fenómenos geográficos de cualquier tipo, desde mapas de carreteras hasta sistemas de identificación de parcelas agrícolas o de densidad de población. Además, permiten realizar consultas y representar los resultados en entornos web y dispositivos móviles con el fin de ayudar a resolver problemas y siendo un valioso apoyo en la toma de decisiones. (CEA, 2014)

Base de datos o GDB

Una Base de Datos Geográfica (GDB), es un conjunto de datos estructurados y almacenados de tal forma que su objetivo principal es facilitar su uso. La información geoespacial dentro de una GDB se constituye de datos meramente de tipo espacial, y por supuesto de datos alfanuméricos considerados la parte temática de dicha información. (Olaya, 2014).

Al manejar datos geoespaciales, la cantidad o volumen de estos es tan extenso que una GDB permite una mayor eficiencia en la captura, codificación y entrada de datos, mejora el acceso y obtención de resultados; además, que es más sencillo extraer la información que contienen los datos aumentando su valor informativo.

Existen diversos modelos para el almacenamiento de datos, pero el modelo relacional es el más utilizado, se basa en un esquema de tablas que resulta a la vez sencillo de comprender y fácil de utilizar para el análisis y la consulta de los datos. Las tablas contienen un número dado de registros o entidades (equivalentes a las filas en la tabla), así como campos (columnas), lo que da lugar a una correcta estructuración y un acceso eficiente.

Estructura de una Geodatabase

Feature Class: agrupa las entidades con una misma geometría que puede ser punto, línea o polígono.

Feature Dataset: agrupa feature class con un mismo sistema coordenadas.

SIG y Accesibilidad

Los Sistemas de Información Geográfica surgieron como herramientas vinculadas a la geografía, y han provocado grandes cambios en la forma en que percibimos el territorio, con el tiempo se integraron diversas disciplinas más que aprovechan su utilidad para medir fenómenos y dar respuesta a problemáticas sociales, pero como se menciona en (Echeolanea, 2018), es la planificación urbana una de sus principales aplicaciones, cumpliendo el rol de manejar grandes bases de datos espaciales y permitir diversos análisis de acuerdo a la información con la que se trabaja.

La accesibilidad, como definición general se puede explicar como la disponibilidad de oportunidades en un territorio y la posibilidad de que las personas puedan trasladarse y llegar a ellas, (Dahlgren, 2008). Es uno de los principales elementos a tomarse en cuenta al momento de hablar de planificación y desarrollo de un territorio, y se la considera como información de alto valor involucrada en la gestión y procesos de transformación y mejora urbana

Entonces, siguiendo esta línea, la estrecha relación de estos dos términos nos lleva a concluir que la accesibilidad puede ser reconocida como la posibilidad que existe de que los individuos puedan alcanzar actividades o servicios en una determinada área y los SIG permiten medir y cuantificar dicha posibilidad mediante análisis de diferentes datos como por ejemplo, uso de suelo, población, infraestructura vial, límites, entre otros, aportando de esta manera información que permita una acertada toma de decisiones para el desarrollo y funcionalidad de una ciudad y que a su vez mejoren el bienestar de toda una sociedad.

IDE

Una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) son considerados actualmente como el principal elemento para el correcto aprovechamiento de la información geográfica a nivel global, es un sistema de informático que integra un conjunto de recursos como lo son: catálogos, servidores, programas, aplicaciones, páginas Web, entre otros, dedicados a gestionar la información geográfica, cumplen una serie de condiciones de interoperabilidad, normas, especificaciones, protocolos, y que permiten que un usuario, utilizando un simple navegador, pueda utilizarlos y combinarlos según sus necesidades. (Diputación de Barcelona, 2020).

Una IDE está compuesta de:

- *Datos*: Información geográfica de base y / o temática que se visualiza a través de visores de mapas.
- *Metadatos*: Son otro de los pilares dentro de la IDE, describen a los datos como tal, es decir aportan con información extra sobre ellos, (fecha de la cartografía, formato, propietario, por citas algunos ejemplos). La Norma que regula los metadatos de la información geográfica es la ISO19115 "Geographic Información - Metadata".
- *Estándares*: Se habla de la interoperabilidad para su óptimo funcionamiento, son dos factores de interoperabilidad básicos, la parte técnica hace referencia a que en el proceso se usen los mismos lenguajes, llegar a acuerdos para la utilización de los mismos formatos y servicios de datos basados en estándares aceptados internacionalmente. Y por otra parte está la semántica que consiste en que la información compartida sea coherente en cuanto a significado, lo que implica llegar a acuerdos en cuanto a modelos conceptuales de esa información.

- *Usuarios*: Son los principales pilares dentro de la IDE, ya que solo si esta cubre sus necesidades, aceptarán esta nueva forma de trabajar y las IDE se mantendrán y evolucionarán. Por lo tanto, es importante conocer quiénes son los usuarios potenciales de cada una de las IDE y las necesidades que van a tener para poder definir los roles e identificar y evitar conflictos de interés entre usuarios. Esto permitirá conseguir el máximo nivel de satisfacción de los usuarios de la IDE. (Olaya, 2014)

Movilidad

Según el American Heritage Dictionary, la movilidad se define como la cualidad o estado de ser movido, y como la capacidad del ser en moverse o ser movido de un lugar a otro (The American Heritage Dictionary of the English Language, 2020)

La movilidad es un parámetro que mide la cantidad de desplazamientos que las personas o las mercancías efectúan en un determinado sistema o ámbito socioeconómico. (Universidad de Valencia, 2012). Cuando se habla de movilidad, se hace referencia a las personas que se desplazan para movilizarse de un sitio a otro, y no a los medios de transporte que son los instrumentos que facilitan estos desplazamientos.

Entonces, como lo dice (Cohen, 2017) tomando una clara definición de la brasileña Heloisa Pontes en su libro *Intérpretes de la metrópoli: historia social y relaciones de género en el teatro y en el campo intelectual en San Pablo*, la movilidad se la concibe también como “la libertad al momento de desplazarnos con la relación del deseo del sujeto para alcanzar determinado destino”; nos lleva a entender a la movilidad como la suma de desplazamientos que cada uno realiza a diario para obtener los servicios que necesitan, realizándolos por diferentes medios que los caracterizan socialmente. Cabe

señalar que la movilidad depende del nivel socioeconómico de la población, por tanto, las condiciones para la obtención de bienes y servicios urbanos se pueden ver afectados por las restricciones a la movilidad, reduciendo así su calidad de vida. (Velásquez, 2015).

Y si sabemos que la movilidad esta estrechamente relacionada con el desarrollo urbano y su planificación, se cree que este tema debería involucrarse e influir firmemente en los diagnósticos de movilidad y por ende en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial.

Accesibilidad

Existen algunas definiciones respecto a la accesibilidad dadas a lo largo de los años, una de las primeras fue planteada por (Hansen, 1959) quien la definió como “la medida de la distribución espacial de actividades en torno a una localización”, pero dirigiéndonos a un enfoque más territorial se encuentra la definición dada por (Dalvi & Martin, 1976) que argumenta a la accesibilidad como “la facilidad con que cualquier actividad o uso de suelo puede ser alcanzado desde una localización utilizando un sistema de transporte particular”.

En forma similar, (Hansz, Hernández, & Rubinstein, 2018) la definen como “el grado en que el uso del suelo y los sistemas de transporte habilitan a los individuos a alcanzar actividades o destinos mediante una combinación de modos de transporte”.

Estos son solo ejemplos de las diversas definiciones que se pueden encontrar sobre accesibilidad, sin embargo, todas hacen referencia a algo muy similar, a la capacidad que tienen las personas para trasladarse y llegar a lugares donde necesitan

participan en actividades que desarrollan, teniendo en cuenta los sistemas viales y los de transporte.

Cuantitativamente, agrupando y resumiendo las ideas de algunos autores (Alcântara, 2010) (Vaccaro, 2014), (Schwanen, y otros, 2015), (Wee, 2016), (Hansz, Hernández, & Rubinstein, 2018), a la accesibilidad se la puede expresar como la suma de 4 diferentes componentes que interactúan entre ellos, estos son:

- *Uso del suelo*: refleja la cantidad, calidad y distribución espacial de las actividades o lugares de destino
- *Sistema de transporte*: describe la calidad y utilidad que experimenta un individuo cuando se mueve entre origen y destino, incluye el tiempo de viaje, espera y estacionamiento, costos directos e indirectos.
- *Componente temporal*: son las restricciones de tiempo dadas por que las actividades o lugares no están disponibles en determinado momento; y también la disponibilidad de los individuos para participar de ellas.
- *Aspectos individuales*: representa las diferentes necesidades de los individuos, ya sea la edad, nivel socioeconómico, habilidades entre otros. (Hansz, Hernández, & Rubinstein, 2018).

Y de acuerdo con (Quintero, 2017), la accesibilidad va de la mano con factores como la geometría e infraestructura del lugar o del espacio, es decir la facilidad para atravesar el espacio y llegar a un destino, justamente ahí es donde está el eje central de la accesibilidad, que en realidad es cuanto las personas acceden y no cuanto se mueven, se trata de una capacidad, que toma en cuenta diversos aspectos individuales, como la capacidad de pago, la disponibilidad de modos de viaje privados o los diversos destinos.

Análisis de Redes

Los análisis de redes proporcionan herramientas de análisis espacial basadas en una red para resolver problemas como planificar rutas para toda una flota, calcular tiempos de conducción, localizar instalaciones, entre otros. (ESRI UK, 2020)

La herramienta principal es una red que se crea y configura de acuerdo con las características para los diferentes tipos de análisis, pero ¿qué es una red?, una red es un sistema de elementos interconectados, como bordes (líneas) y cruces de conexión (puntos), que representa las posibles rutas desde una ubicación a otra. (ArcGIS Pro, 2020)

Áreas de Servicio

Las áreas de servicio son parte de los análisis de redes, representan una región que cubre toda la vialidad accesible hasta un punto o servicio dentro de una impedancia especificada, es decir dentro de un intervalo de tiempo, en donde se aprecia como la accesibilidad varía en esos intervalos. Una vez creadas pueden ser utilizadas para identificar el número de personas, la superficie de terreno o cualquier otra variable en el interior de la vecindad o región. (ESRI ArcGis, 2020)

Análisis de Rutas

Un análisis de ruta es útil para determinar la mejor ruta entre un conjunto de ubicaciones de red en función de un costo de red específico, es decir determina la forma

más rápida o corta de viajar entre las ubicaciones de las facilidades. Con este análisis se pueden generar direcciones de conducción para visitar varias paradas o para medir la distancia o el tiempo de viaje entre ubicaciones, además es capaz de encontrar rutas para uno o más vehículos cada vez que se ejecuta, por lo que puede determinar las mejores rutas para que varios conductores visiten paradas preasignadas. (ESRI UK, 2020)

Facilidad más cercana

Encuentra una o más instalaciones cercanas a una ubicación según el tiempo de viaje, la distancia u otro costo y genera la mejor ruta, se puede especificar cuántas instalaciones buscar y si la dirección de viaje es hacia o lejos de ellas. (ESRI UK, 2020)

Matriz de Origen y Destino

Una matriz de costo OD es una tabla que contiene el tiempo y distancia de viaje desde cada origen a cada destino. Además, clasifica los destinos a los que se conecta cada origen en orden ascendente según el tiempo o la distancia mínima requerida para viajar desde ese origen a cada destino. (ESRI UK, 2020)

Location-Allocation

Este análisis de análisis de ubicación y asignación es útil para elegir un número determinado de instalaciones de un conjunto de ubicaciones potenciales de manera que

se asigne una demanda a las instalaciones de una manera óptima y eficiente. (ESRI UK, 2020)

Transporte urbano

Se denomina transporte urbano, al transporte colectivo y masivo de pasajeros, en el que los usuarios deben adaptarse a horarios y rutas que les ofrecen las compañías, además que a diferencia de un transporte privado los pasajeros comparten el vehículo y siempre está disponible para cualquier usuario en general. (Silva & Torres, 2017). El concepto de transporte urbano describe también el acto de movilizar y trasladar personas desde un punto de origen a un destino final, dentro de la delimitación urbana propuesta por administraciones político-administrativas.

El concepto de transporte se relaciona con la movilidad, lo que ha permitido incorporar a las instituciones gubernamentales para su mejora continua y fortalecimiento de los vínculos con la población, ya que el tema de transporte influye directamente en la accesibilidad a lo laboral pues es la principal actividad económica de las ciudades, por tanto es un factor determinante para alcanzar un equilibrio económico con el fin de generar ingresos y mejoras en la calidad de vida de quienes lo usan (Ortiz, 2016)

Es probable que el crecimiento poblacional y la estructura urbana haya condicionado el desarrollo y diseño del transporte urbano, los lugares a los que los usuarios se movilizan, ya sea por cuestiones laborales, de educación, vivienda u ocio determinan el inicio y fin de los recorridos, y la ubicación de estos mismos puntos, sean céntricos o periféricos determinan que un usuario ya no realice un solo desplazamiento, sino múltiples, tomando distintos recorridos o diferentes líneas de transporte urbano

Sistema Metropolitano de Transporte

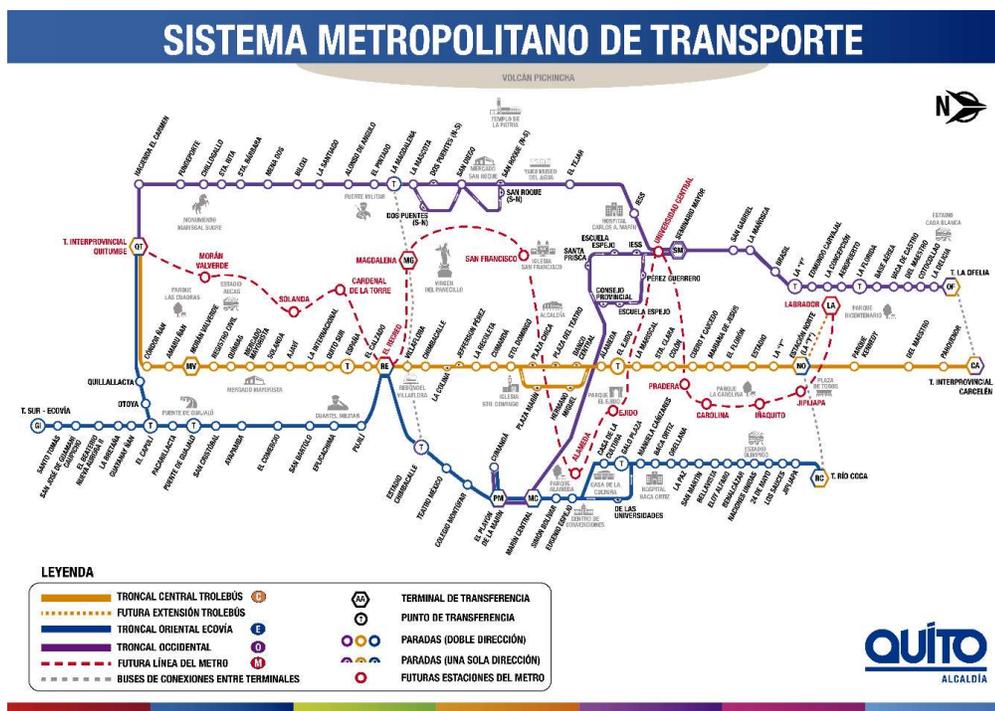
El Sistema Metropolitano de Transporte está conformado por tres principales corredores viales de la ciudad, la Troncal Occidental, la Troncal Central Trolebús y la Troncal Oriental Ecovía, y la próxima incorporación del Metro de Quito, y a aunque la historia del transporte municipal comienza en 1990, es en el año 2010 mediante Ordenanza Municipal No 0314 (EPMTP-DMQ, 2019), que se crea la Empresa Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito para su administración y para continuar con la atención frente a las necesidades de movilidad de los quiteños.

El SMT, recorre toda la zona urbana de Quito en 3 de sus vías principales atravesando directamente 21 parroquias con los circuitos troncales, y llegando a periferias y resto de ciudad con el servicio de rutas alimentadoras que se conectan a las diferentes Terminales y Estaciones de Transferencia, permitiendo de esta manera que más usuarios accedan al servicio de transporte, que de acuerdo a datos estadísticos provenientes de la Empresa de Pasajeros, en el año 2019 se beneficiaron un promedio de 15.252.126 usuarios mensuales que se transportan a distintos lugares mediante el Sistema Metropolitano de Transporte, y con la próxima finalización y apertura del Metro se estima que los números aumenten. (Gerencia de Operaciones - EPMTQP, 2020)

En la **Figura 2**, presentada a continuación se puede apreciar la distribución de paradas y los recorridos de cada una de las troncales y de la próxima incorporación del Metro de Quito al Sistema Metropolitano de Transporte.

Figura 2

Vista General del Sistema Metropolitano de Transporte de Quito



Fuente: (EPMTP-DMQ, 2019)

Troncal Central Trolebús

Fue el primer transporte masivo en el país, se lo implementó en la década de los años 90, haciendo su primer recorrido el 17 de diciembre de ese año, de acuerdo con la Real Academia Española, trolebús se refiere a un autobús de tracción eléctrica que toma la corriente de cables aéreos para su traslado” (Real Academia de la Lengua Española, 2020).

Con la mejora y expansión del servicio en los años posteriores, el Sistema del Trolebús recorre actualmente cerca de 27.3 km en todo su recorrido movilizándose en

una vía de uso exclusivo, dejando y recogiendo un promedio diario de 215 mil pasajeros en sus 42 paradas según datos de la propia Empresa de Pasajeros, cuenta con 114 unidades operativas repartidos en 5 circuitos o líneas diferentes, **(Ver Tabla 2)** que parten desde la Estación El Labrador al norte, recorren por la Av. 10 de Agosto, atravesando el Centro Histórico, la Av. Maldonado para luego tomar la Av. Teniente Hugo Ortiz, la Av. Quitumbe Ñan y finalmente llegar a la Estación Quitumbe al sur. (EPMTP-DMQ, 2019)

Tabla 2
Circuitos y Cobertura del Corredor Trolebús

<i>Circuitos</i>	<i>Cobertura</i>
C1	Estación El Recreo - Terminal Norte El Labrador
C2	Estación Morán Valverde - Terminal Norte El Labrador
C4	Terminal Interprovincial Quitumbe - Parada Colón
C5	Parada El Ejido - Terminal Interprovincial Carcelén
C6	Terminal Interprovincial Quitumbe - Estación El Recreo

Nota: Adaptado de "Informe de Operaciones de Corredores Administrados por la EPMTPQ". (Gerencia de Operaciones - EPMTPQ, 2020)

Circuito C1

Su recorrido empieza en la Estación El Recreo de la Av. Pedro Vicente Maldonado, recorre una distancia cercana a los 12,2 km, con 25 paradas hasta la Av. 10 de Agosto en donde culmina su recorrido en la Terminal Norte el Labrador (EPMTP-DMQ, 2019). **(Véase Anexo 1)**

Circuito C2

Al igual que el circuito C1, su recorrido culmina en la Av. 10 de Agosto en la Terminal Norte el Labrador, pero su punto inicial al sur de la ciudad es desde la estación Morán Valverde, en el sector de Guajaló adicionando 10 paradas al recorrido y aumentando su distancia a 17,1 km en total. (EPMTP-DMQ, 2019). **(Véase Anexo 2)**

Circuito C4

Recorre una distancia de 14,7 km desde el Terminal Interprovincial Quitumbe hasta la parada y punto de transferencia Colón, con 30 paradas transita por la Av. Quitumbe Ñan, la Av. Teniente Hugo Ortiz, Av. Pedro Vicente Maldonado y parte de la Av. 10 de Agosto hasta su punto final. Esta línea no ingresa a la estación El Recreo, pues se considera un punto de alta demanda de pasajeros y se aliviana con los otros circuitos que parten directamente desde la mencionada estación (EPMTP-DMQ, 2019). **(Véase Anexo 3)**

Circuito C5

Este circuito cubre la parte céntrica y norte de la urbe, con una distancia de 12,7 km con 9 paradas, transporta a los usuarios desde la Parada El Ejido ubicada en el parque

con el mismo nombre, por toda la Av. 10 de Agosto, toma la Av. Galo Plaza Lasso hasta llegar al Terminal Interprovincial Norte de Carcelén. (EPMTP-DMQ, 2019). . **(Véase Anexo 4)**

Circuito C6

El Circuito también conocido como CQR, parte desde el Terminal Interprovincial Quitumbe en el sur, recorre la Av. Quitumbe Ñan, Av. Teniente Hugo Ortiz hasta llegar a la estación El Recreo en la Av. Pedro Vicente Maldonado, con una distancia cercana a los 7,4 km y con 14 paradas, es el circuito con el recorrido más corto del sistema Trolebús. **(Véase Anexo 5)**

A continuación, se presenta una tabla resumen con datos adicionales de cada uno de los circuitos

Tabla 3

Tabla resumen del Corredor Trolebús

<i>Circuito</i>	<i>Velocidad Promedio (km/h)</i>	<i>Distancia Recorrida</i>	<i>N° de paradas en el recorrido</i>	<i>Horario</i>	<i>Frecuencias</i>
C1	14,77	12,2 km	25	05:00 - 00:00	00:02
C2	16,18	17,1 km	35	05:00 - 20:00	00:07

<i>Circuito</i>	<i>Velocidad Promedio (km/h)</i>	<i>Distancia Recorrida</i>	<i>N° de paradas en el recorrido</i>	<i>Horario</i>	<i>Frecuencias</i>
C4	19,02	14,7 km	30	05:00 - 20:30	00:05
C5	14,89	12,7 km	9	05:15 - 21:00	00:06
C6	14,20	7,4 km	14	05:00 - 23:40	00:10

Nota: Adaptado de “Informe de Operaciones de Corredores Administrados por la EPMT PQ”. (Gerencia de Operaciones - EPMT PQ, 2020)

Troncal Oriental Ecovía

Inicio operaciones en el año 2002, haciendo recorridos que cubrían desde la estación Playón de la Marín hasta la estación Río Coca en la Av. 6 de Diciembre, este tramo se lo conoce como Oriental Norte Ecovía, en el año 2011 se realizó la ampliación del sistema hacia el sur por la Av. Maldonado denominado Oriental Sur Ecovía llegando al Terminal Interprovincial Quitumbe, y posterior expansión en el año 2016 hasta el terminal Sur Guamaní. (EPMT-PDMQ, 2019)

Actualmente, y de acuerdo con la información recopilada de la Empresa de Pasajeros de Quito, la Troncal Ecovía, con 6 circuitos recorre 24,9 km en total, cuenta con 42 paradas brindando el servicio de transporte a 135 mil pasajeros diarios. Con un total de 126 unidades, circula por las Av. Pedro Vicente Maldonado, Av. Napo llegando al sector de la Marín en la Av. Pichincha, para luego tomar la calle Gran Colombia, la Av. 12

de Octubre en uno de sus circuitos y la Av. 6 de Diciembre con los restantes, hasta culminar su recorrido en la Av. Río Coca en la estación final con el mismo nombre. (EPMTP-DMQ, 2019) **(Ver Tabla 4).**

Tabla 4

Circuitos y Cobertura del Corredor Ecovía

<i>Circuitos</i>	<i>Cobertura</i>
E1	Terminal Sur Guamaní-Parada de las Universidades
E2	Terminal Interprovincial Quitumbe-Terminal Río Coca
E3	Playón de la Marín-Terminal Río Coca
E4	Terminal Interprovincial Quitumbe-Playón de la Marín
E6	Terminal Interprovincial Quitumbe-Estación El Recreo
E8	Terminal Sur Guamaní-Parada El Ejido

Nota: Adaptado de “Informe de Operaciones de Corredores Administrados por la EPMTQP”. (Gerencia de Operaciones - EPMTQP, 2020)

Circuito E1

Su recorrido empieza en el Terminal Sur de Guamaní en la Av. Pedro Vicente Maldonado, recorre una distancia cercana a los 18 km, es el único circuito de la Troncal

Ecovía que toma la Av. 12 de Octubre, con 26 paradas, su último punto es la denominada Parada de las Universidades, que debe su nombre al ser considerado un punto donde se concentran varias instituciones de educación superior, siendo en su mayoría los propios estudiantes los que recurren a esta línea para movilizarse. (EPMTP-DMQ, 2019). **(Véase Anexo 6)**

Circuito E2

Con una distancia de recorrido de 20,4 km aproximadamente, inicia en el Terminal Interprovincial Quitumbe, recorre casi todas las Avenidas pertenecientes a la troncal en un solo viaje, es la línea más extensa pues llega hasta la Estación Río Coca con 35 paradas en total. (EPMTP-DMQ, 2019). **(Véase Anexo 7)**

Circuito E3

Es quizás el circuito más antiguo de la Troncal Ecovía, circula por la Av. Pichincha, Gran Colombia y Av. 6 de Diciembre, y con 19 paradas recorre 9,1 km desde la parada Marín Central hasta la Estación Río Coca. (EPMTP-DMQ, 2019). **(Véase Anexo 8)**

Circuito E4

Cuenta con 17 paradas desde el Terminal Interprovincial Quitumbe, recorre calles como la Av. Maldonado, Av. Napo hasta llegar a la parada El Playón de la Marín, cubre una distancia de 11,2 km, (EPMTP-DMQ, 2019). En este último destino se puede tomar los servicios intraparroquiales o el servicio del Corredor Occidental, otro transporte perteneciente al Sistema Metropolitano de Transporte, pero q no fue tomado en consideración para este estudio. **(Véase Anexo 9)**

Circuito E6

Este circuito, al igual que la línea C6 de la Troncal Trolebús parte desde el Terminal Interprovincial Quitumbe al sur y llega a la Estación El Recreo, la diferencia radica en que esta línea lo hace por la Av. Maldonado, con 13 paradas recorre 7,3 km, siendo la distancia más corta cubierta por el sistema Ecovía. **(Véase Anexo 10)**

Circuito E8

Este circuito cubre la parte sur y central del área urbana, recorre 16,2 km con 29 paradas, transporta a los usuarios desde El Terminal Sur de Guamaní, por las Av. Maldonado, al llegar al sector del Recreo, sin ingresar a la estación toma el recorrido del Trolebús atravesando el Centro Histórico hasta llegar a la Parada El Ejido en la Av. 10 de Agosto en donde los usuarios puede hacer transferencia y tomar el circuito C5 del Trole hasta el Terminal Carcelén (EPMTP-DMQ, 2019). **(Véase Anexo 11)**

A continuación, se presenta una tabla resumen con datos adicionales de cada uno de los circuitos

Tabla 5

Tabla resumen del Corredor Trolebús

<i>Circuito</i>	<i>Velocidad Promedio (km/h)</i>	<i>Distancia Recorrida</i>	<i>N° de paradas en el recorrido</i>	<i>Horario</i>	<i>Frecuencias</i>
E1	17,19	18 km	26	5:00 - 23:00	00:08

<i>Circuito</i>	<i>Velocidad Promedio (km/h)</i>	<i>Distancia Recorrida</i>	<i>N° de paradas en el recorrido</i>	<i>Horario</i>	<i>Frecuencias</i>
E2	17,41	20,4 km	35	5:00 - 10:15 16:00 - 18:53	00:06
E3	16,08	9,1 km	19	5:10 - 22:00	00:02
E4	16,80	11,2 km	17	7:45 - 21:32	00:06
E6	13,60	7,3 km	13	21:45 - 24:00	00:06
E8	16,68	16,2 km	29	5:30 - 9:00 15:35 - 19:00	00:12

Nota: Adaptado de "Informe de Operaciones de Corredores Administrados por la EPMT PQ". (Gerencia de Operaciones - EPMT PQ, 2020)

Web Map Service

El Servicio de Mapas Web, o WMS por sus siglas en inglés, es un estándar definido que permite publicar y visualizar mapas de referenciados espacialmente a partir de información geográfica. Este estándar define un "mapa" como una representación de información geográfica en forma de un archivo de imagen digital. (GeoSur, 2017). De acuerdo con el documento OpenGIS Web Map Server

Implementation Specification (Open Geospatial Consortium Inc., 2016), se definen tres operaciones en un WMS:

GetCapabilities: con esta operación se obtienen los metadatos que ofrece el WMS

GetMap: el resultado de esta operación es la obtención de un mapa

GetFeatureInfo: es la única operación cuya implementación es opcional, provee a los usuarios información específica de alguna característica dentro del WMS.

En la actualidad, muchos mapas están disponibles de forma abierta en línea a través de diferentes plataformas, todo esto gracias a la utilidad que han alcanzado los servicios WMS.

GIS en la nube

Este concepto se maneja bajo la utilización de servicios y aplicaciones en Internet, en donde los usuarios, sin necesidad de poseer algún tipo de software en su computador pueda acceder a mapas web y sus datos, únicamente contando con acceso a internet y un navegador. (Uzcategui, 2017)

Estos servidores permiten almacenar, analizar, publicar y visualizar datos geográficos en la nube, revolucionando el manejo de estos datos en los softwares de escritorios, pues facilitan que un gran número de usuarios sin sean capaces de realizar análisis de datos para publicar y compartir con todo el mundo sus mapas online. (Uzcategui, 2017)

Dentro de las principales características están:

- Se puede almacenar un número ilimitado de mapas.
- Ofrecen soporte online y un uso comercial de sus servicios.
- Incorporar y almacenar datos geográficos.
- Elegir el mapa base entre numerosas opciones.
- Importar y exportar capas en diferentes formatos (csv, GeoJSON, shp, etc.).
- Realizar consultas espaciales (SQL) de nuestros datos almacenados en la aplicación.
- Funciones simples o avanzadas de análisis, edición, cálculo y geoprocésamiento de la información.
- Publicar, compartir y embeber (integrar) nuestros mapas en una página web con una leyenda, control de capas, título, etc.
- Utilizar completos conjuntos de herramientas para personalizar estilos, realizar simbología y etiquetado.

ArcGIS online

Es una extensión del programa ArcGIS como tal, desarrollado por ESRI permite conectar personas, ubicaciones y datos mediante mapas interactivos. La idea principal es el funcionamiento en la nube y es muy utilizada para analizar datos, crear mapas y compartirlos pues incluye una amplia galería de mapas base y estilos inteligentes para explorar y visualizar datos de los que los usuarios pueden hacer uso en mapas web,

aplicaciones web y una variedad de otros productos. Estos mapas y datos se almacenan en la nube de ESRI, una infraestructura segura y privada, en la que se pueden configurar, acorde con los requisitos informáticos y de cartografía del usuario, opciones para que puedan ser publicados, compartidos y visualizados con cualquier persona y en cualquier lugar. (ESRI ArcGis Online, 2020)

Ofrece una plataforma geoespacial bastante completa donde los desarrolladores pueden crear aplicaciones personalizadas usando las API y SDK de ArcGIS para crear aplicaciones móviles y web como pueden ser: ArcGIS API for JavaScript, ArcGIS Runtime SDK for Android, ArcGIS Runtime SDK for Java, etc. (Uzcategui, 2017)

ArcGIS for Developers

Ofrece un conjunto completo de herramientas y recursos para crear soluciones de mapeo y análisis. Bajo esta extensión, se permite a los usuarios construir, administrar e implementar aplicaciones utilizando las herramientas adecuadas, cuando las necesite, y cumpliendo las necesidades que se presente. Se pueden crear aplicaciones basadas en la localización ya sea para la web, el escritorio o los dispositivos móviles. (ESRI Colombia, 2020)

QGIS

QGIS es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de Código Abierto, parte del Open Source Geospatial Foundation (OSGeo), y soporta numerosos formatos y funcionalidades de datos vector, datos ráster y bases de datos. (QGIS, 2020)

Entre sus principales características se encuentran.

- Explorar datos y componer mapas.
- Corre sobre Linux, Unix, Mac OSX, Windows y Android
- Publica los proyectos y capas QGIS como servicios WMS, WMTS, WFS y WCS compatibles con OGC.
- Controla qué capas, atributos, diseños y sistemas de coordenadas se exportan.
- El servidor QGIS es considerado una implementación de referencia para WMS.
- Publicar mapas en Internet.
- Consola de Python.

GeoServer

Es un servidor de datos espaciales, de código abierto escrito en Java que permite a los usuarios compartir y editar datos geoespaciales, GeoServer implementa los protocolos estándares open web que establece el Open Geospatial Consortium, lo que permite compartir y editar los datos que se utilizan para generar los mapas web, (GeoServer, 2020) . Entre sus principales características se encuentran.

- Está diseñado para publicar los datos de cualquier fuente de datos espaciales,
- Soporta la multitud de orígenes de datos, y
- Tiene una amigable interfaz con los usuarios y creadores.

Carto

Es una plataforma potente y abierta que permite la localización inteligente y la visualización de datos, pues permite que cualquier usuario pueda analizar, visualizar y

extraer información a partir de la localización de datos, y hace posible crear y publicar complejos y elegantes mapas online en muy poco tiempo.

Destaca por almacenar las tablas de datos en una base de datos PostgreSQL, con el componente espacial PostGIS y permite utilizar API's para crear datos geoespaciales dinámicos y avanzados y mapas escalables para el desarrollo de aplicaciones. (Uzcategui, 2017)

Aplicaciones móviles

Generalidades

Las aplicaciones móviles o también conocidas como apps son un diseño de software listo para ser instalado y utilizado en dispositivos móviles, se no solo se adaptan a las limitaciones de los mismos, sino que también aprovechan las especificaciones y posibilidades tecnológicas que dichos dispositivos ofrece. (Aguado, Martínez, & Cañete-Sanz, 2015).

Están diseñadas para realizar funciones concretas, como se expuso en el 2017 en una conferencia de ServiSoftcorp, (ServiSoftcorp, 2017), las apps cumplen un amplio abanico de funciones, pues permiten a los usuarios realizar actividades profesionales, acceder a servicios, mantenerse informado, o simplemente favorecen al ocio y a la comunicación. Todas las aplicaciones tienen un diseño de interfaz que debe ser intuitivo y natural, para de esta manera para responder completamente a los requisitos de los usuarios. (Joyce & Lilley, 2014)

Una de las funciones principales de cualquier app, es que, al ser un programa ejecutable en cualquier dispositivo móvil, siempre estará disponible, y se la puede usar en cualquier tiempo y lugar cumpliendo con especificaciones que demandan las propias apps, como por ejemplo puede ser la conectividad a una red inalámbrica de acceso a internet, la cobertura de la operadora, entre otras. Las aplicaciones, se encuentran disponibles para el público a través de tiendas on line, de acuerdo a los diversos sistemas operativos que hay en el mercado, los más usados son el sistema operativo IOS, diseñado por Apple, y Android diseñado por Google, dentro de estas tiendas de distribución se pueden encontrar aplicaciones pagas y otras de acceso gratis para los consumidores.

Actualmente, las aplicaciones móviles pueden ser, o se pueden desarrollar tres aplicaciones diferentes, estas son: aplicaciones móviles nativas, híbridas y web (Cosío, Khaddage, Carreño, Sandoval, & Estrada, 2015).

Tipos de aplicaciones móviles

A continuación, se definen los 3 tipos de aplicaciones, en el mismo orden en que diferentes autores las han descrito, haciendo mayor énfasis en las del tipo nativa, pues son las que se utilizaron para este trabajo de investigación,

App nativa

El término “nativa” es usado para referirse a las aplicaciones que se encuentran instaladas y son ejecutadas sobre la arquitectura del teléfono móvil, es decir, que, aunque son descargadas desde internet, para funcionar no necesitan estar conectadas a la nube

o a un servicio web, todo el proceso se ejecuta de manera interna a través de la capacidad de procesamiento, (RAM) de cada dispositivo.

Ventajas:

- Son de rápida ejecución, y ofrecen una experiencia de uso más fluida.
- Tienen acceso inmediato
- Ejecutan animaciones multimedia de alta calidad (Developer Centers, 2020). Esto es de mayor interés para las aplicaciones de ocio, como videojuegos.
- Pueden desarrollarse en modo “background” o en segundo plano, al poder hacer uso de las notificaciones para mostrar los avisos al usuario, aun cuando no se esté usando la aplicación.
- Puede utilizar características de los dispositivos en los q está instalada como la cámara, GPS, sensores, altavoz, entre otros. (Nahuel, 2017)

Desventajas:

- Su tamaño considerable en bytes
- Son dependientes al dispositivo y al sistema operativo, esto significa que fueron desarrolladas usando un conjunto o kit de herramientas en particular, por lo que los desarrolladores deben crear diferentes versiones de la misma aplicación para ser ejecutada en diversos dispositivos, de acuerdo con sus sistemas operativos. (Cosío, Khaddage, Carreño, Sandoval, & Estrada, 2015)
- Tienen un mayor costo de desarrollo, pues se debe utilizar un lenguaje de programación diferente según la plataforma. Por ende, si se desea cubrir varias plataformas, se deberá generar una aplicación para cada una de ellas (Nahuel, 2017)

App Web

Están basadas en el lenguaje HTML5, JavaScript y CCS, es decir las mismas librerías usadas para crear sitios web, se almacena en la memoria local del dispositivo, pero se ejecuta en el navegador web del dispositivo. (Cosío, Khaddage, Carreño, Sandoval, & Estrada, 2015)

El mayor requerimiento es que el dispositivo tenga acceso a internet, son independientes de las plataformas y sistemas operativos, sus actualizaciones son visualizadas directamente en el dispositivo, como desventajas tiene que son más lentas que las nativas pues dependen exclusivamente del tipo de conexión a internet, es decir de la red la cobertura y la velocidad, tampoco pueden utilizar los elementos del dispositivo como lo hacen las nativas. (Delfía, Galdámez, Thomas, & Pesado, 2013)

App Híbrida

Se denominan aplicaciones híbridas, pues combinan una app nativa con una web. Usa el código de programación web dentro de un entorno de una app nativa, esto le da la ventaja de poder usar los elementos de los dispositivos, es decir son desarrolladas utilizando tecnología web y son ejecutadas dentro de un contenedor web sobre el dispositivo móvil, y es este componente web el que permite visualizar los códigos de programación dentro de ese navegador, entre las mayores ventajas está el que permite ser distribuido en las tiendas de aplicaciones y acceder a las propiedades del dispositivo móvil. (Miríadax, 2019)

Entre las principales ventajas se pueden mencionar la posibilidad de distribución de la aplicación a través de las tiendas de aplicaciones, la reutilización de código para

múltiples plataformas y la posibilidad de utilizar las características de hardware del dispositivo. Una de las desventajas es que, al utilizar la misma interfaz para todas las plataformas, la apariencia de la aplicación no será como la de una aplicación nativa y será mucho más lenta cuando se la ejecute. (Delfía, Galdámez, Thomas, & Pesado, 2013)

Desarrollo de Aplicaciones Móviles

El mercado y desarrollo de aplicaciones móviles ha alcanzado un ritmo de crecimiento exponencial en los últimos años, sobre todo desde que nació el querer dar respuesta a todas las necesidades de cualquier usuario a través de una aplicación que “facilite y mejore su experiencia móvil”

Actualmente el mercado para desarrolladores es bastante amplio, permite que se creen todo tipo de aplicaciones para los usuarios, como se ha mencionado en apartados anteriores, los dispositivos móviles poseen diversos sistemas operativos que los distinguen entre ellos (OS) de acuerdo a su origen de fabricación o compañías, (Bustos, Perez, & Berón, 2015) citan 3 de los OS más utilizados estos son:

IOS: desarrollado y distribuido por Apple.

Windows Phone: desarrollado por Microsoft.

Android: Está basado en Linux y es respaldado por Google, es el sistema operativo más utilizado en la actualidad. Puede ser utilizado en teléfonos inteligentes, tablets, relojes inteligentes, televisores y automóviles. pero recibe constantes contribuciones de desarrolladores especializados ya que es un sistema operativo de código abierto.

Ahora bien, ya se había establecido que el tipo de app que se va a desarrollar en este proyecto es una aplicación del tipo nativa, y esta a su vez será bajo el sistema operativo de Android.

Historia de Android

Android fue manejado en un inicio por la firma Android Inc., fundada en el año 2003 y financiado en su mayor parte por Google, pero dos años más tarde es este mismo quien decide comprarlo y lo adquiere en su totalidad para poder asegurar la creación de sistemas operativos que puedan mantenerse en plataformas abiertas, y así da lugar a la primera versión del sistema operativo, la versión Android Beta. (Nahuel, 2017)

Android es un sistema operativo móvil basado en Linux, (Amaya, 2014) y no es un secreto, que todos los dispositivos móviles que cuentan con este sistema operativo estén a la expectativa de las nuevas actualizaciones, pues esto sin duda alguna mejora el rendimiento y las características de estos dispositivos, permitiendo que la experiencia con el usuario sea más eficaz, y es por eso también que Google invierte cada año una gran cantidad de tiempo y recursos en el proyecto Android, pues ha resultado ser un negocio muy beneficioso, no solo para Google, sino también para cualquier programador de aplicaciones sin olvidar la gran utilidad que tiene en un dispositivo móvil.

Android Estudio

Android Studio es el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para el desarrollo de aplicaciones para Android, e incluye todo lo necesario para compilar apps bajo este sistema operativo. (Desarrolladores de Android, 2020)

Dentro de sus características principales se encuentran:

- Un sistema de compilación flexible
- Un emulador rápido y cargado de funciones
- Un entorno unificado donde se puede desarrollar para todos los dispositivos Android
- Aplicación de cambios para insertar cambios de códigos y recursos a la aplicación en ejecución sin reiniciarla.
- Plantillas de código para ayudar a compilar funciones de apps comunes
- Variedad de marcos de trabajo y herramientas de prueba.
- Herramientas para identificar problemas de rendimiento, usabilidad y compatibilidad de la versión, entre otros
- Compatibilidad con C++.

(Developer Centers, 2020)

Lenguaje de Programación JAVA

De manera general, (López, 2020) describe a un lenguaje de programación como un conjunto de instrucciones y algoritmos que permite la interacción entre usuarios y computadoras, para resolver e interpretar datos, crear sistemas operativos, programas, aplicaciones móviles.

El mismo autor cita, que para utilizarlo es importante conocer 3 importantes características:

Sintaxis: el conjunto de símbolos y reglas para formar sentencias. Es la estructura de una orden

Semántica: las reglas para transformar sentencias en instrucciones lógicas. Es el significado de la orden.

Pragmática: se refiere al modo y contexto de cómo se interpreta y analiza lo que queremos resolver.

JAVA

Es el lenguaje de programación más usado por programadores, pues permite a los desarrolladores escribir el programa una vez y ejecutarlo en cualquier dispositivo, esto significa que si el código es ejecutado en una plataforma no tiene que ser recompilado para ejecutarse en otra. (Cordero, 2017)

Como sabemos Java se puede desarrollar para cualquier sistema operativo, pero para desarrollar estas aplicaciones se necesita el Java Development Kit, (JDK), que permite la compilación por medio de códigos para instalar y configurar el software de Java; así como localizarlo de forma rápida y efectiva. (Falcon, 2018)

Software Development Kit (SDK)

El SDK provee todas las herramientas necesarias para desarrollar, compilar, depurar, y simular aplicaciones. (Nahuel, 2017).

ArcGIS Runtime SDK

ArcGIS Developers proporciona diferentes SDK de acuerdo con el propósito de los desarrolladores. Un SDK de ArcGIS lo ayudan a crear y desplegar aplicaciones nativas en una variedad de plataformas y dispositivos populares. Agregue potentes capacidades espaciales a sus apps y permita a los usuarios de su app hacer todo lo que sea SIG, incluso cuando estén offline. (ESRI Colombia, 2020)

Clave API o APIKey

Una clave API, o Application Programming Interface por sus siglas en inglés, (Nahuel, 2017) es un identificador único que se utiliza para autenticar a un usuario, desarrollador o programa de llamada, en este caso en la plataforma de ArcGIS. (ArcGIS Developers, 2020)

Android Application Package, (APK)

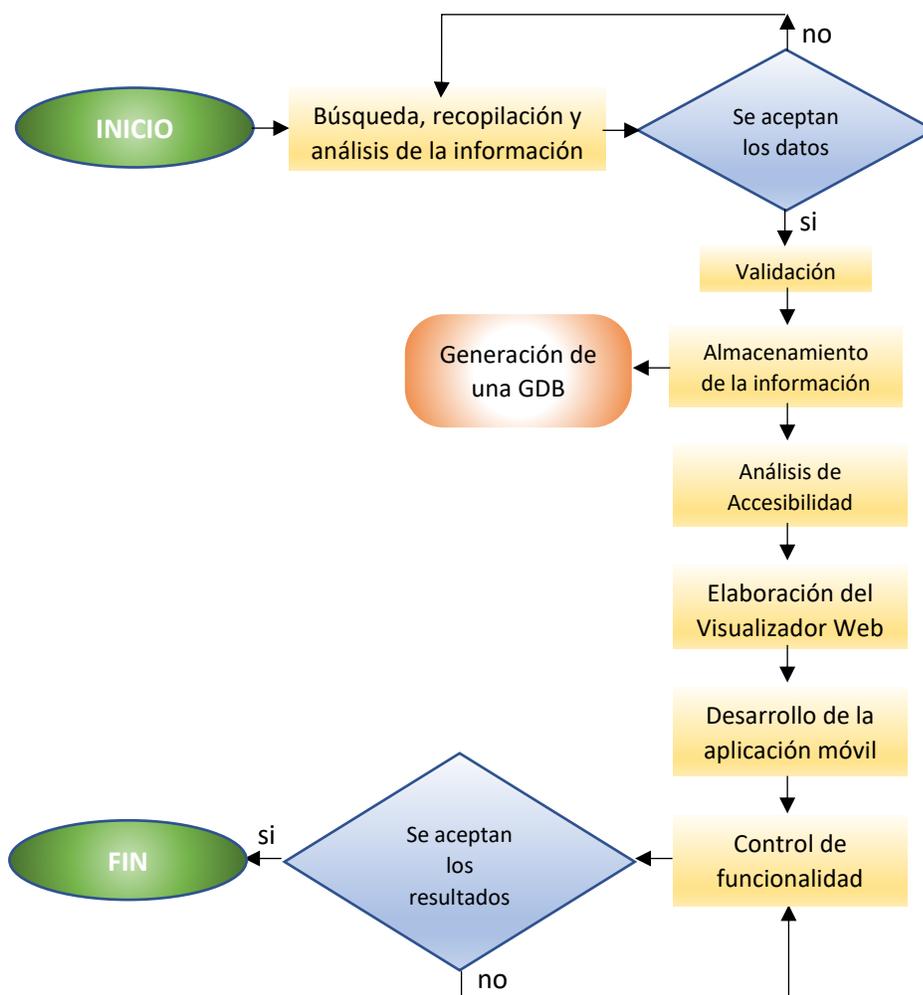
Es un archivo ejecutable de aplicaciones para el Sistema Operativo Android. Un archivo con extensión .APK es un paquete variante del formato JAR de Java y se usa para distribuir e instalar componentes empaquetados para la plataforma Android, tanto smartphones como tabletas. APK hace referencia a un tipo de formato para archivos Android, que nos permite instalarlos en los dispositivos sin necesidad de utilizar la tienda virtual Play Store. (Samsung Lationamérica, 2020)

Capítulo III. Metodología

En este capítulo se exponen todos los aspectos metodológicos aplicados para cumplir con los objetivos propuestos al inicio de este proyecto. La **figura 3** muestra a manera de diagrama de procesos como se llevó a cabo este apartado, iniciando desde la obtención de la información, la creación del visualizador web y concluyendo con la aplicación móvil.

Figura 3

Diagrama de procesos para el desarrollo del proyecto.



Recopilación de información

Cartografía Base

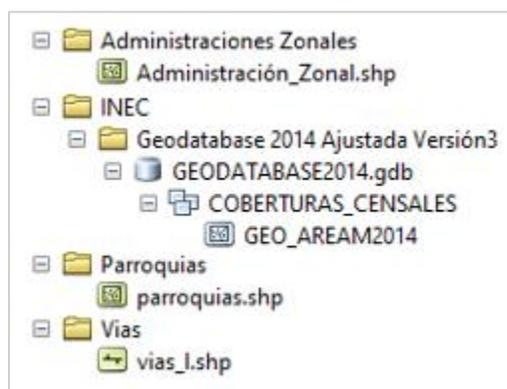
El Geoportal del Instituto Geográfico Militar brindó información base de libre acceso como fueron las vías, a nivel nacional a una escala de 1:50 000, y generada en el año 2013.

También se obtuvo información base, accediendo libremente al Geoportal del Instituto Nacional de Estadísticas y Censo – INEC, de donde se obtuvo información como la delimitación de la zona urbana del cantón Quito perteneciente al año 2014 y a una escala 1:50 000.

Siguiendo la línea de los Geoportales, el Municipio de Quito cuenta con el Geoportal “Gobierno Abierto”, de donde se obtuvo la división parroquial de la Provincia de Pichincha, así como las Administraciones Zonales de Quito, toda la información aquí obtenida corresponde a una escala de 1:50 000 del año 2015.

Figura 4

Cartografía Base.



Cartografía Temática

Representa en este caso los datos referentes a los trazados viales, estaciones y paradas de los corredores Trolebús y Ecovía, con última fecha de actualización al año 2016 y a una escala 1:1 000 y 1:500 respectivamente, y que fueron obtenidos del Geoportal del Municipio de Quito.

Figura 5

Cartografía Temática



Toma de Datos en campo

El principal insumo para el desarrollo del proyecto son los trazados viales de los recorridos que realizan los corredores en cada uno de sus circuitos, así como las paradas, estaciones de transferencia y terminales. La información preliminar que se obtuvo del Geoportal del Municipio de Quito tuvo algunas carencias, ya que al ser la más reciente la del año 2016, hay una extensión que se construyó años después de publicada la información, por lo que se debió tomar datos en campo que la completen. Para este proceso, se utilizó la aplicación móvil *Avenza Maps*, a continuación, se detalla el proceso:

Paso 1: Una vez descargada la aplicación en el teléfono móvil desde la tienda virtual, se elabora una figura en ArcGIS, se exporta en formato .pdf y se lo almacena en el teléfono, (en este caso de estudio se utilizó un Basemap que ofrece el mismo

programa), se abre el archivo seleccionando la opción “Avenza Maps” esto es para que la app pueda marcar el recorrido al momento de levantar la información. **(Véase Anexo 12)**

Figura 6

Aplicación Avenza Maps



Paso 2: En campo, con la ubicación GPS del celular activada, se empieza la recolección de datos, el recorrido se muestra en tiempo real y la aplicación da la opción de generar una marca de posición con fotografías en las paradas para poder obtener su ubicación en coordenadas. **(Véase Anexo 13)**

Figura 7

Fotografía de marca de posición, parada Beatereo corredor Ecovía



Paso 3: Una vez finalizado el recorrido se guardan los datos, y como parte del trabajo de gabinete se exportan las capas en un formato .kml, que podemos enviarnos mediante un correo electrónico. **(Véase Anexo 14)**

Figura 8

Terminal Sur de Guamaní del corredor Ecovía.



Paso 4: El archivo se puede abrir en el software ArcGIS y mediante la herramienta “*kml to layer*”, se convierte en otro tipo de archivo. Luego, se exportan a formato .shp y se trasladan a la base de datos, en donde se puede depurar la información, aquí ya se encuentran las rutas como entidades tipo línea y las paradas como entidades tipo punto. **(Véase Anexo 15)**, para luego unificar la información. **(Véase Anexo 16)**. A continuación, se resume en que tramo en el que se realizó este proceso para la toma de datos.

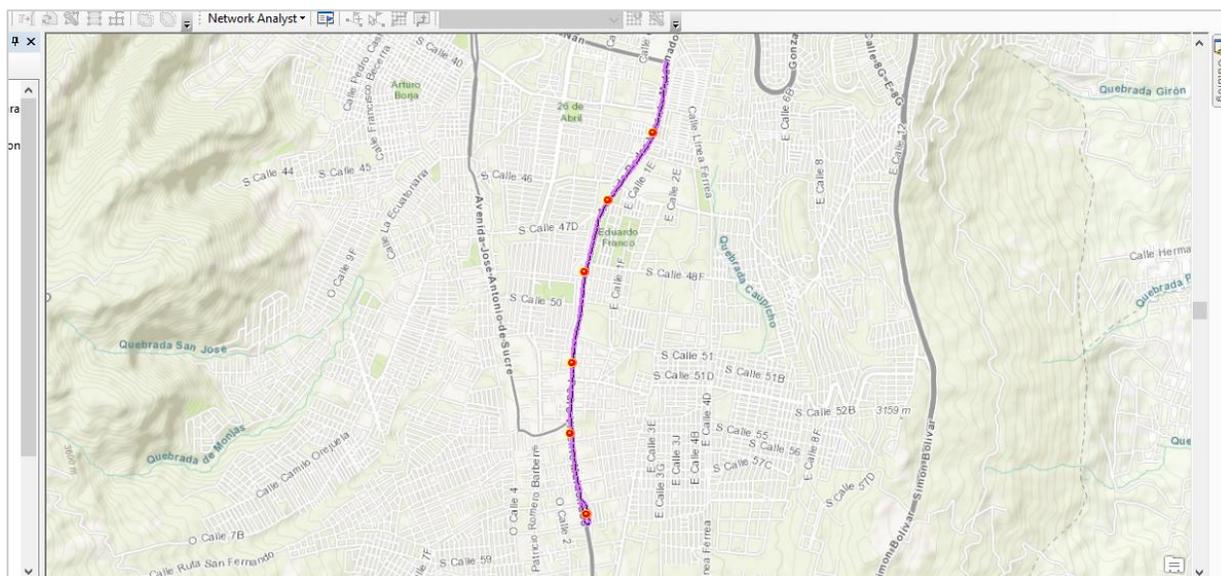
Tabla 6

Información levantada en campo.

<i>Corredor</i>	<i>Cobertura</i>	<i>Distancia levantada (km)</i>	<i>Número de paradas levantadas</i>
<i>Estación El Capulí-</i>			
<i>Ecovía</i>	<i>Terminal Sur de Guamaní</i>	<i>4,8</i>	<i>6</i>

Figura 9

Información levantada en campo presentada en ArcMap.



Información Secundaria

Esta información está relacionada con las líneas de la Empresa Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito – EPMTMQ, como velocidades y pasajeros promedio, entre otros, se la obtuvo mediante un oficio dirigido a la Gerente General, donde se brindó el acceso a diversos datos relacionados con el proyecto, esta información fue conseguida a manera de encuesta digital, y resuelta directamente por la Ing. Giovana Cañas, para luego ser tabulada y procesada. **(Véase Anexo 17).**

Figura 10

Encuesta Digital.



The image shows a screenshot of a digital survey form titled "EMPRESA METROPOLITANA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS DE QUITO". The form is displayed in a browser window with a light blue background. It contains several input fields with the following labels and values:

- Fecha** (Date): 1 respuesta, nov 2020
- Nombre** (Name): 1 respuesta, Giovana Cañas
- Cargo** (Position): 1 respuesta, Especialista de Operaciones 3

Generación GDB

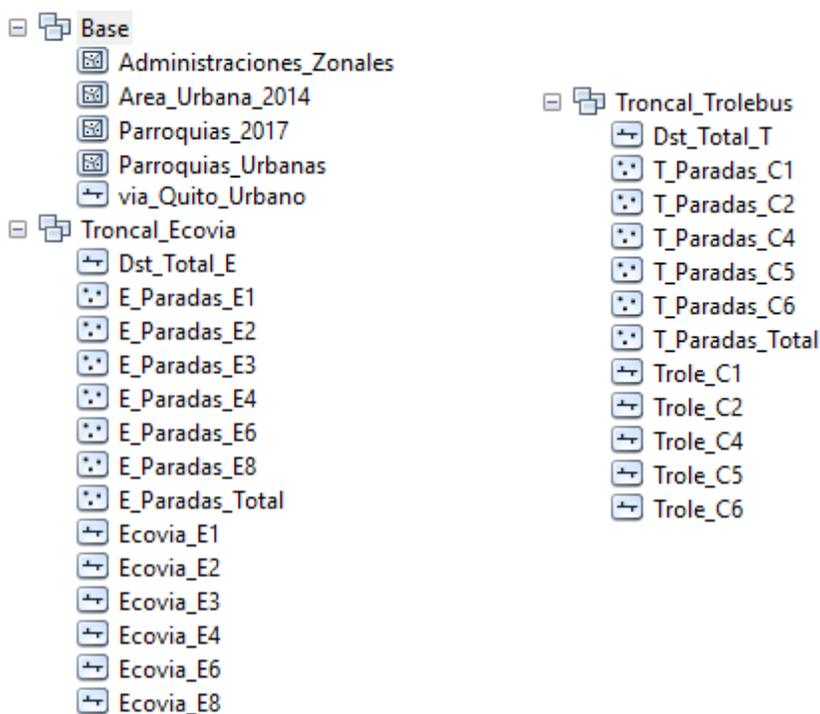
Una Geodatabase soporta el almacenamiento de los datos espaciales y alfanuméricos relacionados a cada entidad, y es la manera más fácil de mantener la

información estructurada y ordenada para su uso continuo, como se menciona en el apartado 2.1.2, la GDB mejora la manipulación de los datos por lo que toda la información obtenida anteriormente fue clasificada en dos Geodatabases, en la que todas las entidades se encuentran en el sistema de coordenadas correspondiente al WGS84 con una proyección UTM Zona 17S.

Geodatabase SMT, contiene el Dataset Base que a su vez almacena los feature class base como vialidad, parroquias, delimitación de la zona urbana, administraciones zonales, y los Dataset correspondientes a los corredores Trolebús y Ecovía, con la información referente a las paradas y circuitos.

Figura 11

Geodatabase SMT del proyecto y su estructura.



Geodatabase Accesibilidad, en la que se almacenó y dividió la información en 21 Datasets por parroquia para facilitar los procesos de análisis de accesibilidad, cada Dataset al final tiene datos como, las delimitaciones parroquiales, el network Dataset, y las paradas de los corredores Trolebús y Ecovía.

Figura 12

Geodatabase Accesibilidad del proyecto y su estructura.



Análisis de Accesibilidad

Uno de los análisis más importantes es la accesibilidad a puntos de interés según el modo de transporte o, dicho de otra forma, cuánto tarda en llegar una persona o grupo

de personas a un servicio, caminando, en bicicleta o en vehículo. Para esta investigación se consideró el apartado 2.5.1 del capítulo II acerca de las áreas de servicio para realizar un análisis de acuerdo a cada una de las paradas del Trole y Ecovía por parroquias, con una impedancia que será el equivalente al tiempo de traslado de un peatón a una parada, estos valores serán 5 10 15 min que nos darán como resultado el área cubierta para esa ventana de tiempos.

Esto se lo realizó con la extensión Network Analyst del software ArcGIS 10.7.1., que es *“una potente extensión que proporciona análisis espaciales basados en la red, incluyendo rutas, direcciones de viaje, instalaciones más cercanas y análisis de áreas de servicio, los usuarios pueden crear fácilmente redes a partir de los datos de sus sistemas de información geográfica (SIG)”* (ESRI España, 2020). El análisis de accesibilidad se estructuró en 3 partes como lo muestra la siguiente figura conceptual:

Figura 13

Flujo para el desarrollo del análisis de accesibilidad

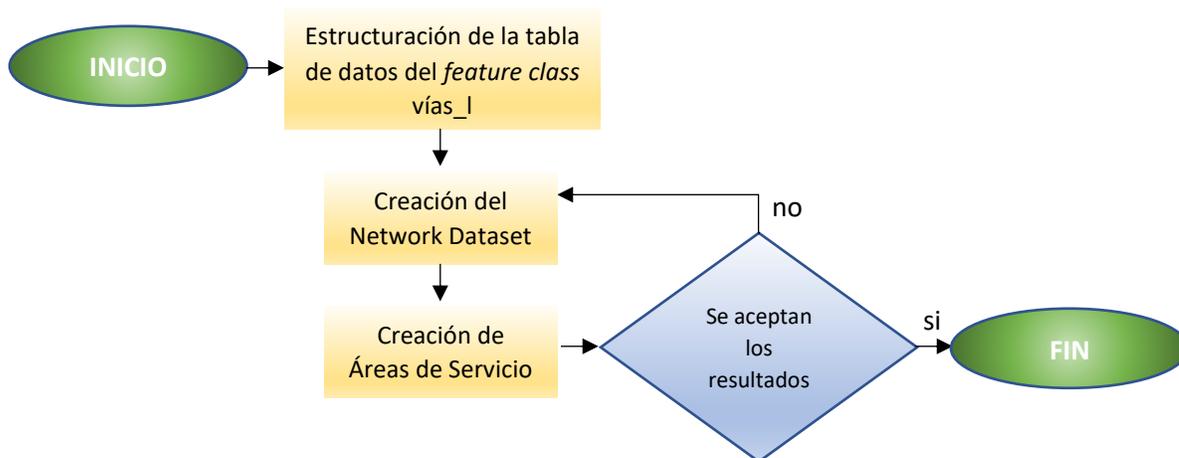


Tabla de datos base

Como se mencionó anteriormente, se realizó un análisis de accesibilidad peatonal como áreas de servicio a las paradas del Trole y la Ecovía. Para esto se utilizó la capa de vías base del Instituto Geográfico Militar, de la cual se delimitó un área que cubra las 21 parroquias urbanas para facilitar su manejo, se eliminaron algunos campos de la tabla original para aminorar la extensión de los datos y que para este estudio no eran de mayor relevancia, y una vez verificada la topología se estructuró la tabla para obtener el Network Dataset de acuerdo con los parámetros o atributos necesarios para su creación, así como lo muestra la **figura 14**.

Figura 14

Atributos necesarios de la tabla base

	Field Name	Data Type
	OBJECTID	Object ID
	Shape	Geometry
	fcode	Text
	Descripcion	Text
→	Categoria	Text
	Nombre	Text
	Shape_Length	Double
→	Meters	Double
→	Oneway	Text
→	Hierarchy	Double
→	Minutes	Double

Categoría:

Este campo determina la clase de vía a la que representa cada entidad tipo línea e indica si son calles, vías, autopistas, roderas, Parkway, ente otros, establecidos ya

como parte de la estructura de datos base cartográficos y que están determinados según el Catálogo Nacional de Objetos del IGM, también se los hace mención en el reglamento de Tránsito del Ecuador, (Agencia Nacional de Tránsito, Última modificación, 2016), para el desarrollo de este proyecto se identificaron vías, calles y autopistas.

Figura 15

Ilustración del campo categoría.

fcode	Descripcion	Categoría	
AP030	SISTEMA DE TRANSPORTE O COMUNICACIÓN	VÍA	
AP030	SISTEMA DE TRANSPORTE O COMUNICACIÓN	VÍA	
AP030	SISTEMA DE TRANSPORTE O COMUNICACIÓN	VÍA	
AP030	SISTEMA DE TRANSPORTE O COMUNICACIÓN	VÍA	
AP030	SISTEMA DE TRANSPORTE O COMUNICACIÓN	VÍA	
AP030	SISTEMA DE TRANSPORTE O COMUNICACIÓN	VÍA	
AP030	SISTEMA DE TRANSPORTE O COMUNICACIÓN	VÍA	Panar
AP030	SISTEMA DE TRANSPORTE O COMUNICACIÓN	VÍA	Panar
AP030	SISTEMA DE TRANSPORTE O COMUNICACIÓN	VÍA	
AP030	SISTEMA DE TRANSPORTE O COMUNICACIÓN	CALLE	
AP030	SISTEMA DE TRANSPORTE O COMUNICACIÓN	CALLE	
AP030	SISTEMA DE TRANSPORTE O COMUNICACIÓN	CALLE	
AP030	SISTEMA DE TRANSPORTE O COMUNICACIÓN	CALLE	
AP030	SISTEMA DE TRANSPORTE O COMUNICACIÓN	CALLE	
AP030	SISTEMA DE TRANSPORTE O COMUNICACIÓN	CALLE	
AP030	SISTEMA DE TRANSPORTE O COMUNICACIÓN	CALLE	
AP030	SISTEMA DE TRANSPORTE O COMUNICACIÓN	CALLE	
AP030	SISTEMA DE TRANSPORTE O COMUNICACIÓN	CALLE	
AP030	SISTEMA DE TRANSPORTE O COMUNICACIÓN	CALLE	
AP030	SISTEMA DE TRANSPORTE O COMUNICACIÓN	CALLE	
AP030	SISTEMA DE TRANSPORTE O COMUNICACIÓN	CALLE	
AP030	SISTEMA DE TRANSPORTE O COMUNICACIÓN	CALLE	
AP030	SISTEMA DE TRANSPORTE O COMUNICACIÓN	CALLE	Desni
AP030	SISTEMA DE TRANSPORTE O COMUNICACIÓN	CALLE	
AP030	SISTEMA DE TRANSPORTE O COMUNICACIÓN	CALLE	
AP030	SISTEMA DE TRANSPORTE O COMUNICACIÓN	CALLE	
AP030	SISTEMA DE TRANSPORTE O COMUNICACIÓN	CALLE	
AP030	SISTEMA DE TRANSPORTE O COMUNICACIÓN	CALLE	
AP030	SISTEMA DE TRANSPORTE O COMUNICACIÓN	CALLE	Paso

Distancia:

Para la creación del Network Dataset, la variable distancia debe estar en la unidad metros, por lo que con la herramienta *Calculate Geometry*, se obtiene dicho campo.

Figura 16

Cálculo de la distancia en metros.

Descripcion	Categoria	txt	Distancia
SISTEMA DE TRANSPORTE O COMUNICACIÓN	AUTOPISTA	Autopista General Rumiñahui	21,779564
SIST			26,892571
SIST		Calculate Geometry	26,35667
SIST			28,914789
SIST		Property: Length	34,658788
SIST			48,742408
SIST		Coordinate System	29,130489
SIST		<input checked="" type="radio"/> Use coordinate system of the data source:	34,159052
SIST		PCS: WGS 1984 UTM Zone 17S	258,578523
SIST			78,568576
SIST			17,922141
SIST		<input type="radio"/> Use coordinate system of the data frame:	72,17268
SIST		PCS: WGS 1984 UTM Zone 17S	25,62842
SIST			541,890302
SIST			38,856685
SIST		Units: Meters [m]	57,191014
SIST			56,538939
SIST		<input type="checkbox"/> Calculate selected records only	111,259298
SIST		About calculating geometry	62,953023
SIST		OK	136,618442
SIST		Cancel	15,556124
SIST			174,718818
SIST			83,455684
SISTEMA DE TRANSPORTE O COMUNICACIÓN	AUTOPISTA		85,889941

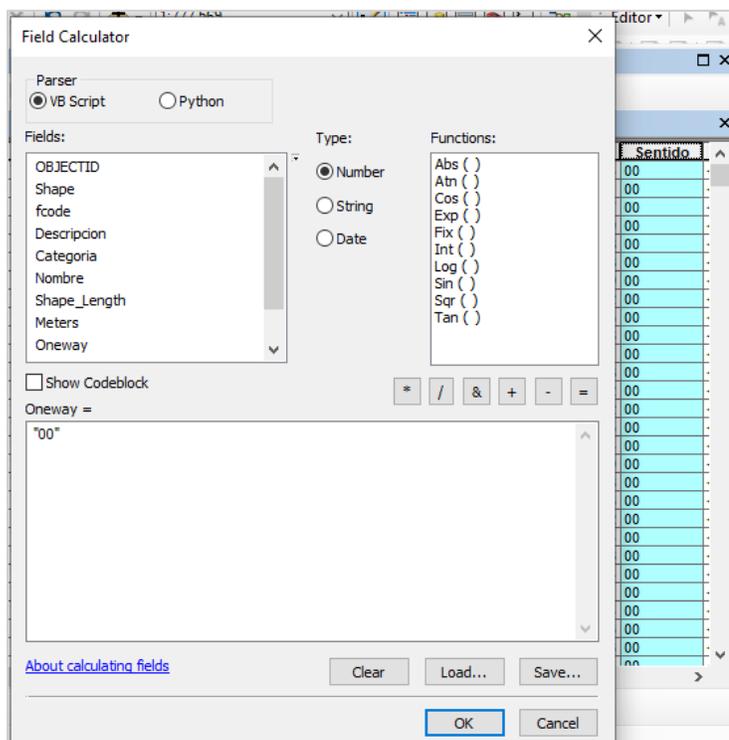
Oneway o Sentido:

Representa el sentido de las vías, el proceso tradicional para determinarlo es estableciendo una serie de nodos en las intersecciones de calles y avenidas, para luego según la dirección de la vectorización determinar su sentido, esto se define como “From to” (FT), y “To from” (TF), o si es bidireccional se lo identifica con el código “00”.

En este proyecto, se analiza la accesibilidad peatonal, por lo que se establece que los usuarios y su movilidad no se encuentre definida por una única dirección, al contrario, tienen un movimiento libre y bidireccional sin importar el sentido vehicular de la calle por la que transiten. Se utilizó la herramienta *Field Calculator* para este campo.

Figura 17

Ilustración del campo sentido.



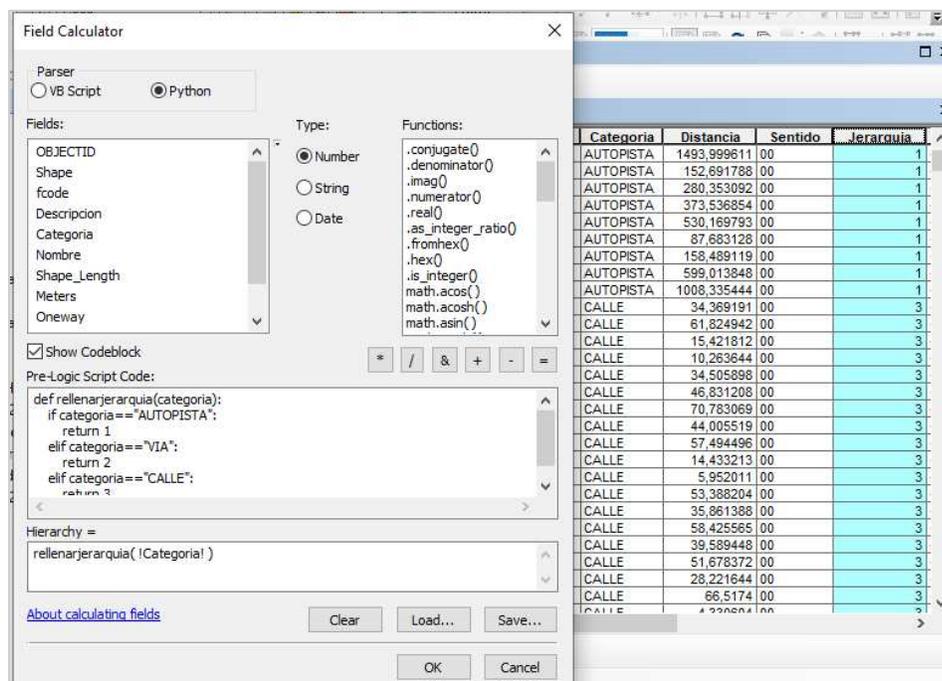
Hierarchy o Jerarquía:

Este campo tiene estrecha relación con el atributo categoría, se trata de priorizar u ordenar a las entidades de acuerdo con un número, que permita establecer e identificarlas de mayor a menor importancia.

Como ya se estableció anteriormente, dentro del área de estudio únicamente hay presencia de autopistas, avenidas o vías y calles urbanas, se les asignó un valor del 1 al 3 respectivamente, manteniendo a la vez una jerarquía similar a la del Catálogo Nacional de Objetos. Se utilizó la herramienta *Field Calculator*, en base a un código para el cálculo como se muestra a continuación:

Figura 18

Ilustración y cálculo del campo Jerarquía.



The Field Calculator dialog box is shown with the Python parser selected. The 'Fields' list includes 'Categoria'. The 'Type' is set to 'Number'. The 'Functions' list includes various mathematical and string functions. The 'Pre-Logic Script Code' field contains the following Python code:

```
def rellenarjerarquia(categoria):
    if categoria=="AUTOPISTA":
        return 1
    elif categoria=="VIA":
        return 2
    elif categoria=="CALLE":
        return 3
```

The 'Hierarchy =' field contains the expression: `rellenarjerarquia(!Categoria!)`.

The background table shows the following data:

Categoria	Distancia	Sentido	Jerarquía
AUTOPISTA	1493,999611	00	1
AUTOPISTA	152,691788	00	1
AUTOPISTA	280,353092	00	1
AUTOPISTA	373,536854	00	1
AUTOPISTA	530,169793	00	1
AUTOPISTA	87,683128	00	1
AUTOPISTA	158,489119	00	1
AUTOPISTA	599,013848	00	1
AUTOPISTA	1008,335444	00	1
CALLE	34,369191	00	3
CALLE	61,824942	00	3
CALLE	15,421812	00	3
CALLE	10,263644	00	3
CALLE	34,505898	00	3
CALLE	46,831206	00	3
CALLE	70,783069	00	3
CALLE	44,005519	00	3
CALLE	57,494496	00	3
CALLE	14,433213	00	3
CALLE	5,952011	00	3
CALLE	53,388204	00	3
CALLE	35,861388	00	3
CALLE	58,425565	00	3
CALLE	39,589448	00	3
CALLE	51,678372	00	3
CALLE	28,221644	00	3
CALLE	66,5174	00	3

Minutos:

Se determina mediante la fórmula del cálculo de la velocidad, que involucra distancia, tiempo y en este caso la velocidad peatonal, que como parte de la investigación teórica, Talen, 2011 citado en (Zumelzu, Barria, & Barrientos-Trinanes, 2020) menciona que un promedio de velocidad para una persona que camina bajo condiciones consideradas como normales tanto físicas como del entorno es cerca de 4km/h a 5km/h, (se considera un rango de edad, densidad peatonal o tráfico de peatones en el momento de la caminata, altura del peatón, limitaciones físicas, compañías, clima, y la calidad de la vía por la que transita el peatón), categorizándolo como una “saludable caminata en donde en cinco minutos se pueden cubrir fácilmente 400 metros”.

Sin embargo, y según un estudio de la Universidad de Pittsburgh publicado en un reporte de la BBC, (BBC News, 2011), estos mismos factores han sido determinantes para que la velocidad de un andante se vea reducida hasta aproximadamente 50m/min. (3km/h), entonces, y considerando que este proyecto está enfocado a las paradas y estaciones de los corredores Trolebús y Ecovía, se tomó como referencia esa velocidad teniéndola en cuenta como una velocidad mínima para alcanzar los servicios. Con este valor y adicional al dato de la distancia calculada anteriormente, se obtiene:

$$V(m/min) = \frac{Distancia(m)}{Tiempo(min)}$$

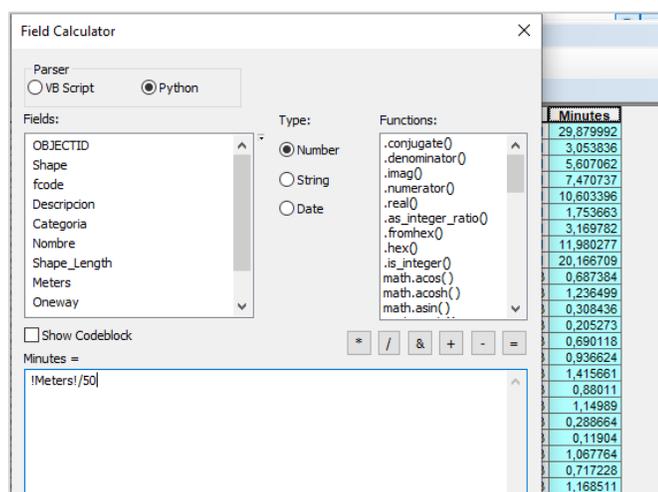
$$T(min) = \frac{Distancia(m)}{Velocidad Peatonal(\frac{m}{min})}$$

Ecuación 1: Cálculo del tiempo

Fuente: (Landau, Ajezer, & Lifshitz, 1993)

Figura 19

Ilustración del campo Minutes.

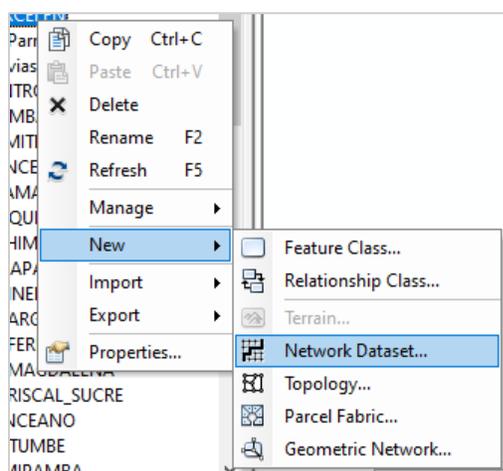


Creación del Network Dataset

En el apartado 2.5 se hace mención a las redes como el principal elemento para la obtención de las áreas de servicio, una vez ya creados los campos dentro del feature vías_l, se genera el Network Dataset, “ND” directamente desde el catálogo de objetos bajo ciertas características, de la siguiente manera:

Figura 20

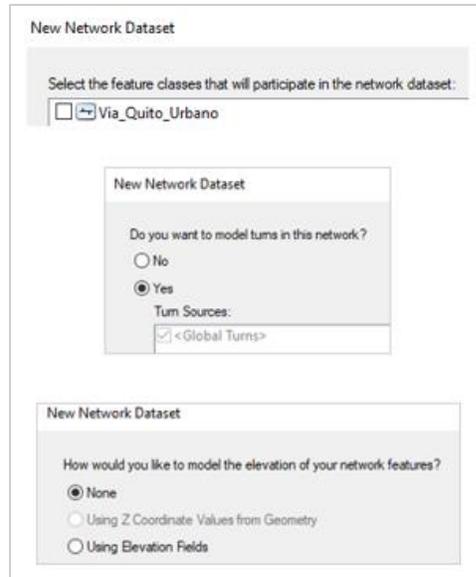
Network Dataset desde el ArcCatalog.



Se selecciona la red con la que se va a trabajar, y se verifica que este activada la casilla Turns Sources, en la ventana siguiente elegir “none” en los modelos de elevación.

Figura 21

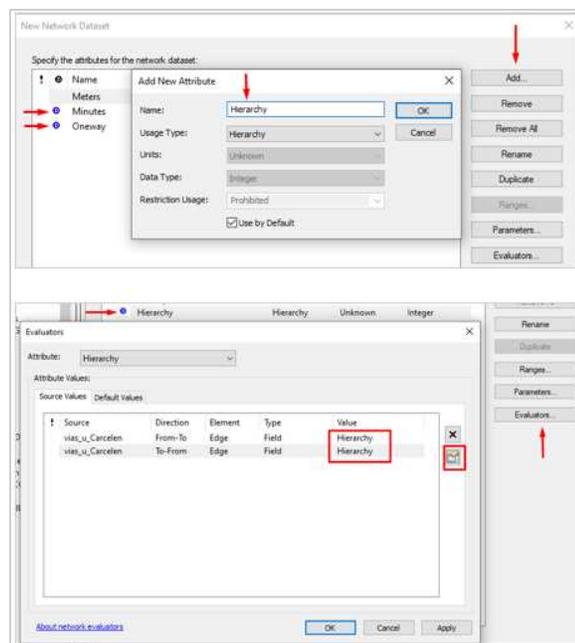
Ventanas emergentes en la creación del ND, Paso 1.



Como próximo paso, se muestran los atributos que ya han sido creados, en esta ocasión se tendrá que aumentar el atributo jerarquía, de la siguiente manera:

Figura 22

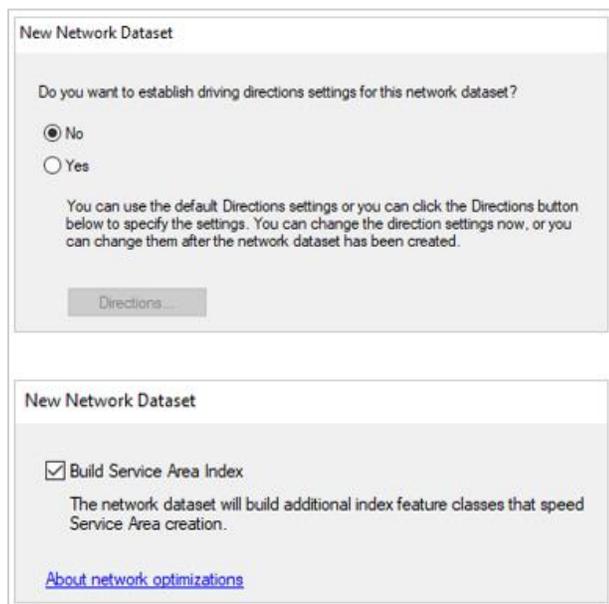
Ventanas emergentes en la creación del ND, Paso 2.



En la siguiente opción, se selecciona no establecer direcciones para el ND pues como se mencionó los peatones no tienen limitada la dirección de tránsito. Finalmente, se activa la casilla “Build Service Area Index” que mejora y optimiza la velocidad con la que se crea el área de servicio, al final se presentará una ventana con un resumen de los parámetros dados para la creación del ND.

Figura 23

Ventanas emergentes en la creación del ND, Paso 3.



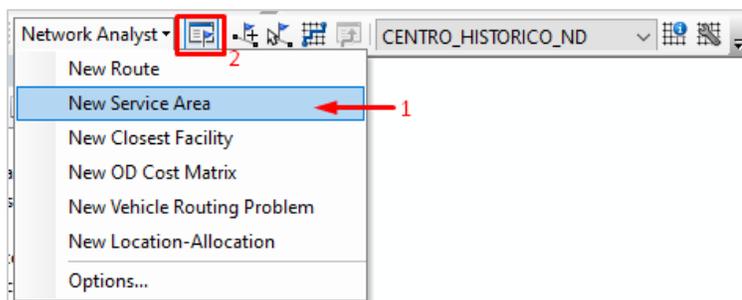
Cálculo del área de servicio

En un nuevo ArcMap, agregamos la capa del ND creada, se selecciona una nueva área de servicio y posteriormente el ícono de la ventana del Network Analyst, que permite

manejar los contenidos y layers del área de servicio, todo esto directamente desde la barra de herramientas.

Figura 24

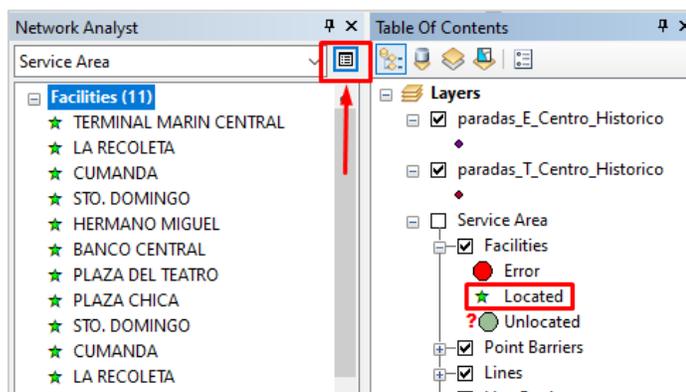
Área de Servicio desde el ArcMap.



Se arrastran los servicios, que en este caso son las respectivas paradas del Trole y la Ecovía, se verifica que el layer del área de servicio localice a las facilidades, y se selecciona el icono de las propiedades del área de servicio.

Figura 25

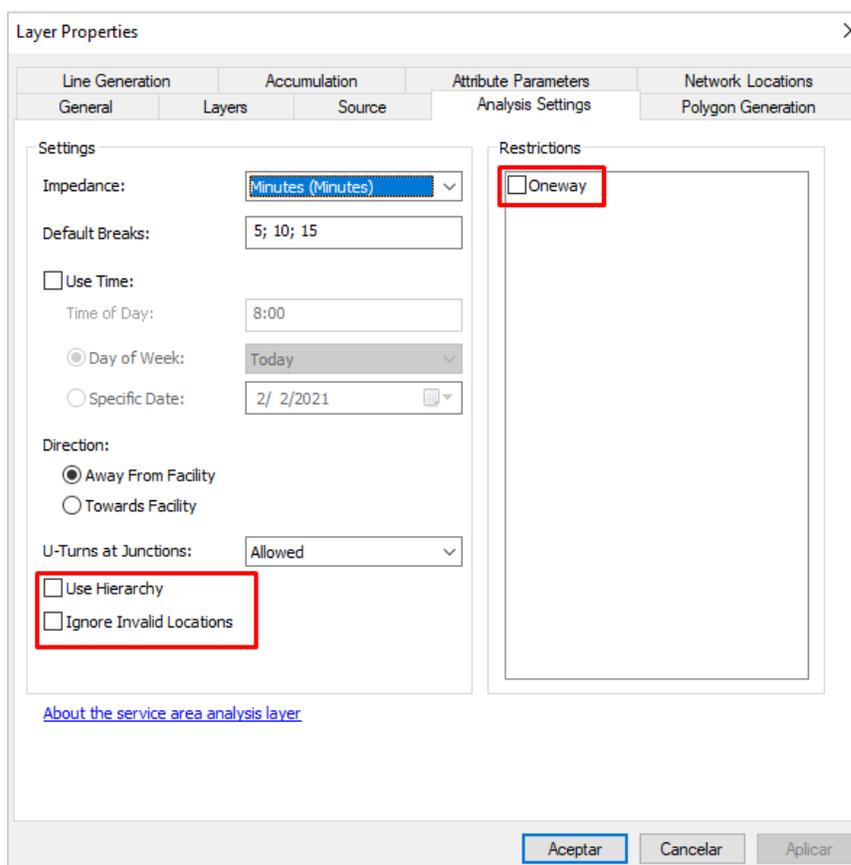
Ilustración de la creación del Área de Servicio.



En la ventana de las propiedades, se configuran dos aspectos, lo primero es las herramientas de análisis, en donde se desactivan las casillas de restricciones, y se utilizara una ventana de tiempos de 5, 10 y 15 min como impedancia. **(Ver figura 26)**.

Figura 26

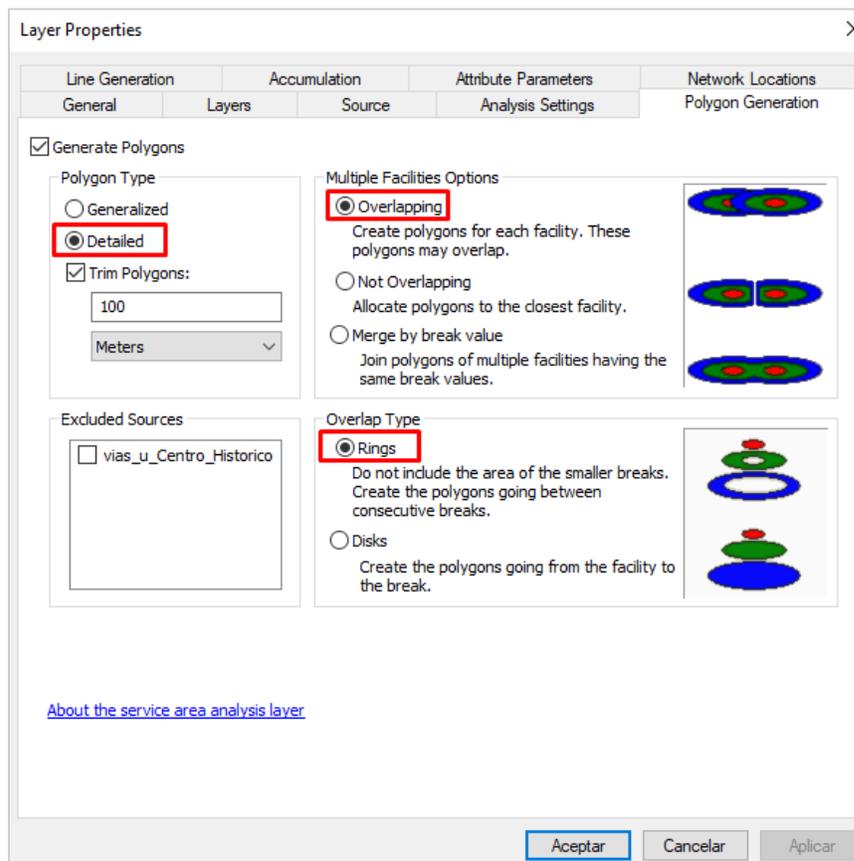
Herramientas de análisis en la ventana propiedades del Área de Servicio.



Y lo segundo es la pestaña de generación de polígonos, donde se seleccionan las opciones como lo muestra la **figura 27** a continuación:

Figura 27

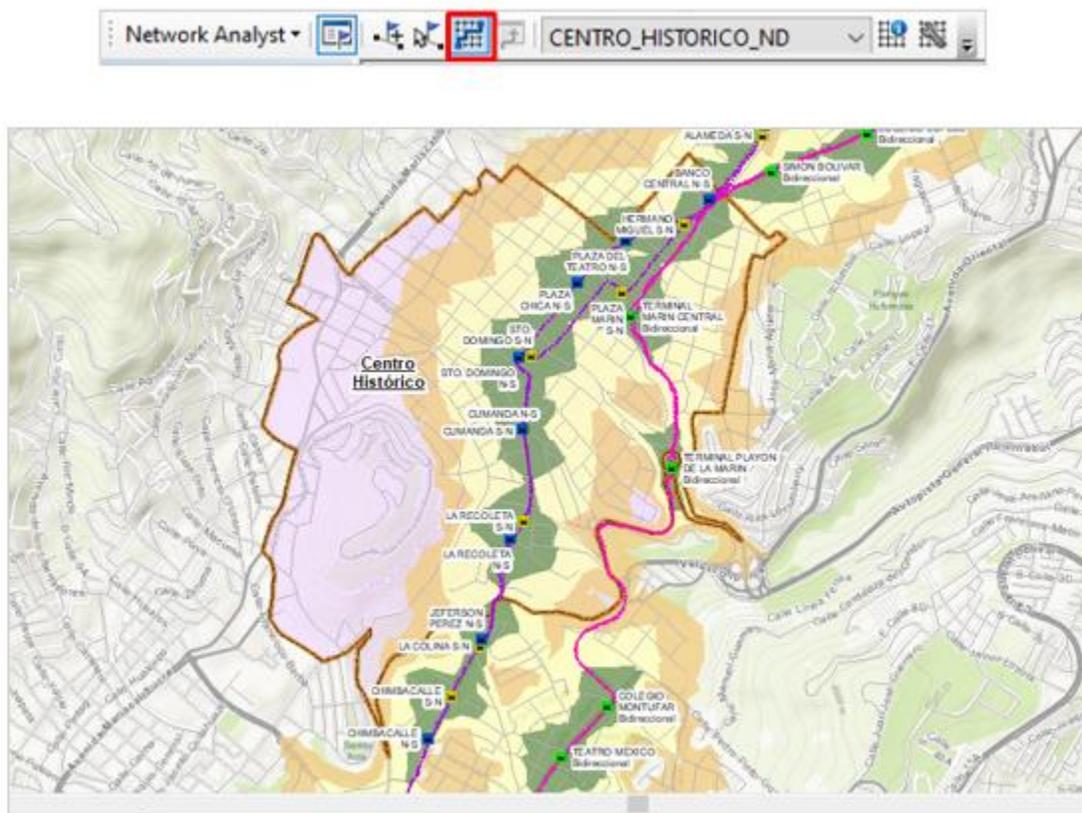
Generación de Polígonos en la ventana propiedades del Área de Servicio.



Una vez configurado todos los aspectos para el área de servicio, en la misma barra de herramientas se selecciona “so/ve” para generar las áreas, y como lo indica la **figura 28** nos dará finalmente el resultado, representando cada rango de tiempo configurado.

Figura 28

Obtención del Área de Servicio.

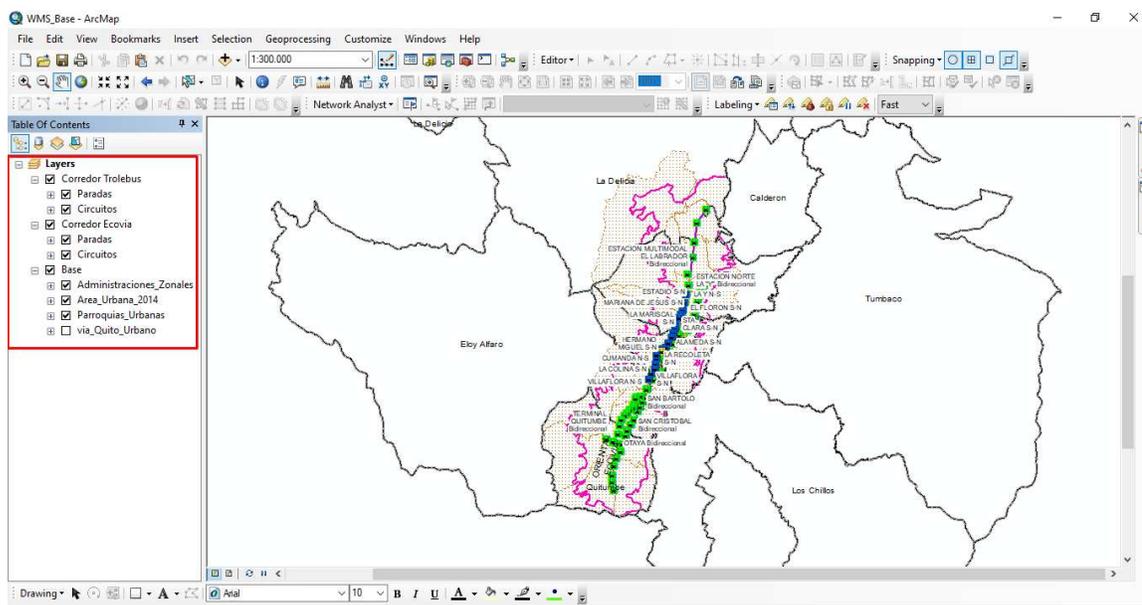


Elaboración y obtención del Visualizador Web

La elaboración del Visualizador Web se realizó con la ayuda de ArcGIS Online, cuyo propósito es compartir y convertir un archivo en un servicio como se lo hace ver en el apartado 2.8.1 del segundo capítulo de este trabajo, dicho esto el primer paso fue elaborarlo en ArcMap, la cual en su versión final incluye toda la información de los corredores Trolebús y Ecovía. (circuitos, paradas, estaciones, y terminales), y demás cartografía base, como lo muestra la figura a continuación.

Figura 29

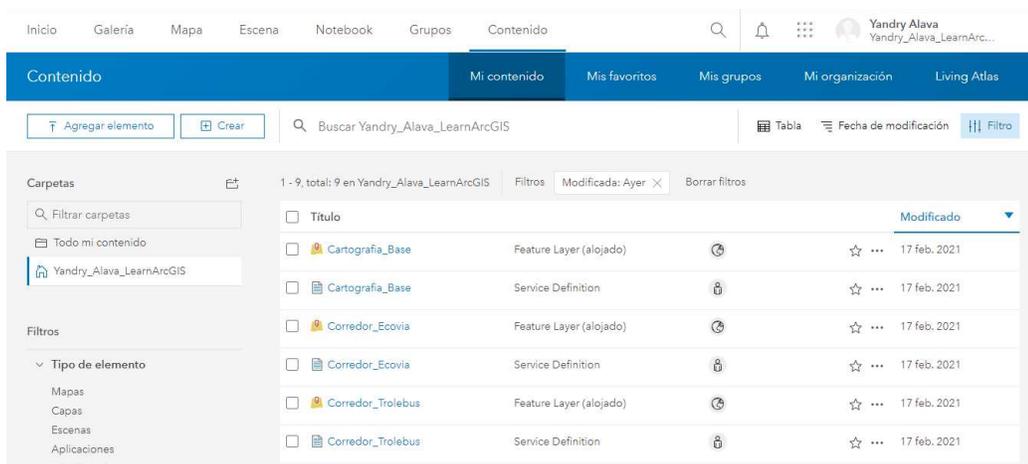
Archivo base en ArcMap.



Una vez terminada la visualización en ArcMap e iniciada sesión en ArcGIS online, se decidió exportar como servicios en 3 grupos diferenciados, “Corredor Ecovía”, “Corredor Trolebús” y “Cartografía Base”, cada uno con información y leyendas definidas previamente.

Figura 30

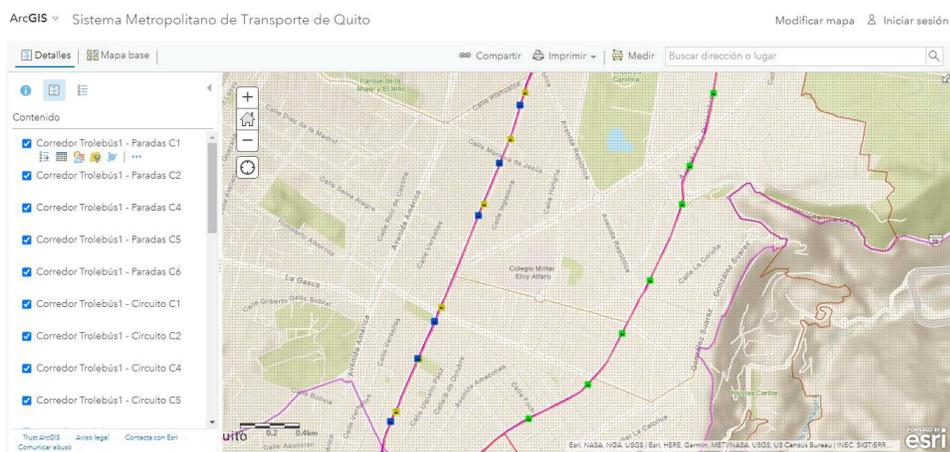
Servicios en el Visualizador de ArcGIS Online.



Se integraron cada web feature layer que se obtuvieron anteriormente, dentro de un solo web map, en donde también se pudieron ajustar detalles como transparencias, mapa base y rango de visibilidad dando como resultado final el visualizador web como se muestra en la figura a continuación.

Figura 31

Visualizador web.



Desarrollo del aplicativo móvil (APP)

El aplicativo móvil, denominado en su versión final como “RecorreQuito”, se lo estructuró de acuerdo con el siguiente proceso metodológico representado en el siguiente mapa conceptual:

Figura 32

Proceso de la creación de la aplicación móvil “RecorreQuito”.



Generación de APIKey desde ArcGIS.

El APIKey, es un código único que nos brinda el propio ArcGIS, y que sirve para que exista esta compatibilidad entre el programa y Android Estudio, el Apikey se lo obtuvo en la cuenta ArcGIS Developers, y no es nada más que una combinación alfanumérica que permite comunicarse entre sí utilizando las funciones y procedimientos escritos como código computacional.

Figura 33

APIKey generado desde el programa ArcGIS Developers.

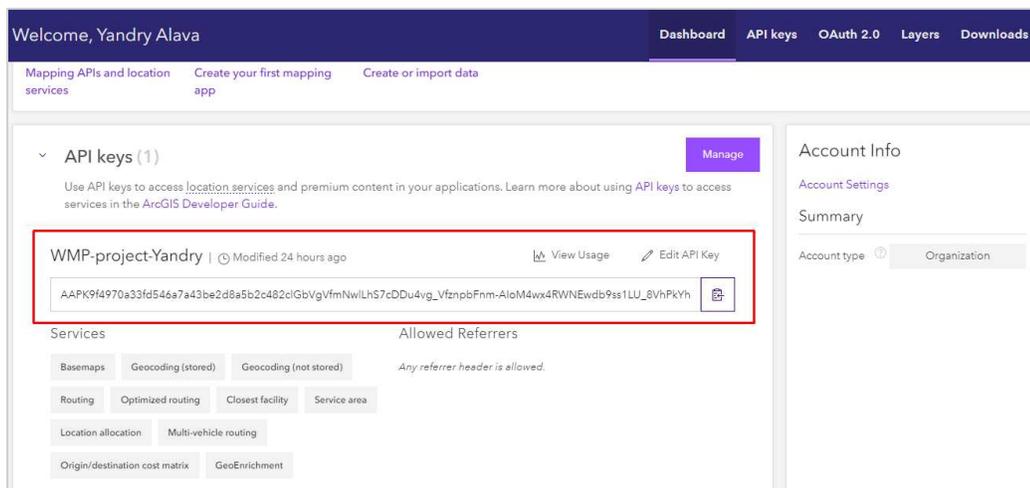


Figura 34

Ingreso de la APIKey en la ventana de Android Estudio.

```
ArcGISRuntimeEnvironment.setLicense("AAPK9f4970a33fd546a7a43be2d8a5b2c482c1GbVgVfmNwLhS7cDDu4vg_VfznpbFnm-AIbM4wx4RWNEwdb9ss1LU_8VhPKYh");
url="https://arcgis.com/";
```

Android Estudio y ArcGIS Runtime SDK para Android.

Como se menciona en el literal 2.9.3.4 del capítulo 2, el Runtime SDK que también lo proporciona el Arcgis Developers, es una tecnología de Java encargada de proporcionar todas las librerías que se utilizaron en el código de programación, dentro del Android Estudio, (apartado 2.9.3.2) que se lo manejó con el lenguaje JAVA de igual manera, y que permite de esta manera compaginar ambas herramientas. Es importante

mencionar que en este proyecto se utilizó la versión 100.08, lo que hace a la aplicación disponible para cualquier teléfono Android con versión 6 o superior.

Figura 35

Librerías dentro de Android Studio.

```
buildscript {
    repositories {
        google()
        jcenter()
    }
    dependencies {
        classpath "com.android.tools.build:gradle:4.1.2"

        // NOTE: Do not place your application dependencies here; they belong
        // in the individual module build.gradle files
    }
}

allprojects {
    repositories {
        google()
        jcenter()
        maven {
            url 'https://esri.jfrog.io/artifactory/arcgis'
        }
    }
}

task clean(type: Delete) {
    delete rootProject.buildDir
}
```

```
18
19     buildTypes {
20         release {
21             minifyEnabled false
22             proguardFiles getDefaultProguardFile('proguard-android-optimize.txt'), 'proguard-rules.pro'
23         }
24     }
25     compileOptions {
26         sourceCompatibility JavaVersion.VERSION_1_8
27         targetCompatibility JavaVersion.VERSION_1_8
28     }
29 }
30
31 dependencies {
32     implementation 'androidx.appcompat:appcompat:1.2.0'
33     implementation 'com.google.android.material:material:1.3.0'
34     implementation 'androidx.constraintlayout:constraintlayout:2.0.4'
35     implementation 'com.google.android.gms:play-services-location:17.1.0'
36     testImplementation 'junit:junit:4.+'
37     androidTestImplementation 'androidx.test.ext:junit:1.1.2'
38     androidTestImplementation 'androidx.test.espresso:espresso-core:3.3.0'
39
40     implementation 'com.esri.arcgisruntime:arcgis-android:100.8.0'
41 }
42
```

Integración de los feature layer en Android Estudio

Los feature layers, una vez alojados en la nube, tienen una característica que permite hacerla compatible con el lenguaje de programación, como lo muestra la figura a continuación.

Figura 36

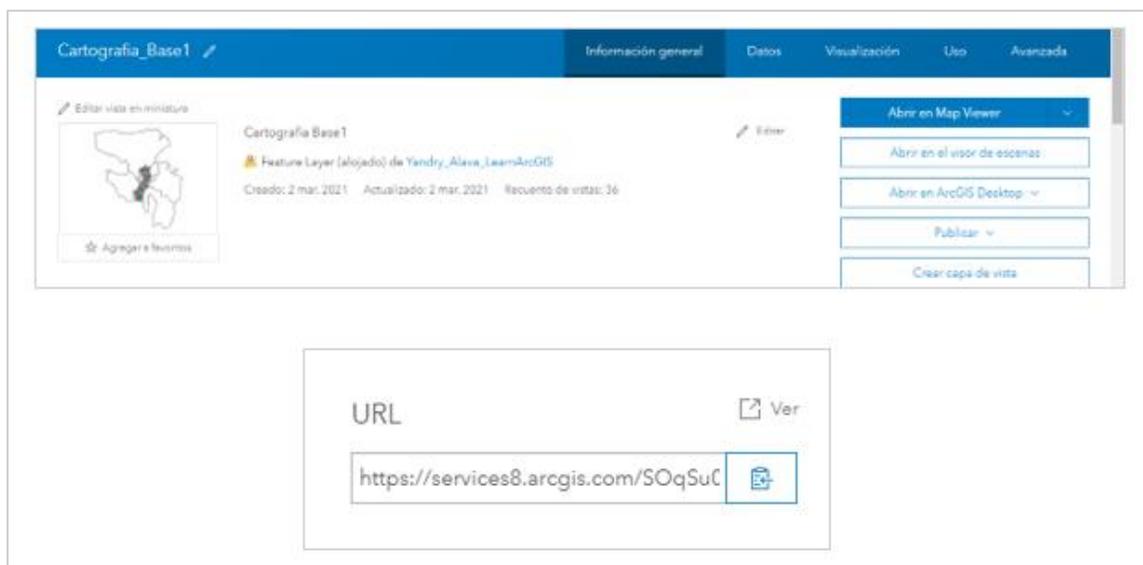
Feature Layers en Arcgis Online.

<input type="checkbox"/>	 Cartografia_Base1	Feature Layer (alojado)
<input type="checkbox"/>	 Cartografia_Base1	Service Definition
<input type="checkbox"/>	 Corredor_Ecovia1	Feature Layer (alojado)
<input type="checkbox"/>	 Corredor_Ecovia1	Service Definition
<input type="checkbox"/>	 Corredor_Trolebús1	Feature Layer (alojado)
<input type="checkbox"/>	 Corredor_Trolebús1	Service Definition

Cuando seleccionamos cualquiera de los feature layers, se abre una nueva ventana que muestra todos los datos y opciones de este, en esa ventana, en la parte inferior se encuentra una dirección url, la cual se la copia y pega en una pestaña nueva del navegador.

Figura 37

Detalles y URL de Feature Layers en Arcgis Online.



Cuando se abre la nueva ventana en el navegador, se pueden observar detalles más específicos del feature server, esta ventana se la conoce como el directorio de servicios y se puede observar las descripciones de los elementos dentro de él, se selecciona el ítem AllLayers and Tables, lo que redirecciona automáticamente a un nuevo directorio que brinda especificaciones de cada uno de los layers involucrados, se copia la dirección URL del navegador, **figura 38**, pues es el elemento válido para su visualización y uso dentro de la aplicación móvil. Este proceso se lo realizó 3 veces, pues toda la información fue alojada en la nube en 3 grupos específicos, Cartografía base, corredor Trolébus y corredor Ecovía.

Figura 38

Directorio de Servicios de los Feature Server.

The image shows two screenshots of the ArcGIS REST Services Directory. The left screenshot displays the service details for 'Cartografia_Base1 (FeatureServer)'. The right screenshot shows the 'All Layers and Tables' page for the same service, with a red box highlighting the URL in the browser's address bar. An orange arrow points from the service name in the left screenshot to the URL in the right screenshot.

ArcGIS REST Services Directory
Home > [services](#) > [Cartografia_Base1 \(FeatureServer\)](#)
[JSON](#)

Cartografia_Base1 (FeatureServer)

View In: [ArcGIS.com Map](#)

Service Description: Cartografia Base1

Service ItemId: 63480d9f397f4c42914cb64dbe448e88

Has Versioned Data: false

Max Record Count: 1000

Supported query Formats: JSON

Supports applyEdits with GlobalIds: False

[All Layers and Tables](#)

Layers:

- [Administraciones_Zonales](#) (1)
- [Area_Urbana_2014](#) (2)
- [Parroquias_Urbanas](#) (3)
- [via_Quito_Urbano](#) (4)

All Layers and Tables (Cartografia_Base1)

Layers:

Layer: Administraciones_Zonales (1)

Name: Administraciones_Zonales

Display Field: Nombre

Type: Feature Layer

Geometry Type: esriGeometryPolygon

Description:

Copyright Text:

Min. Scale: 0

Max. Scale: 0

Default Visibility: true

Max Record Count: 1000

Supported query Formats: JSON

Use Standardized Queries: True

Extent:

Para cargar al mapa en la aplicación, se utilizan los enlaces donde están cargados todos los layers haciendo uso de las funciones detalladas en la documentación propia de Arcgis Developers dentro de Android Estudio.

Figura 39

Enlaces dentro de Android Estudio.

```

for (int i = 2; i<=6; i++){
    paradasTrole.add("https://services8.arcgis.com/S0qSu0Nc0YVnxZDD/ArcGIS/rest/services/Corredor_Troleb%C3%8A1/FeatureServer/"+i);
}
for (int i = 8; i<=12; i++){
    circuitosTrole.add("https://services8.arcgis.com/S0qSu0Nc0YVnxZDD/ArcGIS/rest/services/Corredor_Troleb%C3%8A1/FeatureServer/"+i);
}
for (int i = 2; i<=7; i++){
    paradasEcovia.add("https://services8.arcgis.com/S0qSu0Nc0YVnxZDD/ArcGIS/rest/services/Corredor_Ecovia1/FeatureServer/"+i);
}
for (int i = 9; i<=14; i++){
    circuitosEcovia.add("https://services8.arcgis.com/S0qSu0Nc0YVnxZDD/ArcGIS/rest/services/Corredor_Ecovia1/FeatureServer/"+i);
}
for (int i=1; i<=4; i++){
    carto.add("https://services8.arcgis.com/S0qSu0Nc0YVnxZDD/ArcGIS/rest/services/Cartografia_Base1/FeatureServer/"+i);
}

listMapTotal.addAll(paradasTrole);
listMapTotal.addAll(circuitosTrole);
listMapTotal.addAll(paradasEcovia);
listMapTotal.addAll(circuitosEcovia);
listMapTotal.addAll(carto);
cargaMaps(listMapTotal);

```

Interfaz

Una de las principales características que debe tener una aplicación, es ser amigable con el usuario y de fácil entendimiento para su uso, la creación de la interfaz de la aplicación RecorreQuito, se la elaboró bajo esa premisa, resumiendo en lo siguiente.

a) Logo

El logo es el principal atractivo de una aplicación móvil, en este proyecto se desarrolló el logo de RecorreQuito, en el software Illustrator, lo que permitió dar mejores detalles antes de su incorporación a la app.

Figura 40

Creación del logo Recorre Quito.



b) BaseMap

Este ítem, describe el proceso de selección de los mapas base, que forman parte de las librerías y del SDK obtenido del ArcGIS Developers. Al ingresar a la aplicación, por defecto, el mapa base predeterminado es “TOPOGRAPHIC”, pero esto puede ser modificado por el usuario de acuerdo con sus necesidades.

Figura 41

BaseMap disponibles, y código dentro de la aplicación.

```
TOPOGRAPHIC_( :estado: 0, TOPOGRAPHIC),
IMAGERY_( estado: 1, IMAGERY),
IMAGERY_WITH_LABELS_( :estado: 2, IMAGERY_WITH_LABELS),
STREETS_( estado: 3,STREETS),
DARK_GRAY_CANVAS_VECTOR_( estado: 4,DARK_GRAY_CANVAS_VECTOR),
LIGHT_GRAY_CANVAS_( estado: 5,LIGHT_GRAY_CANVAS);
```

c) GPS

La ubicación GPS es una de las principales características, pues permite a los usuarios conocer su ubicación real y con ayuda del mapa base elegido por el usuario, de alguna manera poder ubicarse geográficamente y conocer alguna parada o estación más cercana a su ubicación actual.

Por defecto cuando el usuario entra en la aplicación se lo redirecciona según sus coordenadas en el GPS del celular, por lo que la aplicación al instalar requiere permisos de ubicación si estos no son otorgados la aplicación setea un punto central en Quito. La **figura 42** a continuación muestra el código utilizado para este paso.

Figura 42

Código para la obtención de coordenadas GPS en la aplicación.

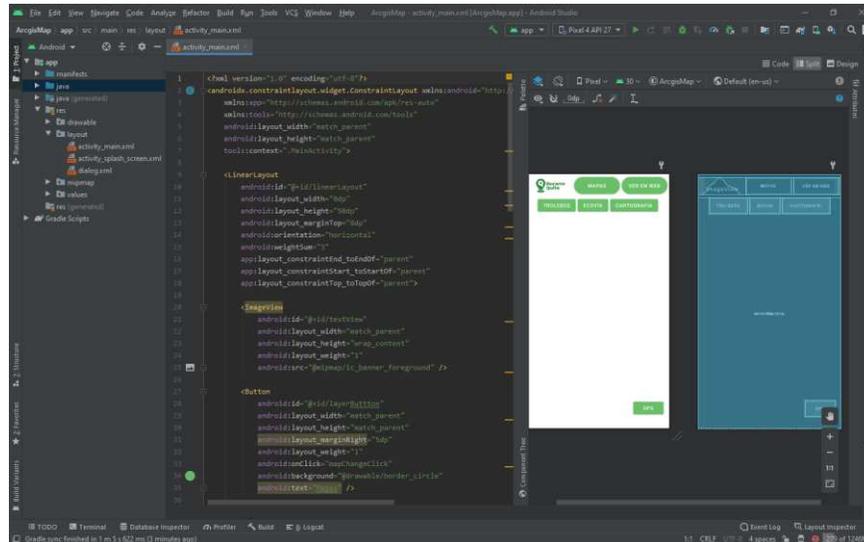
```
public void onCenterClicked(View view) {
    Point point = CoordinateFormatter.fromLatitudeLongitude( coordinates: Global.Lat+" "+Global.Lon, SpatialReferences.getWebMercator());
    wenceMapView.setViewpointAsync(new Viewpoint(point, SCALE) , durationSeconds: 2);
}
```

d) Buttons

Para la apariencia general de la interfaz de la aplicación, y pensando en los usuarios, toda la información se organizó dentro de botones individuales que permiten a los usuarios seleccionar cada capa q deseen visualizar, estos botones se los llaman dentro del código con su único ID. Se utilizaron 2 botones en la parte superior, uno para la selección del tipo de mapa y otro que contiene el enlace del visualizador web, y dentro de la vista de mapa 4 botones adicionales para la selección de los layers y la ubicación del GPS.

Figura 43

Maquetado de los botones en Android Studio.



Cuando se seleccionan los botones para la selección de las paradas y circuitos tanto del Trole como del Ecovía, la aplicación muestra al usuario un diálogo para la selección de estas, esto dentro del código de programación está establecido de la siguiente manera.

Figura 44

Implementación de los botones en Android Studio.

```

public void troleClick(View view) {
    AlertDialog.Builder mBuilder = new AlertDialog.Builder( context: MainActivity.this);
    mBuilder.setTitle("Trole");
    LayoutInflater inflater = getLayoutInflater();
    View vi = inflater.inflate(R.layout.dialog, root: null);
    mBuilder.setView(vi);
    Button paradaButton = vi.findViewById(R.id.paradaButton);
    paradaButton.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
        @Override
        public void onClick(View v) {
            AlertDialog.Builder mBuilderT = new AlertDialog.Builder( context: MainActivity.this);
            mBuilderT.setTitle("Trole Paradas");
            String[] layers = new String[]{"C1", "C2", "C4", "C5", "C6"};
            mBuilderT.setMultiChoiceItems(layers, checkedLayersTP, new DialogInterface.OnMultiChoiceClickListener() {
                @Override
                public void onClick(DialogInterface dialog, int which, boolean isChecked) {
                    checkedLayersTP[which] = isChecked;
                }
            });
            mBuilderT.setPositiveButton( text: "Ok", new DialogInterface.OnClickListener() {
                @Override
                public void onClick(DialogInterface dialog, int which) {
                    resetMaps();
                    listMapTotal.removeAll(paradasTrole);
                    cargaParadasTrole.clear();
                    for( int i =0; i<checkedLayersTP.length;i++){
                        boolean checked = checkedLayersTP[i];
                        if(checked) {
                            cargaParadasTrole.add(paradasTrole.get(i));
                        }
                    }
                    listMapTotal.addAll(cargaParadasTrole);
                    cargaMaps(listMapTotal);
                }
            });
            mBuilderT.setNegativeButton( text: "Cancelar", new DialogInterface.OnClickListener() {

```

e) Enlace Web

Otra característica programable en la aplicación, es que el usuario puede acceder al mapa on-line, que se generó anteriormente en ArcGIS Online, y que también sirve de guía. Se lo programó con el código como lo muestra la **figura 45**.

Figura 45

Código del enlace web.

```

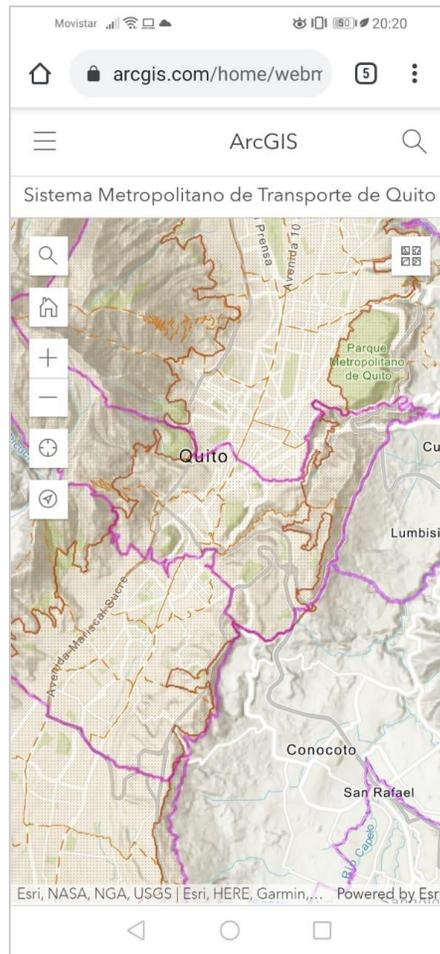
webButton.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
    @Override
    public void onClick(View v) {
        Uri uri = Uri.parse(url);
        Intent intent = new Intent(Intent.ACTION_VIEW,uri);
        startActivity(intent);
    }
});

```

Al seleccionarlo, este automáticamente redirecciona al usuario a una ventana de su navegador. **Figura 46.**

Figura 46

Visualización del web map.



Control de la funcionalidad

Se instala la aplicación terminada en varios dispositivos móviles y se comprueba su funcionalidad.

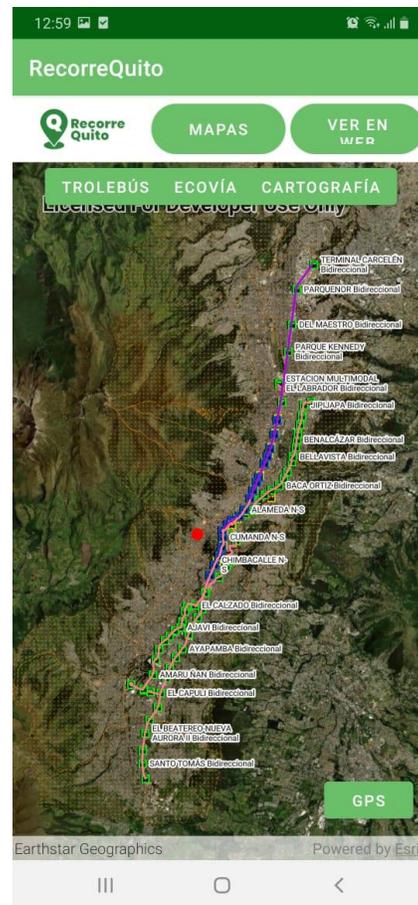
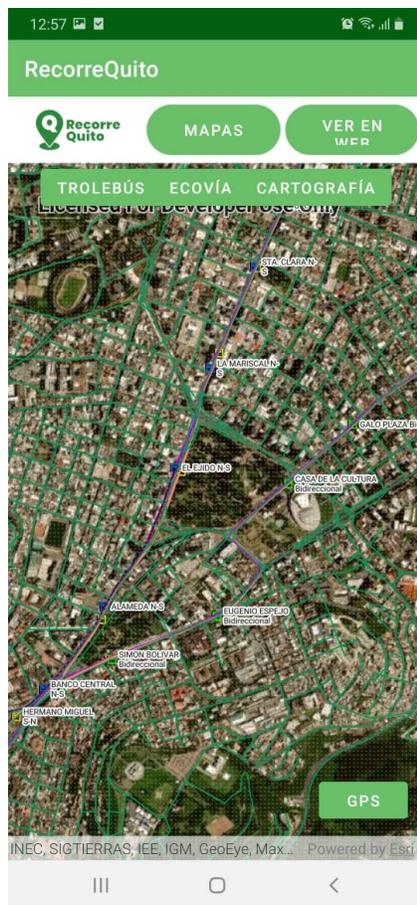
Control 1:

Modelo de dispositivo móvil: Samsung A50

Versión de Android: 10

Figura 47

Prueba de control 1.



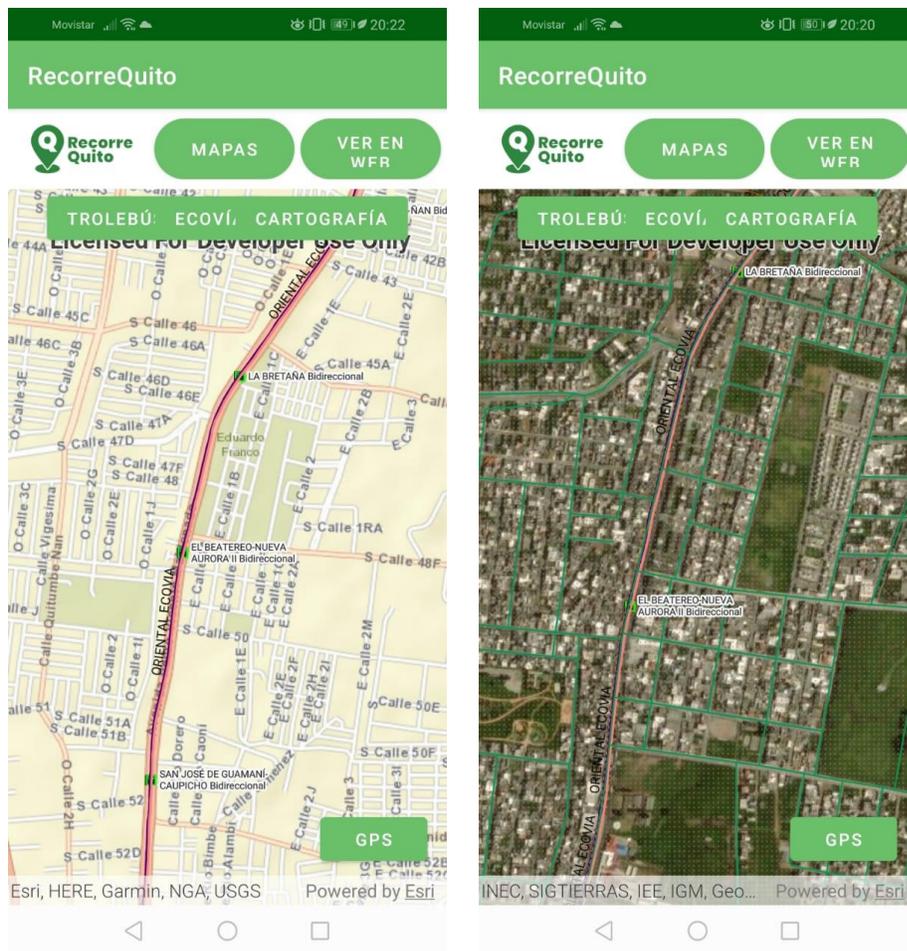
Control 2:

Modelo de dispositivo móvil: Huawei Y6 2019

Versión de Android: 9

Figura 48

Prueba de control 2.



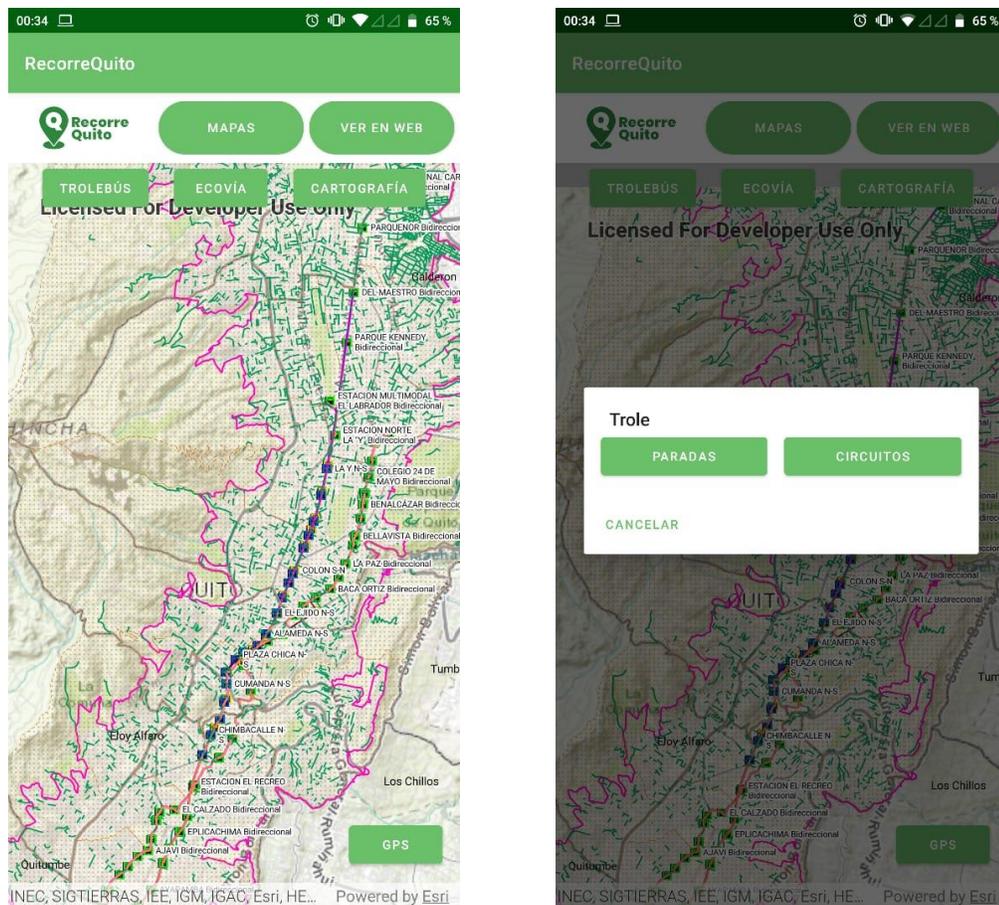
Control 3:

Modelo de dispositivo móvil: Motorola G6plus

Versión de Android: 9

Figura 49

Prueba de control 3.



Capítulo IV. Resultados

Este apartado expone los resultados procedentes de la metodología aplicada y descrita anteriormente, y que cumplen con las metas planteadas al inicio de este trabajo, es decir un análisis de accesibilidad medido con áreas de servicio que permite determinar y calcular un área accesible de los peatones hacia cada una de las paradas de los corredores Trolebús y Ecovía, el visualizador web, y finalmente la aplicación móvil.

Accesibilidad medida por áreas de servicio

Las áreas de servicio, al ser calculadas con ventanas de tiempo de 5, 10 y 15 minutos, muestran el área de servicio que los corredores Trolebús y Ecovía brindan a los usuarios a través del acceso a sus diferentes paradas circunscritas dentro de las 21 parroquias tomadas en el estudio. A continuación, se resumen estos resultados mediante tablas que detallan dentro de los rangos establecidos, el área individual por parada dentro de las parroquias, tomados desde los polígonos generados en ArcMap.

Parroquia Guamaní

Con una superficie total aproximada de 18,09402 Km², la parroquia Guamaní que va desde el límite con el cantón Mejía hasta el sector del Ejército 2, cuenta con 5 paradas correspondientes solo al corredor Ecovía, pues es el único que desde la expansión del SMT llega hasta este sector sur de la ciudad. La **tabla 7** presentada a continuación explica y detalla. **(Ver Figura 50).**

Tabla 7

Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Guamaní.

Corredor	Parada	Dirección	Área (Km2 en función de la impedancia)			Total (km2)
			0 a 5	5 a 10	10 a 15	
			Ecovía	Terminal Sur Guamaní	Bidireccional	--
Santo Tomás	Bidireccional	0,04596		0,16674	0,23738	0,45008
San José de Guamaní-Caupicho	Bidireccional	0,03340		0,17296	0,29616	0,50252
El Beatereo-Nueva Aurora II	Bidireccional	0,03389		0,15741	0,30637	0,49767
La Bretaña	Bidireccional	0,02113		0,07156	0,19841	0,29110
Total (km2)				0,13438	0,60271	1,18495

Parroquia Turubamba

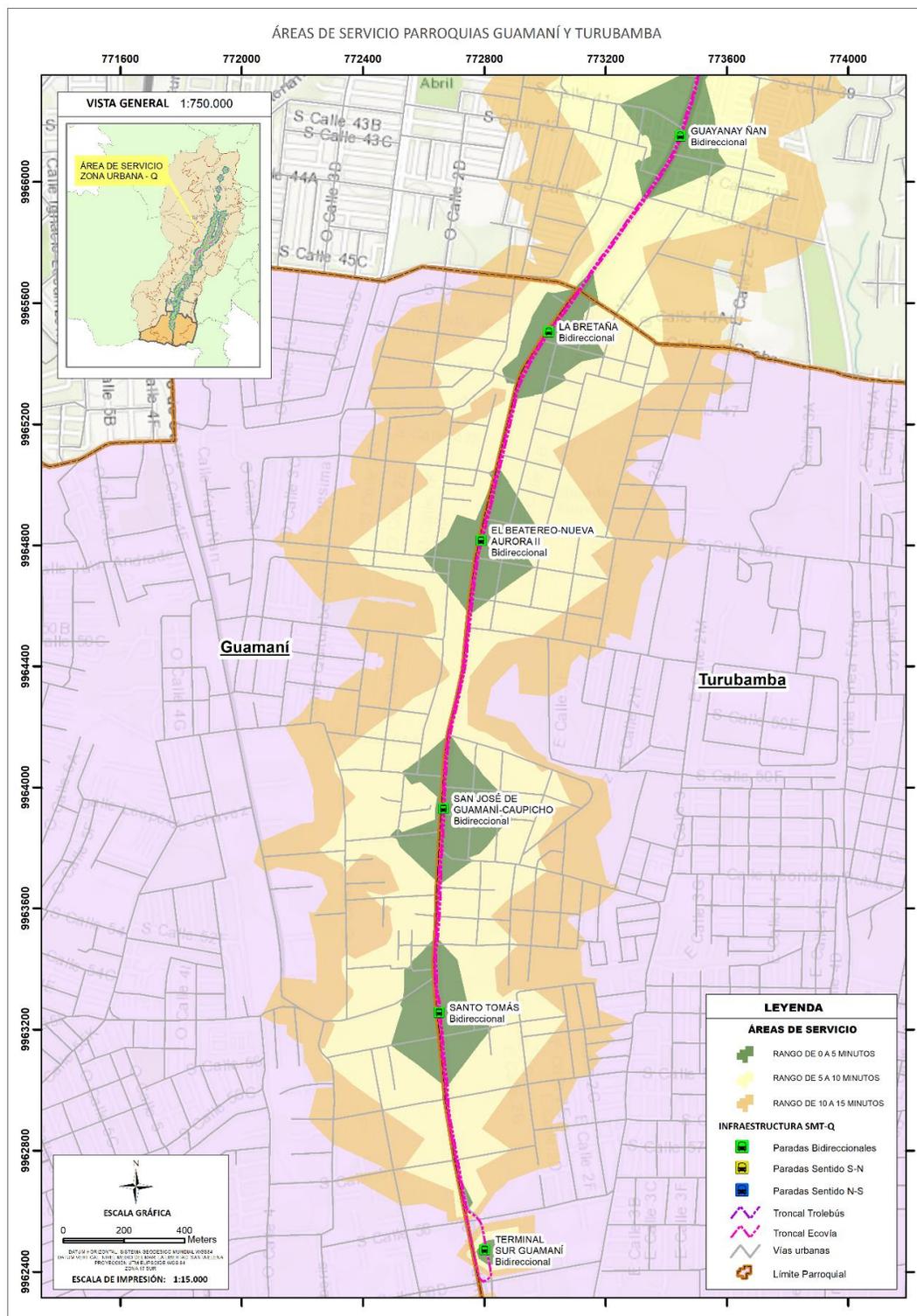
Comparte las mismas características con la parroquia Guamaní respecto al Sistema Ecovía y sus paradas, tiene cerca de 17,20395 km², desde el límite administrativo con el cantón Mejía hasta la calle La Cocha, la línea del corredor circula por la Avenida Maldonado, que funciona como línea divisoria entre las dos parroquias. **(ver Figura 50)**. A continuación, en la **tabla 8** se resume las áreas correspondientes.

Tabla 8*Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Turubamba.*

Corredor	Parada	Dirección	Área (km2, en función de			Total (km2)
			Impedancia)			
			0 a 5	5 a 10	10 a 15	
Ecovia	Terminal Sur Guamaní	Bidireccional	0,00826	0,05360	0,20011	0,26196
	Santo Tomás	Bidireccional	0,04505	0,16217	0,26814	0,47536
	San José de Guamaní-Caupicho	Bidireccional	0,06391	0,14779	0,22072	0,43242
	El Beatereo-Nueva Aurora II	Bidireccional	0,05605	0,17988	0,27791	0,51385
	La Bretaña	Bidireccional	0,04739	0,12741	0,16688	0,34168
	Total (km2)			0,22066	0,67084	1,13377

Figura 50

Áreas de Servicio de la parroquia Guamaní y Turubamba.



Administrativamente, las parroquias urbanas Guamaní y Turubamba se dividen por la Avenida Pedro Vicente Maldonado, arteria en la que se moviliza el Corredor Ecovía como parte de su extensión sur, es por eso por lo que para el análisis de resultados se tomaron en conjunto estas dos parroquias, que conformarían un área total de 35,29797 km².

De acuerdo con los datos de las proyecciones elaboradas por el INEC, (INEC, 2013), para el año 2019 la parroquia Guamaní debió alcanzar una población de 98 017 habitantes y la parroquia Turubamba de 83 070 habitantes respectivamente, con un total de 181 087 habitantes entre ambas parroquias. De todos estos datos se puede inferir una densidad poblacional aproximada de 5 130 habitantes/km².

Con las áreas de servicio en los análisis de accesibilidad, se obtuvo que las 5 paradas del Corredor Ecovía entre las dos parroquias cubrían un área de 3,94731km², de donde se puede inferir que el número de personas que se benefician con el servicio de transporte dentro de estas dos parroquias es cerca de 20 250 habitantes.

Parroquia Quitumbe

Esta parroquia cuenta con 13,77065 km², se extiende hasta el sector de Guajaló y abarca 9 paradas del SMT, 3 del Corredor Trolebús, 5 pertenecientes al corredor Ecovía, y el terminal Quitumbe que sirve de estación final para ambas líneas, circulan por las Avenidas Condor Ñan, Quitumbe Ñan y parte de la Avenida Maldonado. **(Ver Tabla 9 y Figura 51).**

Tabla 9*Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Quitumbe.*

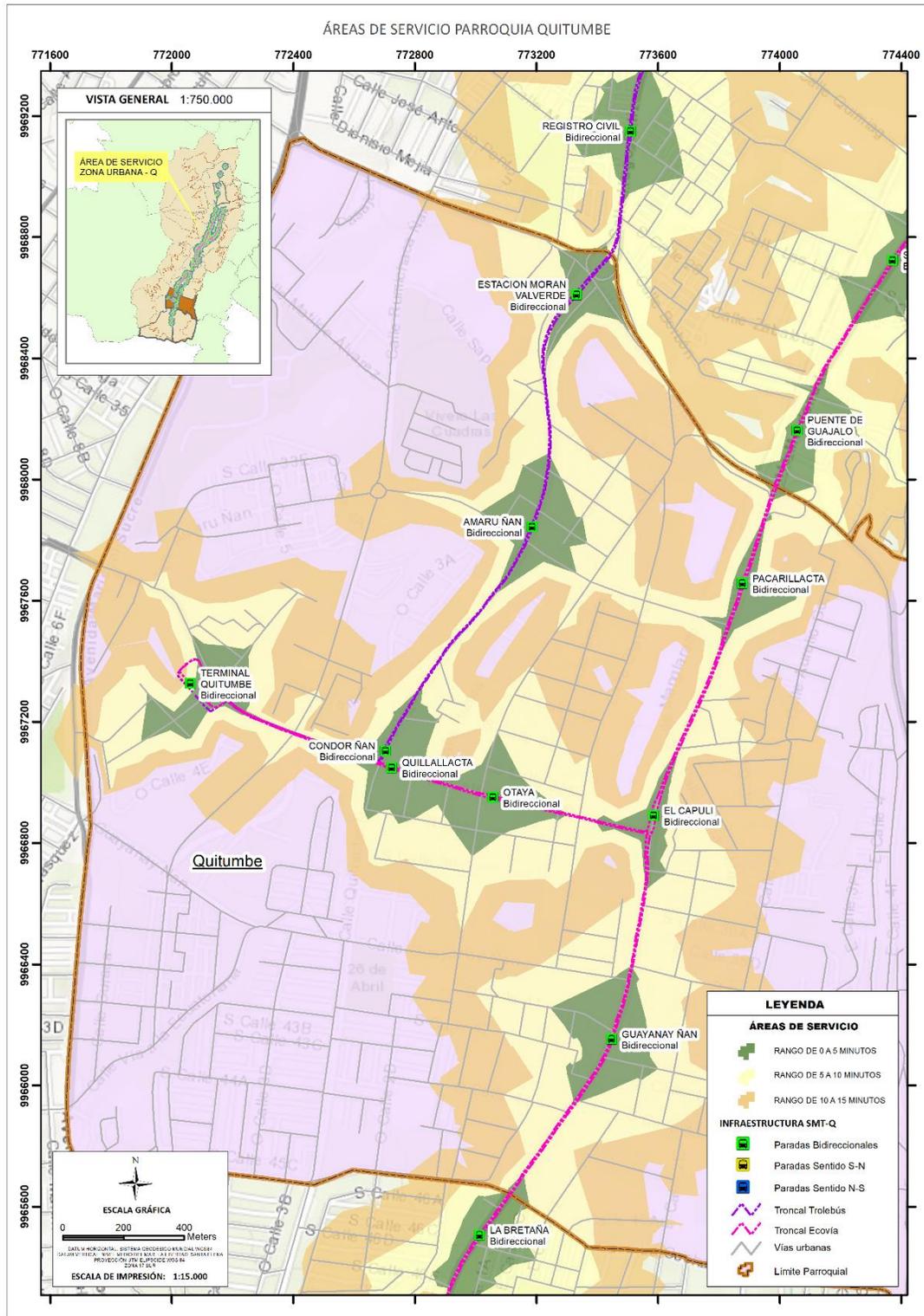
Corredor	Parada	Dirección	Área (km ² , en función de			Total (km ²)
			Impedancia)			
			0 a 5	5 a 10	10 a 15	
Ecovía	Condor Ñan	Bidireccional	0,06413	0,19397	0,51920	0,77730
	Amaru Ñan	Bidireccional	0,08062	0,20174	0,53204	0,81441
	Estación Morán Valverde	Bidireccional	0,04436	0,11662	0,22252	0,38350
Trolebús	Quillallacta	Bidireccional	0,07040	0,20831	0,58346	0,86217
	Otoya	Bidireccional	0,08068	0,27376	0,49639	0,85083
	El Capulí	Bidireccional	0,03411	0,22772	0,61064	0,87248
	Guayanay Ñan	Bidireccional	0,09106	0,32962	0,54029	0,96098
	Pacarillacta	Bidireccional	0,03778	0,13469	0,35714	0,52961
	Terminal Quitumbe	Bidireccional	0,05827	0,17720	0,42957	0,66504
Total (km²)			0,56141	1,86364	4,29127	6,71632

En la parroquia Quitumbe, se establecieron valores de 127157,00 habitantes para el año 2019 (INEC, 2013), adicional a los valores de superficie se pudo obtener el valor de 9233,91 que representaría la densidad poblacional de la parroquia urbana.

Como se puede apreciar en información que antecede estos datos, dentro de la parroquia se cuenta con la presencia de las dos troncales Ecovía y Trolebús, por lo que las áreas de servicio representan la suma total del área entre ambos corredores, con el valor de 6,72 km² obtenido del análisis de accesibilidad, se calcula que el valor estimado de usuarios que acceden al servicio en la parroquia Quitumbe es de 62017,92 habitantes.

Figura 51

Áreas de Servicio de la parroquia Quitumbe.



Parroquia Solanda

Esta parroquia abarca 7 paradas del SMT, 4 del Corredor Trolebús que circula por la Avenida Teniente Hugo Ortiz, y 3 pertenecientes al corredor Ecovía y distribuidas a lo largo de la Avenida Pedro Vicente Maldonado como lo expresa la **tabla 10**. Cuenta con un área aproximada de 4,45680 km², expandida desde la Avenida Morán Valverde hasta la calle Ajaví. **(Ver Figura 52)**.

Tabla 10

Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Solanda.

Corredor	Parada	Dirección	Área (km ² , en función de			Total (km ²)
			Impedancia)			
			0 a 5	5 a 10	10 a 15	
Ecovía	San Cristóbal	Bidireccional	0,03001	0,16150	0,21937	0,41087
	Ayapamba	Bidireccional	0,01417	0,09174	0,27106	0,37697
	El Comercio	Bidireccional	0,03471	0,08176	0,13899	0,25545
Trolebús	Registro Civil	Bidireccional	0,09492	0,34183	0,48962	0,92638
	Quimiag	Bidireccional	0,09117	0,28936	0,59973	0,98026
	Mercado Mayorista	Bidireccional	0,06214	0,27358	0,44148	0,77719
	Solanda	Bidireccional	0,06041	0,20569	0,32409	0,59018
Total (km²)			0,38753	1,44546	2,48431	4,31730

Parroquia La Argelia

En esta parroquia, en sus 7,18126 km², cuenta con la presencia de 5 paradas del corredor Ecovía, al igual que en otros casos es este carril por la avenida Maldonado la que divide territorialmente a esta parroquia con su anexa Solanda. (**Ver Tabla 11 y Figura 52**).

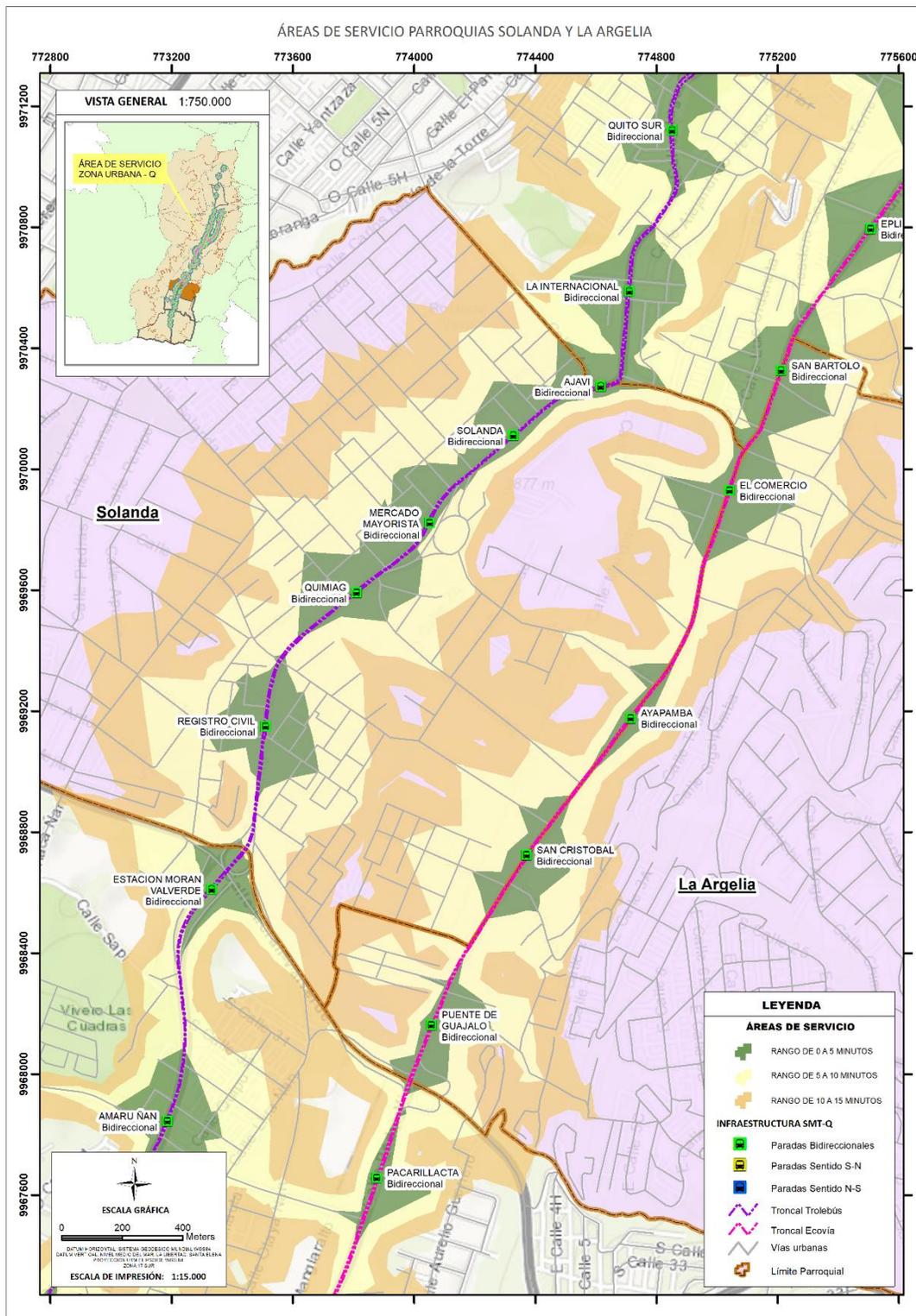
Tabla 11

Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia La Argelia.

Corredor	Parada	Dirección	Área (km ² , en función de			Total (km ²)
			Impedancia)			
			0 a 5	5 a 10	10 a 15	
Ecovía	Puente de Guajaló	Bidireccional	0,05284	0,14416	0,26910	0,46610
	San Cristóbal	Bidireccional	0,04094	0,09712	0,20891	0,34697
	Ayapamba	Bidireccional	0,01369	0,04811	0,13469	0,19650
	El Comercio	Bidireccional	0,05613	0,15507	0,23792	0,44913
	San Bartolo	Bidireccional	0,04633	0,08151	0,15121	0,27904
Total (km²)			0,20993	0,52597	1,00183	1,73773

Figura 52

Áreas de Servicio de la parroquia Solanda y La Argelia.



Como se mencionó en los apartados característicos de cada parroquia, el corredor Ecovía funciona para ambas por lo que el área de servicio de estas paradas abarca ambas parroquias urbanas, y dentro de la parroquia Solanda se ubican 4 paradas del corredor Trolebús, otra razón para analizar los resultados en conjunto de estas dos parroquias.

El (INEC, 2013), determina poblaciones de 78 644 habitantes en Solanda y 66 590 en la parroquia La Argelia, lo que nos da como resultado una densidad poblacional de 12479,23 habitantes/km² en un área total de 11,64 km² entre ambas parroquias.

El análisis de accesibilidad calcula una superficie de 6,06 km² para las áreas de servicio de ambas troncales en las dos parroquias, esto determina que 75 562 personas se ven beneficiadas con el uso de las troncales específicamente.

Parroquia San Bartolo

Su área total es cerca de 3,8980 km². Esta parroquia abarca 8 paradas en total del SMT, 5 del Corredor Trolebús, 3 pertenecientes al corredor Ecovía (**Ver Tabla 12**), dentro de su superficie que abarca hasta el Parque La Raya. (**Ver Figura 53**).

Tabla 12

Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia San Bartolo.

Corredor	Parada	Dirección	Área (km ² , en función de			Total (km ²)
			Impedancia)			
			0 a 5	5 a 10	10 a 15	
Ecovía	San Bartolo	Bidireccional	0,04869	0,15114	0,14741	0,34724
	Eplicachima	Bidireccional	0,04596	0,10077	0,18716	0,33389
	Pujilí	Bidireccional	0,05749	0,13794	0,21263	0,40806
Trolebús	Ajaví	Bidireccional	0,02856	0,13008	0,21882	0,37746
	La Internacional	Bidireccional	0,09530	0,15776	0,20907	0,46214
	Quito Sur	Bidireccional	0,07413	0,32249	0,47838	0,87499
	España	Bidireccional	0,06911	0,30910	0,50753	0,88574
	El Calzado	Bidireccional	0,06664	0,21202	0,39902	0,67767
Total (km²)			0,48587	1,52130	2,36002	4,36719

Parroquia La Ferroviaria

Dentro de esta parroquia, con 6,370513 km², se encuentran 2 paradas del SMT, ambas pertenecientes al corredor Ecovía, y que las comparte con la parroquia San Bartolo en la Avenida Maldonado. **(Ver Tabla 13 y Figura 53).**

Tabla 13

Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia La Ferroviaria.

Corredor	Parada	Dirección	Área (km ² , en función de			Total (km ²)
			Impedancia)			
			0 a 5	5 a 10	10 a 15	
Ecovía	Epicachima	Bidireccional	0,04636	0,17268	0,27793	0,49697
	Pujilí	Bidireccional	0,03505	0,12198	0,25605	0,41307
Total (km²)			0,08141	0,29466	0,53397	0,91004

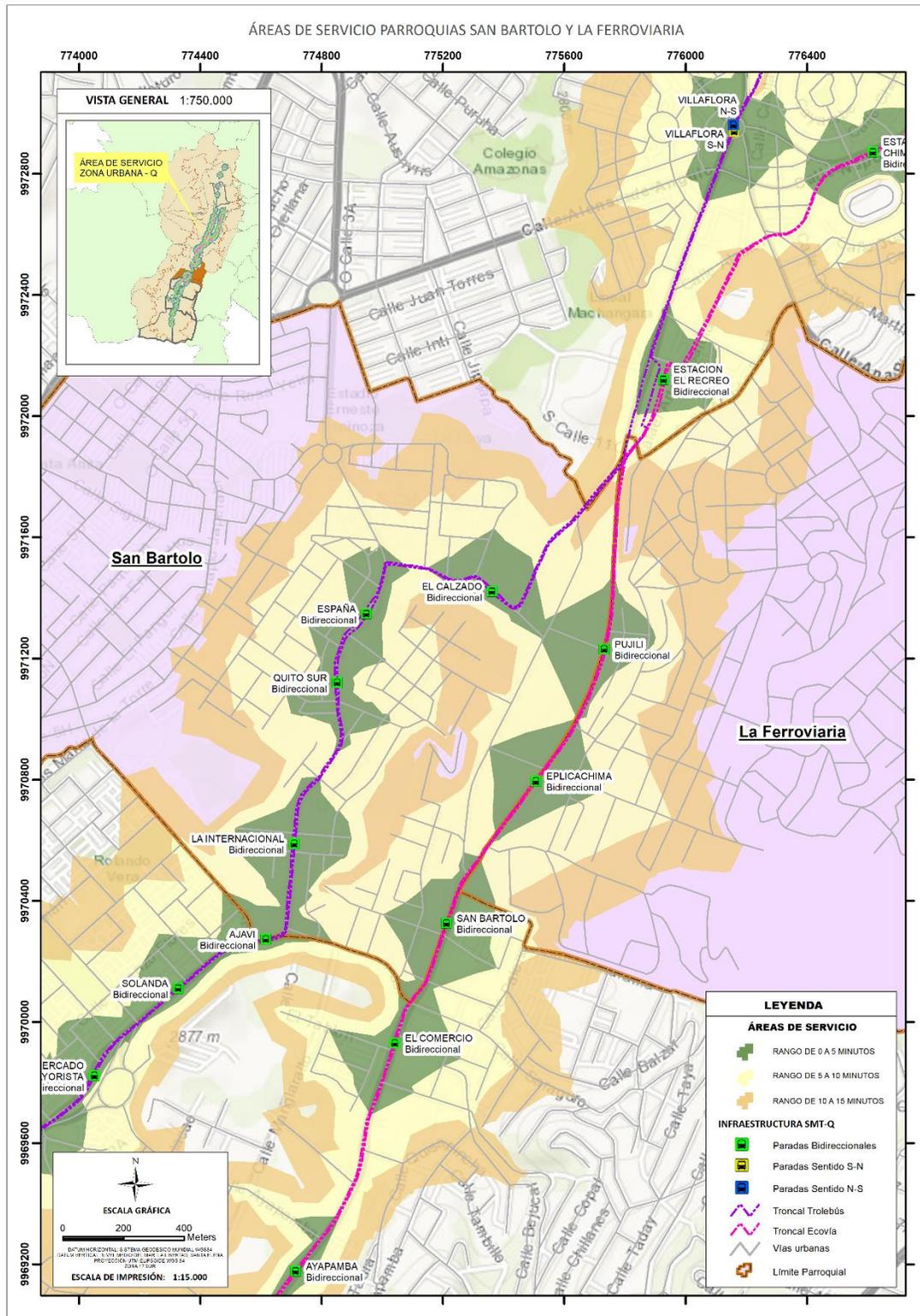
Las parroquias San Bartolo y Ferroviaria, comparten en su límite dos paradas del corredor Ecovía, y las paradas pertenecientes al Trolebús se encuentran a lo largo de la Avenida Teniente Hugo Ortiz, por lo que, de igual manera, los resultados se interpretaron de manera global de acuerdo con las superficies que brindó el análisis de accesibilidad para ambas parroquias que resulto de 5,28km².

Se estimó una población total de 129 810 habitantes, distribuidos en un área equivalente a 10,27 km² entre las dos parroquias, de estos datos se calcula una densidad poblacional de 12 641 habitantes/km² aproximadamente.

Estos resultados, fácilmente permiten interpretar que en las parroquias San Bartolo y Ferroviaria, existe un valor cercano a las 66 712 personas que utilizan la oferta de movilidad que las troncales ofrecen a los usuarios por medio de las paradas.

Figura 53

Áreas de Servicio de la parroquia San Bartolo y La Ferroviaria.



Parroquia La Magdalena

Esta parroquia contiene a 5 paradas del SMT, que son de uso tanto del corredor Ecovía en su circuito E8 como del corredor Trolebús con algunos de sus circuitos, (**Ver Tabla 14**), la Avenida Maldonado por donde transitan las líneas divide la parroquia Magdalena y Chimbacalle. (**Ver Figura 54**), Su área está cerca de 2,91554 km² y limita hasta la Avenida Jaime del Castillo al norte

Tabla 14

Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia La Magdalena.

Corredor	Parada	Dirección	Área (km ² , en función de			Total (km ²)
			Impedancia)			
			0 a 5	5 a 10	10 a 15	
Trolebús y Ecovía	Villaflora	S-N	0,04835	0,17683	0,31083	0,53601
	Villaflora	N-S	0,05110	0,18076	0,31292	0,54478
	Chimbacalle	S-N	0,05198	0,07837	0,09973	0,23008
	Chimbacalle	N-S	0,03478	0,10740	0,16677	0,30895
	La Colina	S-N	0,02164	0,06724	0,08873	0,17761
	Jefferson Pérez	N-S	0,02067	0,05956	0,09378	0,17401
Total (km²)			0,22851	0,67017	1,07277	1,97145

Nota: Las paradas del Corredor Trolebús en esta parroquia, al ser de las primeras en construirse son unidireccionales, es decir existen en sentido Norte-Sur y viceversa.

Parroquia Chimbacalle

Su área es de 2,41668 km², comparte las 5 paradas con la parroquia la Magdalena, y adicional a eso encierra 4 paradas pertenecientes al corredor Ecovía ubicadas a lo largo de la avenida Napo principalmente. **(Ver Tabla 15 y Figura 54).**

Tabla 15

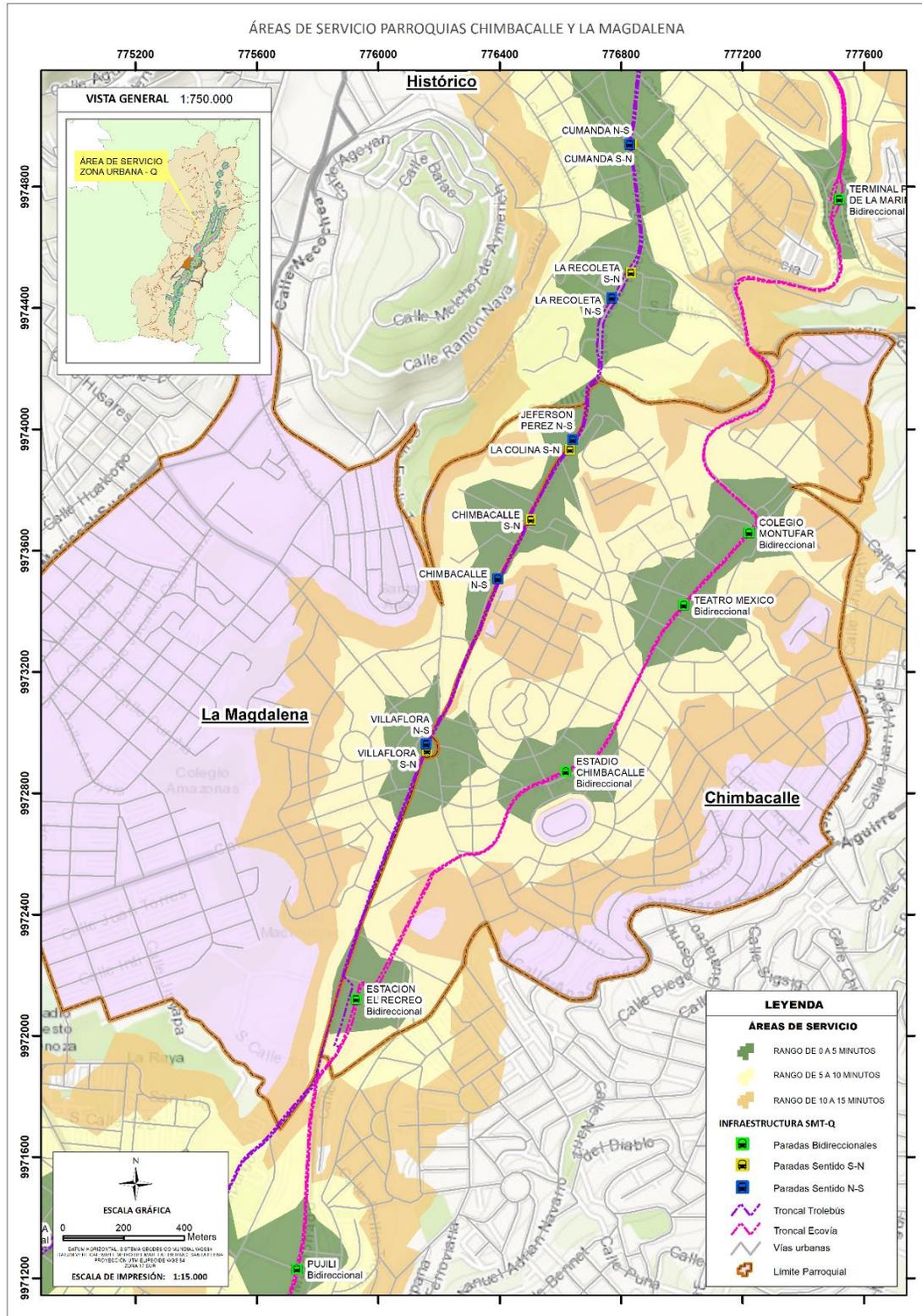
Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Chimbacalle.

Corredor	Parada	Dirección	Área (km ² , en función de			Total (km ²)
			Impedancia)	0 a 5	5 a 10	
Ecovía	Estadio Chimbacalle	Bidireccional	0,08766	0,33073	0,42818	0,84657
	Teatro México	Bidireccional	0,10167	0,31585	0,57066	0,98818
	Colegio Montúfar	Bidireccional	0,08122	0,25387	0,43591	0,77101
Trolebús y Ecovía	Estación El Recreo	Bidireccional	0,05918	0,08318	0,10015	0,24251
	Villaflora	S-N	0,04648	0,15616	0,28268	0,48532
	Villaflora	N-S	0,04558	0,16229	0,28419	0,49206
	Chimbacalle	S-N	0,03169	0,07458	0,23327	0,33954
	Chimbacalle	N-S	0,00608	0,05174	0,12434	0,18216
	La Colina	S-N	0,03393	0,10621	0,21401	0,35415
	Jefferson Pérez	N-S	0,03505	0,10069	0,20607	0,34180
Total (km²)			0,52854	1,63530	2,87946	5,04330

Nota: Las paradas del Corredor Trolebús en esta parroquia, al ser de las primeras en construirse son unidireccionales, es decir existen en sentido Norte-Sur y viceversa.

Figura 54

Áreas de Servicio de la parroquia La Magdalena y Chimbacalle.



Bajo las mismas características manejadas con anterioridad, el análisis de accesibilidad arroja resultados globales para las parroquias Magdalena y Chimbacalle al estar divididas por la avenida Maldonado, siendo esta la vía de tránsito de ambas troncales, además en este caso es el corredor Ecovía el que atraviesa la parroquia Chimbacalle.

Las áreas de servicio ofrecen un área total de 7,01 km², y con los datos nuevamente de las proyecciones del INEC, (INEC, 2013), se calculó una densidad poblacional 12 057 habitantes/km², con estos valores se interpreta que 84 577 habitantes aprovechan el recorrido que hacen los circuitos de las troncales para movilizarse a distintos lugares.

Parroquia Centro Histórico

Es la única parroquia en la que circuitos de los corredores Trolebús, C1, C2 y C4, y el E8 de la Ecovía, transitan por la misma vía, con un área de 3,73148 km². **(Ver Figura 55)**, comprendidos desde el sector de La Recoleta hasta San Blas, comparten 11 paradas por la Avenida Maldonado. **(Ver Tabla 16)**

Tabla 16

Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Centro Histórico.

Corredor	Parada	Dirección	Área (km ² , en función de			Total (km ²)
			Impedancia)			
			0 a 5	5 a 10	10 a 15	
Ecovía	Marín Central	Bidireccional	0,07582	0,33229	0,47639	0,88450

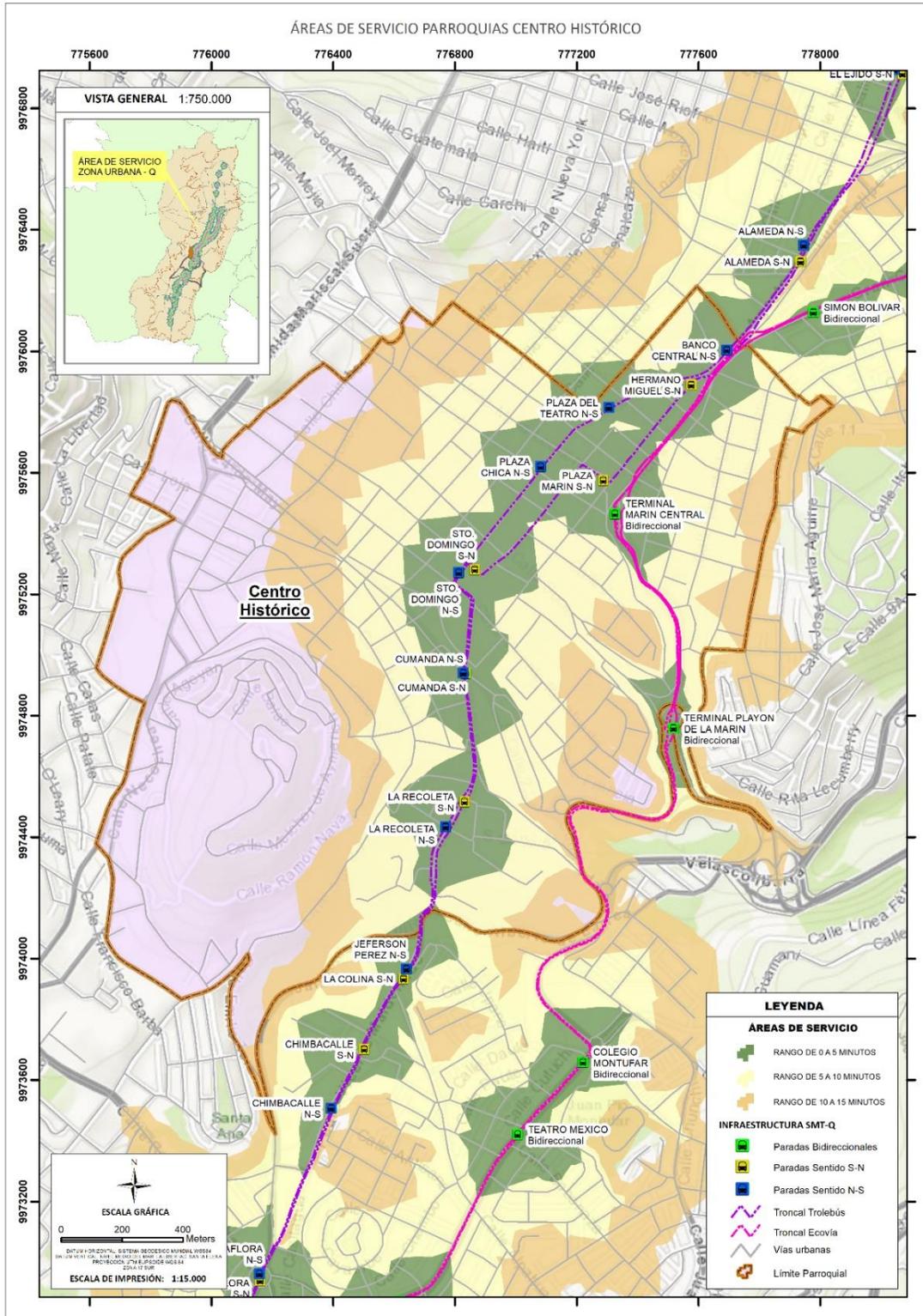
Corredor	Parada	Dirección	Área (km ² , en función de			Total (km ²)
			Impedancia)			
			0 a 5	5 a 10	10 a 15	
Trolebús y Ecovía	La Recoleta	S-N	0,08689	0,21892	0,33403	0,63984
	La Recoleta	N-S	0,10549	0,21885	0,25811	0,58244
	Cumandá	S-N	0,10563	0,36365	0,57517	1,04445
	Cumandá	N-S	0,10607	0,36510	0,57497	1,04615
	Santo Domingo	S-N	0,10938	0,56757	0,38099	1,05794
	Santo Domingo	N-S	0,12092	0,60823	0,39529	1,12444
	Plaza Marín	S-N	0,09914	0,36342	0,50149	0,96405
	Hermano Miguel	S-N	0,07690	0,23403	0,26716	0,57809
	Plaza Chica	N-S	0,11825	0,33638	0,52531	0,97994
	Plaza del Teatro	N-S	0,07573	0,29610	0,39607	0,76790
	Banco Central	N-S	0,03377	0,08616	0,20487	0,32480
Total (km²)			1,11400	3,99069	4,88984	9,99453

Nota: Las paradas del Corredor Trolebús en esta parroquia, al ser de las primeras en construirse son unidireccionales, es decir existen en sentido Norte-Sur y viceversa.

La parroquia Centro Histórico se evaluó de manera individual pues en ella los dos corredores transitan dentro de la parroquia, que tiene una densidad poblacional de 8 550 habitantes por km². Las áreas de servicio cubren 9,99 km² del total del área de la parroquia, con lo que se puede inferir que cerca de 85 455 habitantes del centro histórico se ven beneficiados con este servicio, al que acceden mediante las 9 paradas que ofrecen las troncales.

Figura 55

Áreas de Servicio de la parroquia Centro Histórico.



Parroquia San Juan

Cuenta con 18,95459 km², su límite se extiende hasta la avenida Patria, dentro de ella están dos paradas de uso del Trolebús y Ecovía, y que las comparte a su vez también con la parroquia Itchimbía, la principal arteria vial es la Avenida 10 de Agosto, por donde circulan los circuitos. **(Ver Tabla 17 y Figura 56).**

Tabla 17

Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia San Juan.

Corredor	Parada	Dirección	Área (km ² , en función de			Total (km ²)
			Impedancia)			
			0 a 5	5 a 10	10 a 15	
Trolebús y Ecovía	La Alameda	S-N	0,05679	0,16971	0,23248	0,45898
	La Alameda	N-S	0,05743	0,17817	0,23447	0,47007
	El Ejido	S-N	0,05333	0,17652	0,23766	0,46751
	El Ejido	N-S	0,05335	0,17588	0,23993	0,46915
Total (km²)			0,22089	0,70027	0,94454	1,86571

Nota: Las paradas del Corredor Trolebús en esta parroquia, al ser de las primeras en construirse son unidireccionales, es decir existen en sentido Norte-Sur y viceversa.

Parroquia Itchimbía

Con 4 paradas de la Ecovía, repartidas a lo largo de la Avenida Pichincha, Gran Colombia y 6 de Diciembre, y 2 paradas más compartidas por ambos corredores en la Avenida 10 de Agosto, **(Ver Tabla 18)**, vía que la divide de la parroquia San Juan, su área

es de 11,20728 km² y se extiende desde el Playón de la Marín hasta la Casa de la Cultura en la Avenida Patria. (Ver Figura 56).

Tabla 18

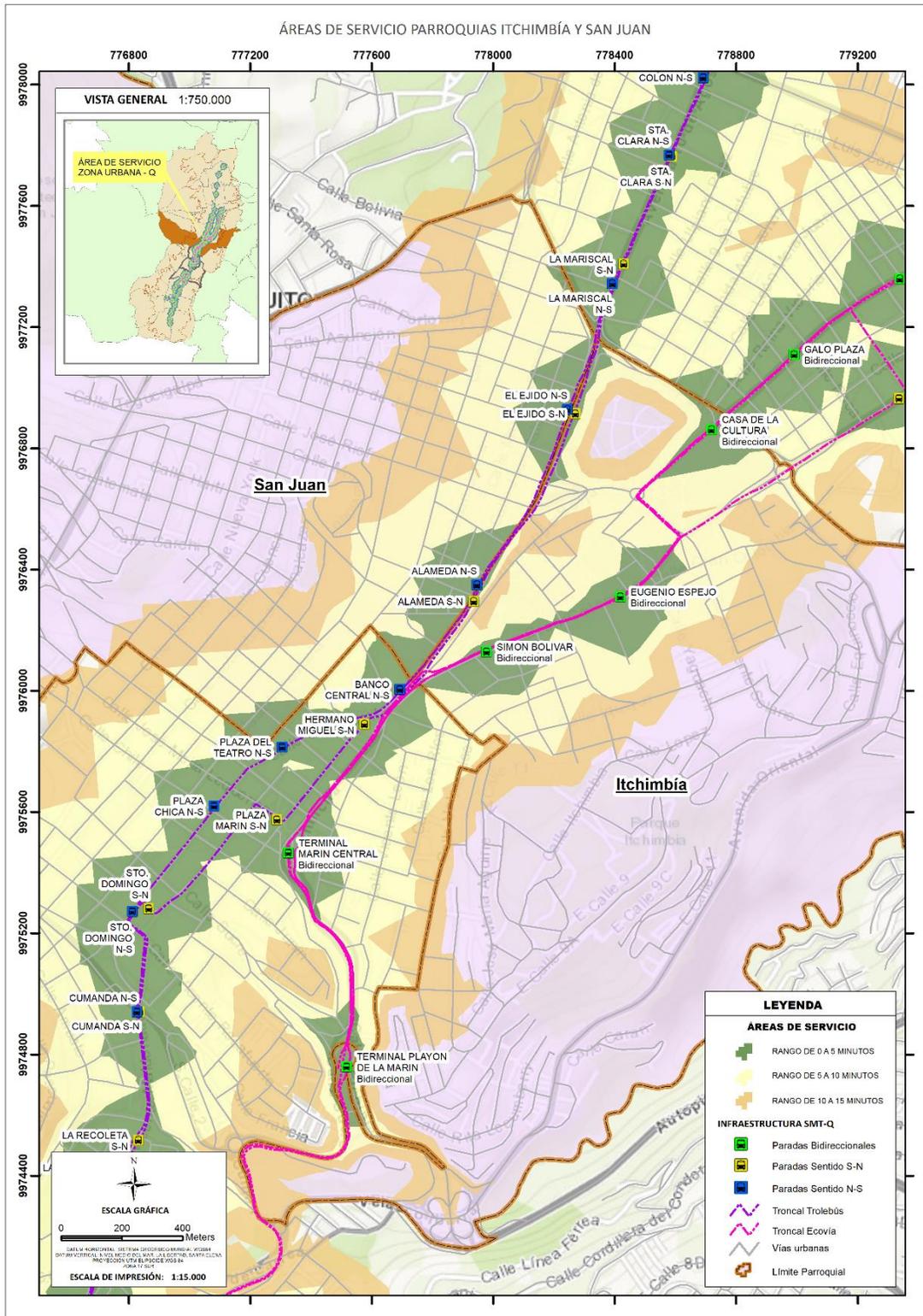
Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Itchimbía.

Corredor	Parada	Dirección	Área (km ² , en función de			Total (km ²)
			Impedancia)	0 a 5	5 a 10	
Trolebús y Ecovía	La Alameda	S-N	0,00593	0,01438	0,07097	0,09128
	La Alameda	N-S	0,00607	0,01871	0,08905	0,11383
	El Ejido	S-N	0,01823	0,05858	0,19595	0,27276
	El Ejido	N-S	0,01820	0,05773	0,19327	0,26920
Ecovía	Simón Bolívar	Bidireccional	0,06086	0,18118	0,27848	0,52051
	Eugenio Espejo	Bidireccional	0,08668	0,26907	0,43189	0,78763
	Casa de la Cultura	Bidireccional	0,04181	0,12563	0,27579	0,44322
	Terminal Playón de la Marín	Bidireccional	0,01393	0,01593	0,14646	0,17631
Total (km²)			0,25170	0,74121	1,68185	2,67476

Nota: Las paradas del Corredor Trolebús en esta parroquia, al ser de las primeras en construirse son unidireccionales, es decir existen en sentido Norte-Sur y viceversa.

Figura 56

Áreas de Servicio de la parroquia San Juan e Itchimbia.



Las parroquias San Juan e Itchimbía también se analizaron de manera conjunta, tienen en común 4 paradas de uso de ambos corredores, adicionales a las de uso exclusivo de la Ecovía ubicadas en la parroquia Itchimbía.

Las áreas de servicio nos dan una superficie equivalente a 4,54 km², este valor junto a la densidad que reporta el INEC para el año 2019 que es de 2 471 habitantes/km², (INEC, 2013), reporta un cercano de 11 221 beneficiarios del sistema de transporte quiteño.

Parroquia Belisario Quevedo

En esta parroquia solo hay presencia del corredor Trolebús, con un área de 13,48743 km², que va desde la Avenida Patria hasta la intersección con la Avenida Atahualpa, (**Ver Figura 57**), tiene 6 paradas distribuidas a los lados de los carriles exclusivos de la avenida 10 de Agosto, permitiendo el paso de los articulados en medio de ellas y ubicadas estratégicamente para brindar servicio a los usuarios. (**Ver Tabla 19**),

Tabla 19

Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Belisario Quevedo.

Corredor	Parada	Dirección	Área (km ² , en función de			Total (km ²)
			Impedancia)			
			0 a 5	5 a 10	10 a 15	
Trolebús	La Mariscal	S-N	0,04033	0,10674	0,12366	0,27073
	La Mariscal	N-S	0,04327	0,08205	0,14722	0,27254
	Santa Clara	S-N	0,06322	0,18815	0,26526	0,51663

Corredor	Parada	Dirección	Área (km ² , en función de			Total (km ²)
			Impedancia)			
			0 a 5	5 a 10	10 a 15	
	Santa Clara	N-S	0,06326	0,18815	0,26633	0,51774
	Colón	S-N	0,05806	0,17766	0,28577	0,52148
	Colón	N-S	0,05584	0,16977	0,30199	0,52761
	Cuero y Caicedo	S-N	0,05178	0,17693	0,31192	0,54062
	Cuero y Caicedo	N-S	0,04985	0,17545	0,28917	0,51446
	Mariana de Jesús	S-N	0,02500	0,16758	0,14818	0,34076
	Mariana de Jesús	N-S	0,02707	0,19811	0,20612	0,43131
	Florón	S-N	0,03149	0,06591	0,08720	0,18460
	Florón	N-S	0,04537	0,07128	0,10253	0,21918
Total (km²)			0,55454	1,76779	2,53535	4,85768

Nota: Las paradas del Corredor Trolebús en esta parroquia, al ser de las primeras en construirse son unidireccionales, es decir existen en sentido Norte-Sur y viceversa.

Parroquia Mariscal Sucre

Es la parroquia más pequeña, cubre un área de 2,78788 km². desde la Avenida Patria hasta la Avenida Francisco de Orellana, (**Ver Figura 57**), abarca 3 paradas del Trolebús, q las comparte con la parroquia Belisario Quevedo por la avenida 10 de Agosto, y 5 paradas de la Ecovía repartidas en la avenida 6 de Diciembre. (**Ver Tabla 20**).

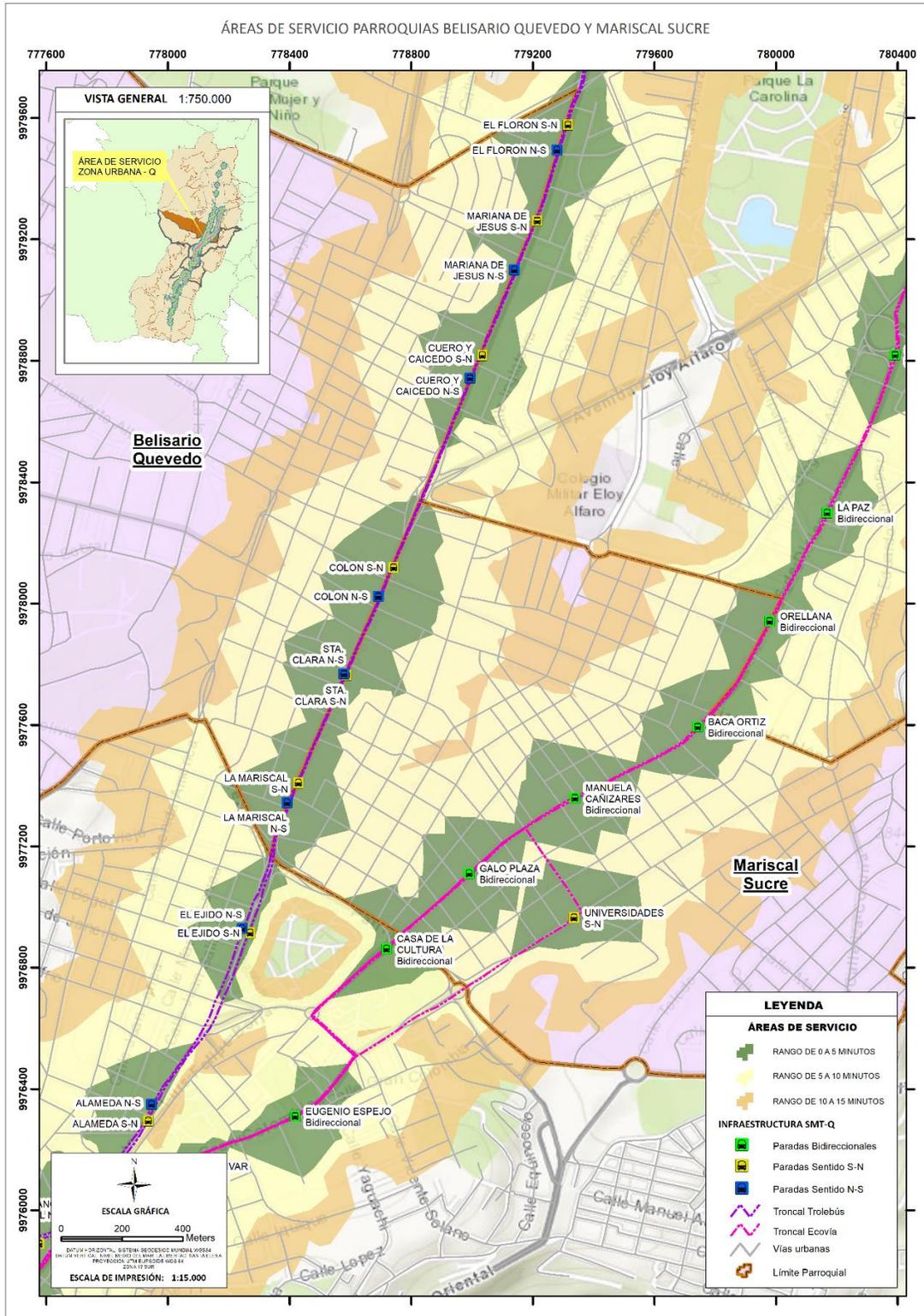
Tabla 20*Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Mariscal Sucre.*

Corredor	Parada	Dirección	Área (km ² , en función de			Total (km ²)
			Impedancia)			
			0 a 5	5 a 10	10 a 15	
Trolebús	La Mariscal	S-N	0,04985	0,15757	0,21007	0,41749
	La Mariscal	N-S	0,05493	0,14573	0,19955	0,40021
	Santa Clara	S-N	0,04308	0,17737	0,32678	0,54723
	Santa Clara	N-S	0,04318	0,17740	0,32657	0,54715
	Colón	S-N	0,05727	0,15271	0,22461	0,43459
	Colón	N-S	0,06148	0,17555	0,26127	0,49830
Ecovía	Galo Plaza	Bidireccional	0,11264	0,32937	0,41342	0,85543
	Universidades	S-N	0,09984	0,28762	0,46200	0,84946
	Manuela Cañizares	Bidireccional	0,11628	0,36283	0,57992	1,05903
	Baca Ortiz	Bidireccional	0,08929	0,29939	0,44984	0,83852
	Orellana	Bidireccional	0,03418	0,10885	0,23371	0,37674
Total (km²)			0,76203	2,37438	3,68774	6,82415

Nota: Las paradas del Corredor Trolebús en esta parroquia, al ser de las primeras en construirse son unidireccionales, es decir existen en sentido Norte-Sur y viceversa.

Figura 57

Áreas de Servicio de la parroquia Belisario Quevedo y Mariscal Sucre.



A pesar de que ambas parroquias tienen muy bien diferenciado la arteria vial por la que circulan los corredores Ecovía y Trolebús y sin paradas en común entre ambas parroquias, también el análisis se lo realizó de manera conjunta puesto que las áreas de servicio resultan muy cercanas debido a la alta demanda y conexión vial entre las dos parroquias.

Con un total de 16,28 km² en total, y con los datos del INEC para el año 2019, se obtuvo una densidad poblacional para ambas parroquias de 3 306 habitantes por km², (INEC, 2013), lo que adicional a los 11, 68 km² del total del área de servicio permitió calcular que, en estas dos parroquias con un total de 17 paradas, cerca de 38 630 personas acceden a ellas para tomar los diferentes circuitos y trasladarse a sus destinos.

Parroquia Iñaquito

Se extiende desde la Avenida Francisco de Orellana hasta la Avenida Gaspar de Villaroel, con un área de 15,05269 km², como lo muestra la **figura 58**, encierra a 5 paradas del corredor Trolebús a lo largo de la Avenida 10 de Agosto, y 8 correspondientes de la Troncal Ecovía distribuidas a lo largo de la Avenida 6 de Diciembre, la **tabla 21** lo detalla a continuación.

Tabla 21

Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Iñaquito.

Corredor	Parada	Dirección	Área (km ² , en función de			Total (km ²)
			Impedancia)			
			0 a 5	5 a 10	10 a 15	
Trolebús	Cuero y Caicedo	S-N	0,04526	0,14765	0,27473	0,46763
	Cuero y Caicedo	N-S	0,04329	0,15613	0,23465	0,43407
	Mariana de Jesús	S-N	0,04651	0,18040	0,30642	0,53333
	Mariana de Jesús	N-S	0,04716	0,17540	0,30848	0,53104
	Florón	S-N	0,04449	0,14634	0,35787	0,54871
	Florón	N-S	0,05939	0,16655	0,31819	0,54413
	Estadio	S-N	0,04782	0,16664	0,27055	0,48501
	Estadio	N-S	0,05959	0,15253	0,25875	0,47087
	La Y	S-N	0,06331	0,16389	0,18225	0,40944
La Y	N-S	0,05271	0,18370	0,20731	0,44372	
Ecovía	La Paz	Bidireccional	0,08697	0,29434	0,50051	0,88181
	San Martín	Bidireccional	0,09723	0,29956	0,44931	0,84610
	Bellavista	Bidireccional	0,08677	0,31456	0,51829	0,91963
	Eloy Alfaro	Bidireccional	0,07939	0,28812	0,47549	0,84300
	Benalcázar	Bidireccional	0,09758	0,26417	0,48443	0,84618
	Naciones Unidas	Bidireccional	0,10238	0,29648	0,50824	0,90709
	Colegio 24 de Mayo	Bidireccional	0,09802	0,32263	0,47360	0,89424
	Sauces	Bidireccional	0,03958	0,18100	0,36219	0,58277
Total (km²)			1,19744	3,90008	6,49126	11,58878

Nota: Las paradas del Corredor Trolebús en esta parroquia, al ser de las primeras en construirse son unidireccionales, es decir existen en sentido Norte-Sur y viceversa.

Parroquia Rumipamba

Con dos paradas del trolebús que las comparte con la parroquia Iñaquito, cubre un área de 10,37179 km², que va desde la Avenida Atahualpa hasta la Avenida El Inca, manteniendo la distribución de las paradas a lo largo de la avenida 10 de Agosto. (Ver **Tabla 22 y Figura 58**).

Tabla 22

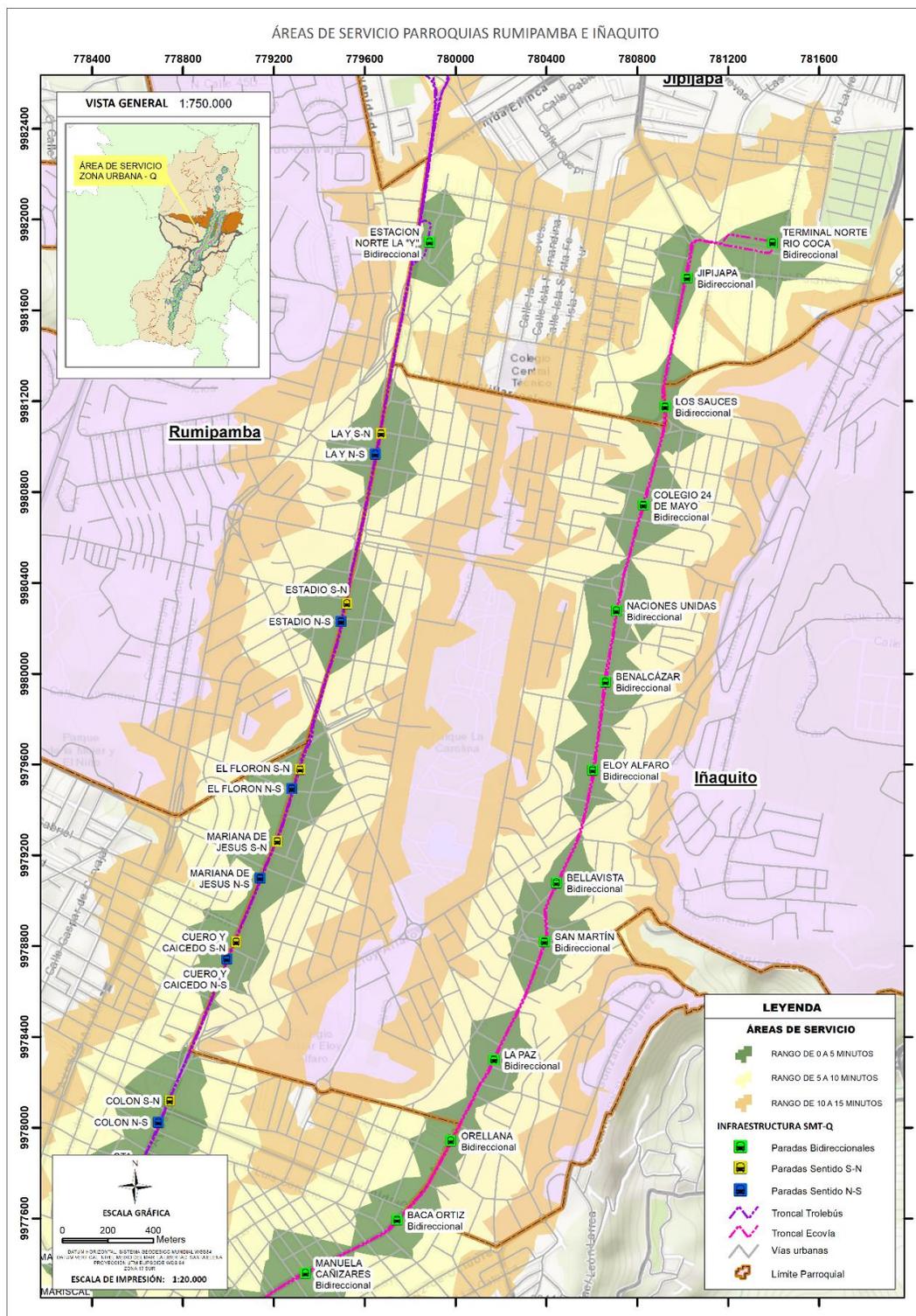
Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Rumipamba.

Corredor	Parada	Dirección	Área (km ² , en función de			Total (km ²)
			Impedancia)			
			0 a 5	5 a 10	10 a 15	
Trolebús	Estadio	S-N	0,06492	0,20087	0,28618	0,55196
	Estadio	N-S	0,05863	0,18901	0,29173	0,53937
	La Y	S-N	0,03918	0,13013	0,30256	0,47188
	La Y	N-S	0,05243	0,17885	0,32437	0,55566
Total (km²)			0,21516	0,69887	1,20484	2,11886

Nota: Las paradas del Corredor Trolebús en esta parroquia, al ser de las primeras en construirse son unidireccionales, es decir existen en sentido Norte-Sur y viceversa.

Figura 58

Áreas de Servicio de la parroquia Iñaquito y Rumipamba.



En estas dos parroquias, el parque la carolina forma un tipo de barrera entre las áreas de servicio de las paradas correspondientes al Corredor Trolebús y Ecovía, sin embargo, realizar el análisis de los datos de manera conjunta facilita también su interpretación.

De acuerdo con los datos del INEC, la proyección poblacional entre ambas parroquias representó una densidad poblacional de 2 973 habitantes/km². (INEC, 2013)

El total de superficie calculada con el análisis de accesibilidad para suma de todos los tiempos es de 13,71 km², pudiendo obtener que, en este sector de Quito, cerca de 40 753 personas hacen uso de este medio de transporte.

Parroquia Jipijapa

Desde la Avenida Gaspar de Villaroel hasta la Avenida El Inca, como lo muestra la **figura 59**, con una extensión de 6,22782 km², tiene únicamente 3 paradas, dos pertenecientes al sistema Ecovía incluida la terminal Norte y la restante perteneciente al Trolebús como se resume en la **tabla 23**.

Tabla 23

Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Jipijapa.

Corredor	Parada	Dirección	Área (km ² , en función de			Total (km ²)
			Impedancia)			
			0 a 5	5 a 10	10 a 15	
Trolebús	Terminal Norte La Y	Bidireccional	0,06366	0,17606	0,26537	0,50509

Corredor	Parada	Dirección	Área (km ² , en función de			Total (km ²)
			Impedancia)			
			0 a 5	5 a 10	10 a 15	
Ecovía	Jipijapa	Bidireccional	0,06964	0,24199	0,49548	0,80710
	Terminal Norte Rio Coca	Bidireccional	0,09393	0,28449	0,44956	0,82798
	Total (km²)		0,22722	0,70254	1,21041	2,14018

Parroquia Concepción

Tiene un área de 5,20758 km², tiene únicamente la última estación del Sistema Trolebús, en esa estación se espera también culmine el recorrido del próximo Metro de Quito. (Ver Tabla 24 y Figura 59).

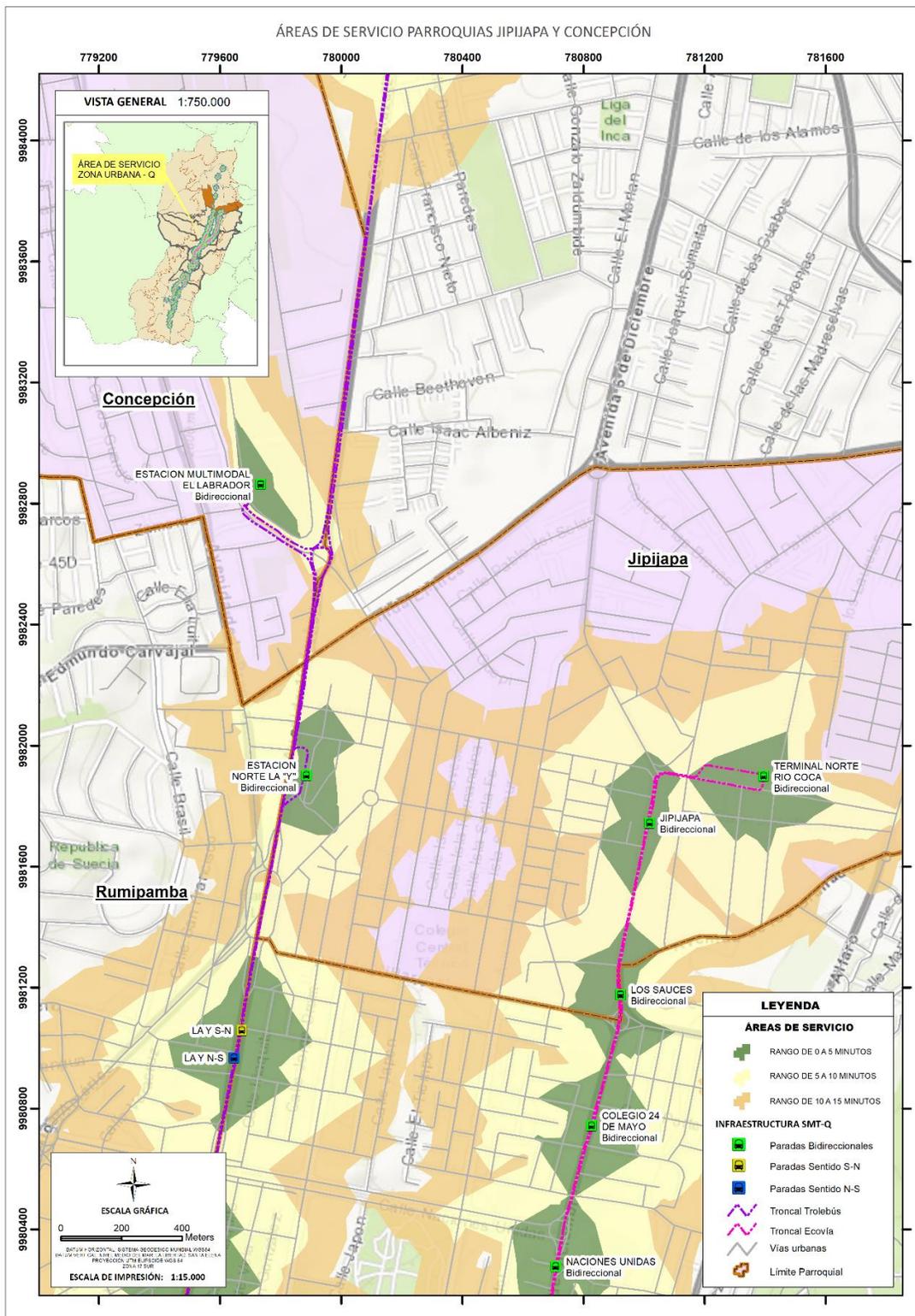
Tabla 24

Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Concepción.

Corredor	Parada	Dirección	Área (km ² , en función de			Total (km ²)
			Impedancia)			
			0 a 5	5 a 10	10 a 15	
Trolebús	Estación Multimodal	Bidireccional	0,03094	0,08279	0,11792	0,23166
	El Labrador					
	Total (km²)		0,03094	0,08279	0,11792	0,23166

Figura 59

Áreas de Servicio de la parroquia Jipijapa y Concepción.



La parroquia concepción cuenta con la última terminal del corredor Trolebús, y la parroquia Jipijapa cuenta también con la estación terminal Rio Coca de la Ecovía, ambas parroquias suman una poblacional total de 60 900 habitantes, (INEC, 2013), y con la superficie de 2,37 km² obtenidas de las áreas de servicio, se pudo inferir que 12 631 personas acceden a las paradas de las troncales para movilizarse.

Parroquia Kennedy

La parroquia Kennedy cuenta con dos paradas del sistema trolebús, (**Tabla 25**), con un área de 6,68151 km², que se extiende hasta la Avenida Del Maestro y Avenida Galo Plaza. (**Figura 60**).

Tabla 25

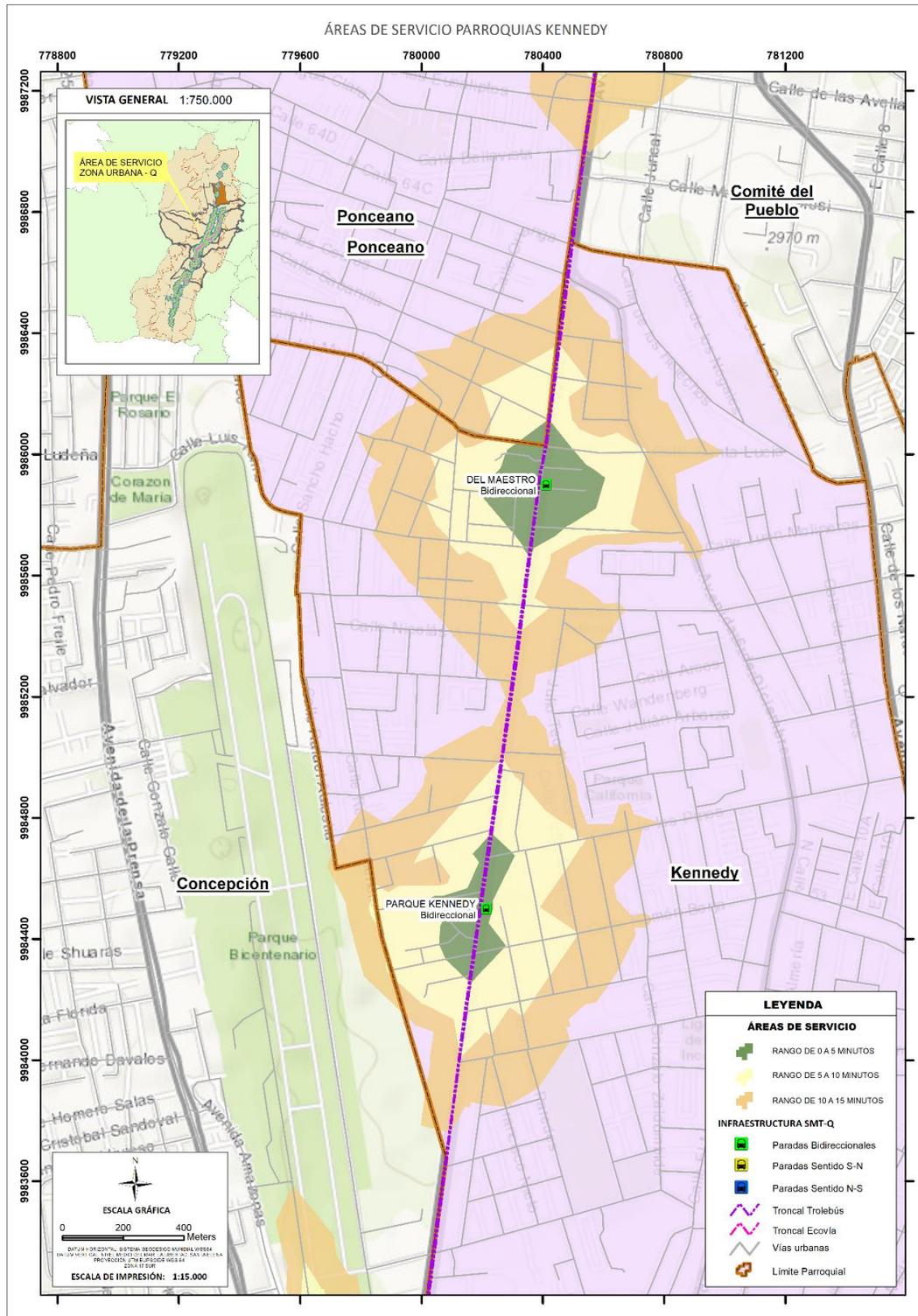
Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Kennedy.

Corredor	Parada	Dirección	Área (km ² , en función de			Total (km ²)
			Impedancia)			
			0 a 5	5 a 10	10 a 15	
Trolebús	Parque Kennedy	Bidireccional	0,06590	0,30395	0,44875	0,81860
	Del Maestro	Bidireccional	0,09697	0,19483	0,46711	0,75891
Total (km²)			0,16287	0,49878	0,91586	1,57751

Nota: Esta parroquia forma parte de la extensión norte del Sistema Trolebús que comprendió 5 paradas.

Figura 60

Áreas de Servicio de la parroquia Kennedy.



La parroquia Kennedy es parte de las parroquias que conforman la extensión norte del corredor trolebús, en esta parroquia con dos paradas únicamente cuenta con una densidad de 6,68 habitantes por cada km², y la superficie que cubren estas dos paradas en el cálculo de las áreas de servicio fue de 1,58 km², lo que representa una cantidad aproximada de 16 377 usuarios en esta parroquia urbana.

Parroquia Comité del Pueblo

Encierra solo una parada del Trolebús, se extiende desde la intersección de la avenida Galo Plaza y José Amesaba hasta la Panamericana Norte, con una superficie de 5,41387 km². (Ver **Tabla 26** y **Figura 61**).

Tabla 26

Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Comité del Pueblo.

Corredor	Parada	Dirección	Área (km ² , en función de			Total (km ²)
			Impedancia)			
			0 a 5	5 a 10	10 a 15	
Trolebús	ParqueNor	Bidireccional	0,04734	0,14133	0,28796	0,47663
Total (km²)			0,04734	0,14133	0,28796	0,47663

Nota: Esta parroquia forma parte de la extensión norte del Sistema Trolebús que comprendió 5 paradas.

Parroquia Ponceano

Se extiende desde la Avenida Del Maestro hasta la Avenida Diego de Vásquez con una superficie que abarca los 6,65164 km², con solo una de las paradas del Trolebús.

(Ver Tabla 27 y Figura 61).

Tabla 27

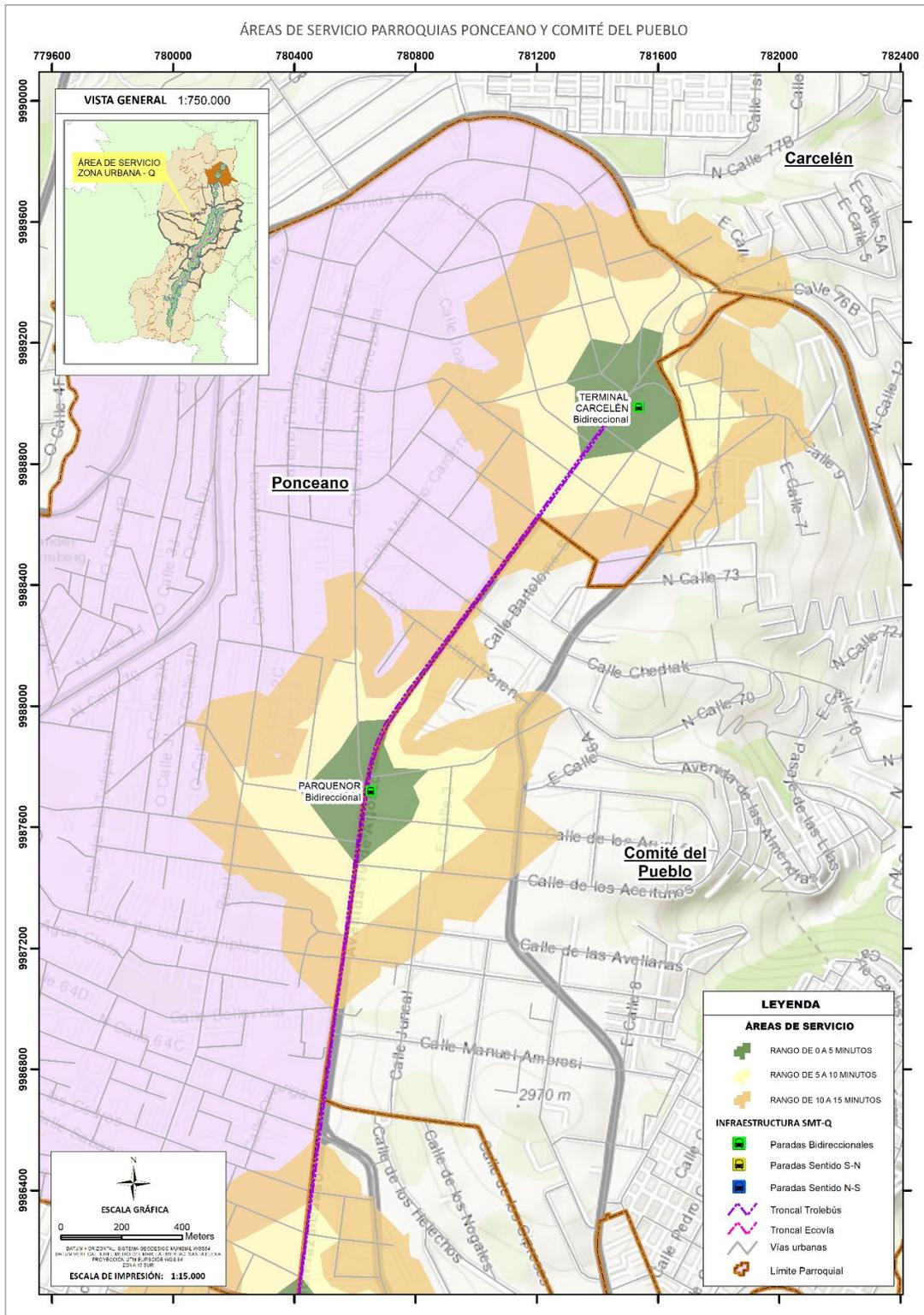
Información descriptiva del Área de Servicio de la parroquia Ponceano.

Corredor	Parada	Dirección	Área (km ² , en función de			Total (km ²)
			Impedancia)	0 a 5	5 a 10	
Trolebús	Terminal Carcelén	Bidireccional	0,11146	0,28101	0,34977	0,74224
Total (km²)			0,11146	0,28101	0,34977	0,74224

Nota: Esta parroquia forma parte de la extensión norte del Sistema Trolebús que comprendió 5 paradas.

Figura 61

Áreas de Servicio de la parroquia Comité del Pueblo y Ponceano.



Las parroquias Ponceano y Concepción representan las dos últimas parroquias de la extensión norte del troncal Trolebús, una de ellas es el terminal Carcelén, con un área total de 12,07 km², en estas parroquias, y de acuerdo con los datos del INEC, podemos inferir que aproximadamente 10 867 usuarios acceden a las paradas del corredor.

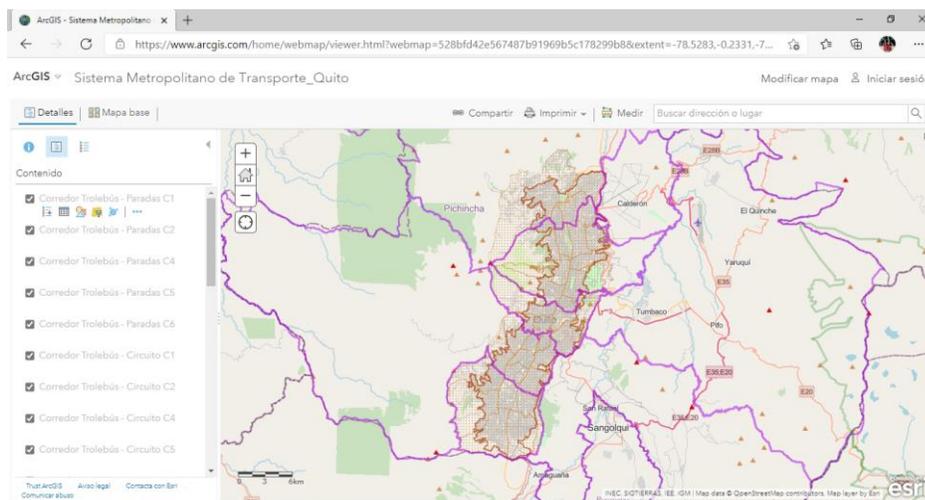
Visualizador Web

Una vez exportados las capas en web layer, se los integraron mediante ArcGIS Online en un único web map, con características y una interfaz amigable y entendible para los usuarios, y que además es compatible para cualquier dispositivo ya que se lo puede visualizar desde la ventana de un navegador, el único requisito es contar con acceso a internet ya que su acceso se ejecuta de manera online mediante el URL:

<https://arcg.is/0yPGHj>

Figura 62

Visualizador web.



Aplicación móvil

La aplicación móvil fue desarrollada en el lenguaje de programación java en Android Studio y con la cuenta de ArcGIS Developers, que permitió obtener una APIKey que servirá como conexión entre la aplicación y los feature layers que fueron exportados previamente como servicios para finalmente obtener un paquete de instalación instalable en cualquier dispositivo móvil con sistema operativo Android.

Figura 63

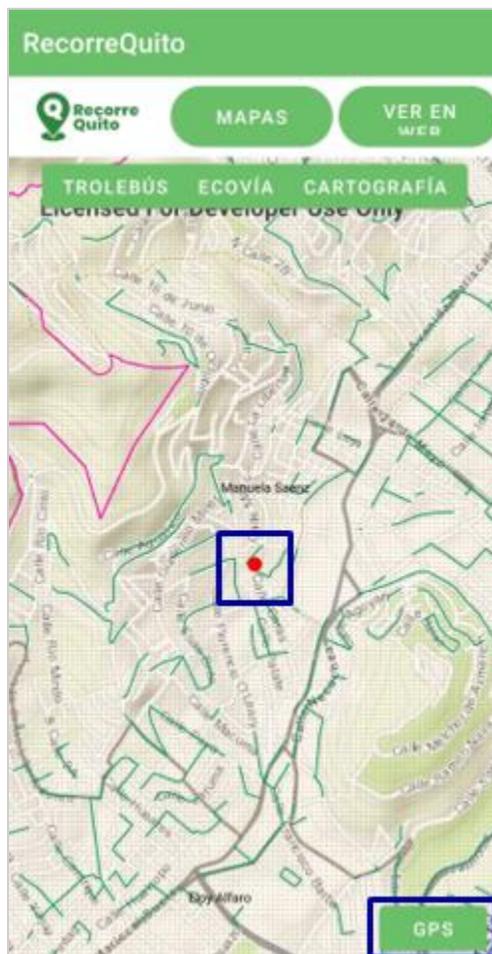
Icono de aplicación RecorreQuito.



Dentro de las características que posee la aplicación denominada “RecorreQuito”, se encuentran la funcionalidad GPS del teléfono, lo que permite que el usuario pueda ubicarse una vez encendido este atributo de su teléfono, mostrándoles a su vez una referencia para poder movilizarse a la parada que desee, y una opción que los redirige a su ubicación en caso de redirigirse dentro del mapa.

Figura 64

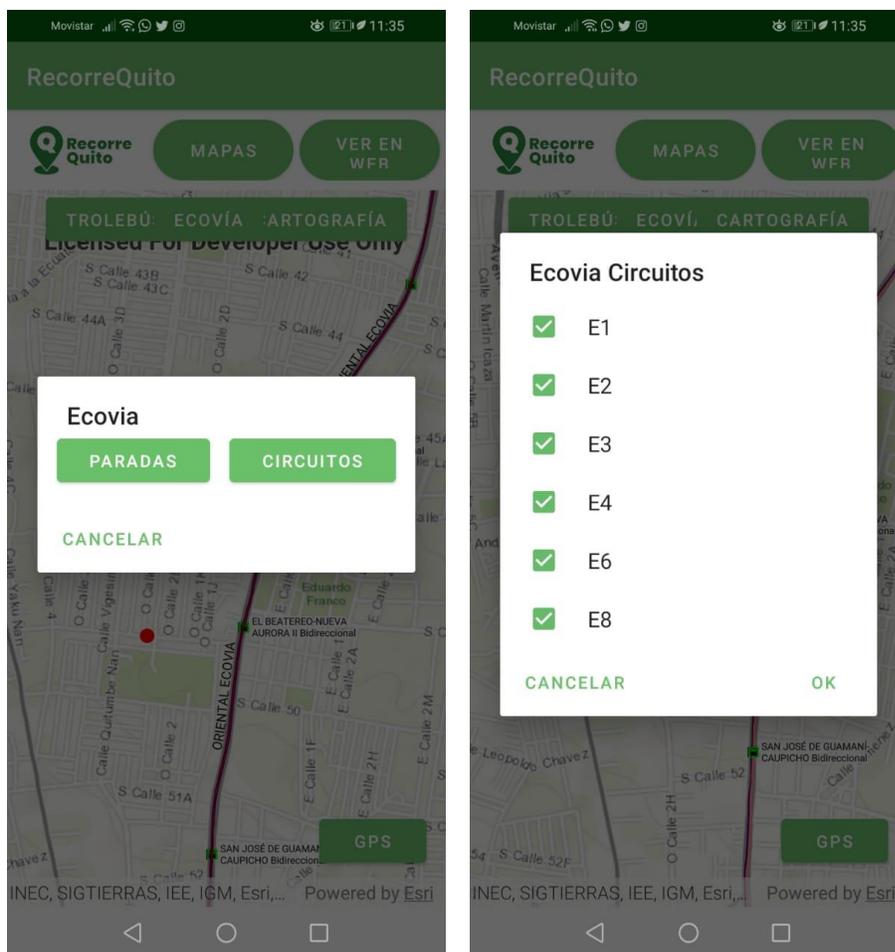
Opción GPS de la aplicación RecorreQuito.



También cuenta con una interfaz interactiva que permite realizar “zoom” dentro del mapa y visualizar de mejor manera la distribución de los circuitos y paradas que a su vez están distribuidas en capas tipo línea de acuerdo a cada circuito y por corredor, y capas tipo punto de las paradas correspondientes a cada circuito para así tener la opción de visualizar circuitos únicos o a su vez todo el Sistema Integrado comprendido entre los corredores Trolebús y Ecovía. Esta función también está disponible para la selección de capas correspondientes a la cartografía base.

Figura 65

Ventanas de selección de los circuitos



La elección del mapa base también está disponible de acuerdo con las preferencias del usuario, en donde puede seleccionar de entre 6 mapas diversos. Otro aspecto considerado dentro de la aplicación es un box que permite acceder al mapa web original, abriéndolo en una ventana del navegador web en el dispositivo móvil del usuario.

Figura 66

Ventana de la selección del mapa base.

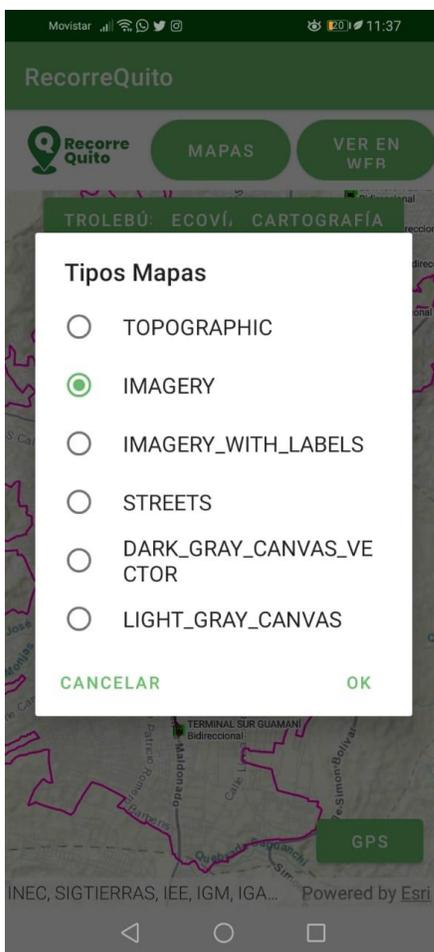
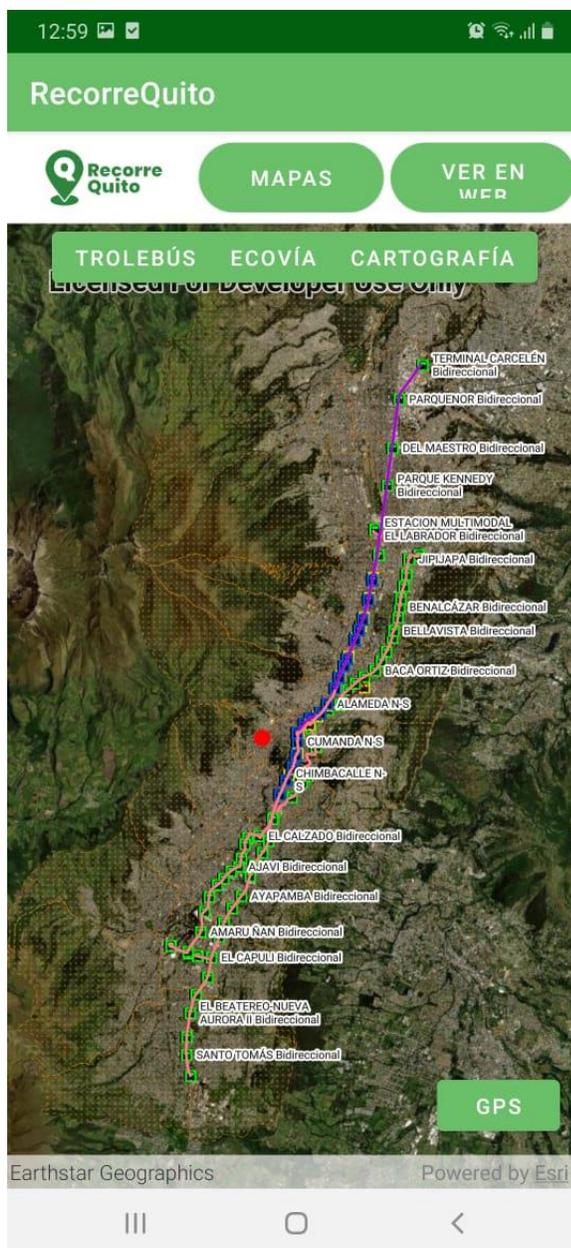


Figura 67

Vista general de la aplicación RecorreQuito.



Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones

En este último capítulo, y en concordancia con los objetivos planteados al inicio de este proyecto, se resumen las principales conclusiones y recomendaciones para el futuro desarrollo y mejora del trabajo.

Conclusiones

- El área total de servicio de las 84 paradas de los corredores Trolebús y Ecovía abarcan una superficie total de 74,10 km² distribuida en las 3 ventanas de tiempo establecidas, esto representa un 45% del área total de la denominada mancha urbana de Quito, conformada por 32 parroquias. Con ese valor, se pudo inferir que cerca de 819 633 quiteños hacen uso del servicio troncal que ofrece el municipio para trasladarse a diversos puntos de la ciudad.
- El análisis de accesibilidad por áreas de servicio, en este caso resulto ser una medida muy efectiva para dar un aproximado de usuarios de transporte articulado en Quito, ya que este medio de movilidad es considerado el más usado en la ciudad, por tanto, los estudios que brinden información del comportamiento de este sistema permiten tomar acciones frente a la mejora y continuo desarrollo del mismo.
- El intervalo de tiempo tomado para el cálculo de las áreas de servicio fue de 5 10 y 15 min, esto se lo determinó porque los buses alimentadores que llegan a las diferentes estaciones y terminales tienen una frecuencia aproximada de 20 min.

- Es factible la incorporación de elementos WMS dentro de un aplicativo móvil mediante herramientas proporcionadas por el propio software ArcGIS.
- En el desarrollo de la aplicación “RecorreQuito”, se utilizó la versión 100.08 SDK Runtime para Android, pues luego de varias pruebas se pudo percibir que la última versión presentaba inestabilidad al momento de incorporar los layers generados para este proyecto y alojados en la nube de ESRI.

Recomendaciones

- Para alcanzar una mejor aproximación sobre la cantidad de usuarios que se benefician con el servicio total del Sistema Metropolitano de Transporte, se recomienda incluir los datos del Corredor Occidental y de los Servicios Alimentadores o Integrados, para de esta manera conocer también los límites periféricos en donde los usuarios también acceden al transporte público municipal.
- Actualizar los datos poblacionales para un mayor alcance, esto podría resolverse con los datos del último Censo que se realice en el país, y que permitirá mejorar la toma de decisiones respecto a la movilidad y transporte de los quiteños.
- Para futuros desarrollos de este tema de investigación, también se propone expandir el campo de uso de la aplicación móvil, desarrollando una versión disponible para el sistema operativo IOS, además que se esperan actualizaciones

dentro de la aplicación, que permitan en un futuro calcular rutas desde la posición actual del usuario hasta su destino final, incluyendo tiempos de traslado, selección de mejor ruta, entre otros.

- La aplicación móvil, presenta al interesado una interfaz gráfica muy amigable y detallada con el fin de facilitar la experiencia de uso, sin embargo, creemos que el abanico de mejora es muy amplio, y queda abierto a la continuidad por parte de cualquier interesado.

Capítulo VI. Bibliografía

- Agencia Nacional de Tránsito. (Última modificación, 2016). *REGLAMENTO A LEY ORGANICA DE TRANSPORTE TERRESTRE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL*. Quito.
- Aguado, J., Martínez, I., & Cañete-Sanz, L. (2015). Tendencias evolutivas del contenido digital en aplicaciones móviles. *El profesional de la información*, vol. 24, n. 6, 787-795.
- Alcántara, E. (2010). *Análisis de la movilidad urbana. Espacio, Medio Ambiente y Equidad*. Bogotá, Colombia: CAF, Corporación Andina de Fomento.
- Amaya, Y. (2014). Metodologías ágiles en el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles. Estado actual. *Revista de Tecnología | Journal Technology, Volumen 12, Número 2*, 111-124.
- ArcGIS Developers. (2020). *API keys Documentation*. Obtenido de <https://developers.arcgis.com/documentation/security-and-authentication/api-keys/>
- ArcGIS Pro. (Diciembre de 2020). *Network Analyst Extension ArcGIS*. Obtenido de <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/analysis/networks/what-is-network-analyst-.htm>
- BBC News. (04 de Enero de 2011). *La velocidad al andar predice la longevidad*. Obtenido de https://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/01/110104_velocidad_marcha_longevidad_m
en
- Bustos, M., Perez, N., & Berón, M. (2015). Plataformas para el desarrollo de aplicaciones móviles. *XVII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*. Salta: Universidad Nacional de la Plata.

- CEA. (24 de Febrero de 2014). *Sistemas de Información Geográfica*. Obtenido de Confederación de Empresarios de Andalucía: <http://sig.cea.es/>
- Cohen, E. (2017). *Alternativas de Movilidad Sostenible en Centros Históricos de Ciudades de Tamaño Intermedio. Estudio de Caso Sincelejo, Colombia*. Barranquilla-Colombia: Universidad del Norte.
- Cordero, E. (2017). *DESARROLLO DE SOFTWARE PARA EL CONTROL DE REPARACIONES DE EQUIPOS DE COMPUTACION Y VENTA DE REPUESTOS, EN LENGUAJE DE PROGRAMACION JAVA Y MYSQL, UTILIZANDO NETBEANS Y MYSQL WORKBENCH*. Nicaragua: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA.
- Córdova, M. B. (2017). *El transporte público terrestre y la accesibilidad, instrumentos para el análisis funcional del sistema. Caso: Ecuador*. Quito: Secretaría Nacional de Desarrollo y Planificación.
- Cosío, J., Khaddage, F., Carreño, M., Sandoval, J., & Estrada, I. (2015). *Apropiación de las Aplicaciones Móviles en la Educación Superior: Tendencias y Barreras*. Mexico: Universidad de Celaya.
- Dahlgren, A. (2008). *Geographic Accessibility Analysis - Methods and Application Real Estate Science, Department of Technology and Society*. Lund University.
- Dalvi, M., & Martin, K. (1976). The Measurement of Accessibility: Some Preliminary Results. *Transportation*, 17-42.
- Delía, L., Galdámez, N., Thomas, P., & Pesado, P. (2013). Un análisis experimental de tipo de aplicaciones para dispositivos móviles. *XVIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación* (págs. 766-776). Argentina: Universidad Nacional de la Plata.

Desarrolladores de Android. (15 de Octubre de 2020). Obtenido de

<https://developer.android.com/>

Developer Centers. (15 de Octubre de 2020). Obtenido de

<https://developer.salesforce.com/developer-centers/>

Diputación de Barcelona. (01 de Octubre de 2020). *IDE Barcelona*. Obtenido de

<https://www.diba.cat/es/web/idebarcelona/que-es-una-ide>

Echecolanea, J. M. (2018). Sistemas de Información Geográfica: Una herramienta clave para la planificación urbana. *tecYt*, num4, 79-82.

El Comercio. (2019). *Investigación mundial sobre movilidad ubica a Quito en el puesto 26 entre 200 ciudades con más problemas de tráfico*. Obtenido de

<https://www.elcomercio.com/actualidad/congestion-vehicular-ranking-movilidad-amt.html>

EMT Madrid. (2015). *Empresa Municipal de Transportes de Madrid*. Obtenido de

<https://www.emtmadrid.es/Home>

EPMTP-DMQ. (2019). *Empresa Pública Metropolitana de Transporte de Pasajeros del Distrito Metropolitano de Quito*. Obtenido de <https://www.trolebus.gob.ec/>

EPMTP-DMQ. (Septiembre de 2019). *Empresa Pública Metropolitana de Transporte de*

Pasajeros del Distrito Metropolitano de Quito. Obtenido de <https://www.trolebus.gob.ec/>

ESRI ArcGis. (2020). *ArcGIS Network Analyst. Service Area Analyst*. Obtenido de

<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.5/extensions/network-analyst/service-area.htm>

ESRI ArcGis Online. (2020). *¿Qué es ArcGIS Online?* Obtenido de

<https://doc.arcgis.com/es/arcgis-online/get-started/what-is-ago1.htm>

ESRI Colombia. (2020). *ArcGis for Developers*. Obtenido de <https://esri.co/arcgis-desarrolladores/#:~:text=ArcGIS%20para%20desarrolladores%20ofrece%20un,escritorio%20o%20los%20dispositivos%20m%C3%B3viles>.

ESRI España. (2020). *ArcGIS Network Analyst*. Obtenido de <https://www.esri.com/es-es/store/extensions/arcgis-network-analyst#:~:text=ArcGIS%20Network%20Analyst%20es%20una,an%C3%A1lisis%20de%20%C3%A1rea%20de%20servicio>.

ESRI UK. (Diciembre de 2020). *ArcGIS Network Analyst*. . Obtenido de <https://www.esriuk.com/en-gb/arcgis/products/arcgis-network-analyst/overview>

Falcon, S. (2018). *El lenguaje de programación Java usado en las telecomunicaciones*. Lima: Universidad Nacional de Educación.

GeoServer. (Diciembre de 2020). *¿Qué es Geoserver?* Obtenido de <http://geoserver.org/>

GeoSur. (2017). *Red Geoespacial de América Latina y El Caribe*. Obtenido de : <https://www.geosur.info/geosur/index.php/es/?Itemid=469>

Gerencia de Operaciones - EPMPQ. (2020). *Informe Operaciones de Corredores Administrados por la EMPTQ*. Quito.

Gobierno Abierto de Quito. (2015). *Secretaría General de Planificación*. Obtenido de http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/?page_id=1122

Gobierno Abierto de Quito. (2017). *Secretaría General de Planificación*. Obtenido de http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/?page_id=1122

Gobierno de Pichincha. (2017). *Distrito Metropolitano de Quito*. Obtenido de <https://www.pichincha.gob.ec/cantones/distrito-metropolitano-de-quito>

- Gutiérrez, A. (2012). *¿Qué es la movilidad? Elementos para (Re) Construir las definiciones básicas del campo del Transporte*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Hansen, W. (1959). How Accessibility Shapes Land Use. *Journal of the American Institute of Planners*, 73-76.
- Hanz, M., Hernández, D., & Rubinstein, E. (2018). ¿Qué implica la accesibilidad en el diseño en el Diseño e Implementación de políticas IRbanas? *Banco Interamericano de Desarrollo*, Nota técnica IDB-TN-1562.
- INEC. (2013). *El Transporte Terrestre de Pasajeros en Ecuador y Quito: Perspectiva Histórica y Situación Actual*. Quito: Análisis de Información Estadística.
- INEC. (2013). *Proyecciones Poblacionales*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/>
- INEC. (2014). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Obtenido de Información Cartográfica-Versión 2: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/category/cartografia-2/>
- Joyce, G., & Lilley, M. (2014). Towards the Development of Usability Heuristics for Native Smartphone Mobile Applications. *International Conference of Design, User Experience, and Usability, DUXU 2014* (págs. 465-474). Grecia: Aaron Marcus and Associates, Inc.
- Landau, L., Ajezer, A., & Lifshitz, E. (1993). *CURSO DE FÍSICA GENERAL. Mecánica y Física molecular*. Moscú: Editorial MIR.
- López, M. (16 de Julio de 2020). *OpenWebinars*. Obtenido de <https://openwebinars.net/blog/que-es-un-lenguaje-de-programacion/>
- Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda de la República de Argentina. (Abril de 2020). *Atlas ID*. Obtenido de <https://atlasid.planificacion.gob.ar/default.aspx>

- Miriadax. (2019). *Creando apps en android*. Madrid: CEN, 11° Edición.
- Molina, E. (2018). *Los Espacios Públicos de Ocio en la Ciudad. Estudio de Caso: Quito-Ecuador*. Bahía Blanca: Universidad Nacional del Sur.
- Nahuel, L. (2017). *Desarrollo de Aplicaciones Móviles Multiplataforma*. Argentina: Universidad Nacional de La Plata.
- Olaya, V. (2014). *Sistemas de Información Geográfica*. Zaragoza: Ilustre Colegio Oficial de Geólogos.
- Open Geospatial Consortium Inc. (2016). *OpenGIS® Web Map Server Implementation Specification*. Jeff de la Beaujardiere.
- Ortiz, M. (2016). *Transporte Urbano y Accesibilidad: Una Dimensión para Generar Calidad de Vida en San José de Morán, Quito 2011-2013*. Quito: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales-FLACSO.
- QGIS. (Diciembre de 2020). *Un Sistema de Información Geográfica libre y de Código Abierto*. Obtenido de <https://www.qgis.org/es/site/about/index.html>
- Quintero, J. (2017). Del concepto de Ingeniería de Tránsito al de Movilidad Urbana Sostenible. *Ambiente y Desarrollo*, 57-72.
- Real Academia de la Lengua Española*. (15 de Octubre de 2020). Obtenido de <https://dle.rae.es/troleb%C3%BA#Fm6ZnyG>
- Riaño, E. (2015). *Procesos de Ocupación, Poblamiento y Urbanización. Hoja metodológica del indicador Densidad vial*. Bogotá: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi.

- Samsung Lationamérica. (2020). *¿Qué es un APK?* Obtenido de <https://www.samsung.com/latin/support/mobile-devices/what-is-an-apk/>
- Schwanen, T., Lucas, K., Akyelken, N., Cisternas, D., Carrasco, J., & Neutens, T. (2015). Rethinking the links between social exclusion and transport. *Transportation Research Part A*, 123-135.
- Secretaría de Movilidad. (2014). *Diagnóstico de la Movilidad en el Distrito Metropolitano de Quito para el Plan Metropolitano de Desarrollo Territorial (PMOT)*. Quito: Secretaría de Movilidad.
- Secretaría de Movilidad. (2014). *Diagnóstico de la Movilidad en el Distrito Metropolitano de Quito para el Plan Metropolitano de Desarrollo Territorial (PMOT)*. Quito: Secretaría de Movilidad.
- Secretaría Técnica Planifica Ecuador . (2017). *Proyecciones Referenciales de Población a Nivel Cantonal-Parroquial*. Quito: INEC.
- ServiSoftcorp. (2017). *Definición y cómo funcionan las aplicaciones móviles*. Obtenido de https://servisoftcorp.com/definicion-y-como-funcionan-las-aplicaciones-moviles/#Que_es_una_aplicacion_movil
- Silva, A., & Torres, C. (2017). *Calidad del Servicio de Transporte Urbano en la Ciudad de Cuenca*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- The American Heritage Dictionary of the English Language*. (2020). Obtenido de <https://ahdictionary.com/>
- UNICEF. (2012). *The State of the World's Children 2012: Children in an Urban World*. United Nations publication.
- Universidad de Valencia. (2012). *Movilidad y transporte*. Valencia: UPV.

- Uzcategui, R. (Febrero de 2017). *MappingGIS*. Obtenido de <https://mappinggis.com/2017/01/10-aplicaciones-gis-en-la-nube-para-publicar-mapas-en-la-web/>
- Vaccaro, L. (2014). *Análisis de la accesibilidad desde la perspectiva de la movilidad*. Chile: Escuela de Geografía de la Universidad de Chile.
- Velásquez, C. (2015). *Espacio público y movilidad urbana. Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM)*. Barcelona, España: Universitat de Barcelona.
- Wee, B. v. (2016). Accessible accessibility research challenges. *Journal of Transport Geography*, 9-16.
- Zumelzu, A., Barria, T., & Barrientos-Trinanes, M. (2020). EFECTOS DE LA FORMA URBANA SOBRE LA ACCESIBILIDAD PEATONAL EN BARRIOS DEL SUR DE CHILE. *ARQUITETURA REVISTA V.16 N.1*, 01-22.

Capítulo VII. Anexos