



**ESPE**  
**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**Propuesta de un modelo de movilidad urbana, caso corredor Labrador – Carapungo (Parroquias Calderón, Carcelén, Comité del Pueblo, Llano Chico, Pomasqui, Zámbez y San Antonio de Pichincha), en el contexto de la gestión de riesgo de desastres.**

Arteaga Pinargote, Cristhian Raúl; Gualoto Changoluisa, Dillan Sebastián; Guayasamín Vergara, Jennifer Carolina; Morocho Suntasig, Wilson Alexander y Valladares Guayta Lisbeth

Stefania

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera en Tecnologías Geoespaciales

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero en Tecnologías Geoespaciales

Prof. Dr. Toulkeridis Theofilos

31 de agosto del 2022

# COPYLEAKS

Copia de MIC-Grupal.docx

Scanned on: 21:22 August 25, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	62
Words with Minor Changes	48
Paraphrased Words	0
Omitted Words	1294



Formado eletronicamente por:  
**THEOFILOS**  
**TOULKERIDI**



**Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción**

**Carrera en Tecnologías Geoespaciales**

### **Certificación**

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“Propuesta de un modelo de movilidad urbana, caso corredor Labrador – Carapungo (Parroquias Calderón, Carcelén, Comité del Pueblo, Llano Chico, Pomasqui, Zámiza y San Antonio de Pichincha), en el contexto de la gestión de riesgo de desastres”** fue realizado por los señores **Arteaga Pinargote, Crithian Raúl; Gualoto Changoluisa Dillan Sebastián; Guayasamín Vergara; Jennifer Carolina; Morocho Suntasig, Wilson Alexander y Valladares Guayta, Lisbeth Stefania**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 29 de agosto de 2022

Firma:



Theofilos Toulkeridis

**Apellidos, Nombres completos del director**

C. C.1717885618



**Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción**  
**Carrera en Tecnologías Geoespaciales**

**Responsabilidad de Autoría**

Nosotros, **Arteaga Pinargote, Cristhian Raúl; Gualoto Changoluisa, Dillan Sebastián; Guayasamín Vergara, Jennifer Carolina; Morocho Suntasig, Wilson Alexander y Valladares Guayta Lisbeth Stefania**, con cédulas de ciudadanía n° **1724231574, 1722557913, 1725110017, 1721557179, 1726341876**, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **“Propuesta de un modelo de movilidad urbana, caso corredor Labrador – Carapungo (Parroquias Calderón, Carcelén, Comité del Pueblo, Llano Chico, Pomasquí, Zámbez y San Antonio de Pichincha)**, en el contexto de la gestión de riesgo de desastres”, es de nuestra 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, 29 de agosto de 2022**

Arteaga Pinargote, Cristhian Raúl

C.C. 1724231574

Gualoto Changoluisa, Dillan Sebastián

C.C. 1722557913

Guayasamín Vergara, Jennifer Carolina

C.C. 1725110017

Morocho-Suntasig, Wilson Alexander

C.C. 1721557179

Valladares Guayta, Lisbeth Stefania

C.C. 1726341876



**Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción**

**Carrera en Tecnologías Geoespaciales**

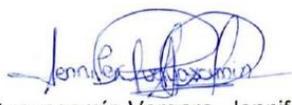
**Autorización de Publicación**

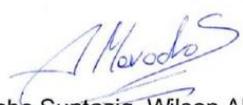
Nosotros **Arteaga Pinargote, Cristhian Raúl; Gualoto Changoluisa, Dillan Sebastián; Guayasamín Vergara, Jennifer Carolina; Morocho Suntasig, Wilson Alexander y Valladares Guayta Lisbeth Stefania**, con cédulas de ciudadanía n° **1724231574, 1722557913, 1725110017, 1721557179, 1726341876**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **“Propuesta de un modelo de movilidad urbana, caso corredor Labrador – Carapungo (Parroquias Calderón, Carcelén, Comité del Pueblo, Llano Chico, Pomasqui, Zámiza y San Antonio de Pichincha), en el contexto de la gestión de riesgo de desastres”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

**Sangolquí, 29 de agosto de 2022**

  
Arteaga Pinargote, Cristhian Raúl  
C.C. 1724231574

  
Gualoto Changoluisa, Dillan Sebastián  
C.C. 1722557913

  
Guayasamín Vergara, Jennifer Carolina  
C.C. 1725110017

  
Morocho-Suntasig, Wilson Alexander  
C.C. 1721557179

  
Valladares Guayta, Lisbeth Stefania  
C.C. 1726341876

## **Agradecimientos**

*Al concluir una etapa de suma importancia para nuestras vidas, queremos agradecer, a quienes hicieron posible este sueño, quienes caminaron junto a nosotros en todo momento y siempre fueron inspiración, apoyo y fortaleza.*

*En mi primer lugar queremos agradecer a nuestros padres por ser los pilares que han logrado impulsar nuestros sueños y metas, quienes estuvieron a nuestro lado en los días y noches de nuestras horas de estudio, por siempre darnos palabras de aliento para seguir adelante y por siempre creer en nosotros.*

*A nuestros docentes que con sabias palabras y conocimientos nos han guiado en toda esta etapa universitaria, contándonos experiencias y dándonos consejos para poder llegar a ser buenos profesionales.*

*A la Universidad de las fuerzas Armadas ESPE por abrirnos sus puertas y donde adquirimos todo nuestro conocimiento en todo este tiempo.*

*A nuestros compañeros de cursos con quienes compartimos alegrías, tristezas y preocupaciones dentro y fuera de las aulas, gracias por todo su apoyo y diversión, hoy culmina esta maravillosa aventura y aunque se nos hace difícil despedirnos finalmente podemos celebrar y decir "Lo logramos".*

## Índice de contenido

Caratula.....	1
Agradecimientos .....	6
Índice de tablas.....	10
Índice de figuras.....	11
Resumen.....	15
Abstract.....	16
CAPÍTULO I .....	17
Planteamiento del Problema	17
Justificación	18
Antecedentes	19
Área de estudio	21
Objetivos	22
Objetivo General	22
Objetivos específicos	22
Metas	23
CAPÍTULO II .....	24
Marco teórico	24
Fundamentación teórica	24
Diagnóstico Territorial del Distrito Metropolitano de Quito.	24
Zona Norte del Distrito Metropolitano de Quito	24
Morfología urbana	24
Características geográficas de la zona de estudio	25
Proximidad a servicios u otras entidades.	25
Educación	25
Centros de Salud	25
Gestión de riesgos	26
Riesgo	26
Amenaza	28
Amenaza por movimientos en masa	29

Amenaza a sismos	29
Amenaza a inundaciones	31
Amenaza a peligro volcánico	32
Vulnerabilidad	33
Riesgos por amenaza de origen natural	33
Peligro volcánico	34
Sismos	34
Inundaciones	35
Deslizamientos	35
Gestión de riesgos naturales en el distrito metropolitano de Quito	36
Fundamentación conceptual	37
PUOS	37
Zona de Influencia	37
Mapa de calor	37
Modelos digitales de Terreno (MDT)	38
Modelos digitales de Elevación (MDE)	38
Modelos digitales de Superficie (MDS)	38
Interpolate Shape	38
Profile Graph	38
Kernel density	38
Proceso analítico jerárquico (ahp)	39
Matriz de comparaciones pareadas (Saaty)	39
Fundamentación legal	40
Ordenanza Metropolitana No. 0185	40
Ordenanza Metropolitana No. 0237	40
COOTAD	40
Constitución de la república del Ecuador	41
PMOT	43
CAPÍTULO III .....	44
METODOLOGÍA .....	44
Obtención y Almacenamiento de la Información	44
Modalidad de Investigación	44

Recopilación de la Información geoespacial	47
Descripción de la Información	50
Almacenamiento de la información	52
Caracterización geoespacial	54
Ruta 1	54
Ruta 2	64
Materiales y métodos para el análisis de los potenciales riesgos de origen natural	74
Determinación de factores causales	74
Normalización, ponderación y evaluación	75
Sismos	75
Peligro volcánico	77
Evaluación del grado de vulnerabilidad por amenaza volcánica	78
Inundaciones	82
Movimientos de masa	87
Evaluación del grado de vulnerabilidad por movimientos de masa	88
Método de análisis jerárquico ahp (Saaty)	90
Resultados	92
Análisis multicriterio	93
Análisis Tomando en cuenta el daño y la intensidad.	93
Análisis Tomando en cuenta el tiempo de recurrencia del evento.	96
Escenarios para la movilidad urbana	98
Paradas	101
Parada de Solca	106
Comité del Pueblo	107
Calderón	109
Estación Final (Cochera)	110
Parque Inglés	111
Indoamerica	112
Estadio	113
Condado	114
Terminal Terrestre Carcelén	115
Hospital IESS San Francisco	116

	10
Carcelén	117
Pusuquí	118
Pomasqui	119
CEMEXPO	120
Mitad del Mundo (Estación Final)	121
Modelado de rutas	122
Riesgos	122
Litología	124
Movimiento de masas	125
Susceptibilidad a inundaciones	126
Accidentes geográficos	127
Red hídrica	128
Coberturas Ráster	129
Weighted Overlay (Superposición Ponderada)	130
Cálculo “Cost Distance”	131
Cobertura “Backlink”.	132
Cálculo de la ruta óptima “Cost-Path”.	133
Polyline to Raster Y Smooth Line.	135
Resultados	136
Conclusiones	141
Recomendaciones	143
Referencias	144

### Índice de tablas

Tabla 1. Definiciones operacionales del riesgo. (Martínez M, 2015)	27
Tabla 2. Factores Físicos - Naturales - Acción humana que provocan movimientos en masa.	29
Tabla 3. Factores provocados por la presencia de sismos.	30
Tabla 4. Fenómenos – procesos – consecuencias de presencia de inundaciones.	31
Tabla 5. Fenómenos volcánicos (UNGRD).	32
Tabla 6. Escala de medida (BARBA – HOMERO Y POMEROL).	39
Tabla 7. Geoinformación recopilada.	51

Tabla 8. Concentración del desarrollo económico según las zonas de influencia en la primera ruta.	58
Tabla 9. Concentración del desarrollo cultural según las zonas de influencia en la primera ruta.	60
Tabla 10. Concentración de servicios en las zonas de influencia en la primera ruta.	62
Tabla 11. Concentración del desarrollo económico según las zonas de influencia en la segunda ruta.	68
Tabla 12. Concentración del desarrollo cultural según las zonas de influencia en la segunda ruta	70
Tabla 13. Concentración de servicios según las zonas de influencia en la segunda ruta.	73
Tabla 14. Ponderación de peligro volcánico.	80
Tabla 15. Ponderación de inundaciones.	84
Tabla 16. Ponderaciones de movimientos en masa.	88
Tabla 17. Ponderación de coberturas.	92
Tabla 18. Implementación de Saaty.	92
Tabla 19. Variables con sus respectivos pesos.	93
Tabla 20. Categorización de susceptibilidad a peligro de amenaza de origen natural.	93
Tabla 21. Descripción de las alternativas de sistema de transporte masivo según el Banco Mundial.	99
Tabla 22. Áreas de influencia de las paradas establecidas para la línea 1 del Metro de Quito.	105
Tabla 23. Ponderación de litología.	125
Tabla 24. Ponderación de litología transformada.	126
Tabla 25. Ponderaciones para la cobertura Susceptibilidad a movimientos en masa en el área urbana.	127
Tabla 26. Ponderaciones para la cobertura Susceptibilidad a movimientos en masa en el área urbana.	128
Tabla 27. Ponderaciones para las coberturas Accidentes Geográficos y Red hídrica.	130

### Índice de figuras

Figura 1. Parroquias del Norte del Distrito Metropolitano de Quito.	21
Figura 2. Esquema metodológico Georeferenciación de las rutas vigentes.	44
Figura 3. Esquema metodológico a la evaluación de potenciales riesgos naturales.	45

Figura 4. Esquema metodológico del diseño de escenarios prospectivos territoriales para la movilidad urbana.	46
Figura 5. Sistema Metropolitano de Información del Gobierno Abierto del DMQ.	48
Figura 6. Archivos de Información Geográfica disponible en el SIN.	48
Figura 7. Geoportal Capas de Información Geográfica básica del IGM.	49
Figura 8. Información libre en la plataforma OpenStreetMap.	50
Figura 9. Geodatabase del objetivo 1.	53
Figura 10. Geodatabase de las amenazas de origen natural e insumos para el análisis espacial.	53
Figura 11. Geodatabase de las rutas y paradas generadas para el modelo de movilidad urbana.	54
Figura 12. Ruta de Destino Labrador – Carapungo.	55
Figura 13. Caracterización Geoespacial de los barrios en torno a la ruta.	55
Figura 14. Perfil de la ruta el Labrador – Carapungo.	56
Figura 15. Modelo 3D de elevación.	57
Figura 16. Caracterización Geoespacial de Comercio.	57
Figura 17. Caracterización Geoespacial Cultural.	59
Figura 18. Caracterización Geoespacial de Servicios.	62
Figura 19. Mapa de calor de actividades comerciales presentes en la zona de estudio.	64
Figura 20. Mapa del PUOS de la ruta Labrador – Carapungo.	64
Figura 21. Ruta de Destino Labrador – Mitad del Mundo.	65
Figura 22. Caracterización Geoespacial de los barrios en torno a la ruta.	66
Figura 23. Perfil de la ruta El Labrador hasta San Antonio de Pichincha.	67
Figura 24. Modelo 3D de elevación.	67
Figura 25. Caracterización Geoespacial de Comercio.	68
Figura 26. Caracterización Geoespacial Cultural.	70
Figura 27. Caracterización Geoespacial de Servicios.	72
Figura 28. Mapa de calor de las actividades comerciales presentes en la zona de estudio.	74
Figura 29. Mapa del PUOS de la ruta Labrador – Carapungo.	75
Figura 30. Mapa de potencial riesgo por sismos.	78
Figura 31. Mapa de potencial peligro volcánico.	80
Figura 32. Mapa de potencial peligro volcánico normalizado.	83
Figura 33. Mapa de potencial riesgo de Inundaciones.	85

Figura 34. Mapa de potencial riesgo de Inundaciones normalizado.	87
Figura 35. Mapa de potencial riesgo de deslizamientos.	89
Figura 36. Mapa de potencial riesgo de deslizamientos normalizado.	91
Figura 37. Mapa de potencial riesgo por amenazas de origen natural.	96
Figura 38. Mapa de potencial riesgo por amenazas de origen natural.	98
Figura 39. Movilidad Global para la definición del trazado de La Línea 1 del Metro de Quito.	102
Figura 40. Descripción de criterios para la selección de la Estación Quitumbe como parada para la línea 1 del Metro de Quito.	103
Figura 41. Descripción de criterios para la selección de la Estación Quitumbe como parada para la línea 1 del Metro de Quito.	103
Figura 42. Plano de población servida para la línea 1 del Metro de Quito.	105
Figura 43. Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la parada de Solca.	107
Figura 44. Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la parada de Comité del Pueblo.	108
Figura 45. Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la parada de Carapungo.	109
Figura 46. Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la parada de Calderón.	110
Figura 47. Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la parada de Comité del Pueblo.	111
Figura 48. Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la parada del Parque Inglés.	112
Figura 49. Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la parada Indoamerica.	113
Figura 50. Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la parada Estadio.	114
Figura 51 Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la parada Condado.	115
Figura 52 Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la parada Terminal Terrestre Carcelén.	116
Figura 53 Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la parada Hospital del IESS.	117
Figura 54 Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la parada Carcelén.	118
Figura 55 Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la parada Pusuquí.	119
Figura 56 Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la parada Pomasqui.	120
Figura 57 Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la parada CEMEXPO.	121
Figura 58 Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la Estación Mitad del Mundo.	122
Figura 59 Tabla de atributos de la cobertura Susceptibilidad a movimientos en masa en el área urbana.	127
Figura 60 Tabla de atributos de la cobertura Susceptibilidad a movimientos en masa en el área urbana.	128
Figura 61 Cobertura de Accidentes Geográficos en las parroquias de estudio.	129

Figura 62 Reclasificación de la cobertura Susceptibilidad de movimientos de masa mediante la herramienta Reclassify.	130
Figura 63 Superposición ponderada de las 4 coberturas con sus pesos internos y externos.	131
Figura 64 Ráster de Superposición Ponderada generado a partir de las 4 coberturas.	132
Figura 65 Ráster de costo-distancia desde el punto de inicio.	133
Figura 66 Ráster	134
Figura 67 Ráster	135
Figura 68 Ráster	135
Figura 69 Ráster	136
Figura 70 Propuesta línea 1 Final.	137
Figura 71 Propuesta línea 2 Final.	138
Figura 72 Propuesta línea 3 Final.	139
Figura 73 Propuesta de Movilidad Extensión del Metro.	140
Figura 74 Propuesta de Movilidad Extensión del Metro.	141

## Resumen

Las parroquias urbanas del Norte de Quito (Calderón, Carcelén, Comité del Pueblo, Llano Chico, Pomasqui, Zámiza y San Antonio de Pichincha) en los últimos años han experimentado un desarrollo y expansión importante, incluso ocupando zonas de potenciales riesgos por múltiples amenazas de origen natural. En consecuencia, el objetivo de estudio de la investigación fue caracterizar geoespacialmente las rutas de transporte público vigentes (Labrador – Carapungo y Labrador – San Antonio de Pichincha), incluyendo actividades económicas, culturales y de servicios. Posteriormente se identificó los riesgos de origen natural en los corredores para finalmente generar modelos prospectivos de movilidad urbana, acorde a la tendencia actual de movilidad en el resto de la ciudad, como apoyo a los procesos de gestión del territorio GADM Quito – DMQ. Para llevar a cabo el análisis se trabajó con zonas de influencia con un radio de 300, 600 y 900 metros con base en la caracterización geométrica y los planes de gestión de riesgos realizados para la Línea 1 del Metro de Quito. Para la identificación del potencial de riesgo por amenazas de origen natural y los modelos prospectivos, se utilizó el Proceso de análisis Jerárquico (AHP) plasmando los resultados en mapas finales. La principal conclusión es que, según las características superficiales, el modelo actual de movilidad urbana en el área de estudio puede mejorarse a través de la implementación de los modelos propuestos, sin embargo, se pueden ver limitados por la presencia de los riesgos naturales según el análisis realizado.

*Palabras Clave:* movilidad urbana, amenazas naturales, transporte público.

### **Abstract**

The urban parishes of northern Quito (Calderón, Carcelén, Comité del Pueblo, Llano Chico, Pomasqui, Zámiza and San Antonio de Pichincha) have undergone significant development and expansion in recent years, even occupying areas of potential risk due to multiple natural hazards. Consequently, the objective of the study was to geospatially characterize the current public transportation routes (Labrador - Carapungo and Labrador - San Antonio de Pichincha), including economic, cultural and service activities. Subsequently, the risks of natural origin in the corridors were identified in order to finally generate prospective models of urban mobility, according to the current trend of mobility in the rest of the city, as support to the management processes of the territory GADM Quito - DMQ. To carry out the analysis, we worked with zones of influence with a radius of 300, 600 and 900 meters based on the geometric characterization and the risk management plans carried out for Line 1 of the Quito Metro. For the identification of risk potential due to natural hazards and prospective models, the Hierarchical Analysis Process (AHP) was used, translating the results into final maps. The main conclusion is that, according to the surface characteristics, the current model of urban mobility in the study area can be improved through the implementation of the proposed models, however, they can be limited by the presence of natural hazards according to the analysis performed.

*Key Words:* urban mobility, natural hazards, public transportation.

## CAPÍTULO I

### Planteamiento del Problema

En el folleto 8 del Laboratorio Urbano Desarrollo Orientado al Transporte (DOT) (Instituto de la Ciudad, 2015) en la ciudad de Quito se plantea la necesidad de ver de manera integrada la movilidad (el transporte público, incremento de la calidad del servicio, reducción de tiempos, integración tarifaria), el uso del suelo y la zonificación desde la perspectiva de la regulación, es decir ordenamiento de las actividades y de las intensidades del aprovechamiento económico y urbanístico del suelo. Además de que el DOT disminuye la vulnerabilidad ante las amenazas de los riesgos sísmicos, de las inundaciones, etc.

Tras la aprobación para la extensión del Metro de Quito a partir de la estación del Labrador, en una entrevista para El Comercio (El Comercio, 2020) Talavera indica que perforar el sector norte de Quito no presentaría ninguna característica distinta a lo que se halló al trabajar en el centro y en el sur. Según dice, existe la posibilidad de encontrarse con agua freática, rocas de gran volumen, accidentes geográficos como quebradas, pero ninguno representa una gran dificultad. En la región de Quito, las quebradas son verdaderos barrancos con bordes agudos, que pueden alcanzar frecuentemente de 15 a 20 m de profundidad. Son arroyos de montaña de fuerte pendiente, con régimen intermitente, que corren solo algunos días al año en crecidas brutales y violentas durante las precipitaciones más intensas; sólo los más importantes tienen un escurrimiento permanente. (Peltre, 1989)

En el Atlas de Amenazas Naturales y Exposición de Infraestructura del Distrito Metropolitano de Quito (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2015) se menciona que Quito, se encuentra atravesado por un sistema de fallas, el cual empieza al sur, cerca de la población de Tambillo y se extiende hasta el norte, hasta el sector de San Antonio de Pichincha. Este sistema de fallas tiene una longitud de entre 47 a 50 km. Se considera a este fenómeno como un caso de fallas ocultas típico, aunque muestran actividad sísmica de manera constante a través del tiempo. La ciudad de Quito tiene una gran afectación debido a que se

encuentra construida sobre una falla geológica, lo cual expone a la ciudad a vibraciones muy altas y a ser afectada por sismos superficiales. En consecuencia, el presente trabajo plantea la siguiente interrogante: ¿Es viable un modelo de movilidad urbana para el corredor Labrador – Carapungo a partir del análisis de los riesgos naturales del sector y la incidencia del modelo como apoyo a la gestión territorial del GADM Quito-DMQ?

### **Justificación**

La propuesta de investigación para el modelo de movilidad urbana en el contexto de la gestión de riesgos se debe a que en los últimos años las parroquias (Calderón, Carcelén, Comité del Pueblo, Llano Chico, Pomasqui, Zámbriza y San Antonio de Pichincha) han presentado una expansión importante, por lo cual es necesario generar un modelo de viabilidad urbana para la conectividad de estas parroquias y la identificación de lugares potenciales de riesgos o amenazas de origen natural.

En la actualidad se han evidenciado diferentes fenómenos naturales que han llevado consigo múltiples pérdidas económicas y humanas, tal es el caso del aluvión de la Gasca ocurrió el 31 de enero del 2022. Este tipo de eventos naturales preocupan por la seguridad de la población que se encuentra en las parroquias mencionadas que, al no tener una planificación territorial óptima han ido creciendo sin tomar en cuenta los factores naturales que pueden afectar en corto o largo plazo a su vulnerabilidad.

Con la ayuda de tecnologías geoespaciales es posible la identificación de la zona de interés y lugares con posibles afectaciones naturales que se presenten en las zonas ya sea por deslizamientos, movimiento de masas, inundaciones o lugares de peligro volcánico. Recopilar esta información y generar una base de datos permitirá realizar un modelamiento de posibles escenarios en los que se evidenciará la peligrosidad de riesgos en las zonas vulnerables de las parroquias mencionadas.

Por último, con la ayuda de la información geoespacial recopilada es posible crear un modelo de movilidad urbana para los corredores El Labrador - Carapungo y El Labrador - San

Antonio de Pichincha en los que se pueda identificar una movilidad urbana viable tomando en cuenta los potenciales riesgos originados por fenómenos naturales.

### **Antecedentes**

El Ecuador por sus condiciones geomorfológicas y el efecto de la actividad humana está expuesto a procesos de deslizamientos, avalanchas de lodo, erosión y derrumbes, cuando se producen episodios climáticos de intensas lluvias. Las actividades antrópicas pueden originar procesos de movimientos en masa, sobre todo cuando se construyen obras de infraestructura de gran magnitud sin tomar en consideración las propiedades físicas y mecánicas del suelo y subsuelo. (Chiquin, 2017)

Quizá el estudio más completo de desastres ocurridos en el Distrito Metropolitano de Quito lo realizó el investigador Pierre Peltre en el año 1989, quien acopió las notas periodísticas que eran la única documentación disponible sobre estos desastres desde el año 1900 al 1988 para intentar analizar su frecuencia y realizar su cartografía. En este período de tiempo se presentaron 163 inundaciones, 36 hundimientos de calzadas, 114 deslizamientos y 70 aluviones con graves impactos económicos y humanos. Entre estos se encuentra el aluvión de la Gasca ocurrido en 1975 y el de la Quebrada de Rumihurco en el Condado en 1983. (Zevallos, 2002)

Tan solo en el escudriñamiento de los eventos climáticos que causaron suficientes daños para ser tomados en cuenta por el diario el Comercio que ha estado en emisión desde el año 1904 se registraron 317 eventos morfoclimáticos urbanos. Incluyendo otras fuentes periodísticas en total se registraron 517 eventos de este tipo lo que da un promedio de más de cuatro eventos por año de diferente magnitud y amplitud. (Peltre, 1989)

Desde los años 70 se inicia un proceso de ocupación irregular, desordenada y de expansión urbana ilegal y dispersa de las laderas de la ciudad, derivado de las reformas agrarias y la posterior crisis económica de los 80, el Municipio pierde el control del crecimiento urbano pese a que existían regulaciones ya en aquella época como por ejemplo la declaratoria

de Bosque Protector. Para los años 90 la población de las laderas se estimaba en unas 75 000 personas con un 17.5% de crecimiento poblacional anual. Esta tendencia decreció rápidamente tras la introducción del Proyecto Laderas de Pichincha. (Zevallos, 2002)

A través del conjunto de métodos que analiza la vulnerabilidad de personas y bienes conocido como gestión de riesgos, las autoridades municipales han aplicado un programa de acondicionamiento de laderas desde el año 1997 con el objetivo de prevenir aluviones, escurrimientos de lodo y enormes volúmenes de agua de lluvia. En esta obra encontramos tres etapas, las que corresponden a cada uno de los sectores de las laderas. Entre los años de 1997 y 2002 se priorizó a las laderas del noroccidente. Entre los años 2002 a 2007 se intervinieron las laderas localizadas sobre el centro histórico de la ciudad. Un año más tarde, en 2008, se lanzó una tercera etapa, la cual se desarrolló en las laderas sudoccidentales. Al finalizar la primera fase del programa, fue incorporado dentro del servicio de la EMAAP-Q, el Programa de Saneamiento Ambiental, teniendo como fin proteger y desarrollar la red de saneamiento. (Sierra, 2009)

Se han construido represas, reservorios, trasvases e interconexiones de quebradas, estructuras de captación y diques en las 32 quebradas que rodean las laderas del Pichincha como son: El Rancho, San Antonio Grande, Singuna, Lea, Habas Corral, Rumipamba, Rumihurco, San Carlos, Caicedo, Miraflores, entre otras. (La Hora, 2000)

Aun así, las condiciones biofísicas de ciertas parroquias, sumadas a la expansión irresponsable de la población incrementan en gran medida el riesgo de desastres, por ejemplo la parroquia de Llano Chico al norte de Quito está constituida por un sistema de quebradas; las más importantes: la quebrada Chaquishcahuayco que separa a Llano Chico de la parroquia Calderón, nace de la unión de las quebradas San Antonio y Horinaza, desciende hasta desembocar en el río San Pedro; la quebrada Angarrachaca, que se origina de la unión de las quebradas Langachala y Pimán, que descargan el afluente en la quebrada Chaquishcahuayco.

También se encuentra la quebrada Tantaleo cuya microcuenca cubre un 23% del territorio de la parroquia. (Villacís, 2019)

Otro ejemplo sería la parroquia de Zámiza donde más del 80% de la parroquia tiene como formación relieves de fondos de cuencas con rellenos volcánicos con pendientes entre el 15% al 25% en el centro de la parroquia. (GAD-Zámiza, 2020)

La identificación de estas variables biofísicas, urbanas y poblacionales permitirá identificar zonas de riesgo y conocer el estado de vulnerabilidad de las parroquias Calderón, Carcelén, Comité del Pueblo, Llano Chico, Pomasqui, Zámiza y San Antonio de Pichincha que servirá de guía para la elaboración de un plan de movilidad del corredor Labrador – Carapungo desarrollado por la Secretaría de Movilidad del GADM Quito, DMQ.

### **Área de estudio**

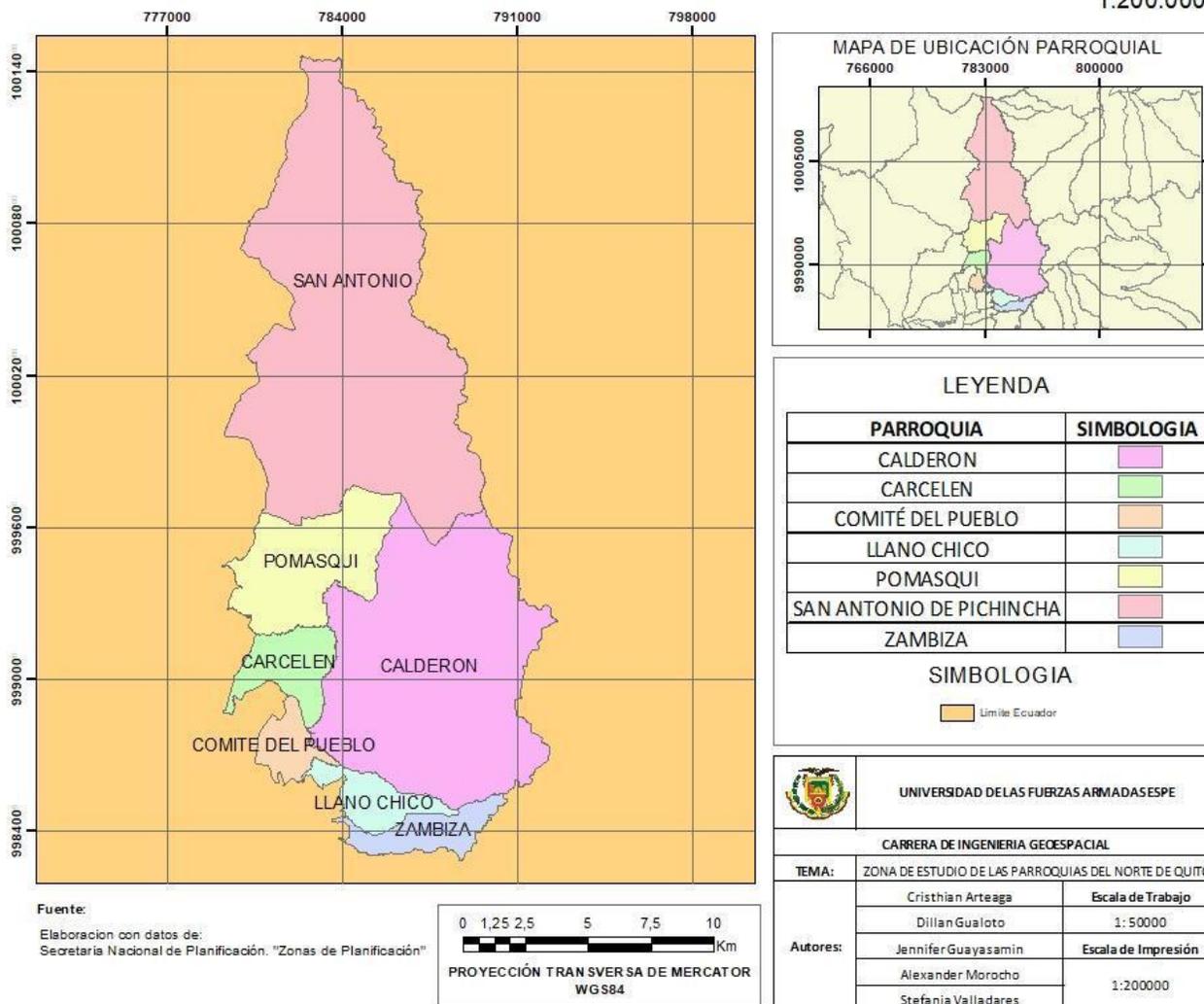
El correspondiente trabajo de integración curricular se pretende obtener un modelo de Movilidad Urbana, mediante la vía del corredor Labrador – Carapungo, la cual se enfocará en las parroquias: Calderón, Carcelén, Comité del Pueblo, Llano Chico, Pomasqui, Zámiza y San Antonio de Pichincha del norte del Distrito Metropolitano de Quito. Ver figura 1.

### **Figura 1**

*Parroquias del Norte del Distrito Metropolitano de Quito.*

## ZONA DE ESTUDIO DE LAS PARROQUIAS DEL NORTE DE QUITO

1:200.000



### Objetivos

#### Objetivo General

Diseñar un modelo prospectivo de movilidad urbana que considere las amenazas y sectores de potencial riesgo en las parroquias urbanas del norte de Quito (Calderón, Carcelén, Comité del Pueblo, Llano Chico, Pomasqui, Zambiza y San Antonio de Pichincha), usando tecnologías geoespaciales y métodos cuali-cuantitativos de evaluación de riesgos para el transporte público, como apoyo a los procesos de gestión del territorio del GADM Quito-DMQ.

#### Objetivos específicos

- Caracterizar geoespacialmente el modelo de movilidad urbana vigente para el transporte público, de los corredores Labrador Carapungo y Labrador San Antonio de Pichincha.

- Identificar los potenciales riesgos por amenazas de origen natural en los corredores Labrador - Carapungo y Labrador - San Antonio de Pichincha, en función de daños e intensidad.
- Diseñar escenarios prospectivos territoriales para la movilidad urbana de los corredores Labrador Carapungo y Labrador San Antonio de Pichincha.

**Metas**

- Una geodatabase con la caracterización de las zonas en riesgo en el corredor Labrador - Carapungo.
- Un modelo de movilidad urbana en la zona de estudio.
- Generar 3 mapas de escenarios prospectivos para la movilidad urbana en el corredor.

## CAPÍTULO II

### Marco teórico

#### Fundamentación teórica

#### **Diagnóstico Territorial del Distrito Metropolitano de Quito.**

El Distrito Metropolitano de Quito es un nodo importante que conecta a nivel regional, nacional e internacional, concentra una gran cantidad de actividades y servicios, el aumento de la población ha generado colapso en las vías, generalmente en lo que son las horas pico, por ello es primordial una buena planificación por lo que, el Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento del Territorio, establece que, un mejor funcionamiento de la ciudad es posible si todos los ciudadanos encuentran a proximidad de servicios y alternativas laborales que disminuya el tiempo de recorrido y el costo del trayecto. Para lo cual ejecuta un Sistema Metropolitano de Transporte de Pasajeros, que se dirija tanto superficial como subterránea, lo que permite a los ciudadanos cruzar la ciudad de forma ágil, rápida y segura.

#### **Zona Norte del Distrito Metropolitano de Quito**

Analizar la situación geoespacial, física y económica a lo largo de la ruta vigente para los dos tramos que interactúan con las parroquias urbanas de Calderón, Carcelén, Comité del Pueblo, Llano chico, Pomasqui, San Antonio de Pichincha y Zámbriza ubicadas en el norte del Distrito de Quito.

#### **Morfología urbana**

Es la dinámica que existe entre las funciones que se desarrollan en el sector con respecto a los edificios y calles, haciendo que estos puedan diferenciarse en uso residencial, comercial o industrial e inclusive se percibe usos mixtos, la morfología urbana se basa en 3 elementos el medio natural, la edificación y el uso de suelo.

- Medio natural: destaca el trazado de las calles, permitiendo conocer el desarrollo de la zona a través del tiempo.
- Edificación: destaca la distribución y la forma.

- Uso de suelo: destaca las actividades que sobresalen en cada zona. (SgROI, 2011)

### **Características geográficas de la zona de estudio**

Tiene múltiples formas de relieve lo que generaría una variación en el costo para la implantación del metro, la altura en msnm varía entre 2400 y 2840. Se encuentra limitado por la cordillera occidental en donde destaca el Volcán Casitagua y el Volcán Sincholagua, al este se encuentran formaciones volcánicas antiguas.

### **Proximidad a servicios u otras entidades.**

Como se mencionó anteriormente el Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento del Territorio quiere garantizar un mejor acceso a establecimientos, servicios o trabajo por lo que el presente proyecto se basará en las siguientes variables:

### **Educación**

La educación y la ciudad están estrechamente relacionadas, puesto que es el primer servicio fundamental que debe tener una urbe.

### **Centros de Salud**

Se localizan geoespacialmente con el fin de atender las necesidades específicas de la población urbana, adaptándose al dinamismo de las mismas.

Otros espacios con los que cuenta una ciudad que garantizan el movimiento socio-económico son:

- Comercio: dentro de este se encuentran las diferentes actividades que existen en una zona.
- Mercados - Centros Comerciales
- Áreas verdes
- Turismo: Interactúa la parte social, cultural y económica a medida que las personas se desplazan de un destino a otro.

Se explicarán las diferentes amenazas de origen natural que se han identificado al momento de realizar el análisis espacial de los fenómenos naturales que afectan las principales

parroquias por donde se construirá el Metro de Quito, para obtener la mejor ruta de construcción y solucionar de manera temprana los inconvenientes que generan los riesgos por amenazas de origen natural.

### **Gestión de riesgos**

La gestión de riesgos naturales se ha convertido en un tema de mucha importancia en relación al ordenamiento territorial debido a que este factor es determinante para el desarrollo sostenible de una comunidad o nación. El término hace referencia a los procesos que se implementan al momento de identificar y evaluar los riesgos naturales, para esto uno de los procesos conlleva a la creación de un plan para controlar dichos riesgos.

Es el conjunto de decisiones administrativas, de organización y conocimientos operacionales para implementar políticas y estrategias con el fin de reducir el impacto de amenazas naturales, desastres ambientales y tecnológicos.

Es una serie de decisiones y planificación, en base a la noción de la existencia de un riesgo, permitiendo el análisis y la toma de decisiones por parte de los actores sociales y desarrollar propuestas de intervención concertadas a prevenir, mitigar o reducir los riesgos existentes, y en esta medida, encaminarse hacia un proceso de desarrollo sostenible garantizando por el aumento de las condiciones de seguridad.

### **Riesgo**

Resulta ser la combinación de aquella probabilidad en donde se pueda producir un evento y eso genera consecuencias negativas, los factores que lo componen resultan ser la amenaza y vulnerabilidad, además, de la combinación de la posibilidad y consecuencia cuando no se puede controlar un peligro.

Los riesgos se clasifican en mitigables y no mitigables en la medida en que se pueden llevar acciones u obras a disminuir o no las potenciales pérdidas. (Cortés, 2008)

Entre la metodología para la evaluación de los riesgos, se evalúa la posibilidad de que vuelvan a ocurrir los eventos con el uso de información que se dispone y de este modo se puede llegar a determinar:

- Identificación de la naturaleza, la ubicación, intensidad y a su vez la probabilidad de una posible amenaza.
- Análisis del grado de vulnerabilidad y exposición a las amenazas.
- Definición de capacidades y recursos para sobrellevar las amenazas que se logren presentar.
- Determinar el grado de riesgo aceptable.

Por lo que para poder examinar un riesgo es necesario: evaluar amenazas, vulnerabilidad y finalmente analizar los riesgos.

De acuerdo con el autor se han determinado algunas fórmulas para el riesgo y cada una de estas fórmulas tiene sus respectivas variables para identificar diferentes factores que intervienen en un riesgo en general.

### Tabla 1

*Definiciones operacionales del riesgo.* (Martínez Rubiano, 2015)

FORMULACIÓN	FUENTE
Riesgo = incertidumbre + peligro	<i>Kaplan and Garrick, 1981</i>
Riesgo = Probabilidad * Consecuencia	Ansell y Wharton, 1992:100
Riesgo = (Peligro * Vulnerabilidad) / gestión de desastres	Benouar, 2001:6
Riesgo = Frecuencia (eventos / unidad de tiempo) * Magnitud (consecuencias /evento)	Comisión reguladora Nuclear, 2002:8
Riesgo = vulnerabilidad * costos	Lewis, 2005:

Riesgo = (Amenazas * vulnerabilidad) / capacidad	EIRD / ONU, 20002:24
Riesgo = Amenazas * vulnerabilidad	Villagrán, 2003
	Salomón. 2009

Para el objetivo de este proyecto y el análisis adecuado de los fenómenos de origen natural, se ha utilizado la última ecuación en donde interviene la amenaza y la vulnerabilidad como elementos de la ecuación del riesgo.

### **Amenaza**

Se determina como un proceso geológico o a su vez climatológico que resulta ser un peligro para la población, la ocurrencia puede estar enfocado en su intensidad, la cual, provoca desastres que involucran pérdidas humanas, daños a infraestructuras y pérdidas económicas.

Son fenómenos caracterizados por una fuerza o energía cuya magnitud y duración determina su potencialidad destructiva y desestabilizadora del entorno o los elementos que lo componen y la probabilidad de que esa energía se desencadene. (Vargas, 2002)

Para determinar que un peligro de un fenómeno natural se lo pueda considerar como amenaza se debe cumplir:

- Ubicación donde se determina el comportamiento del fenómeno
- Probabilidad de ocurrencia
- La severidad del evento

Ayala & Olcina, 2002 señalan los tipos de amenazas o fenómenos naturales que se encuentran ligados con riesgos y desastres tales como: Amenazas meteorológicas (caída de meteoros, lluvias, ciclones...), Geomorfológicas y geotécnicas (deslizamientos, deslaves...), Tectónicas y geológicas (sismos, erupciones volcánicas...) e Hidrometeorológicas (avalanchas, inundaciones).

La finalidad de evaluar una amenaza es lograr establecer probabilidades en que se presente una amenaza específica en un periodo establecido, así como conocer su intensidad y la zona que puede ser afectada por el mismo.

### Amenaza por movimientos en masa

Para el presente análisis, es necesario conocer cuáles son los factores que influyen para que un movimiento en masa se convierta en una amenaza, además de determinar cuáles son los daños que provocan este evento.

**Tabla 2**

*Factores Físicos - Naturales - Acción humana que provocan movimientos en masa.*

<b>Factores Físicos - Naturales - Acción humana</b>	<b>Daños</b>
Alta pendiente del terreno	
Materiales débiles o sensibles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiedad pública</li> </ul>
Presencia de fallas geológicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Viviendas</li> </ul>
Falta de cobertura vegetal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infraestructuras</li> </ul>
Lluvias intensas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Servicios Públicos</li> </ul>
Lluvias prolongadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiedad privada</li> </ul>
Ocurrencia de Sismos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas de vida</li> </ul>
Erosión o degradación del suelo	productivos
Erosión por acción del agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obstrucciones en</li> </ul>
Cortes y excavaciones en las laderas	infraestructura vial
Sobrecarga y rellenos en las laderas	
Modificación del drenaje natural	
Falta de drenaje Urbano	
Actividad minera	

### Amenaza a sismos

Predecir un sismo resulta poco probable, ya que sería necesario conocer la fecha exacta, su localización, además, la fuerza con la que se producirá, no obstante, se puede

determinar que los sismos tienen su origen en la tectónica de placas, volcanes, colisiones de meteoritos, actividades antrópicas (minería, pruebas nucleares), etc. (Instituto Geofísico), sin embargo, podemos establecer los factores que se presentan debido al impacto de un sismo en ciudades.

**Tabla 3**

*Factores provocados por la presencia de sismos.*

<b>Factores</b>	<b>Efectos</b>
Amplificación de las ondas sísmicas debido a los suelos	Ocurren cuando su energía se amplifica destructivamente en suelos blandos que son de origen lacustre
Licuación de suelos	Ocurre en suelos arenosos saturados de gradación uniforme, que produce el hundimiento debido al aumento de la presión del agua que es contenida en el suelo
Movimientos en masa	Presencia de deslizamiento o derrumbes que pueden ocurrir en el instante del sismo o posteriormente a horas o días
Tsunamis o maremotos	Presencia de inundaciones en áreas costeras
Peligros indirectos	Fallas de presas produciendo contaminación por daños en plantas industriales (escape de gases o sustancias peligrosas, explosiones, incendios)

### Amenaza a inundaciones

Es una de las principales amenazas para la humanidad, debido a que cada año se han visto afectados millones de personas, en comparación con las demás amenazas de origen geológico. (CONSTRUMÁTICA, s.f.)

**Tabla 4**

*Fenómenos – procesos – consecuencias de presencia de inundaciones.*

FENÓMENOS	PROCESOS	CONSECUENCIAS
Lluvias intensas	• Desborde de	• Arranque de
Precipitaciones prolongadas	cauces	árboles
Rupturas de represas	• Socavamiento y	• Daños de
Caídas de frentes de hielo	desbordamiento de riberas	infraestructura
Deslizamiento de tierra / Derrumbes	• Depósito de	urbana
Caída de árboles	materiales	• Destrucción de
Caída de puentes	fuera del	cultivos y
Incremento de alimentación de una	lecho	cosechas
cuenca		• Destrucción de
Alta compacidad y pendiente en zona de		hogares y
alimentación		poblados
Baja pendiente en la zona de evacuación		enteros
y sedimentación		• Pérdida de
Incremento de la permeabilidad		fertilidad y
Angostamiento de cauces por		arabilidad de
construcciones		suelos agrícolas
Falta de limpieza de cauces		• Incremento de
Sismos		enfermedades

Deforestación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modificación del relieve</li> </ul>
Obstrucción del lecho	
Pavimentación y confinamiento del lecho	

### Amenaza a peligro volcánico

La amenaza volcánica es el conjunto de fenómenos volcánicos que pueden provocar daños a las personas y a los bienes expuestos. (UNGRD Servicio Geológico Colombiano)

Existen amenazas primarias que hacen referencia al impacto directo de los productos de erupción volcánica y amenaza indirecta referente a los efectos colaterales de la erupción. (Voskuil).

### Tabla 5

*Fenómenos volcánicos.* (UNGRD Servicio Geológico Colombiano)

FENÓMENOS VOLCÁNICOS	VELOCIDAD	TIPO DE DAÑO
Avalanchas de escombros	50 a 300 km/h	Enterramiento, destrucción
Flujos y aleados piroclásticos	300 a 900 km/h	Arrasamiento y destrucción de la infraestructura, enterramiento e incendios
Flujos de lodo o lahares	15 a 30 km/h o > 100 km/h	Arrasamiento, destrucción y enterramiento
Caídas de bombas y bloques	< 10 km hasta 200 km/h	Daños por impacto e incendios
Flujos de lava	Hasta 10 km	Incendios, enterramiento y destrucción
Onda de choque	Ciento de Km	Rotura de vidrios

---

Caídas de cenizas y lapilli	Cientos o miles de km	Colapso de techos, daños en la agricultura, daños a instalaciones industriales, afectación al tráfico aéreo
-----------------------------	-----------------------	---

---

### **Vulnerabilidad**

Es un complemento imprescindible al momento de evaluar una amenaza. Siendo un proceso por el cual se define el grado de exposición y predisposición a pérdidas, frente a una amenaza particular, la misma que se manifiesta en consecuencia de la relación de diversos factores y sus particularidades (externas e internas) que confluyen en una zona particular.

(García, 2016)

Esta interrelación de factores (físicos, económicos, sociales y ambientales) es conocida como vulnerabilidad global, la misma que se divide en diversas vulnerabilidades o factores de esta. (Wilches-Chaux, 1989)

### **Riesgos por amenaza de origen natural**

Al determinar un riesgo natural se hace referencia a los diferentes eventos que se presentan en el ambiente, los cuales, afectan tanto a la sociedad como al territorio en el que se habita, estos se definen debido a la recurrencia con que se manifiestan y a su vez los daños que provocan en la comunidad, por lo general los riesgos se encuentran relacionados por aquellos factores de amenaza y vulnerabilidad, de este modo, para poder realizar cualquier tipo de construcción es necesario conocer qué tipo de peligros y condiciones se pueden presentar en el territorio y se puede representar mediante mapas que muestran las zonas con mayor susceptibilidad a estos tipos de fenómenos.

Para conocer el peligro que puede presentar los riesgos naturales se pueden determinar mediante estudios, que permitan analizar el comportamiento, magnitud, recurrencia y a su vez sus posibles impactos, mediante, la recopilación de eventos pasados y de este modo realizar

futuras predicciones de los mismos, los riesgos se pueden plantear mediante 3 grandes enfoques como: naturaleza, social y territorial

### **Peligro volcánico**

Conocido como un fenómeno que se presenta debido a la actividad volcánica, el cual se recomienda expresarse como una probabilidad de ocurrencia en un determinado tiempo, este se puede determinar en algunos componentes como son: lavas, bombas, lahares entre otros, donde se analiza los daños que se podrían representar en un futuro, el estudio de los peligros volcánicos nos ayuda a determinar la extensión, magnitud, duración y a su vez el tiempo de retorno del mismo. (Ortiz).

Para obtener una evaluación adecuada correspondiente a peligros volcánicos es necesario contar con: registros completos de erupciones históricas, actividad eruptiva prehistórica, datos geológicos estratigráficos, distribución y volumen de productos eruptivos y eventos, donde al realizar el estudio de todas estas variables permiten obtener una reconstrucción del comportamiento eruptivo del volcán. (Tilling & Punongbayan, 1989)

### **Sismos**

Se determina como un movimiento brusco de la tierra causado por la liberación acumulada de energía debido al choque de las placas que se mueven bruscamente una respecto a la otra, estos movimientos pueden ser lentos o bruscos, los cuales pueden causar grandes daños en la superficie terrestre, también depende de la profundidad del mismo, ya que los daños serán de mayor intensidad. Además si la magnitud sobrepasa los 7 en la escala de Richter se convertirá en un terremoto.

La escala de Richter representa la energía sísmica que se libera y se basa en el registro sismógrafo, esta escala crece de forma potencial, en donde cada punto puede aumentar su energía de manera significativa diez veces o mayor, se consideran sismos leves aquellos que no producen ningún tipo de daño y que se encuentran por lo general 3.5 - 5.4 y por otro como

un efecto de gran terremoto aquellos que se encuentran entre 8 o más produciendo la pérdida total de comunidades cercanas.

### **Inundaciones**

Una inundación es la ocupación del agua en zonas o regiones que normalmente se encuentran secas. Algunas de las causas de este fenómeno es la aparición inusual y repentina de una cantidad de agua superior a la que pueden drenar los cauces del río que se encuentran cerca de la zona afectada. Las inundaciones se producen por diferentes factores, ya sea de manera natural por gran cantidad de lluvias, oleaje o deshielo, también algunos factores son antrópicos por ejemplo la ruptura de una represa o contenedores de agua.

Las inundaciones suelen desarrollarse en terrenos donde el fenómeno natural es muy frecuente, causan pérdidas que se pueden prevenir con el análisis meteorológico y una buena planificación urbana. Se debe respetar al máximo los cursos de agua y la forma de los mismos, eliminar meandros incrementa el riesgo de las crecidas. De igual manera hay que tomar en cuenta zonas de cursos de aguas temporales, donde una gran parte del año no hay agua. Las riberas son un ejemplo de estos cursos de agua, en los que una lluvia intensa provoca que se saturen de agua en muy poco tiempo. Esto provoca unas variaciones de caudales muy bruscos.

En el caso particular de Quito, la inundación es una concentración de agua que varía de unos 30 cm a 150 cm de altura. Este fenómeno ocurre con una probabilidad de una o varias veces al mes en los meses lluviosos. Las inundaciones ocurridas en el DMQ pueden afectar diferentes lugares como las parroquias que se analizan en el estudio del metro. (Demoraes, 2002)

### **Deslizamientos**

Es un fenómeno de la naturaleza en el que tierra y vegetación se deslizan de manera rápida o lenta cuesta abajo. Esto es ocasionado por lluvias intensas o falta de rigidez en el suelo durante una actividad sísmica. El barro que se forma durante un deslizamiento puede

viajar muchos kilómetros aumentando de tamaño a medida que arrastra árboles, autos y otros objetos en el camino. Los deslizamientos ocurren con más frecuencia en sitios en donde ya han sucedido con anterioridad.

Algunos factores que influyen en los deslizamientos son; el tipo de rocas y suelos que existe en la zona además de la topografía como lugares montañosos con pendientes fuertes. También se puede ocasionar por lluvias muy fuertes que duran varios días. Una de las causas más importantes es la actividad humana ya que suelen hacer cortes en las faldas de las montañas para construir carreteras, caminos o viviendas. Cuando se talan los árboles en las faldas de las montañas el suelo se hace más débil y no existe canalización de aguas.

La ciudad de Quito ha sido implantada desde sus inicios en un sistema de quebradas que han sido rellenadas a lo largo del tiempo. Un ejemplo de esto es el centro histórico que data de la época colonial (Peltre, 1989). El crecimiento desmesurado de la urbe ha provocado que muchas edificaciones se encuentren ubicadas en los bordes de quebradas sobre dichos rellenos. Identificar las amenazas de deslizamientos en las quebradas de Quito, contribuye a la gestión del riesgo en la zona y ayudará al análisis para la implementación de la mejor ruta del metro.

### **Gestión de riesgos naturales en el distrito metropolitano de Quito**

El Distrito Metropolitano de Quito se encuentra expuesto a varios riesgos influenciados por su ubicación geográfica, características biofísicas y climáticas. Siendo mayormente afectado por condiciones hidrometeorológicas, geomorfológicas, geológicas y antrópicas.

Todos los sectores del Distrito metropolitano de Quito están expuestos a por lo menos una de estas amenazas, pero debido a las condiciones mencionadas anteriormente las que se producen con mayor frecuencia temporal son inundaciones, incendios forestales y movimientos de masa (derrumbes y deslizamientos). Al ser una zona en crecimiento urbano la gestión de riesgos es necesaria para controlar el crecimiento poblacional descontrolado y sobre todo que se planifique el territorio para que no se vea afectada por algún tipo de riesgo natural.

Es necesario evaluar los procesos de gestión que tienen las instituciones, ya que al tener una población en constante crecimiento implica que la vulnerabilidad también crece en mayor o menor proporción.

## **Fundamentación conceptual**

### **PUOS**

Es un instrumento normativo que, de acuerdo con la Ordenanza Metropolitana del Régimen del Suelo, pretende estructurar la admisibilidad de los usos y la construcción a través de la fijación de los parámetros y normas específicas para el uso, ocupación, autorización de los terrenos y edificación. Tiene una vigencia de cinco años. (Alcaldía del Distrito Metropolitano de Quito, 2020)

### **Zona de Influencia**

En la parte espacial donde se desarrolla un proyecto siendo un área alrededor de un elemento cartográfico (punto, línea o polígono) en donde se establece una distancia radial al elemento de la cobertura, en donde se evalúa los distintos fenómenos para proponer medidas de prevención. (ESRI, s.f.)

La distancia de influencia se divide en dos grupos:

1. Distancia fija: el área de influencia se considera una constante, cuando todos los elementos desarrollan un área de influencia del mismo ancho.
2. Distancia de un campo: Esta área de influencia depende netamente de un campo de valor, en donde se encuentran diferentes valores que influyen en el ancho de esta área.

### **Mapa de calor**

Son áreas generadas a partir de una densidad de puntos en donde estas áreas son conocidas como las zonas más calientes, su visualización muestra de forma precisa en donde hay mayor concentración de este elemento cartográfico, el mismo que responde preguntas como: ¿cuál es la distribución? (ESRI, s.f.)

### **Modelos digitales de Terreno (MDT)**

Es una representación tridimensional del terreno en donde no necesariamente la variable z contiene valores de elevación o alturas. (Watson, 2020)

### **Modelos digitales de Elevación (MDE)**

Representa las elevaciones anulando la vegetación y elementos superficiales creados por el hombre, es un modelo de tierra “desnuda”. (Watson, 2020)

### **Modelos digitales de Superficie (MDS)**

Son elevaciones sobre el nivel medio del mar incluyendo superficies como: vegetación, construcciones y otros elementos sobre la superficie. (Watson, 2020)

### **Interpolate Shape**

Es una herramienta de ArcMap, dentro en el paquete de 3D Analyst Tools, el que origina entidades en 3D interpolando los valores de la variable z de una superficie. (ESRI, s.f.)

### **Profile Graph**

Grafica entidades 3D de tipo línea, interpoladas con la herramienta interpolate shape, en forma de perfiles de elevación. (ESRI, s.f.)

### **Kernel density**

Herramienta de ArcMap, dentro del paquete de Spatial Analyst Tools, que permite el cálculo de la densidad de probabilidad de una variable en su vecindario, disponible para entidades de tipo punto y línea. (ESRI, s.f.)

- Entidad punto: se genera una superficie circular en torno al punto en donde, el mayor valor de densidad se encuentra en el centro de la superficie generada (punto), y va disminuyendo conforme aumenta el radio de la superficie, hasta que el valor de densidad llegue a cero cuando se alcanza el radio de búsqueda.
- Entidad línea: se genera una superficie en torno a la línea en donde, el mayor valor de densidad se encuentra en la línea y va disminuyendo conforme aumenta el radio de la superficie, hasta que el valor de densidad llegue a cero cuando se alcanza el radio de

búsqueda.

### Proceso analítico jerárquico (ahp)

El método de análisis jerárquico Saaty, se trata de un procedimiento de comparación por pares de los criterios que parte de una matriz cuadrada en la cual el número de filas y columnas está definido por el número de criterios a ponderar, dando como resultado una matriz de ponderación entre pares de criterios donde se logra comparar la importancia de cada uno de ellos con respecto a los demás, obteniéndose como resultado el vector propio principal, el cual establece los pesos ( $W_i$ ), que a su vez proporciona una medida cuantitativa de la firmeza de las comparaciones entre pares de factores. (Saaty, 1980)

Para definir los grados de ponderación Saaty se basa en la escala de medida que estima el coeficiente  $a_{ij}$ , el cual fue obtenido de 28 escalas alternativas que se lograron ensayar y fueron propuestos por: (Barba-Romero & Pomerol, 1997)

**Tabla 6**

*Escala de medida (BARBA – ROMERO Y POMEROL).*

$a_{ij}$	criterio i al compararlo con j
1	igualmente, importante
3	ligeramente importante
5	notablemente importante
7	demostrablemente más importante
9	absolutamente más importante

### Matriz de comparaciones pareadas (Saaty)

Es una matriz de  $n \times n$  en la cual se compara cada par de opciones. Sea  $A$  una matriz  $n \times n$  donde " $n$ " es elemento de los reales positivos. Sea  $a_{ij}$  el elemento  $(i, j)$  de  $A$ , para  $i = 1, 2, \dots, n$ , y  $j = 1, 2, \dots, n$ . Decimos que  $A$  es una matriz de comparaciones pareadas de  $n$  alternativas,

si  $a_{ij}$  Es la medida de la preferencia de la alternativa en el campo  $i$  cuando se compara con la alternativa de la columna  $j$ . Cuando  $i=j$ , el valor  $a_{ij}$  será igual a 1, pues se está comparando la alternativa consigo misma.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & & 1 \end{pmatrix}$$

## Fundamentación legal

### Ordenanza Metropolitana No. 0185

El distrito metropolitano de Quito mediante la ordenanza 0185 postula:

Art. 6. De los sistemas inteligentes de transportes. - "Permitan mejorar la gestión, generen ingresos adicionales y beneficien al Usuario". (Alcaldía del Distrito Metropolitano de Quito, 2017)

### Ordenanza Metropolitana No. 0237

El distrito metropolitano de Quito mediante la ordenanza 0237 postula:

Art 1. Crease la empresa pública denominada "Empresa Pública Metropolitana Metro de Quito".

Art 2. El objetivo principal de la "Empresa Pública Metropolitana Metro de Quito" será el de desarrollar, implementar y administrar el subsistema "Metro de Quito", en el marco de las políticas y normas expedidas por el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito.

En el Artículo 3 de la ordenanza específica las potestades y competencias de la "Empresa Pública Metropolitana Metro de Quito".

## COOTAD

Art. 26.- La unidad territorial será parroquia si la población residente no es menor a diez mil habitantes, de los cuales por lo menos dos mil deberán estar domiciliados en la cabecera de la nueva parroquia o cuando la iniciativa sea de la ciudadanía de la parroquia rural, la solicitud

deberá estar firmada por al menos el diez por ciento de los ciudadanos de la futura parroquia, mayores de dieciocho años.

Art. 84.- Funciones. - Son funciones del gobierno del distrito autónomo metropolitano:

q) Planificar, regular y controlar el tránsito y el transporte terrestre dentro de su territorio.

Art. 147.- Ejercicio de la competencia de hábitat y vivienda. - El Estado en todos los niveles de gobierno garantizará el derecho a un hábitat seguro y saludable y una vivienda adecuada y digna, con independencia de la situación social y económica de las familias y las personas. El gobierno central a través del ministerio responsable dictará las políticas nacionales para garantizar el acceso universal a este derecho y mantendrá, en coordinación con los gobiernos autónomos descentralizados municipales, un catastro nacional integrado georreferenciado de hábitat y vivienda, como información necesaria para que todos los niveles de gobierno diseñen estrategias y programas que integren las relaciones entre vivienda, servicios, espacio y transporte públicos, equipamiento, gestión del suelo y de riegos, a partir de los principios de universalidad, equidad, solidaridad e interculturalidad. Los planes y programas desarrollarán además proyectos de financiamiento para vivienda de interés social y mejoramiento de la vivienda precaria, a través de la banca pública y de las instituciones de finanzas populares, con énfasis para las personas de escasos recursos económicos y las mujeres jefas de hogar.

Art. 275.- Modalidades de gestión. - Los gobiernos autónomos descentralizados regional, provincial distrital o cantonal podrán prestar los servicios y ejecutar las obras que son de su competencia en forma directa, por contrato, gestión compartida por delegación a otro nivel de gobierno o cogestión con la comunidad y empresas de economía mixta. (Presidencia de la República del Ecuador, 2010)

### **Constitución de la república del Ecuador**

Art. 241.- La planificación garantizará el ordenamiento territorial y será obligatoria en

todos los Gobiernos Autónomos Descentralizados.

Art. 242.- El Estado se organiza territorialmente en regiones, provincias, cantones, parroquias rurales y regímenes especiales (distritos metropolitanos autónomos, la provincia de Galápagos y las circunscripciones territoriales indígenas y pluriculturales).

Art. 264 Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:

- 6. Planificar, regular y controlar el tránsito y el transporte público dentro del territorio cantonal.

Art. 275.- El Estado planificará el desarrollo del país para garantizar el ejercicio de los derechos. La planificación propiciará la equidad social y territorial, promoverá la concertación, y será participativa, descentralizada, desconcentrada y transparente.

Art. 315.- El Estado constituirá empresas públicas para la gestión de sectores estratégicos, la prestación de servicios públicos, el aprovechamiento sustentable de recursos naturales o de bienes públicos y el desarrollo de otras actividades económicas.

Art. 375.- El Estado, en todos sus niveles de gobierno, garantizará el derecho al hábitat y a la vivienda digna, para lo cual:

- 1. Generará la información necesaria para el diseño de estrategias y programas que comprendan las relaciones entre vivienda, servicios, espacio y transporte públicos, equipamiento y gestión del suelo urbano.

Art. 394.- El Estado garantizará la libertad de transporte terrestre, aéreo, marítimo y fluvial dentro del territorio nacional, sin privilegios de ninguna naturaleza. La promoción del transporte público masivo y la adopción de una política de tarifas diferenciadas de transporte serán prioritarias. El Estado regulará el transporte terrestre, aéreo y acuático y las actividades aeroportuarias y portuarias.

Art. 415.- El Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados adoptarán políticas integrales y participativas de ordenamiento territorial urbano y de uso del suelo, que

permitan regular el crecimiento urbano, el manejo de la fauna urbana e incentivar el establecimiento de zonas verdes. (Presidencia de la República del Ecuador)

## **PMOT**

Se propone construir un nuevo modelo de movilidad, que corrija las tendencias del modelo preexistente, por su alta dependencia del vehículo liviano, empleando alternativas socialmente más incluyentes, ambiental y energéticamente menos impactantes y económicamente más eficientes para todos los habitantes del Distrito Metropolitano, articulando los siguientes objetivos estratégicos. Desde el ordenamiento territorial, este nuevo modelo de movilidad encuentra su eje estructurante y articulador en dos componentes esenciales del modelo territorial:

- La restricción del crecimiento urbano horizontal y disperso unido a la compactación y densificación selectiva del área urbana, y
- El fortalecimiento del sistema policéntrico que acerca los equipamientos y servicios a los lugares de residencia y reduce el número y tiempo de desplazamientos.

El nuevo sistema integrado de transporte público de buena calidad y con integración multimodal requiere del incremento de la oferta, la cobertura territorial y la calidad de todos los servicios de transporte público y comercial, promoviendo paralelamente los modos no motorizados de desplazamiento, para reducir el impacto que sobre la calidad del aire genera el parque automotor. En el caso del transporte público, elemento articulador de este objetivo, se plantea la constitución de un sistema integrado conceptual, operativa, física y tarifariamente, asentado en los siguientes elementos: (a) poner en operación la primera línea del Metro de Quito, como columna vertebral del sistema a lo largo del eje norte sur de la ciudad; (b) optimizar los corredores exclusivos para servicios tronco-alimentados del Metrobús-Q, incorporando a los valles orientales y las parroquias del norte, permitiendo que estos sean reemplazados a largo plazo por trenes de cercanía; y, (c) racionalizar el funcionamiento de los

buses convencionales, tanto en sus rutas y frecuencias, cuanto en la eficiencia en las operadoras privadas. (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal, 2019)

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA**

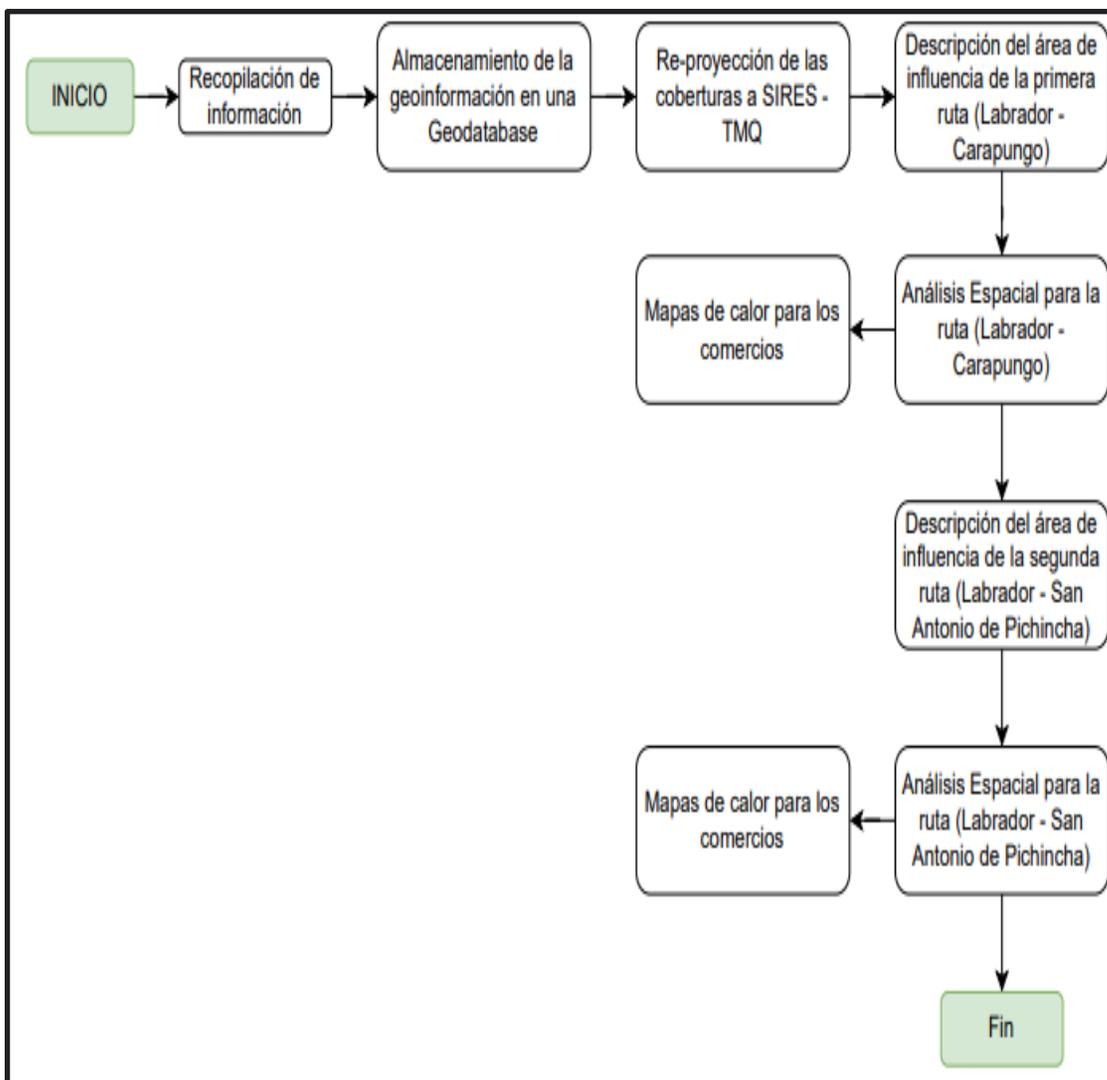
##### **Obtención y Almacenamiento de la Información**

##### **Modalidad de Investigación**

El presente proyecto es de índole descriptivo y experimental en donde el análisis del modelo geoespacial para las rutas vigentes de los corredores Labrador Carapungo y Labrador San Antonio de Pichincha siguen el proceso de la figura 2.

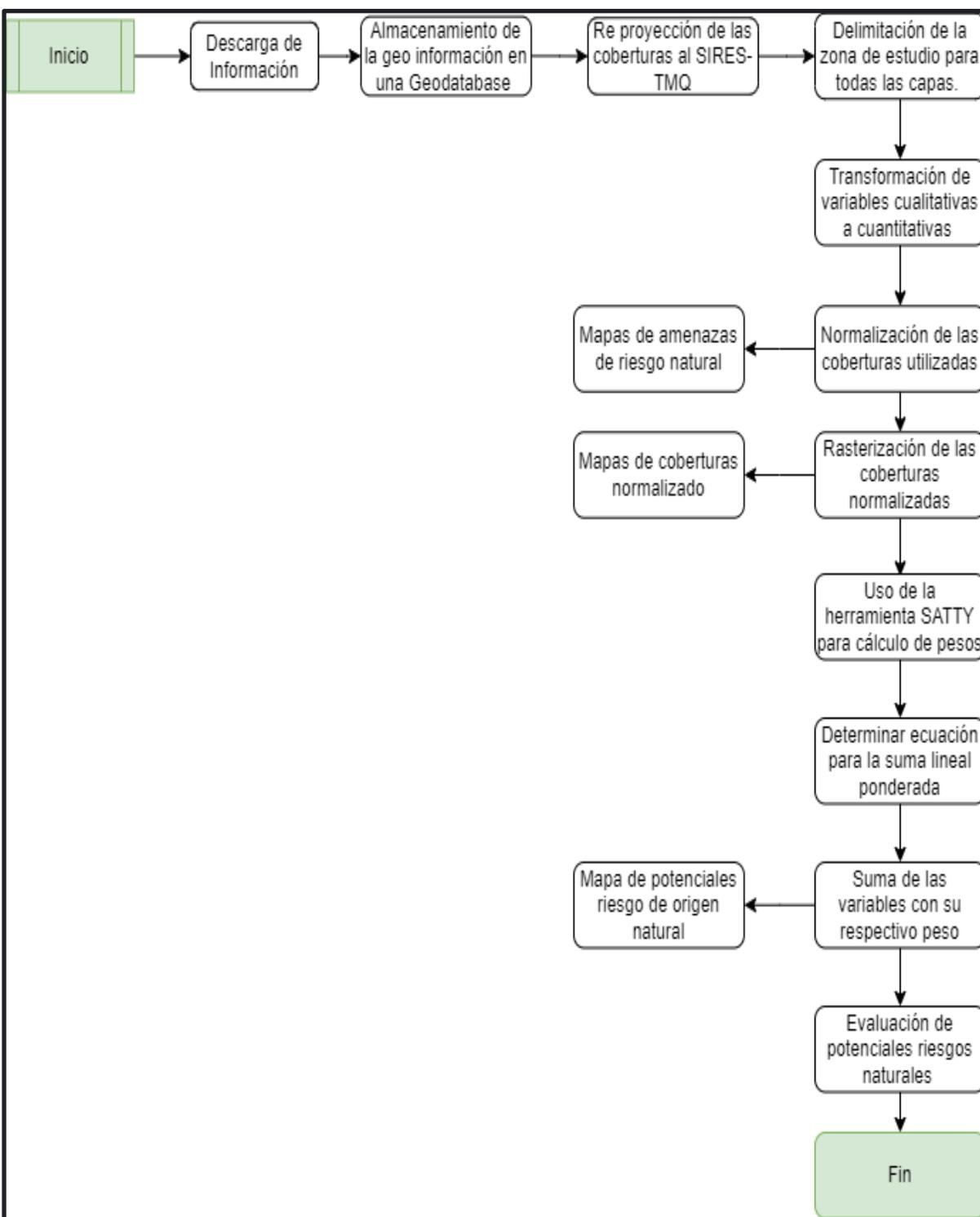
##### **Figura 2**

*Esquema metodológico Georeferenciación de las rutas vigentes.*



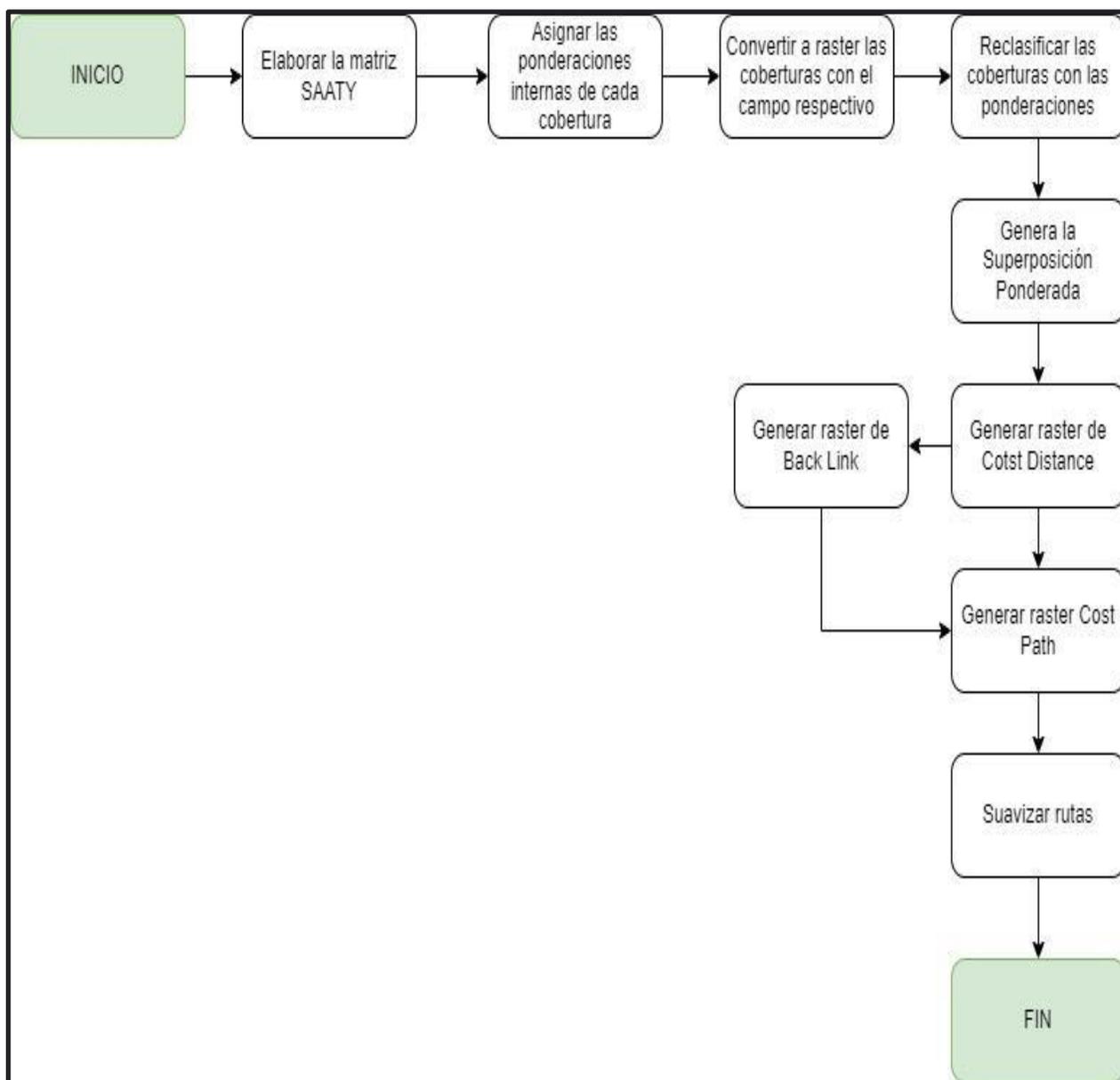
**Figura 3**

*Esquema metodológico a la evaluación de potenciales riesgos naturales.*



**Figura 4**

*Esquema metodológico del diseño de escenarios prospectivos territoriales para la movilidad urbana.*



### Recopilación de la Información geoespacial

La información geoespacial de coberturas como: ejes viales, transporte público, espacios deportivos, parques, paradas, parroquias, mercados y ferias, se recopilaron a través de la plataforma: Sistema Metropolitano de Información del Gobierno Abierto del Distrito Metropolitano de Quito, como se observa en la figura 5, en esta plataforma el ciudadano puede realizar consultas y procesar en un SIG.

## Figura 5

Sistema Metropolitano de Información del Gobierno Abierto del DMQ.



Además, la información de centros educativos, centros de salud y turismo se obtuvo de la página del Sistema Nacional de Información (SNI). Ver figura 6.

## Figura 6

Archivos de Información Geográfica disponible en el SIN.

Secretaría Nacional de Planificación  Sistema Nacional de Información

ACERCA DEL SNI    INFORMACIÓN ESTADÍSTICA    INFORMACIÓN TERRITORIAL    INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

## Archivos de Información Geográfica

Usted puede observar toda la información geográfica disponible en el SNI en el siguiente Archivo \*.PDF:

 [Ver toda la Base de Datos](#)

La información de algunos de los metadatos se podrá descargar directamente en \*.PDF, o en su defecto se le direccionará al portal de búsqueda de Metadatos de la institución responsable de la información.

INFORMACIÓN 1:50.000 Actualización: 31/dic/2014								
Sistemas	Objeto	Logo	Fuente	Año	Descripción	Descarga	Tipo	Metadato
Sistema de Asentamientos Humanos	Centro Educativo		MINEDUC	2014	Localización de centros educativos, nombre, tipo, especialidad		Punto	
Sistema de Asentamientos Humanos	Centro de Salud		MSP	2014	Localización de centros de salud, nombre, tipo, origen		Punto	
Sistema de Asentamientos Humanos	Peligro Volcánico		IGENP-STGR	V/A	Zonas susceptibles a eventos volcánicos		Polígono	
Sistema de Movilidad, Energía y Conectividad	Proyecto Generación		CONELEC	2014	Ubicación de proyectos de generación eléctrica		Punto	

De igual manera, se usó la cobertura de cementerio del Geoportal del Instituto Geográfico Militar (IGM). Ver figura 7.

Geoportal Capas de Información Geográfica básica del IGM de libre acceso, de donde se obtuvo las curvas de nivel de las cartas de El Quinche, Mojanda y Nono para generar el DEM.

### Figura 7

*Geoportal Capas de Información Geográfica básica del IGM.*

Inicio Portafolio Geoduca Descargas – Visor GNSS Contactos

AMAZONAS\_8417S.rar 1,3 MB hace 4 meses

**BASE CONTÍNUA ESCALA 1:50.000, FORMATO SHP**

Última actualización: ENERO 2013II - Se descargarán en formato SHP comprimido (\*.rar) - Descarga WinRAR  
El nombre de las capas terminará con una letra, la que indica el tipo de geometría, así: p punto - l línea - a área

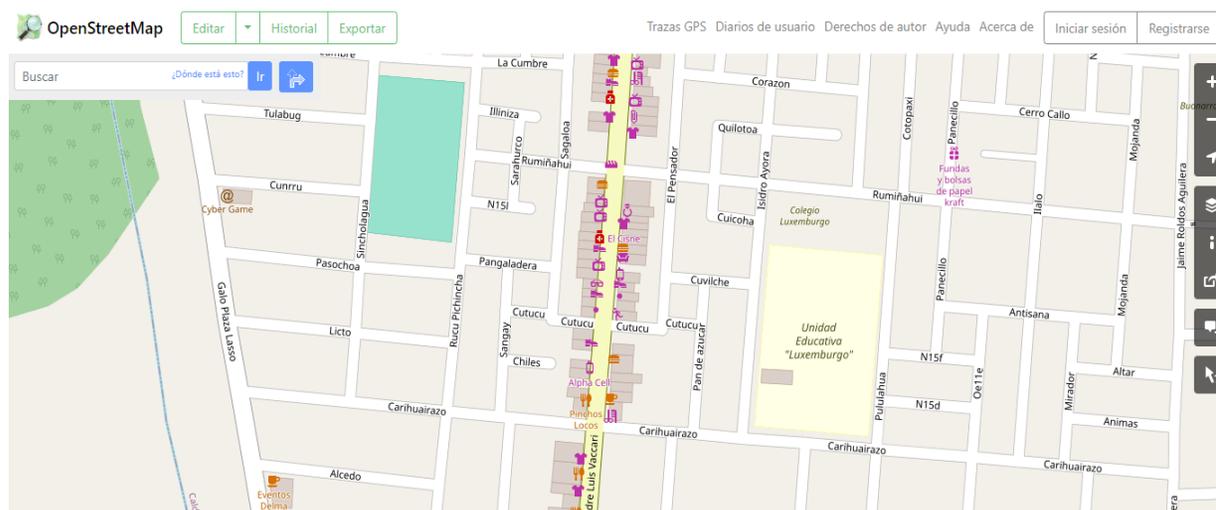
50k continuo Descargar todos los archivos

Nombre	Tamaño	Fecha
cascada_p.rar	6 KB	hace 4 meses
cementerio_a.rar	68 KB	hace 4 meses
centra_electrica_a.rar	7 KB	hace 4 meses
centra_electrica_p.rar	7 KB	hace 4 meses

Se tomó información para los diferentes tipos de comercio a lo largo de las rutas vigentes del Labrador a Carapungo y Labrador a San Antonio de Pichincha de OpenStreetMap el mismo que es un proyecto de código abierto, hace que se pueda tener todo tipo de información, dando una visión más real del comercio en esta zona, como se muestra en la figura 8.

## Figura 8

*Información libre en la plataforma OpenStreetMap.*



## Descripción de la Información

La información de los elementos cartográficos se recopiló en formato .shp o .tif, como se

presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 7**

*Geoinformación recopilada.*

Geoinformación	Fuente
Barrio sector	Sistema Metropolitano de Información del Gobierno Abierto del
Ejes viales	DMQ
Transporte público	
Parques	
Paradas	
Parroquias	
Mercados y ferias	
Monumentos	
Susceptibilidad a	
movimientos en masa	
en el área urbana	
Susceptibilidad a	
inundaciones	
Red hídrica	
Accidentes	
Geográficos	
Centros educativos	Sistema Nacional de Información (SNI)
Centros de salud	
Turismo	
Cementerios	Instituto Geográfico Militar (IGM).
Curvas de nivel Nono,	

El Quinche y Mojanda	
Comercios	OpenStreetMap
Iglesias	
Universidades	
Plaza de Toros	
CC. Condado	
Shopping	
Estadio LDU	
Bancos	
Sismos (catálogo 2009)	Instituto Geofísico (IG)
Peligro volcánico	
1:50.000	
Inundaciones	Sistema Metropolitano de Información del Gobierno Abierto del
Movimientos en masa	DMQ

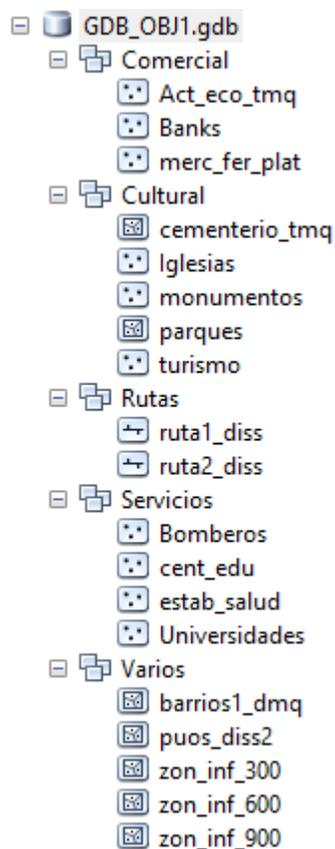
### **Almacenamiento de la información**

Toda la información fue almacenada en tres geodatabases mediante el uso de ArcCatalog, de acuerdo al uso que se realizó por cada objetivo del presente proyecto, Ver figuras 9 – 10 - 11

Geodatabase para la caracterización de las rutas de la movilidad existente

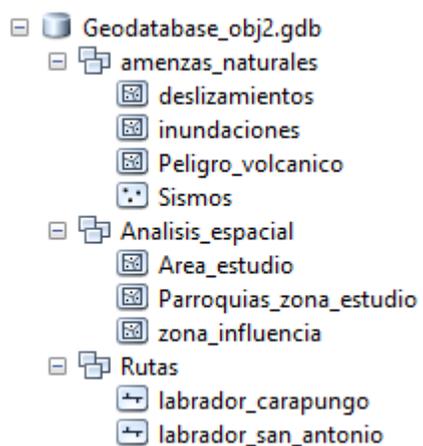
### **Figura 9**

*Geodatabase del objetivo 1.*



**Figura 10**

*Geodatabase de las amenazas de origen natural e insumos para el análisis espacial.*



**Figura 11**

Geodatabase de las rutas y paradas generadas para el modelo de movilidad urbana.



A continuación, se procede a cargar las diferentes coberturas dependiendo del objetivo a analizar en el software ArcMap, se homologó el sistema de referencia en cada cobertura shape a emplear, siendo el Sistema de Referencia SIRES - TMQ.

### **Caracterización geoespacial**

Para la caracterización geoespacial de las rutas existentes en primera instancia se estableció una zona de influencia de 450m (buffer), tomando en consideración lo dicho por (Masanori, 2017) “En países desarrollados esta distancia es de 300-400 m, mientras que en la ciudad de México es de 800 m y la moda de 400 a 450 m”. Esta es la distancia promedio que una persona está dispuesta a caminar entre su residencia/parada y su lugar de destino. Pero esta zona de influencia se cambió para un mayor análisis a un radio de 300 m, 600 m, y 900 m, en donde la zona de 300 m posee una accesibilidad excelente, hasta llegar a los 900 m siendo una accesibilidad baja.

### **Ruta 1**

Para modelar la caracterización de la primera ruta que va desde El Labrador ubicado en la parroquia La Concepción hasta Carapungo ubicado en la parroquia Calderón, se originó la ruta usando Google Maps, opción transporte público como se presenta en la figura 12, en base a la ruta óptima presentada por la plataforma, se depuro la ruta del sistema red vial de Quito obtenido de sus datos abiertos en el SIG, determinando en torno a esta ruta, zonas de influencia en 3 distancias diferentes explicadas anteriormente para su posterior análisis.

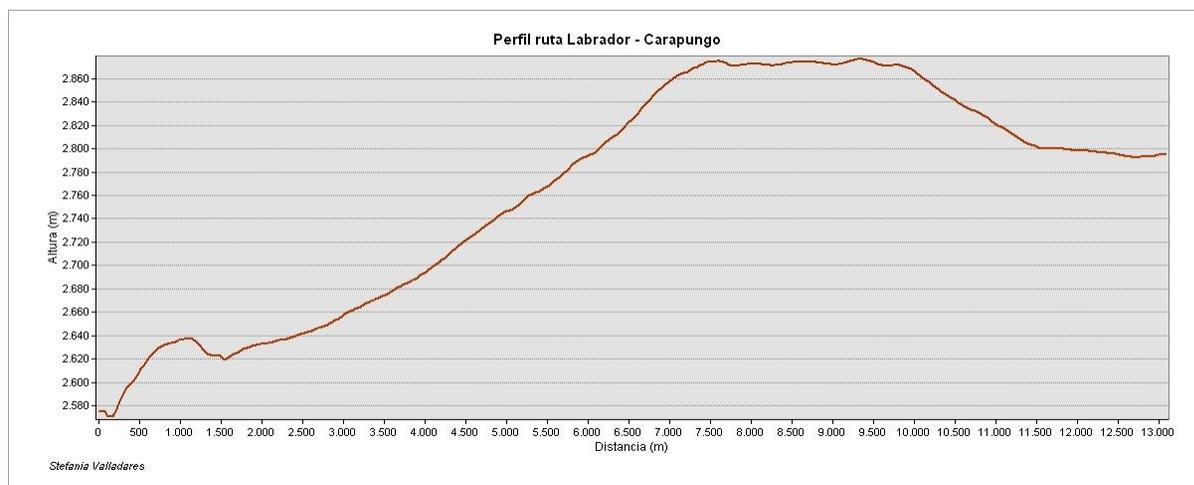
### **Figura 12**



aproximado de 2860 m hasta Carapungo, existiendo un desnivel de 280 m entre ambos puntos, ver figura 14.

### Figura 14

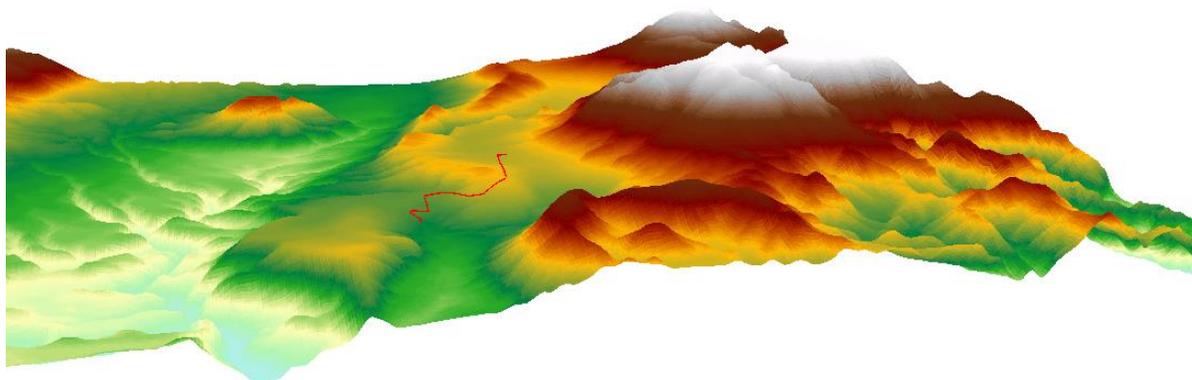
*Perfil de la ruta el Labrador – Carapungo.*



A continuación, se observa una vista 3D de esta ruta a lo largo del DEM en donde se visualiza claramente cómo va incrementando la elevación conforme se acerca a las formaciones volcánicas antiguas cerca de Carapungo en donde baja su elevación un poco.

### Figura 15

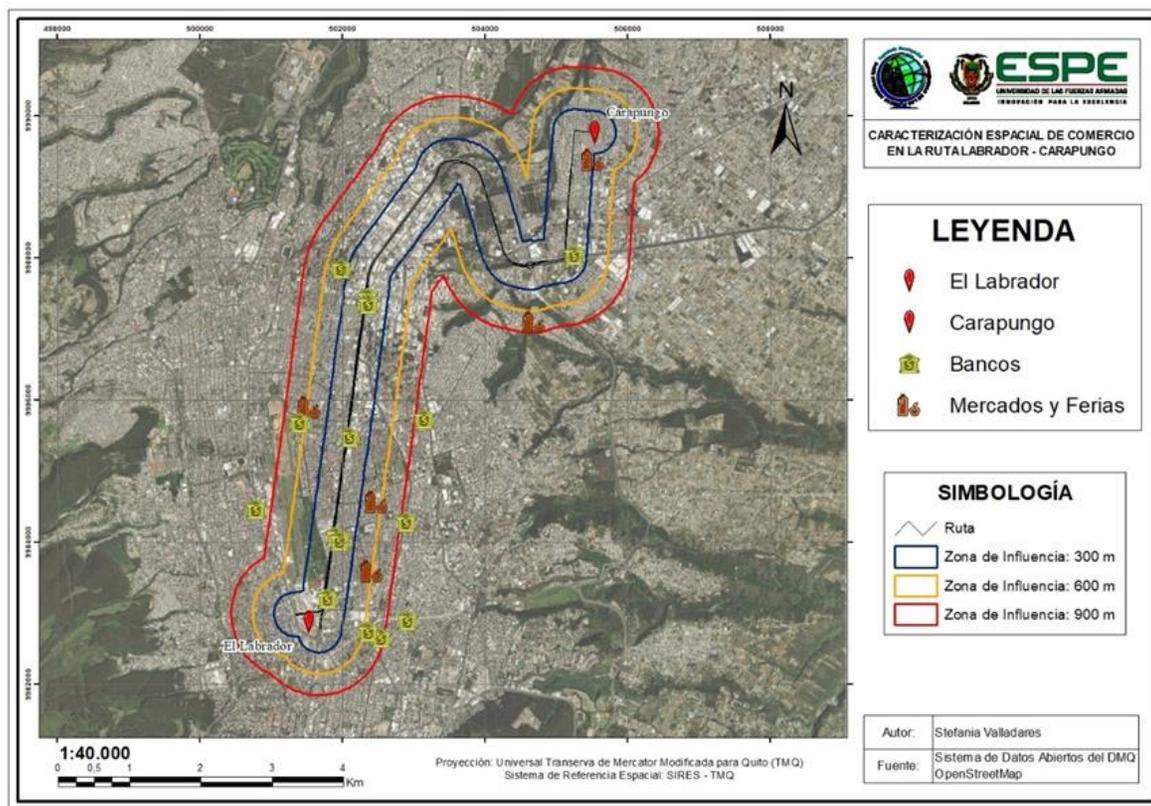
*Modelo 3D de elevación.*



A continuación, se presenta en torno a la primera ruta características de comercio, cultura y servicios que influyen en la dinámica conformada en cada zona de influencia.

**Figura 16**

*Caracterización Geoespacial de Comercio.*



*Nota:* Se aprecia la distribución espacial de bancos, mercados y ferias.

El desarrollo económico se presenta en la siguiente tabla conforme a las zonas de influencia:

**Tabla 8**

*Concentración del desarrollo económico según las zonas de influencia en la primera ruta.*

Comercio	Zona de Influencia (m)	Cantidad	Porcentaje
Bancos	0 - 300	10	55.56%

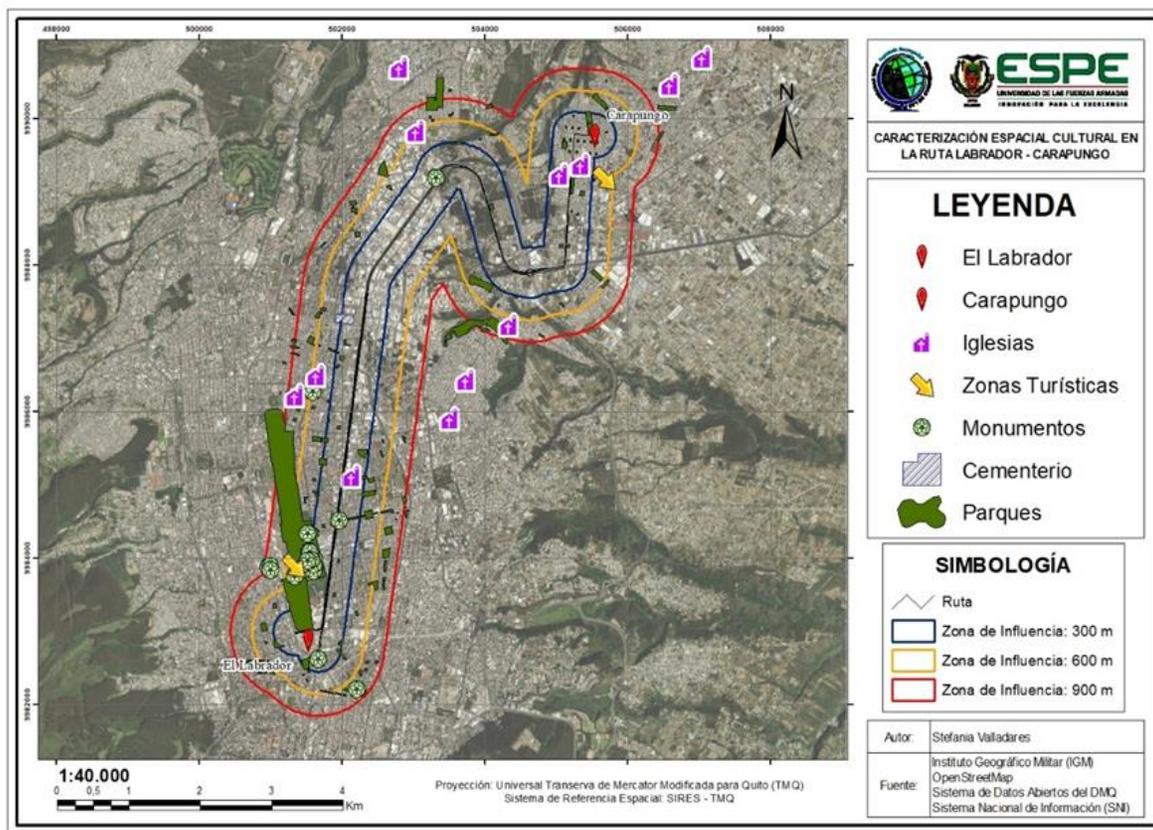
	300 – 600	1	5.56%
	600 – 900	7	38.88%
Mercados y	0 - 300	1	20%
Ferias	300 – 600	2	40%
	600 – 900	2	40%

Se evidencia que la mayor concentración de bancos, mercados y ferias se da entre la zona de influencia de 0 – 600 m, teniendo concordancia con la tendencia que tienen las personas de caminar hasta un máximo de 600 m, entre su parada de transporte utilizado hasta su lugar de destino.

En la siguiente figura 17, se presenta la parte cultural en torno a la ruta contando con zonas turísticas, monumentos, iglesias, cementerio y parques.

### **Figura 17**

*Caracterización Geoespacial Cultural.*



*Nota:* Se aprecia la distribución espacial de zonas turísticas, monumentos, iglesias, cementerio y parques.

El desarrollo cultural se presenta en la siguiente tabla conforme a las zonas de influencia:

**Tabla 9**

*Concentración del desarrollo cultural según las zonas de influencia en la primera ruta.*

Cultural	Zona de Influencia (m)	Cantidad	Porcentaje %
Zonas turísticas	0 - 300	0	0.00
	300 – 600	2	100.00
	600 – 900	0	0.00
Monumentos	0 - 300	15	55.56

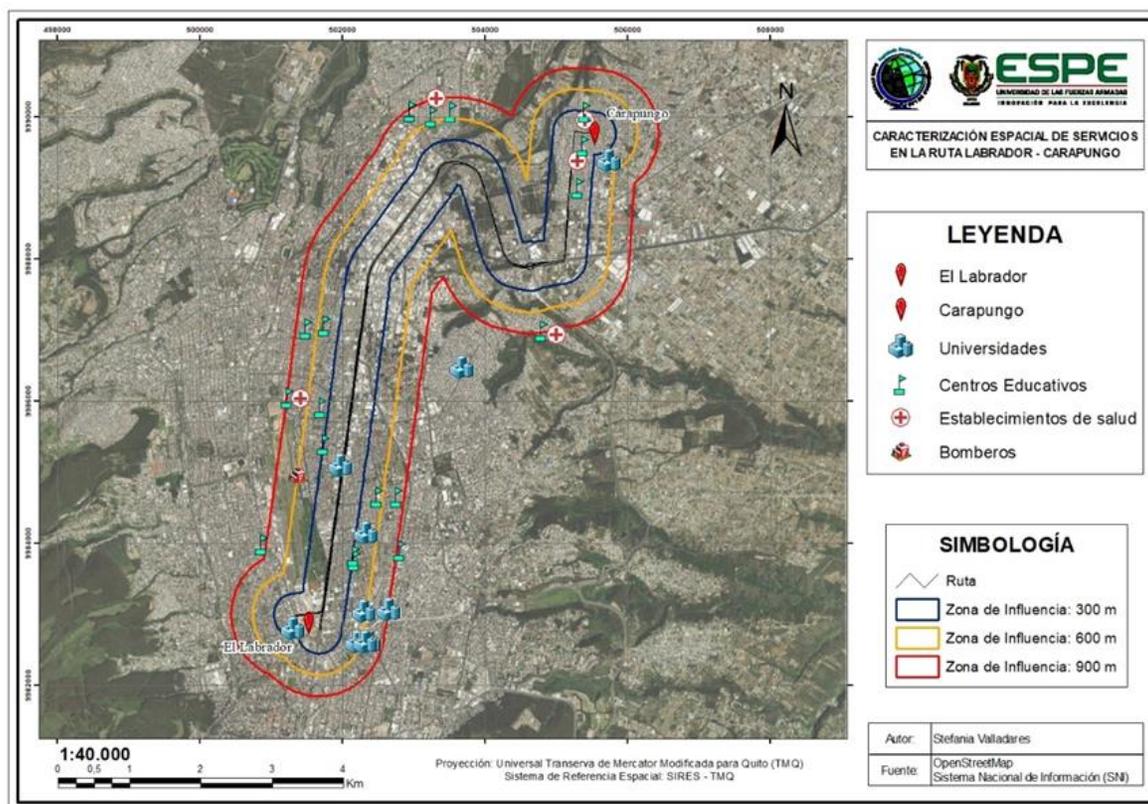
	300 – 600	7	25.93
	600 – 900	5	18.52
Iglesias	0 - 300	3	27.27
	300 – 600	1	9.09
	600 – 900	7	63.64
Cementerio	0 - 300	1	100.00
	300 – 600	0	0.00
	600 – 900	0	0.00
Parques	0 - 300	52	35.62
	300 – 600	41	28.08
	600 – 900	53	36.30

Se evidencia que la mayor concentración de zonas turísticas, monumentos, cementerio y parques se da entre la zona de influencia de 0 – 600 m, y la mayor concentración de las iglesias se dan fuera de los 600 m, pese a ello la mayoría de sitios culturales se encuentran cerca de la ruta, teniendo así mayor acceso desde una parada de transporte y su entorno.

En la siguiente figura 18, se presentan los servicios en torno a la ruta contando como Universidades, centros educativos, establecimientos de salud y bomberos.

### **Figura 18**

*Caracterización Geoespacial de Servicios.*



*Nota:* Se aprecia la distribución espacial de Universidades, centros educativos, establecimientos de salud y bomberos.

Los servicios se presentan en la siguiente tabla conforme a las zonas de influencia:

**Tabla 10**

*Concentración de servicios en las zonas de influencia en la primera ruta.*

Servicios	Zona de Influencia (m)	Cantidad	Porcentaje %
Universidades	0 - 300	2	20.00
	300 – 600	4	40.00
	600 – 900	4	40.00
Centros	0 - 300	5	21.74

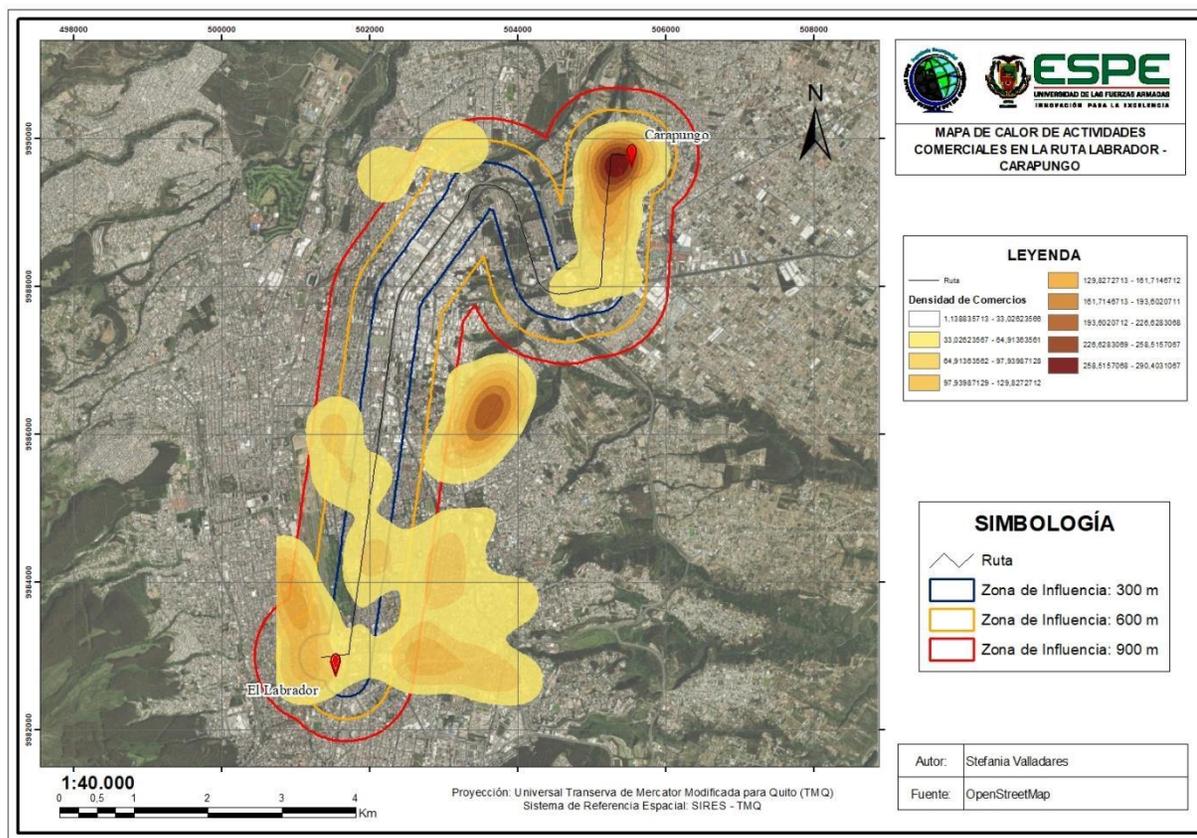
educativos	300 – 600	7	30.43
	600 – 900	11	47.83
Establecimientos de salud	0 - 300	2	40.00
	300 – 600	0	0.00
	600 – 900	3	60.00
Bomberos	0 - 300	1	100.00
	300 – 600	0	0.00
	600 – 900	0	0.00

Se evidencia que la mayor concentración de Universidades, centros educativos y bomberos se da entre la zona de influencia de 0 – 600 m, y la mayor concentración de establecimientos de salud se dan fuera de los 600 m, pese a ello la mayoría de servicios se encuentran dentro del área mínima caminable.

Posteriormente es necesario representar espacialmente los hotspot de las diferentes actividades económicas presentes a lo largo de la ruta.

### **Figura 19**

*Mapa de calor de actividades comerciales presentes en la zona de estudio.*

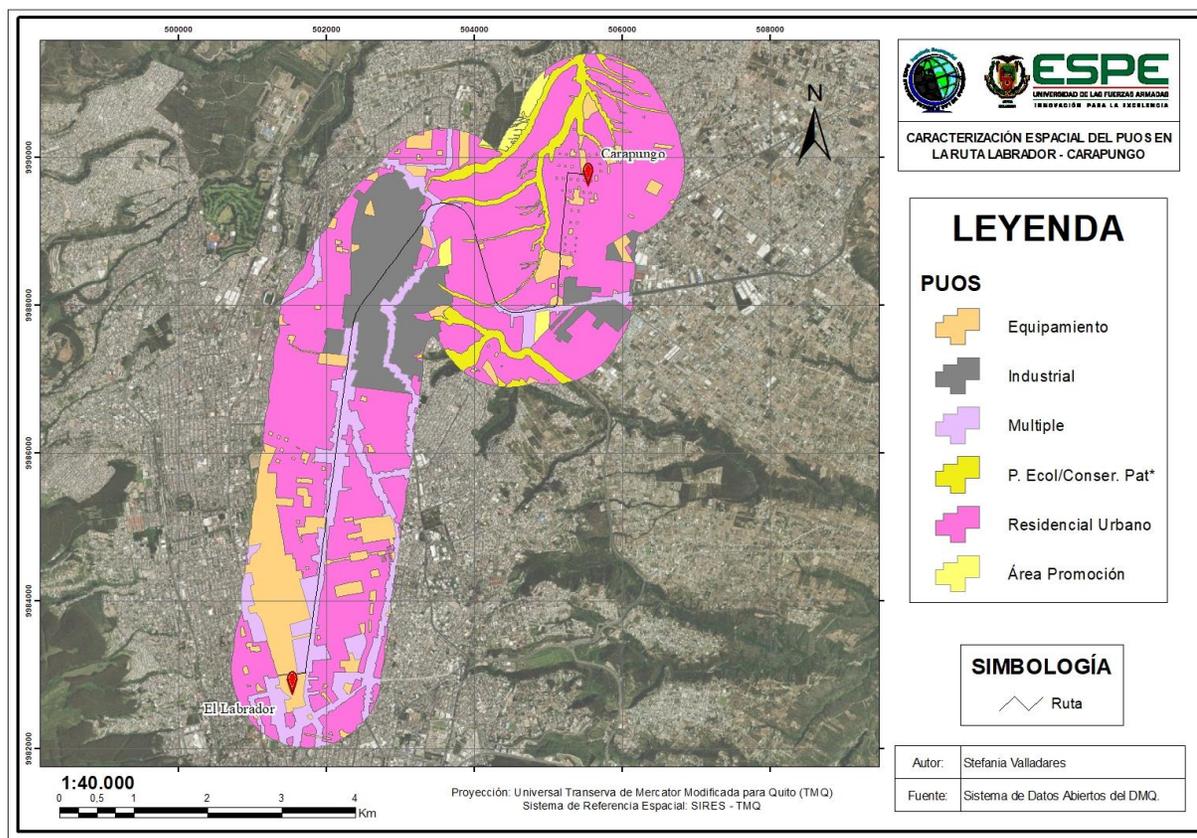


Se evidencia que a lo largo de la ruta existen 3 lugares que sobresalen en cuanto a actividades económicas la primera yendo de sur a norte, se ubica a lo largo del parque Bicentenario pese a la salida del antiguo aeropuerto, la segunda zona presenta actividad comercial debido a que justo en el centro del hotspot se ubica un instituto superior, finalmente la tercera zona presenta mayor incremento de actividad comercial la que influye directamente en el crecimiento del cantón Carapungo.

A continuación, se representa espacialmente el PUOS a lo largo de la ruta.

## Figura 20

*Mapa del PUOS de la ruta Labrador – Carapungo.*



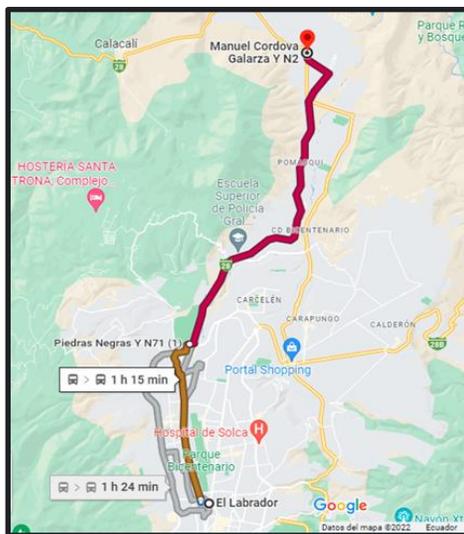
La zona que presenta mayor influencia de comercios en la figura 19, se encuentra dentro del PUOS en lo que es zona Residencia Urbana.

## Ruta 2

Para modelar la caracterización de la segunda ruta que va desde El Labrador ubicado en la parroquia La Concepción hasta Mitad del mundo ubicado en la parroquia San Antonio de Pichincha, se originó la ruta usando Google Maps, opción transporte público como se presenta en la figura 21, en base a la ruta óptima presentada por la plataforma, se depuro la ruta del sistema red vial de Quito obtenido de sus datos abiertos en el SIG, determinando en torno a esta ruta, zonas de influencia en 3 distancias diferentes de 300 m, 600 m y 900 m para su posterior análisis.

## Figura 21

*Ruta de Destino Labrador – Mitad del Mundo.*

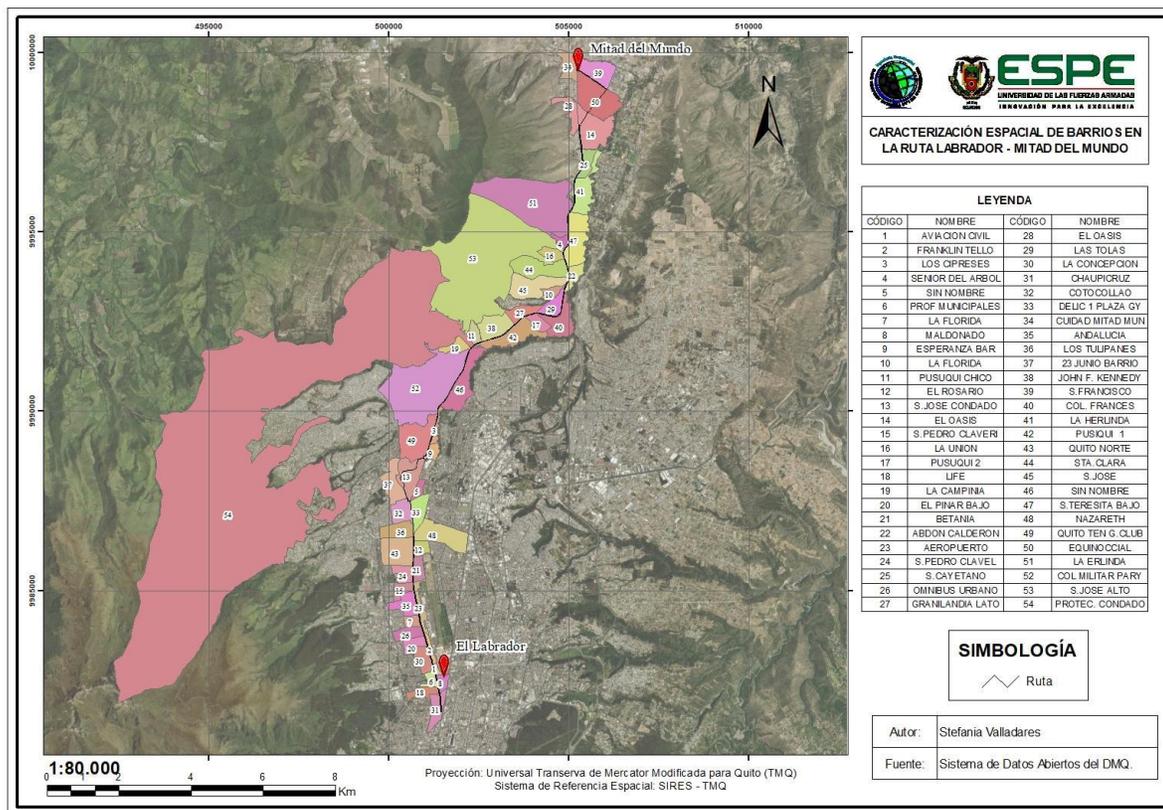


Nota: Tomado de Google Maps.

La ruta Labrador - Mitad del mundo cubre un total de 54 barrios.

Figura 22

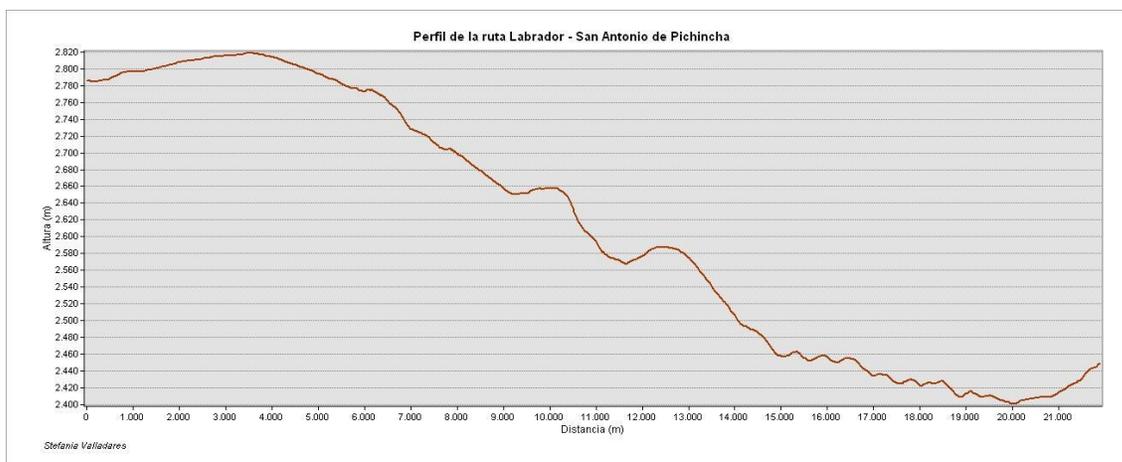
Caracterización Geoespacial de los barrios en torno a la ruta.



La elevación de esta ruta va desde un aproximado de 2780 m del Labrador hasta un aproximado de 2450 m hasta San Antonio de Pichincha, existiendo un desnivel de 330 m entre ambos puntos, ver figura 23.

### Figura 23

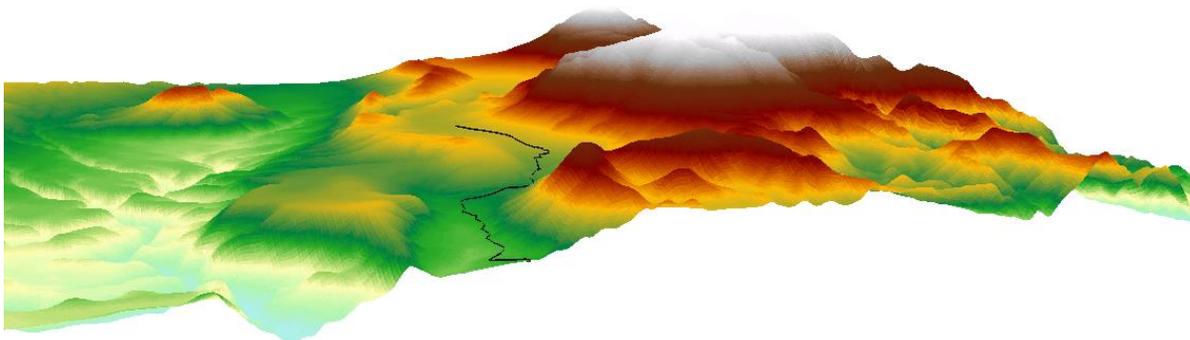
*Perfil de la ruta El Labrador hasta San Antonio de Pichincha.*



A continuación, se observa una vista 3D de esta ruta a lo largo del DEM donde se visualiza claramente que la localización de la Mitad del Mundo se encuentra en un valle.

### Figura 24

*Modelo 3D de elevación.*



A continuación, se presenta en torno a la segunda ruta características de comercio, cultura y servicios que influyen en la dinámica conformada en cada zona de influencia.

Figura 25

Caracterización Geoespacial de Comercio.

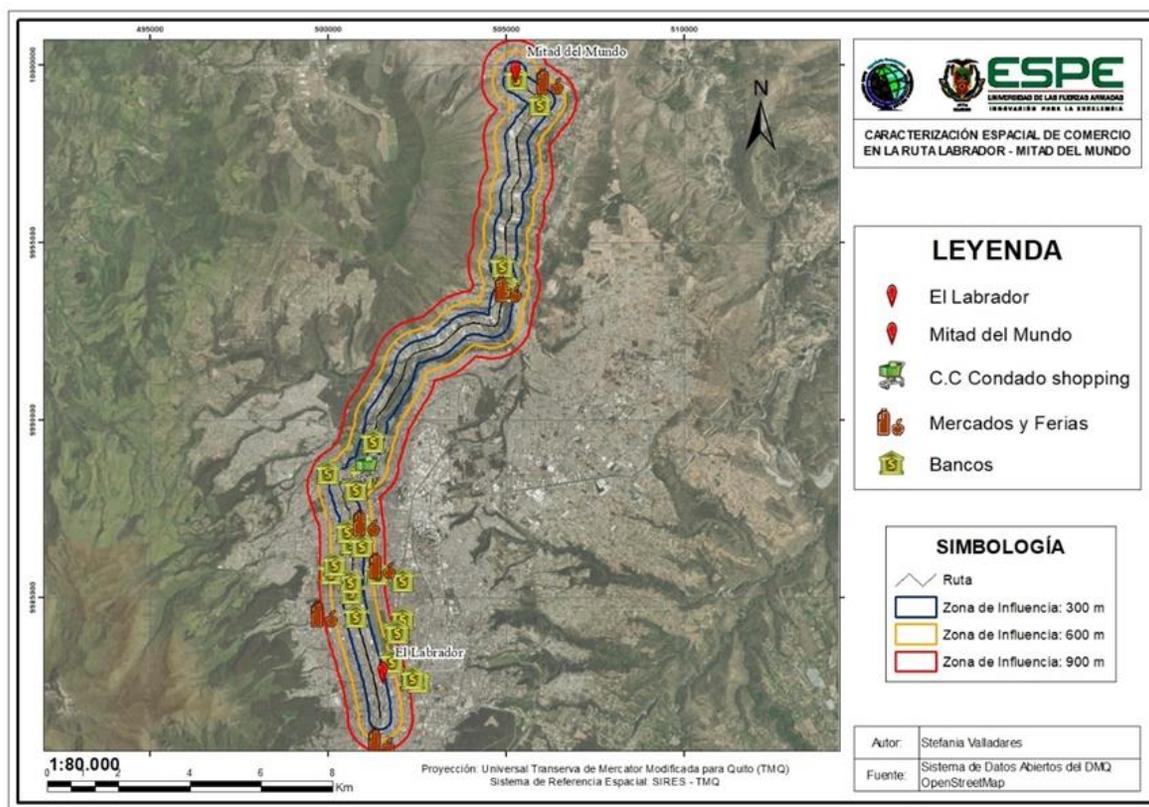


Tabla 11

Concentración del desarrollo económico según las zonas de influencia en la segunda ruta.

Comercio	Zona de Influencia (m)	Cantidad	Porcentaje %
C.C Condado Shopping	0 - 300	1	100.00
	300 – 600	0	0.00
	600 – 900	0	0.00
Bancos	0 - 300	21	16.67
	300 – 600	5	33.33
	600 – 900	10	50.00

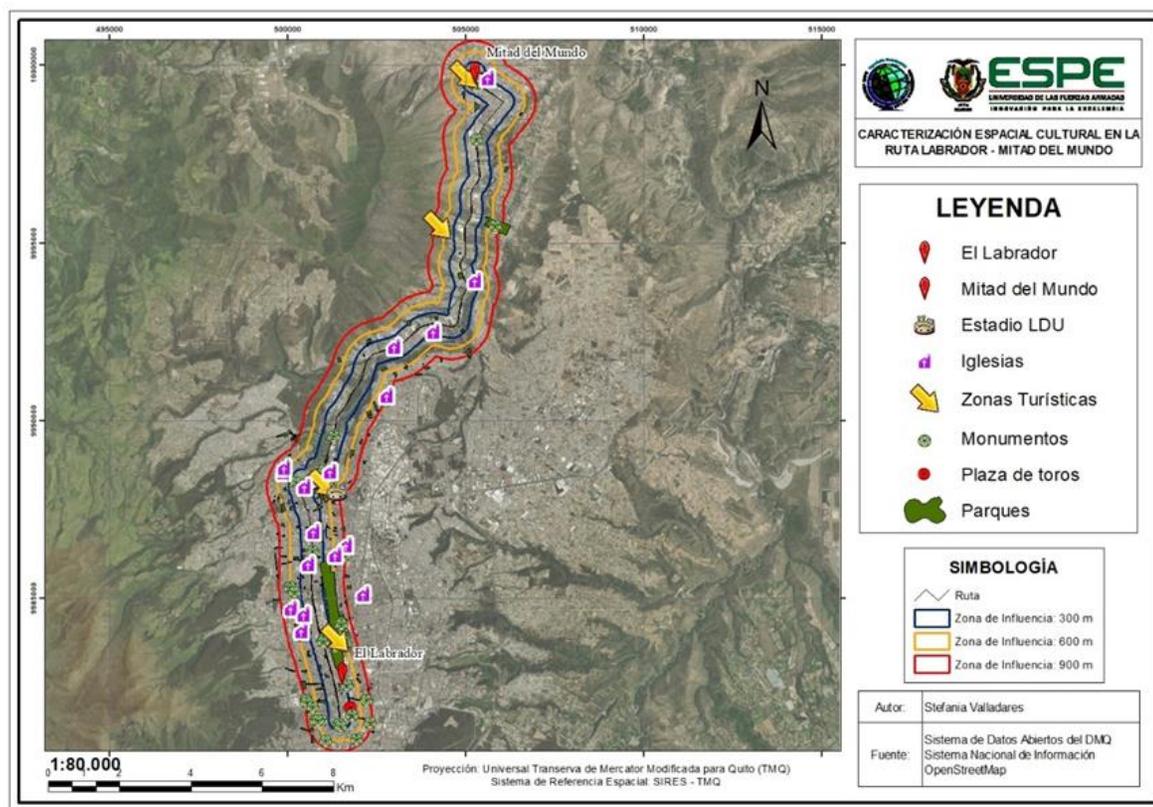
Mercados y	0 - 300	1	58.33
Ferias	300 – 600	2	13.89
	600 – 900	3	27.78

Se evidencia que la mayor concentración de bancos, mercados y ferias se da entre la zona de influencia de 0 – 600 m, además de encontrarse dentro de este rango el C.C Condado Shopping, teniendo concordancia con la tendencia que tienen las personas de caminar hasta un máximo de 600 m, entre su parada de transporte utilizado hasta su lugar de destino, aun así mayor a esta distancia se encuentra presente  $\frac{1}{3}$  de los bancos en esa zona provocando que la afluencia de personas tenga una mayor concentración alrededor de éstas.

En la siguiente figura 26, se presenta la parte cultural en torno a la ruta contando con zonas turísticas, monumentos, iglesias, cementerio y parques.

Figura 26

Caracterización Geoespacial Cultural.



*Nota:* Se aprecia la distribución espacial del Estadio de Liga Deportiva Universitaria, iglesias, zonas turísticas, monumentos, plaza de toros Quito y parques.

El desarrollo cultural se presenta en la siguiente tabla conforme a las zonas de influencia:

**Tabla 12**

*Concentración del desarrollo cultural según las zonas de influencia en la segunda ruta.*

Cultural	Zona de Influencia (m)	Cantidad	Porcentaje %
Estadio LDU	0 - 300	0	0.00
	300 – 600	0	0.00

	600 – 900	1	100.00
Iglesias	0 - 300	8	47.06
	300 – 600	3	17.65
	600 – 900	6	35.29
Zonas turísticas	0 - 300	1	25.00
	300 – 600	2	50.00
	600 – 900	1	25.00
Monumentos	0 - 300	13	25.49
	300 – 600	16	31.37
	600 – 900	22	43.14
Plaza de toros	0 - 300	0	0.00
	300 – 600	1	100.00
	600 – 900	0	0.00
Parques	0 - 300	49	25.65
	300 – 600	53	27.75
	600 – 900	89	46.60

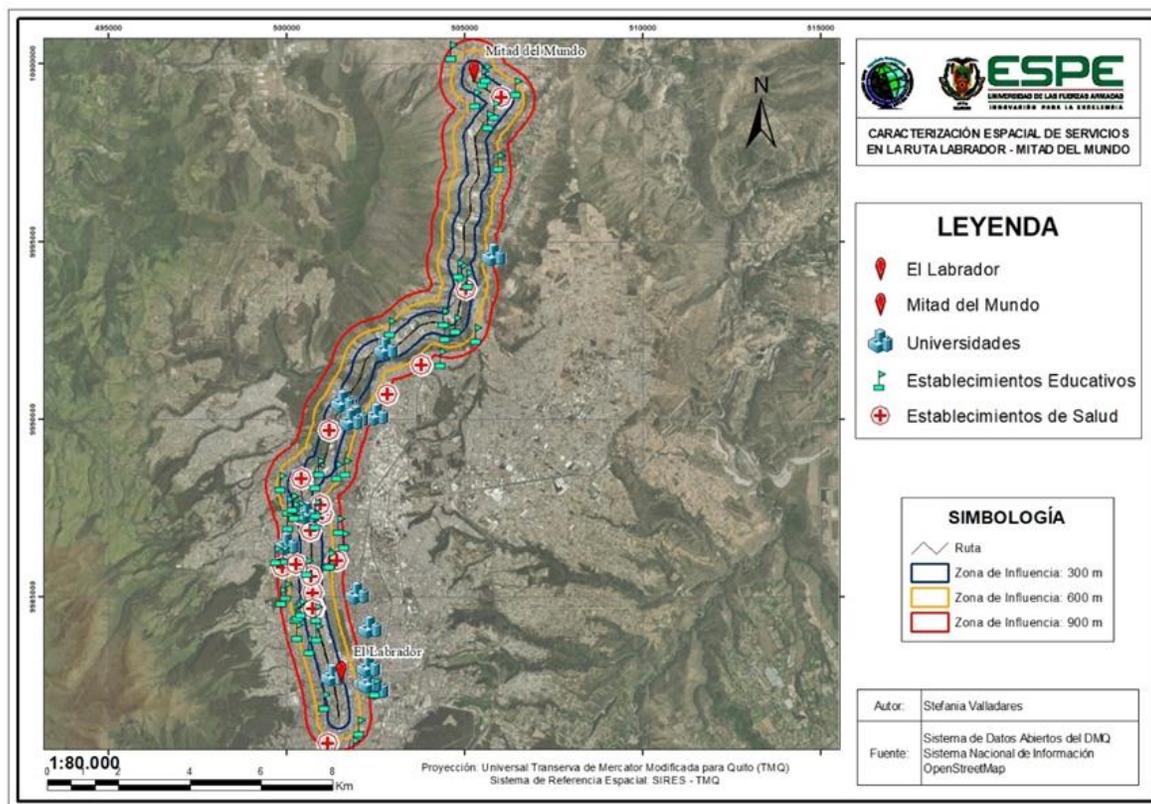
Se evidencia que la mayor concentración de la zona cultural como: iglesias, zonas turísticas, monumentos, plaza de toros Quito y parques, se da entre la zona de influencia de 0 – 600 m, ubicándose el Estadio de la Liga Deportiva Universitaria en el rango de 900 m provocando que exista afluencia de personas en torno a este, de igual manera el parque Bicentenario contribuye al movimiento antrópico en esta misma área de influencia.

En la siguiente figura 27, se presentan los servicios en torno a la ruta contando con

Universidades, establecimientos educativos y establecimientos de salud.

## Figura 27

*Caracterización Geoespacial de Servicios.*



*Nota:* Se aprecia la distribución espacial de Universidades, establecimientos educativos y establecimientos de salud.

Los servicios se presentan en la siguiente tabla conforme a las zonas de influencia:

**Tabla 13**

*Concentración de servicios según las zonas de influencia en la segunda ruta.*

Servicios	Zona de Influencia (m)	Cantidad	Porcentaje %
Universidades	0 - 300	5	27.78
	300 – 600	2	11.11

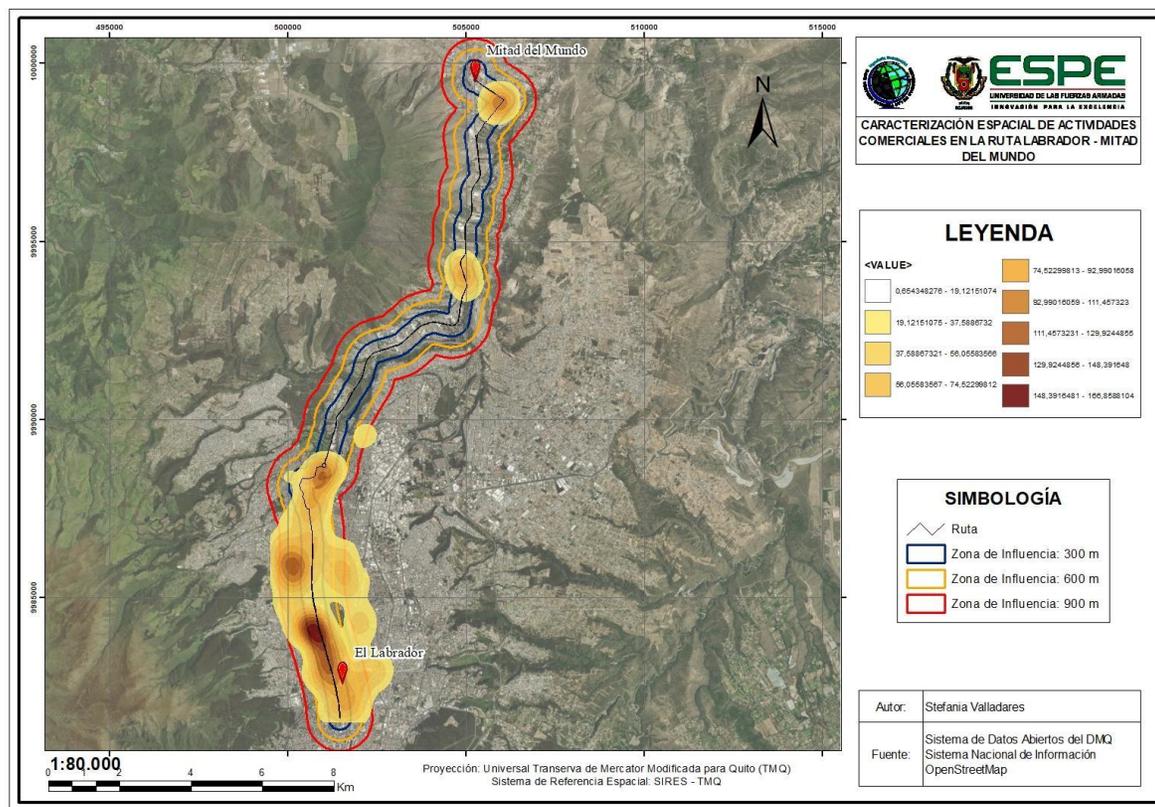
	600 – 900	11	61.11
Establecimientos	0 - 300	21	40.38
educativos	300 – 600	17	32.69
	600 – 900	14	26.92
Establecimientos	0 - 300	10	55.56
de salud	300 – 600	3	16.67
	600 – 900	5	27.78

Se evidencia que la mayor concentración de establecimientos educativos y establecimientos de salud, se da entre la zona de influencia de 0 – 600 m, y la mayor concentración de universidades se dan fuera de los 600 m, se observa que la mayoría de servicios se encuentran dentro del zona mínima caminable.

Posteriormente es necesario representar espacialmente los hotspot de las diferentes actividades económicas presentes a lo largo de la ruta.

### **Figura 28**

*Mapa de calor de las actividades comerciales presentes en la zona de estudio.*

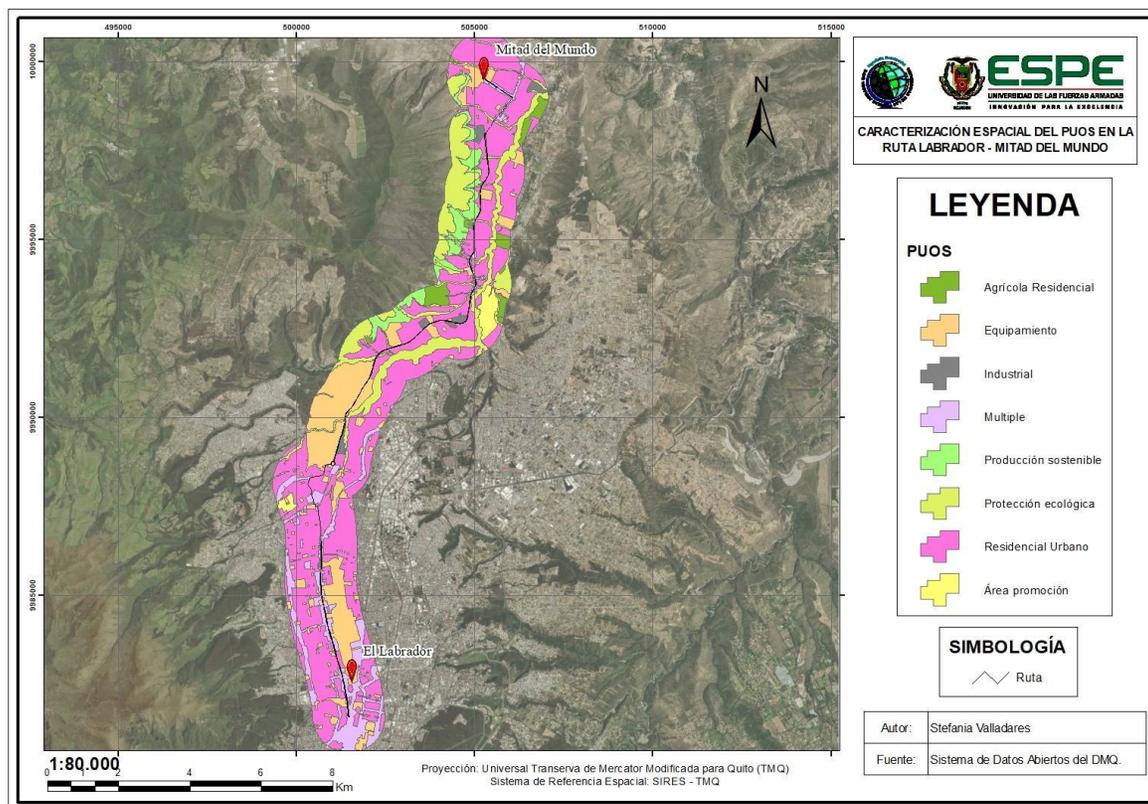


Se evidencia que a lo largo de la ruta existen 5 lugares que sobresalen en cuanto a actividades económicas la primera yendo de sur a norte, se ubica a lo largo del parque Bicentenario y a su vez la presencia del Instituto Tecnológico Superior Cordillera hace que esta zona sea la más activa comercialmente, la segunda zona presenta actividad comercial debido a que en dirección noroeste del hotspot se ubica un Instituto Tecnológico Superior del Transporte, el tercer punto caliente se debe a la presencia del C.C Condado Shopping y el Estadio LDU, el cuarto punto de influencia comercial se da debido a la presencia del parque de Pomasqui, así también encontrándose en su entorno 3 establecimientos educativos, finalmente la quinta zona presenta actividad comercial debido a su zona turística la cual influye directamente en el crecimiento de la Mitad del mundo.

A continuación, se representa espacialmente el PUOS a lo largo de la ruta.

## Figura 29

*Mapa del PUOS de la ruta Labrador – Carapungo.*



La zona que presenta mayor influencia de comercios en la figura 28, se encuentra dentro del PUOS en lo que es zona Residencia Urbana.

### **Materiales y métodos para el análisis de los potenciales riesgos de origen natural**

Para la propuesta del modelo de movilidad fueron determinadas ciertas variables que nos permiten analizar los potenciales riesgos de origen natural en el Área de influencia determinada por las parroquias Calderón, Carcelén, Comité del Pueblo, Llano Chico, Pomasqui, Zámbriza y San Antonio de Pichincha

### **Determinación de factores causales**

Los factores causales se los divide en dos: condicionantes y desencadenantes. Los primeros dependen de las características de la zona como, por ejemplo: la topografía, litología, cobertura vegetal, tipo de suelo, drenajes y geología (Kumar Dahal & Kumar Dahal, 2017) mientras que los segundos, son los que incrementan la probabilidad de ocurrencia, siendo de origen natural como, por ejemplo: sismos, precipitaciones, deslizamientos, peligro volcánico.

(Singh, 2010) Ambos factores varían significativamente de una región a otra, por lo cual, es importante identificarlos por medio de un análisis retrospectivo.

De acuerdo con la investigación respecto a los riesgos de origen natural que se presentan a lo largo de nuestras parroquias de estudio: Zámiza, Llano Chico, Comité del Pueblo, Carcelén, Calderón, Pomasqui, San Antonio, se establecieron como posibles factores causales: Sismos, peligro volcánico, inundaciones y movimientos en masa.

### **Normalización, ponderación y evaluación**

Debido a que cada cobertura representa diferente escala y representación cartográfica, ya sea, por su forma de vector o ráster, es necesario realizar un análisis multicriterio, empleando una normalización de los datos, con la finalidad de disminuir los efectos influyentes.

$$V_n = \frac{(V_0 - V_{\min})}{(V_{\max} - V_{\min})}$$

La presente ecuación hace referencia a la implementación de normalización, donde se aprecia:

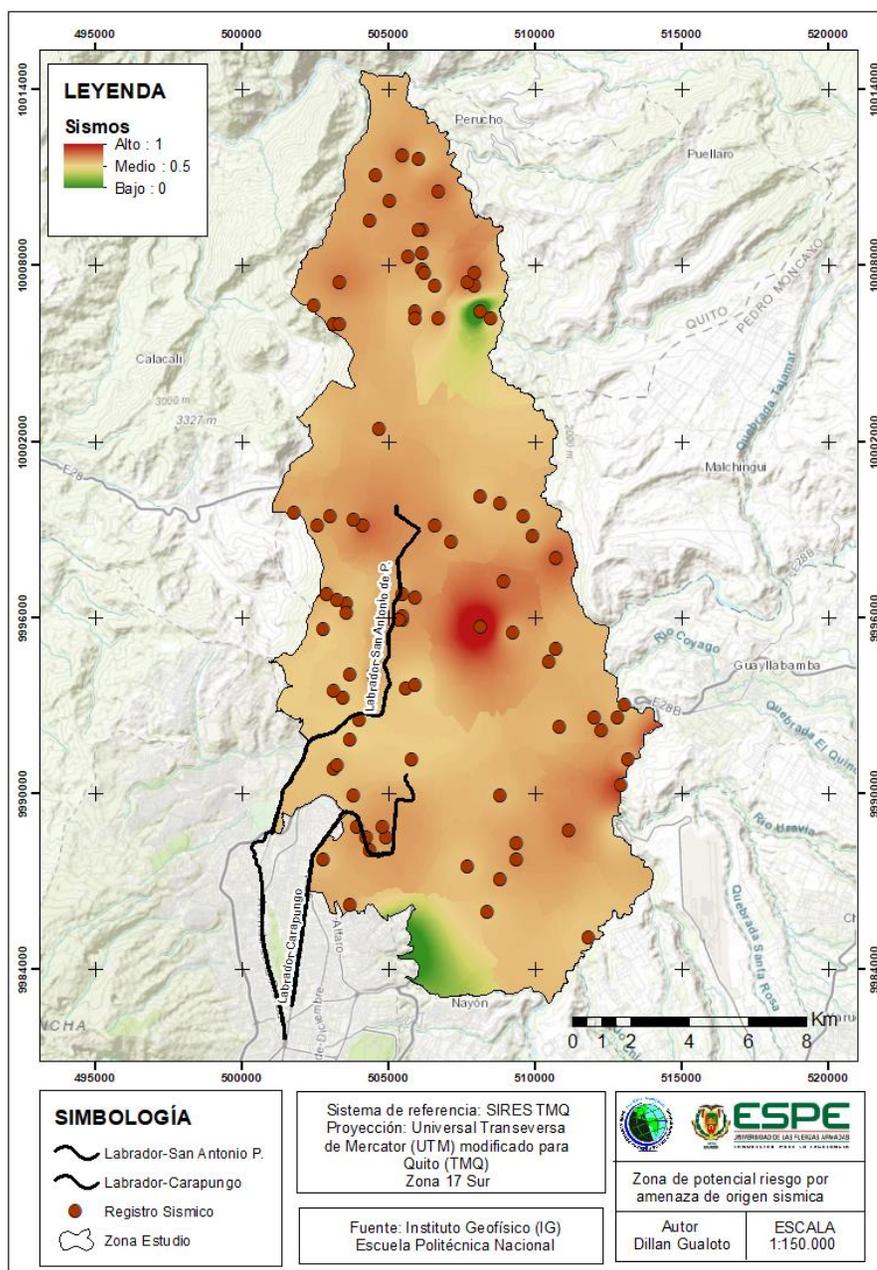
- V0: valor original
- Vmin: valor mínimo
- Vmax: valor máximo

### **Sismos**

Para realizar el mapa de sismos se escogió el criterio de daños e intensidad. En el cual la intensidad está dada por los datos de profundidad y de magnitud. Con estos valores se realizó una normalización para que las unidades de ambos factores sean las mismas y luego se calculó un factor combinado en el que se multiplicaron ambos datos. Este procedimiento se realizó con el fin de obtener un mapa de probabilidad de ocurrencia de sismos, posteriormente mediante una interpolación IDW (figura 30), se obtuvo los lugares que han presenciado mayor intensidad referente a sismos en nuestra zona de estudio.

Figura 30

Mapa de potencial riesgo por sismos.



Evaluación del grado de vulnerabilidad por amenaza sísmica

En la figura 30 se presenta el modelo de amenaza sísmica en las parroquias Calderón, Carcelén, Comité del Pueblo, Llano Chico, Pomasqui, Zámbriza y San Antonio de Pichincha, el cual, se representa como amenaza al factor combinado, que resulta de la multiplicación de la

inversa de la profundidad por la magnitud, en donde se considera que los valores que sean mayores darán como resultado aquellos lugares que presentaron más intensidad mediante los sismos presentados.

Este grado de vulnerabilidad se encuentra categorizado por la magnitud y profundidad de los sismos que se han presentado en las parroquias de nuestra zona de estudio.

Se puede apreciar que el grado de mayor vulnerabilidad con un factor combinado de 0.9593 se encuentra en la parroquia de Calderón, además, se visualiza en la figura 30 que en la parte con tonos rojizos se encuentran los valores más altos donde se estima un rango de factor combinado de 0.6 a 1.

Para grado de vulnerabilidad con un factor combinado medio, se estima que se encuentra en un rango de 0.4 a 0.5, donde en la figura 30 se logra visualizarlos en tonos marrón claro.

Mientras que con un grado de menor vulnerabilidad se obtiene un valor de 0.05 como factor combinado y se encuentra en la parroquia de San Antonio de Pichincha, además, en la figura 30, se aprecia que los valores con menor estimación de factor combinado se encuentran en tonos verdes.

### **Peligro volcánico**

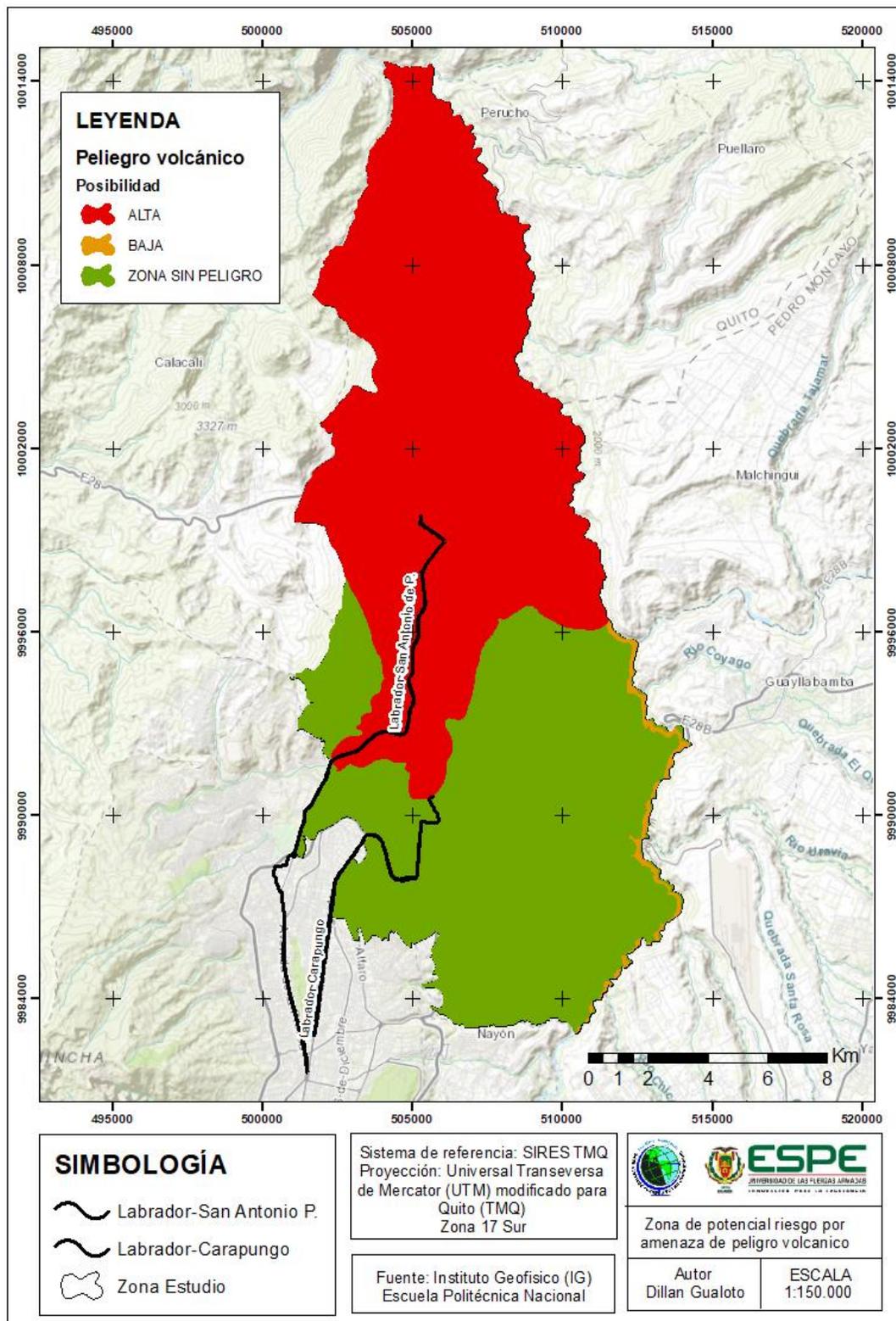
Para la obtención de mapas referente a peligro volcánico se consideró un rango de vulnerabilidad de 3 muy alto y 0 zona sin peligro, en la tabla 14 se puede apreciar los rangos especificados con respecto a la vulnerabilidad que se presenta en nuestra zona de estudio.

**Tabla 14***Ponderación de peligro volcánico.*

<b>POSIBILIDAD</b>	<b>PONDERACIÓN</b>
<b>Alta:</b> áreas afectadas por flujos piroclásticos, lahares y caídas de ceniza y con posibilidades de verse afectadas también por avalanchas.	3
<b>Media:</b> regiones afectadas por erupciones de tipo vesubiano y pliniano, con importantes depósitos de flujos piroclásticos, caídas de ceniza y lahares.	2
<b>Baja:</b> áreas afectadas principalmente por caída de ceniza y ocasionalmente por flujos piroclásticos.	1
<b>Zona sin peligro:</b> áreas en donde no llega ningún tipo de emisión por erupción volcánica y son zonas seguras.	0

**Fuente:** Determinación de peligros volcánicos aplicando técnicas de evaluación multicriterio y SIG en el área del Nevado de Toluca, centro de México, enero 2006 .

**Evaluación del grado de vulnerabilidad por amenaza volcánica****Figura 31***Mapa de potencial peligro volcánico.*

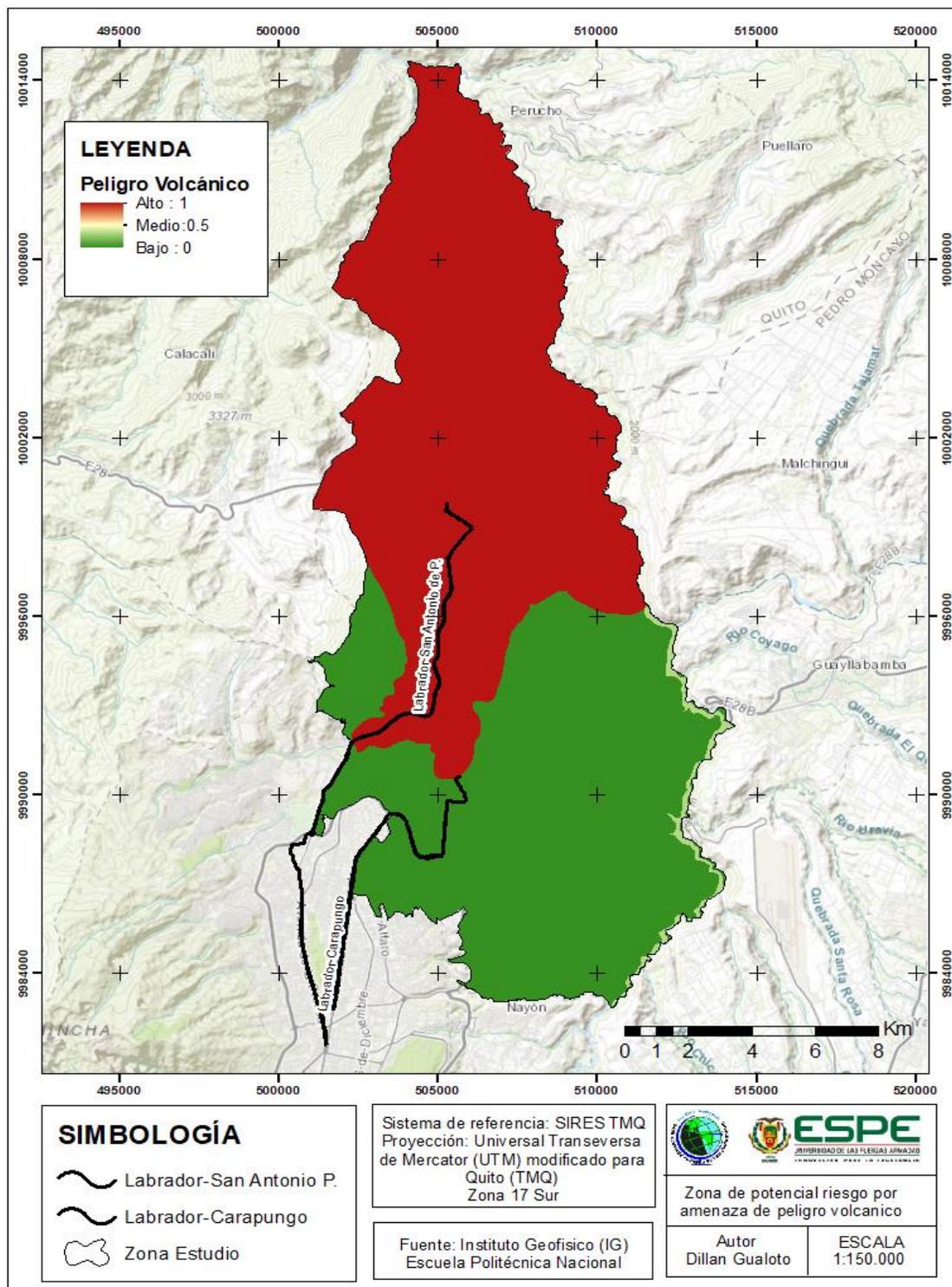


En la figura 31 Se presenta el modelo de amenaza de peligro volcánico en las

parroquias Calderón, Carcelén, Comité del Pueblo, Llano Chico, Pomasqui, Zámiza y San Antonio de Pichincha, el cual representa a la amenaza de peligro volcánico alta, media, baja u sin susceptibilidad a la amenaza de peligro volcánico. Siendo la susceptibilidad alta la que predomina en la zona de estudio, con un área del 130,70442 Km<sup>2</sup> representando el 53,53% del área total. Se puede evidenciar que las parroquias afectadas por esta amenaza son principalmente San Antonio de Pichincha y Pomasqui en mayor medida. Las zonas con poca susceptibilidad a peligro volcánico cubren el área de estudio en un 2,24 Km<sup>2</sup> siendo tan solo el 0.92% de área cubierta por caída de ceniza y ocasionalmente por flujos piroclásticos que cubren las parroquias de Calderón y Zámiza. El resto de parroquias se encuentran en zonas de no afectación por peligro volcánico siendo un área sin susceptibilidad de 111,19 Km<sup>2</sup> que representa el 45.55 % de nuestra zona de estudio.

Figura 32

Mapa de potencial peligro volcánico normalizado.



## Inundaciones

Para la obtención del mapa de inundaciones, se consideró un rango de susceptibilidad de 2 como muy alto y 1 como susceptibilidad más baja, en la tabla 15 se puede apreciar los rangos que se analizaron para determinar esos valores de susceptibilidad que se presentan en la zona de estudio.

**Tabla 15**

*Ponderación de inundaciones.*

Descripción	PONDERACIÓN
<p><b>Media:</b> zonas propensas a inundaciones pluviales como fluviales, que se generan por precipitaciones fuertes o extraordinarias, cubren terrazas medias, bancos, diques aluviales y llanura de antigua deposición, que se encuentran localizados en pendientes del 5 al 12%</p>	3
<p><b>Sin susceptibilidad:</b> Se presentan en áreas donde los niveles de la superficie del agua no producen daños, afectaciones y pérdida alguna, la pendiente se presenta de fuerte a abrupta y las clases texturales del suelo van de moderadamente gruesa a gruesa.</p>	2

---

**Baja:** áreas propensas a inundarse debido a los desbordamientos de ríos que son originados por eventos meteorológicos, que cubren terrazas altas, niveles medios y altos de la llanura, se encuentran en partes adyacentes a márgenes de ríos y en pendientes del 12% al 25%.

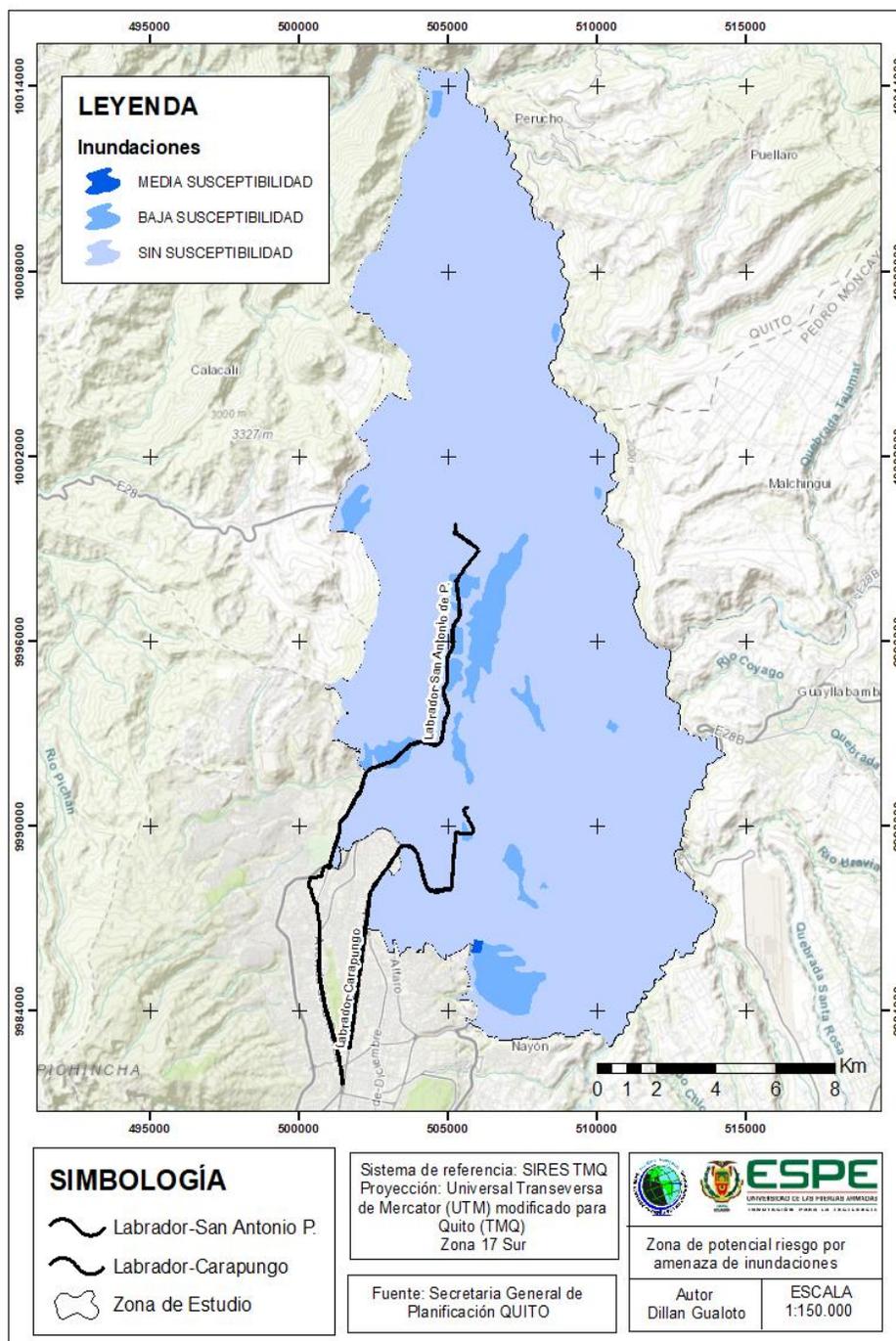
**Fuente:** Zona de susceptibilidad a inundaciones en el Ecuador Continental Escala 1:50 000

En el gráfico Figura 33 se encuentra el mapa de inundaciones correspondientes a la categorización de la tabla 15, mientras que la Figura 34 se encuentra el mapa ya normalizado.

### **Evaluación de grado vulnerabilidad por amenaza de inundaciones**

#### **Figura 33**

*Mapa de potencial riesgo de inundaciones.*



En la figura 33 se presenta el modelo de amenaza por inundaciones para las parroquias Calderón, Carcelén, Comité del Pueblo, Llano Chico, Pomasqui, Zámbez y San Antonio de Pichincha, el cual presenta tres niveles de amenaza los cuales son: Sin susceptibilidad, baja susceptibilidad y media susceptibilidad.

Este grado de amenaza se encuentra categorizado debido a las pendientes que se encuentran en nuestras zonas, las cuales oscilan entre:  $0^{\circ}$  -  $5^{\circ}$ ;  $5^{\circ}$ - $12^{\circ}$ ,  $12^{\circ}$  -  $25^{\circ}$ ,  $25^{\circ}$  -  $50^{\circ}$ ,  $50^{\circ}$  -  $70^{\circ}$ ,  $70^{\circ}$ .

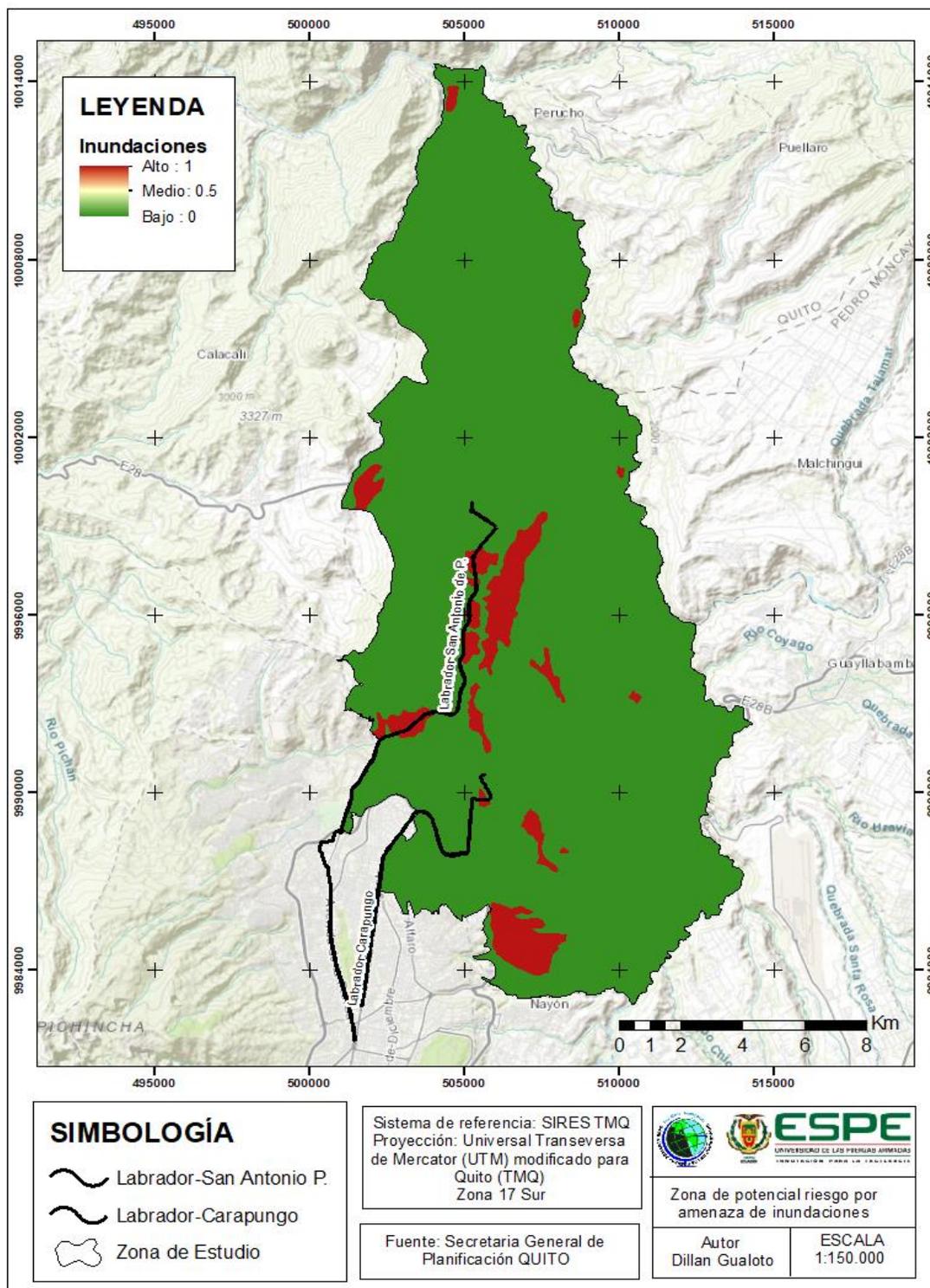
Se puede apreciar que en todas las parroquias de la zona de estudio se presentan lugares de inundaciones sin susceptibilidad, donde se considera un área de  $229.98 \text{ Km}^2$ , que representa el 94.19 %.

Del mismo modo el grado de amenaza con baja susceptibilidad a inundaciones abarca un área de  $14.05 \text{ Km}^2$ , que representa el 5.75 % nuestra zona de estudio y que se encuentra en las parroquias de: Calderón, Llano Chico, Pomasqui, San Antonio de Pichincha, Zámboza.

El grado de amenaza con media susceptibilidad a inundaciones solo se encuentra en la parroquia de Llano Chico, en donde se abarca un área de  $0.12 \text{ Km}^2$  que equivale al 0.05 % de nuestra zona de estudio.

Figura 34

Mapa de potencial riesgo de Inundaciones normalizado.



## Movimientos de masa

Para la obtención de los mapas de movimientos de masa, se consideró un rango de susceptibilidad de 4 como muy alto y 1 como susceptibilidad más baja, en la tabla 16 se puede apreciar los rangos que fueron analizados para determinar las ponderaciones con respecto a la susceptibilidad de movimientos en masa de nuestra zona de estudio.

**Tabla 16**

*Ponderaciones de movimientos en masa.*

DESCRIPCIÓN	PONDERACIÓN
<b>ALTA:</b> 18 - 20 SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA	4
<b>MODERADA:</b> 14 - 17 SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA	3
<b>MEDIANA:</b> 10 -13 SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA	2
<b>BAJA A NULA:</b> 4 - 9 SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA	1

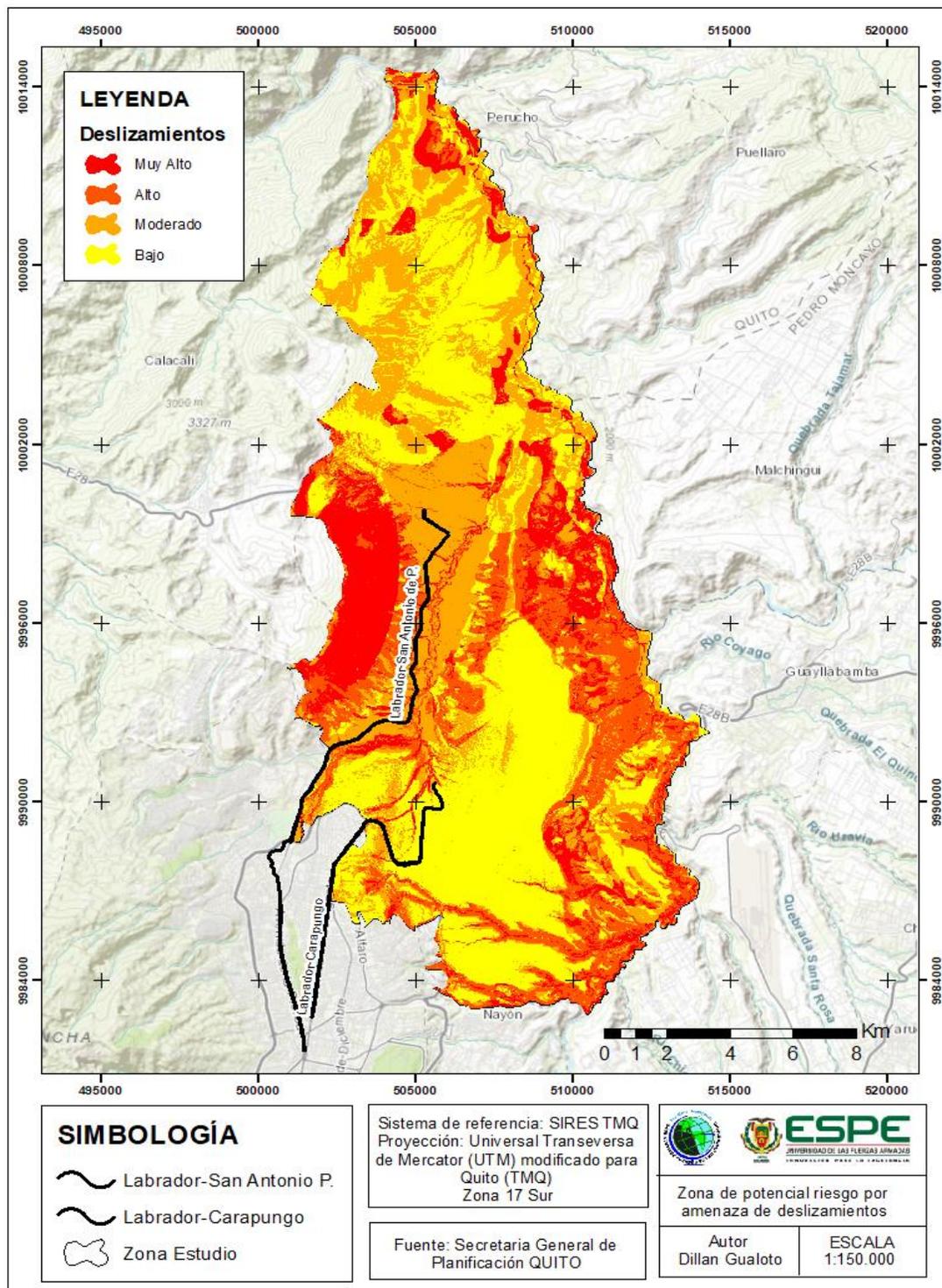
**Fuente:** EVALUACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA, 2016

En la figura 35 se encuentra el mapa de movimientos en correspondientes a las ponderaciones de la tabla 16, mientras, que la figura 36 se encuentra el mapa ya normalizado.

Evaluación del grado de vulnerabilidad por movimientos de masa

Figura 35

Mapa de potencial riesgo de deslizamientos.



En la figura 35 se presenta el modelo de amenaza por movimientos de masa para las parroquias Calderón, Carcelén, Comité del Pueblo, Llano Chico, Pomasqui, Zámbara y San Antonio de Pichincha, el cual presenta cuatro niveles de amenaza los cuales son: bajo, moderado, alto y muy alto.

Este grado de amenaza se encuentra categorizado debido a la litología, geomorfología, y pendientes que se encuentran presentes en la zona, en donde se analiza mediante procedimientos la obtención de niveles que hacen referencia a susceptibilidad a deslizamientos en el terreno.

Con respecto al grado de amenaza de muy alta vulnerabilidad a movimientos en masa estos se encuentran en toda nuestra zona de estudio, y este grado abarca un área de 35.38 Km<sup>2</sup>, que representa el 14.49 %.

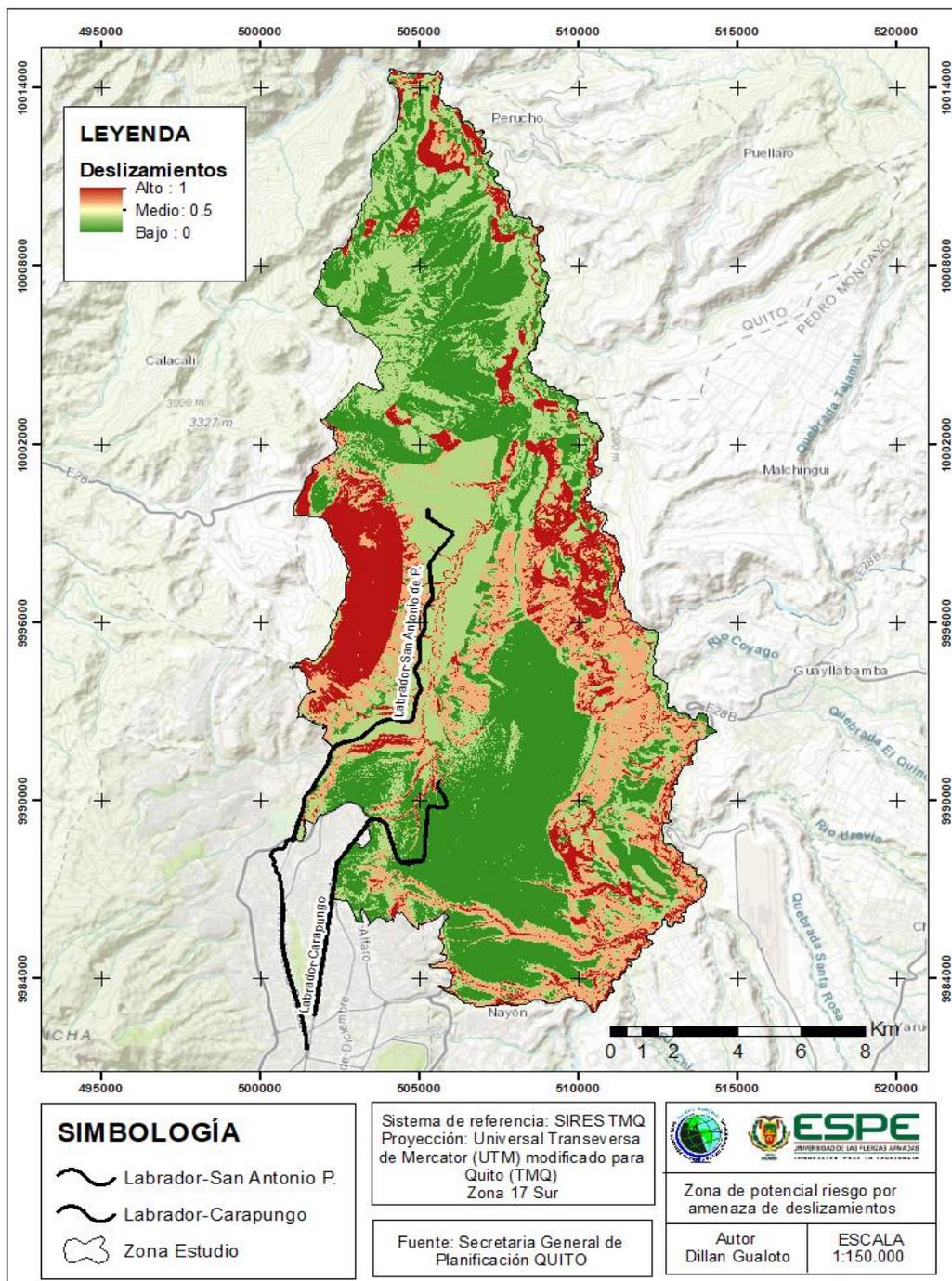
Se puede apreciar que en todas las parroquias de la zona de estudio presentan lugares con alta vulnerabilidad por movimientos en masa, donde se considera un área de 45.75 Km<sup>2</sup>, que representa el 18.74 %.

Para un grado de amenaza con moderada vulnerabilidad a movimientos en masa este abarca un área de 70.98 Km<sup>2</sup>, que representa el 29.07 % y se encuentra en todas las parroquias de nuestra zona de estudio.

El grado de amenaza con baja vulnerabilidad a movimientos en masa se encuentran en todas las parroquias de nuestra zona de estudio, en donde se abarca un área de 91.85 que equivale al 37.62 %.

**Figura 36**

*Mapa de potencial riesgo de deslizamientos normalizado.*



**Método de análisis jerárquico ahp (Saaty)**

Para nuestro análisis, hemos tomado como propuesta la implementación de Saaty con

la finalidad de determinar el grado de importancia entre las variables seleccionadas que se encuentran presentes en nuestra zona de estudio, en la tabla 17 se evidencia los pesos que hemos dados como importancia a cada una de nuestras coberturas, mientras que en la tabla 18 se encuentra la implementación de Saaty correspondiente a los pesos que se colocaron en la tabla 17.

**Tabla 17**

*Ponderación de coberturas.*

<b>Variables</b>	<b>Pesos</b>
<b>Sismos</b>	5
<b>Peligro</b>	7
<b>Volcánico</b>	
<b>Inundaciones</b>	1
<b>Movimientos</b>	3
<b>en masa</b>	

**Tabla 18**

*Implementación de Saaty.*

	<b>Sismo</b>	<b>Peligro</b>	<b>Inundacion</b>	<b>Movimientos</b>	<b>Ci</b>	<b>Wi</b>	<b>li</b>
	<b>s</b>	<b>Volcánico</b>	<b>es</b>	<b>en masa</b>			
<b>Sismos</b>	1,0000	0,7143	5,0000	1,6667	1,5620	0,3125	1,0000
<b>Peligro</b>	1,4000	1,0000	7,0000	2,3333	2,1868	0,4375	1,0000
<b>Volcánico</b>							
<b>Inundacion</b>	0,2000	0,1429	1,0000	0,3333	0,3124	0,0625	1,0000
<b>es</b>							
<b>Movimiento</b>	0,6000	0,4286	3,0000	1,0000	0,9372	0,1875	1,0000

<b>s en masa</b>	
<b>CI=</b>	0
<b>RCI=</b>	0,99
<b>CR=</b>	0

**Tabla 19**

*Variables con sus respectivos pesos.*

<b>Variables</b>	<b>Wi</b>
Sismos	0,3125
Peligro Volcánico	0,4375
Inundaciones	0,0625
Movimientos en masa	0,1875

Una vez obtenido los pesos correspondientes a cada una de las coberturas que se alcanzaron debido a la ponderación y aplicación de Saaty, obtenemos la siguiente ecuación, que se entiende como el resultado de la suma lineal ponderada (WLC):

$$f_{(x)} = 0,3125 x_1 + 0,4375 x_2 + 0,0625 x_3 + 0,1875 x_4$$

Donde cada X representa:

X1: Sismos

X2: Peligro volcánico

X3: Inundaciones

X4: Movimientos en masa

### **Resultados**

El nivel de riesgo por una amenaza de origen natural fue clasificado en un rango de 0 a

1 en donde se tomaron algunas clases para la categorización de las escalas de color (tabla 20).

**Tabla 20**

*Categorización de susceptibilidad a peligro de amenaza de origen natural.*

<b>Zona</b>	<b>Rango de Valores</b>	<b>Descripción nivel de susceptibilidad</b>	<b>Escalas de Color</b>
I	< 0,10	Nula	Verde Oscuro
II	0,10 – 0.,40	Baja	Verde Claro
III	0,40 -0,60	Mediana	Amarillo - Miel
IV	0,60 – 0,75	Alta	Rojo Claro
V	> 0,75	Crítica	Rojo Oscuro

Para el análisis del corredor del labrador a San Antonio de Pichincha y Carapungo, se tomó un buffer de 300 para analizar los potenciales riesgos que se encuentran presentes en esa zona de interés e identificar el tipo de amenaza que se encuentra en la zona.

De la misma manera se tomaron 1 sola zona de influencias para las rutas, al ser eventos de gran escala se tomó una zona de influencia macro de 900 metros. En este rango se identificó que el peligro volcánico es el que más influye para la zona de interés, seguida por el movimiento de masas (deslizamientos).

### **Análisis multicriterio**

#### **Análisis Tomando en cuenta el daño y la intensidad.**

Para el resultado final de este análisis se tomó en cuenta el daño e intensidad que tiene las amenazas de origen natural, como se observa en el mapa (Figura 37) la variable de peligro volcánico es la que más sobresale, teniendo un peso mayor debido a que si ocurriera un fenómeno como este tendrá una intensidad bastante grande al igual que los daños ocasionados en la zona de estudio.

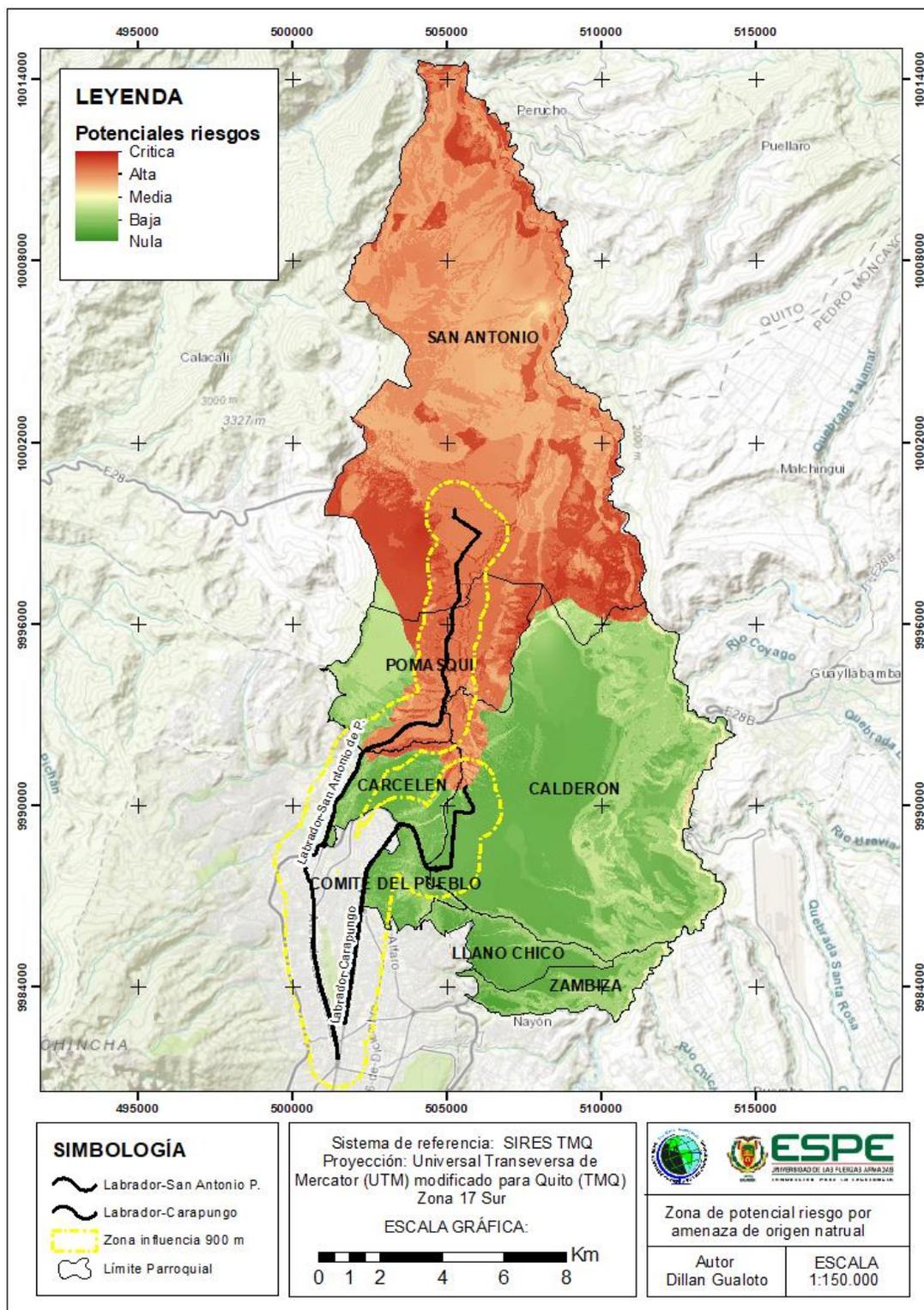
Se puede observar que hay zonas en las que se han combinado la amenaza de peligro sísmico y la de movimientos de masa, obteniendo un valor crítico donde existe susceptibilidad a

ese tipo de fenómeno natural. Con respecto a la zona de influencia que se encuentra determinada por el buffer de 900 metros alrededor de los corredores, se evidencia claramente la presencia de posibles riesgos de peligro natural. En el corredor Labrador-San Antonio de Pichincha se identifica que gran parte de la ruta está expuesta a susceptibilidad de peligro volcánico y deslizamientos los cuales tienen valores altos y críticos con referencia a estas dos amenazas.

En el corredor Labrador-Carapungo se encuentra la mayoría de la ruta en zonas bajas y nulas a potenciales riesgos naturales. Siendo la segunda ruta la más adecuada para este primer análisis.

Figura 37

Mapa de potencial riesgo por amenazas de origen natural.



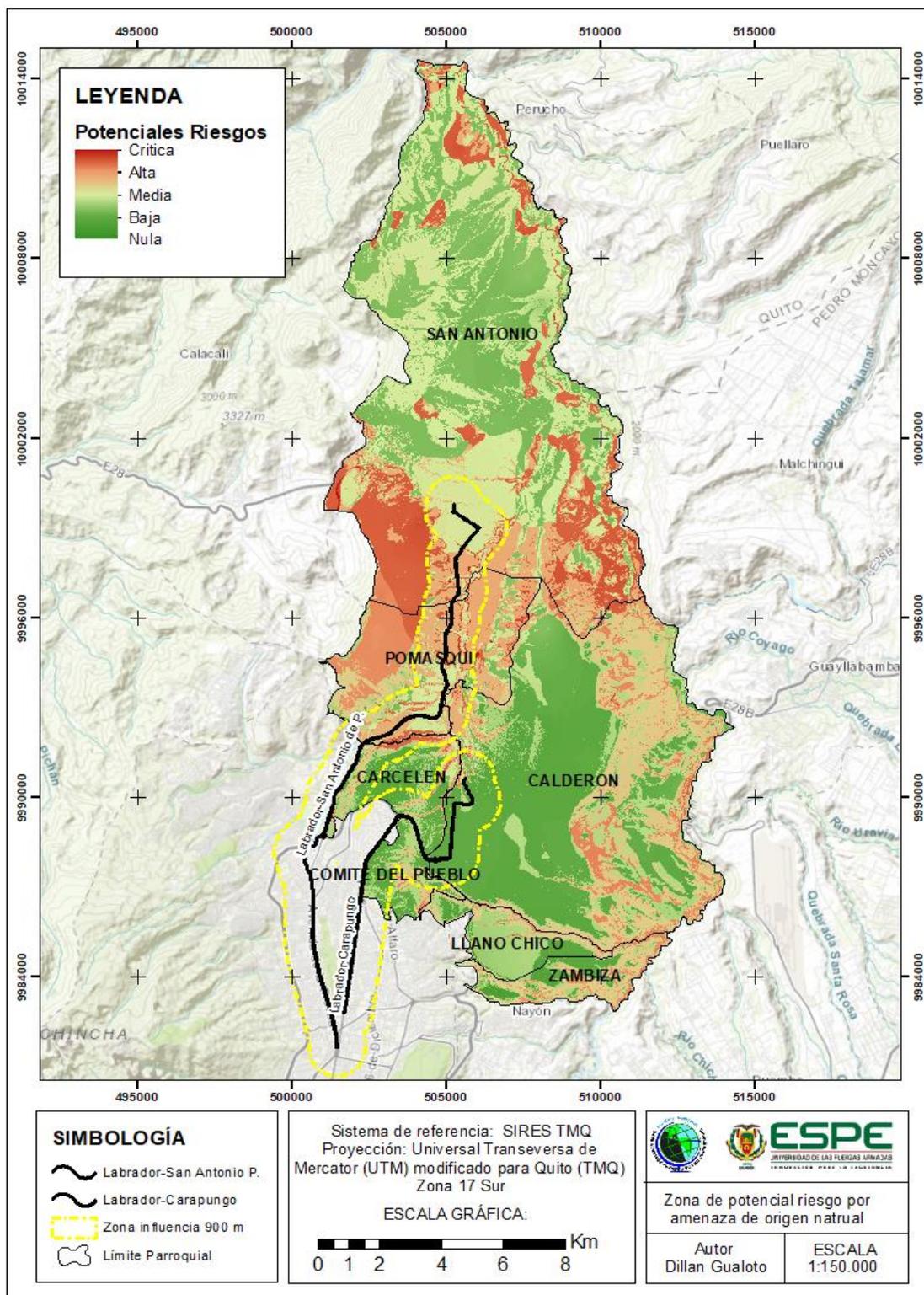
**Análisis Tomando en cuenta el tiempo de recurrencia del evento.**

Para este segundo criterio se tomó en cuenta la recurrencia del evento, es decir, cuál fenómeno se demoró menos tiempo en suceder nuevamente. En ese sentido podemos analizar que el tiempo de ocurrencia de un peligro de origen volcánico varía; en las erupciones muy violentas tienen periodos de retorno de varios miles de años, mientras que las erupciones menos explosivas son más frecuentes, con periodos de pocas decenas de años.

Por este motivo el peligro volcánico se lo dejó como último factor en el análisis jerárquico de importancia y se tomó a los movimientos de masa, sismicidad e inundación como factores importantes en el tiempo de frecuencia ya que en un año pueden ocurrir los 3 fenómenos en mayor o menor intensidad por ello que son más recurrentes. Se identifican zonas críticas por la presencia de las amenazas combinadas, como por ejemplo en la parroquia de Pomasqui y de San Antonio existe la presencia de movimientos de masa e inundaciones por ellos que la susceptibilidad a que ocurra algún tipo de fenómeno es bastante alta.

Figura 38

Mapa de potencial riesgo por amenazas de origen natural.



Los valores más críticos son de amenaza por deslizamientos e inundaciones. Para para la zona de influencia de 900 m de distancia se encuentra afectada por amenaza de deslizamiento incluyendo las amenazas por inundaciones e intensificada por la presencia de sismos. En este caso el corredor Labrador-San Antonio de pichincha tiene zonas con mayor susceptibilidad a que ocupara uno de estos riesgos naturales mientras que el corredor Labrador-Carapungo tiene menos susceptibilidad a que ocurra una de estas amenazas en el área de influencia determinado.

### **Escenarios para la movilidad urbana**

En la Encuesta Domiciliaria de Movilidad (EDM11) del Distrito Metropolitano de Quito se señala la necesidad de un sistema de transporte de gran capacidad que enlace la movilidad hacia y dentro del hipercentro de la ciudad, además de corregir el modelo de urbanización actual el cual tiende a la movilidad en viajes motorizados y cada vez más largos.

De acuerdo al Estudio de Impacto Ambiental de la Primera Línea del Metro de Quito se analizan 4 alternativas de sistema de transporte masivo.

#### **Tabla 21**

*Descripción de las alternativas de sistema de transporte masivo según el Banco Mundial.*

<b>ALTERNATIVA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Alternativa cero	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Continuar con el sistema de transporte actual.</li> <li>● Será insuficiente en un futuro con el crecimiento de la demanda de transporte público.</li> <li>● Resultaría en el colapso del sistema en pocos años.</li> </ul>
Buses convencionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Flexibilidad en el movimiento y menor inversión inicial con respecto a otras alternativas.</li> <li>● Dificultad para incluirlos dentro de un sistema de</li> </ul>

	<p>planificación centralizado.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Baja capacidad para satisfacer la demanda de transporte público.</li> <li>● Transporta alrededor de 50 pasajeros por hora.</li> </ul>
<p>Buses rápidos sobre vías agregadas (BRT)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Es la alternativa actual.</li> <li>● Buena relación costo beneficio entre la capacidad de transporte con la inversión necesaria.</li> <li>● Trole y Ecovía transportan alrededor de 12000 pasajeros por hora.</li> <li>● Requieren exclusividad de vías. La falta de esto puede generar caída en las velocidades esperadas del sistema.</li> <li>● Techo de operación límite en un rango de 10000 a 20000 pasajeros por hora.</li> </ul>
<p>Trenes ligeros y tranvías (LRT)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Capacidad de transportar entre 10000 a 20000 pasajeros por hora.</li> <li>● Exclusividad de vías similar a sistemas BRT.</li> <li>● Inversión superior a los sistemas BRT.</li> </ul>
<p>Sistemas de tránsito rápido o tipo metro</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Muy alta capacidad de satisfacer la necesidad de transporte público (80000 pasajeros por hora en el mejor de los casos).</li> <li>● Velocidades de movimiento (incluyendo paradas) en promedio de 40 km/h.</li> <li>● Inversión variable, desde los 20 hasta los 180</li> </ul>

---

millones de dólares por kilómetro.

---

En el año 2010 la demanda de movilidad en la ciudad de Quito era de 28000 pasajeros por hora y sentido, mediante una estimación se prevé que para el año 2030 exista la necesidad de movilizar a 48000 pasajeros por hora y sentido en la ciudad (Banco Mundial, 2013).

A partir de la descripción de las diferentes alternativas de transporte se plantean los puntos de paso recomendados entre el sur y norte de la ciudad, siendo dos puntos importantes la Estación de Transferencia de la Ofelia y el Terminal Terrestre de Carcelén (Banco Mundial, 2013).

A partir del análisis del Banco Mundial en cuanto a la necesidad actual de transporte público en la ciudad de Quito y su estimación para el año 2030, el sistema de transporte de gran capacidad que más se ajusta para la ciudad es el Sistema de tránsito rápido o tipo metro. Además de una posible ampliación tanto en el norte como en el sur de la ciudad.

**Figura 39**

Movilidad Global para la definición del trazado de La Línea 1 del Metro de Quito.



*Nota:* Tomado del documento de consultoría del Metro de Quito realizado por el Metro de Madrid, 2012.

Como se puede observar en la figura 39, en el año 2012 ya se planteaba una extensión de La Línea 1 hacia el norte de la ciudad por la Av. de la Prensa o Galo Plaza, además de una futura línea de metro hacia el Comité del Pueblo y Carapungo. A partir de la caracterización espacial de las rutas de las dos rutas descritas anteriormente (Labrador - Mitad del Mundo y Labrador - Carapungo) se evidencia el crecimiento urbano y comercial que ha tenido el sector norte de la ciudad y por ende la necesidad de un sistema de transporte, en este caso una extensión de La Línea 1 del Metro de Quito.

### Paradas

Las paradas de la línea actual del Metro de Quito fueron establecidas teniendo en cuenta principalmente su capacidad de conexión con otros sistemas de transporte público o

privado que permitan la movilidad a los distintos sectores de la ciudad, como es la estación de Quitumbe.

### Figura 40

*Descripción de criterios para la selección de la Estación Quitumbe como parada para la línea 1 del Metro de Quito.*



*Nota:* Tomado del documento de consultoría del Metro de Quito realizado por el Metro de Madrid, 2012.

Por otro lado, también se tomó en cuenta la capacidad comercial, cultural y cercanía a zonas residenciales de la zona en donde se establecerá la parada, como es el caso de El Recreo.

### Figura 41

*Descripción de criterios para la selección de la Estación Quitumbe como parada para la línea 1 del Metro de Quito.*



*Nota:* Tomado del documento de consultoría del Metro de Quito realizado por el Metro de Madrid, 2012.

También existen paradas cuyo factor principal de selección fue su cercanía a universidades, como es el caso de la parada en la Universidad Central y la parada El Ejido, la cual tiene cercanía a la Universidad Católica y la Salle. Cabe recalcar que la presencia de paradas de sistemas de transporte privado también fueron un factor primordial para la selección de las zonas de establecimiento de las paradas de la línea 1 del Metro de Quito.

Por último, las áreas de influencia de las estaciones de un sistema de transporte masivo pueden ser variables, esta área de influencia se refiere a la distancia máxima que está dispuesta a caminar una persona desde su lugar de residencia hacia la parada más cercana o desde la parada hacia su lugar de destino. Para países desarrollados se ha tomado en cuenta una distancia de entre 300 y 400 metros. Según la Encuesta Origen Destino del 2011, en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México esta distancia se estableció en un máximo de 800 metros y la moda entre 400 y 450 metros (Masanori, 2017). En la consultoría realizada por el

Metro de Madrid en 2012 para el Metro de Quito se establece un área de influencia dividida en 3.

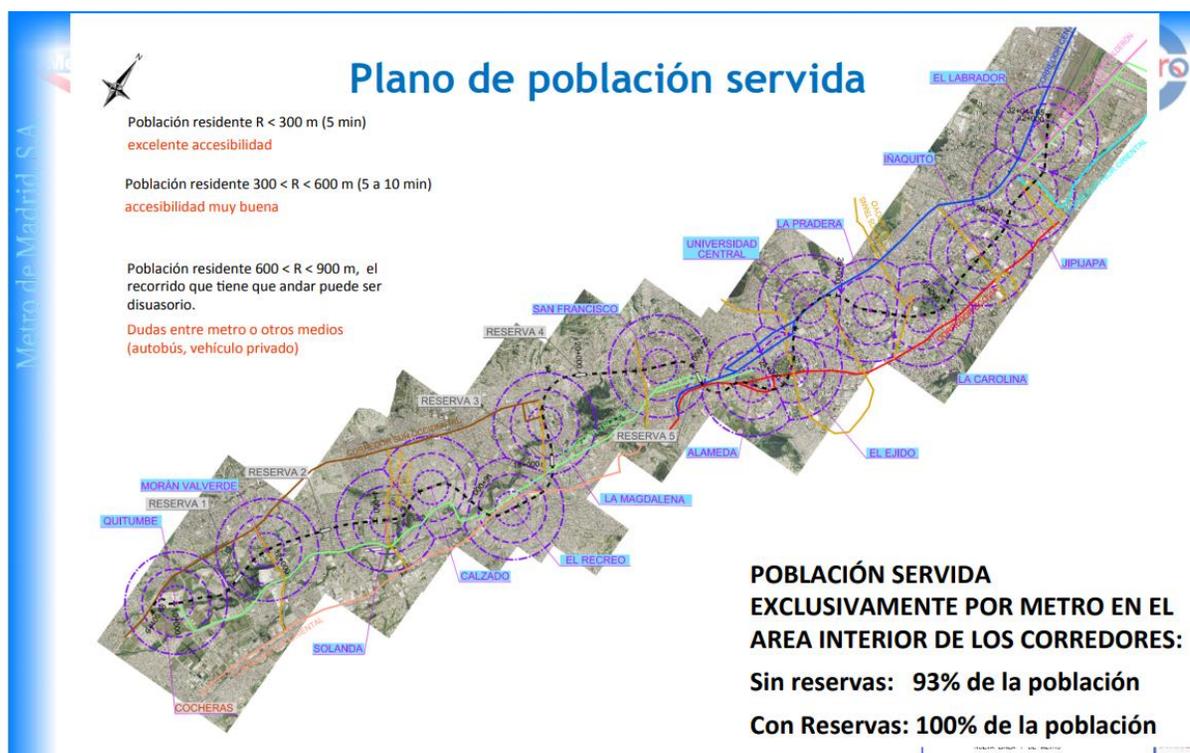
**Tabla 22**

*Áreas de influencia de las paradas establecidas para la línea 1 del Metro de Quito.*

ÁREA	ACCESIBILIDAD	TIEMPO
< 300 m	Excelente	5 min
300 a 600 m	Muy buena	5 a 10 min
600 a 900 m	Dudas entre metro u otros medios	> 10 min

**Figura 42**

*Plano de población servida para la línea 1 del Metro de Quito.*



*Nota:* Tomado del documento de consultoría del Metro de Quito realizado por el Metro de Madrid, 2012.

Las paradas para las rutas que se propondrán fueron establecidas tomando en cuenta

todos estos parámetros y a criterio de los autores. Un factor importante que se tomó en cuenta para el establecimiento de las paradas para la ampliación fue la existencia de un punto importante dentro de la dinámica de la ciudad.

Las paradas establecidas son:

- Solca
- Comité del pueblo
- Carapungo
- Calderón
- Estación final (Cochera)
- Parque Inglés
- Indoamerica
- Estadio
- Condado
- Terminal Terrestre
- Carcelén
- Hospital IESS
- Pusuquí
- Pomasqui
- CEMEXPO
- Mitad del Mundo

La parada de El Labrador no entra dentro de este análisis ya que es una parada establecida originalmente en la línea 1 del Metro de Quito. Un aspecto importante dentro del análisis para establecer las paradas es la distancia entre cada parada. En la línea 1 del Metro de Quito el promedio de distancia entre paradas es de 1.5 km. En el caso de estudio la distancia recta entre paradas varía de entre 900 m a 2.7 km aproximadamente.

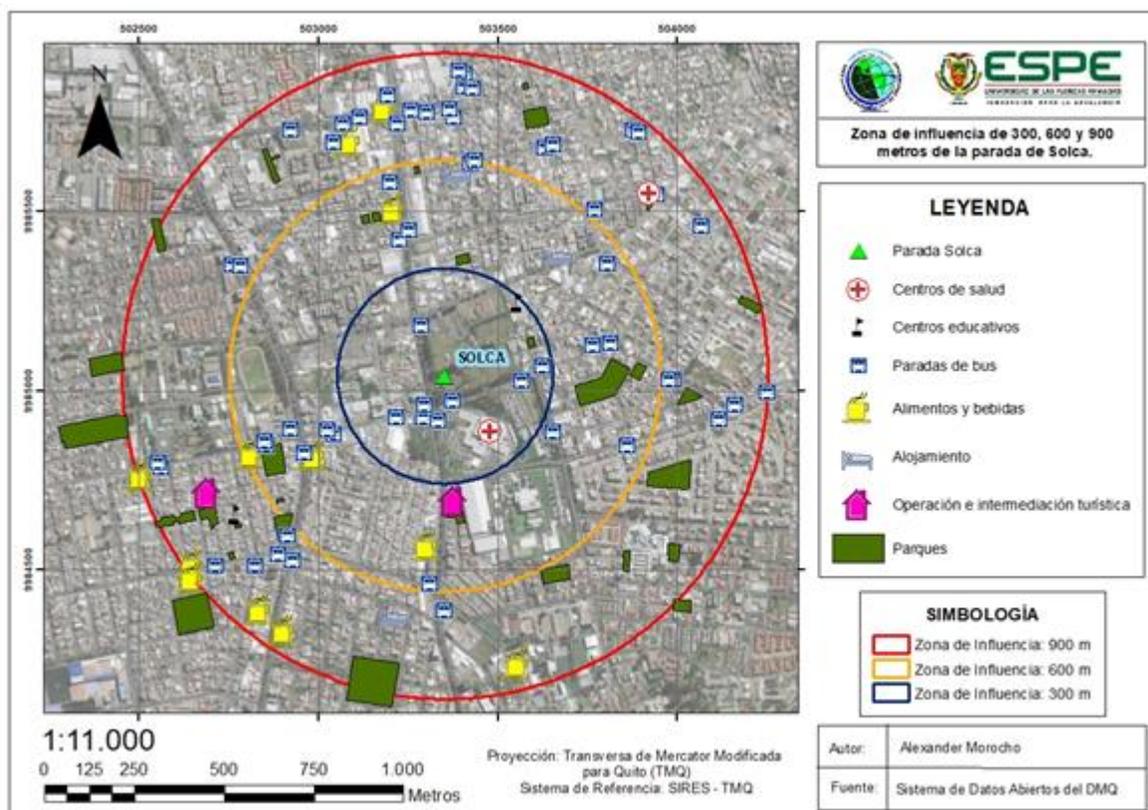
Las paradas se dividen en tres rutas principales:

- Línea 1: El Labrador, Solca, Comité del Pueblo, Terminal Terrestre Carcelén, Hospital IESS, Carcelén, Pusuquí, Pomasqui, CEMEXPO y Mitad del Mundo.
- Línea 2: El Labrador, Indoamerica, Estadio, Condado, Terminal Terrestre Carcelén.
- Línea 3: Terminal Terrestre Carcelén, Carapungo, Calderón y Estación Final.

## Parada de Solca

### Figura 43

Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la parada de Solca.



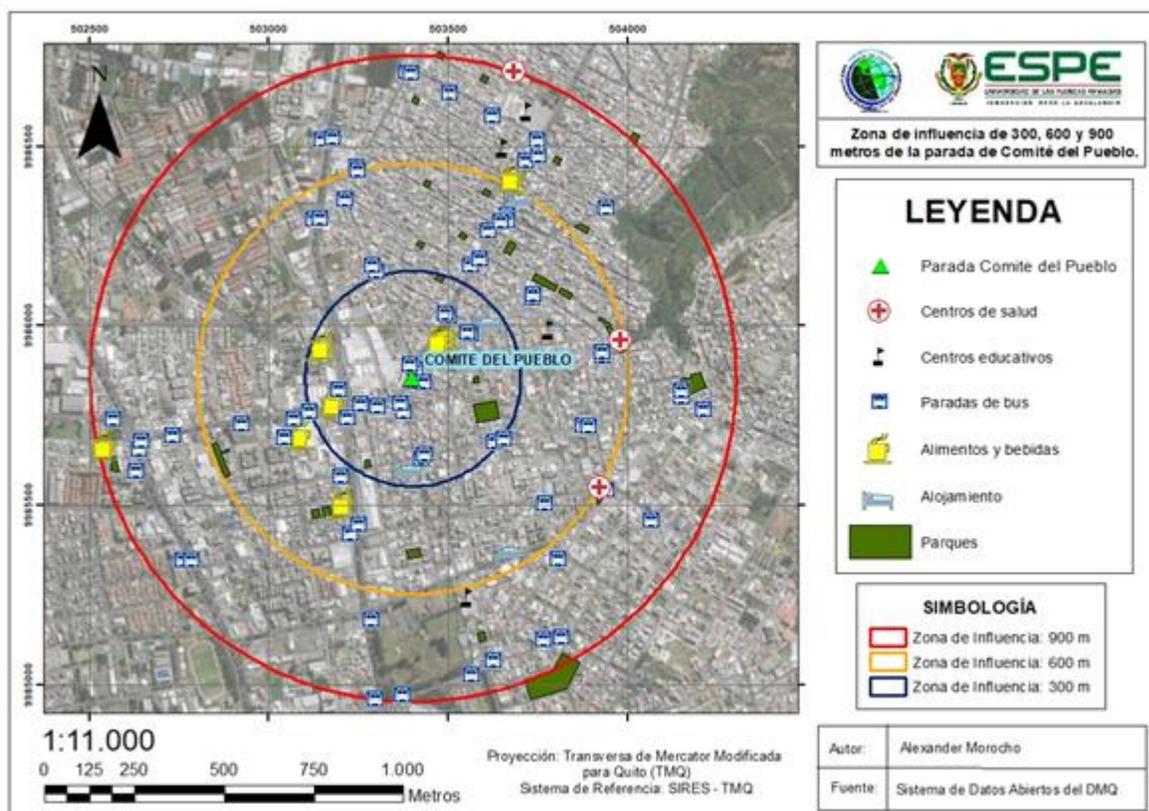
El punto influyente de esta parada es el Hospital de Solca, dentro del área de influencia de 300 m existe otro centro de salud además de varias paradas del sistema privado de transporte que servirían de conexión con el sistema de metro. En el área de 600 m ya se encuentran otras áreas de interés como parques y establecimientos de alimentos y bebidas o de operación turística. La parada está ubicada cerca de la Av. Eloy Alfaro para potenciar el acceso a la misma. En el área de 900 m se encuentra una mayor concentración de parques

que pueden ser considerados como puntos de finalización de un viaje.

## Comité del Pueblo

**Figura 44**

*Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la parada de Comité del Pueblo.*

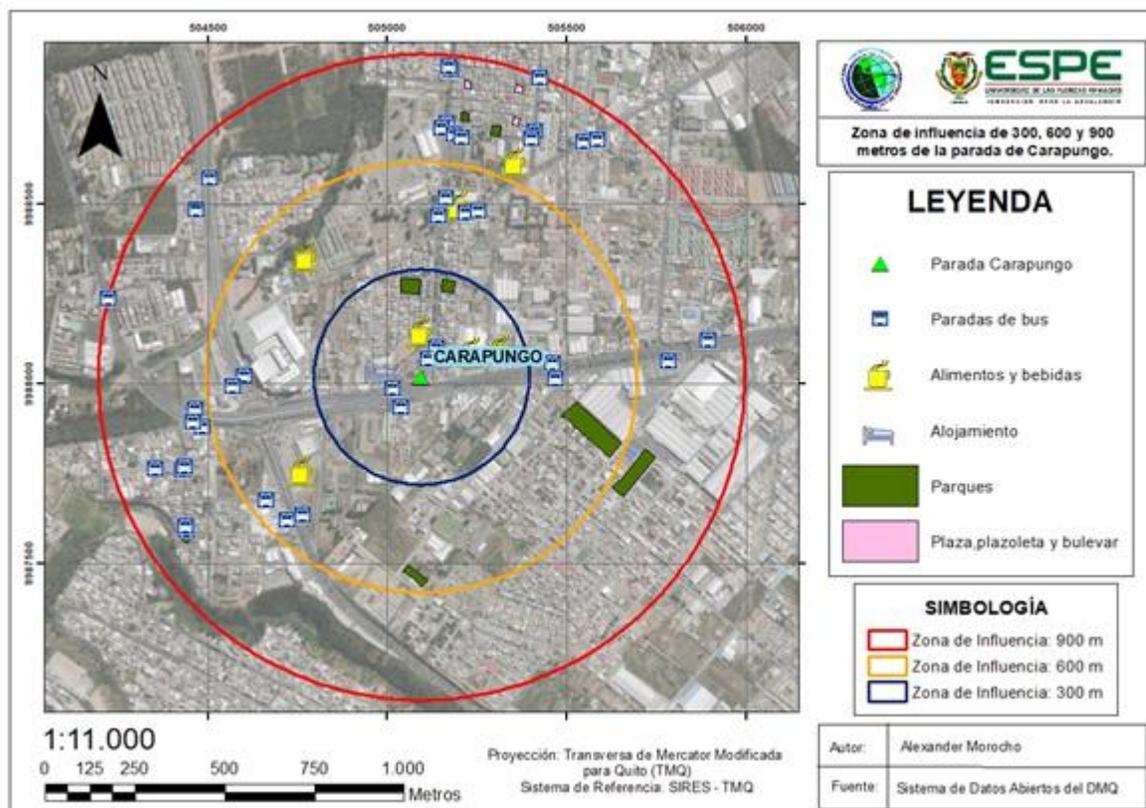


La parada de Comité del Pueblo se encuentra a 800 m de distancia recta de la parada de Solca, debido a ser un punto de concentración comercial y residencial importante por lo que se considera establecer una parada en este punto a pesar de su cercanía con otra parada. Dentro de la zona de influencia de 300 m encontramos una gran concentración de paradas del sistema de transporte privado para conectar esta parada con dicho sistema. La concentración de parques se encuentra en el área de 600 m además de la conexión con 2 centros de salud pública. La parada se encuentra en la Av. Jorge Garcés cercana a su intersección con la Av. Eloy Alfaro. La zona de influencia de 900 m la comparte con la parada de Solca.

## Carapungo

Figura 45

Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la parada de Carapungo.

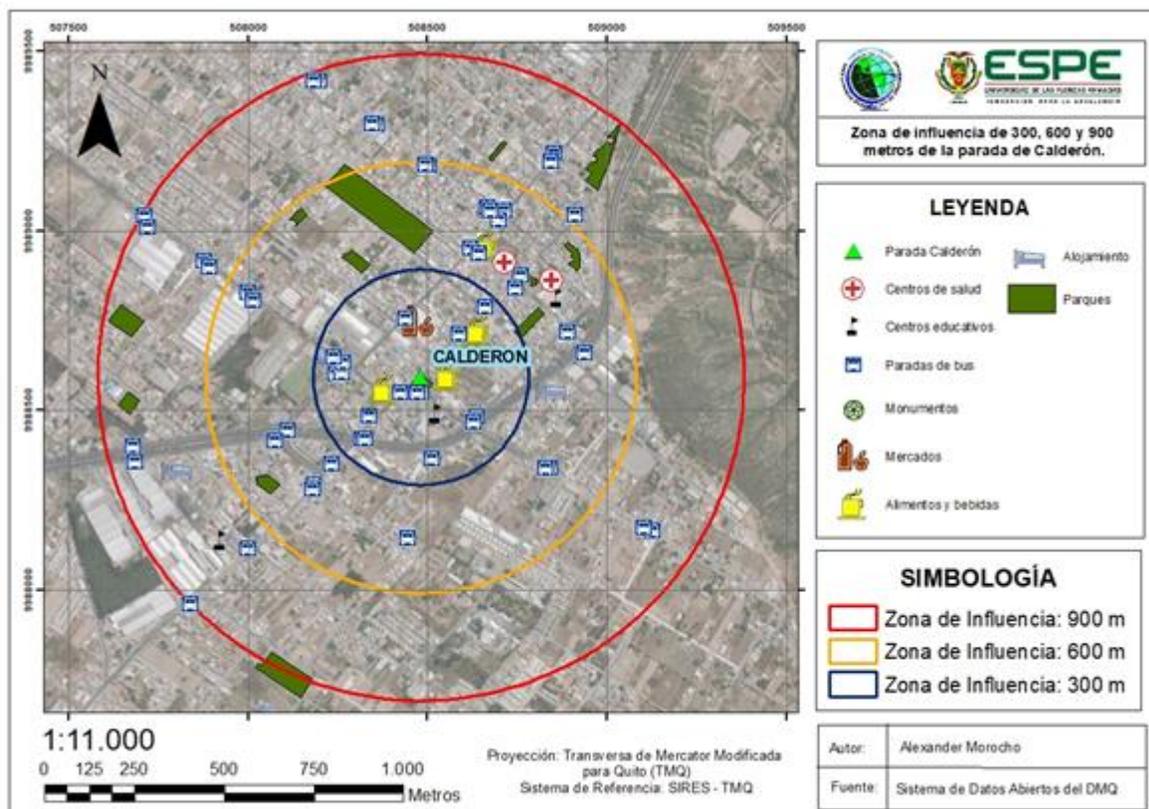


La parada se encuentra en la entrada a Carapungo, una zona de gran actividad comercial además de cercanía con zonas residenciales. La distancia entre la parada de Comité del Pueblo y esta parada es de 2.8 km aproximadamente. Dentro del área de influencia de 300 m encontramos locales de cadenas comerciales de gran importancia, así como paradas del sistema de transporte privado. La parada se encuentra en la Panamericana Norte lo cual la convierte en una parada de gran accesibilidad.

## Calderón

### Figura 46

Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la parada de Calderón.

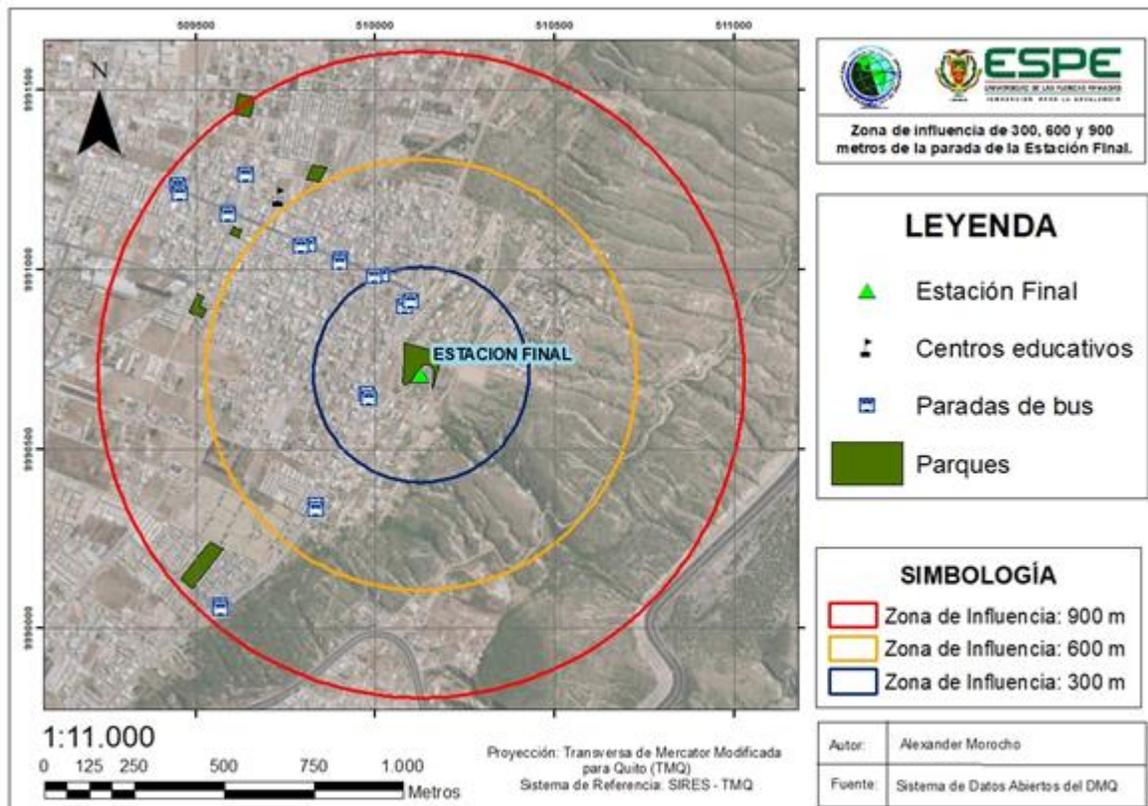


Calderón es una de las zonas más importantes del norte de la ciudad. La zona de influencia de 300 m abarca el mercado de Calderón, el cual es un punto de gran afluencia. En esta zona encontramos una gran concentración de paradas del sistema de transporte privado para conectar la parada con este sistema. En la zona de influencia de 600 m ya encontramos otras zonas de interés como parques, zonas deportivas y centros de salud. La parada se encuentra cercana a la Panamericana Norte para garantizar su accesibilidad. Esta parada puede ser considerada la final de esta ruta.

## Estación Final (Cochera)

Figura 47

Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la parada de Comité del Pueblo.

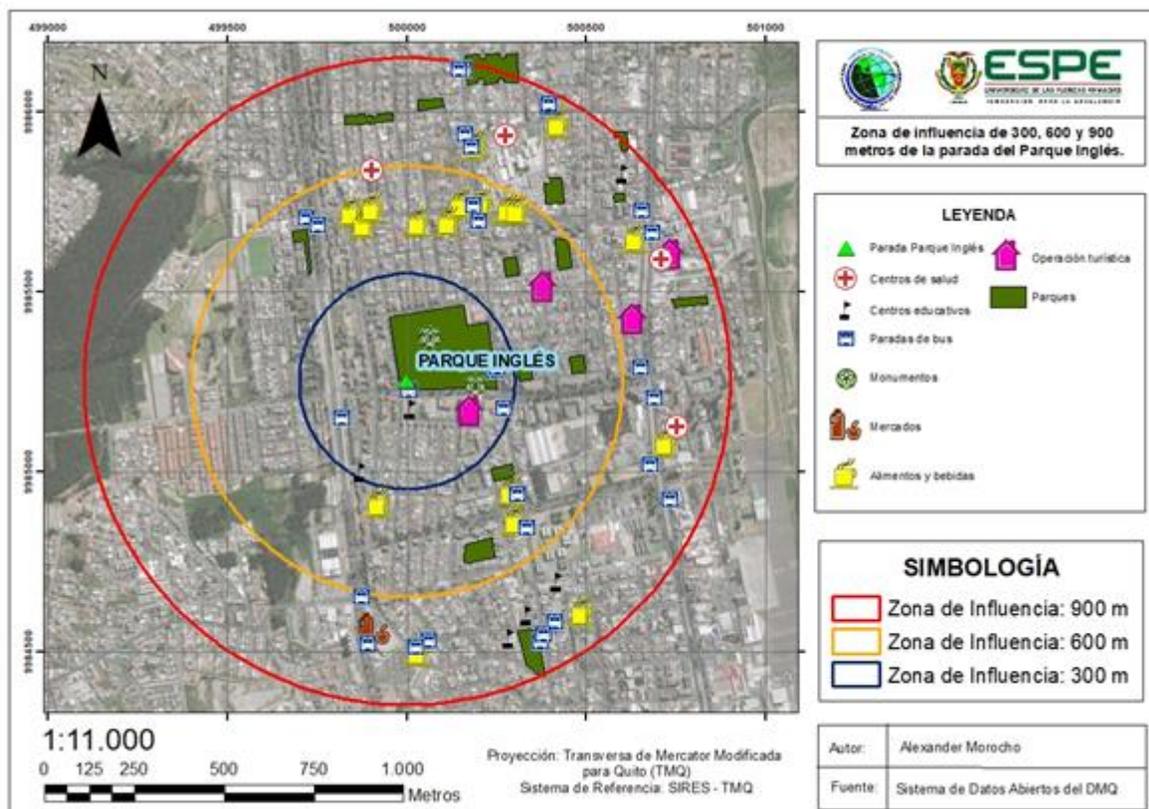


Esta parada en realidad no tiene la función de la captación de pasajeros, se estableció para funcionar de cochera y taller. La línea 1 del Metro de Quito establece la necesidad de una cochera y taller al final de cada ruta. Se encuentra a 2.7 km aproximadamente de la parada de Calderón.

## Parque Inglés

Figura 48

Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la parada del Parque Inglés.

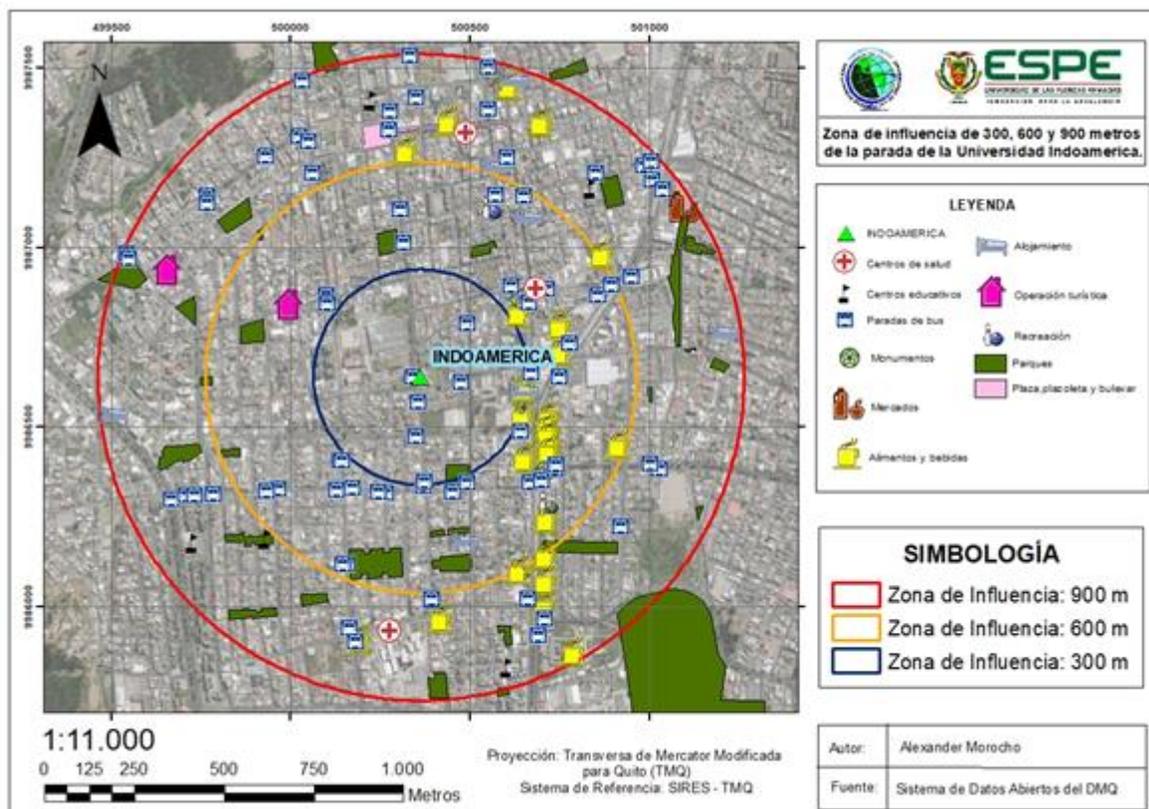


La parada del Parque Inglés se estableció principalmente por la necesidad de tener una parada cercana al final del Parque Bicentenario, aunque no entra dentro de ninguna zona de influencia de la parada puede utilizarse como acceso al parque. También es una zona de gran actividad comercial y de servicios. La parada en sí mismo se encuentra en el Parque Inglés, la zona de influencia de 600 m es la más importante por la gran cantidad de puntos y zonas de interés que se encuentran. En la zona de influencia de 900 m encontramos instituciones educativas y centros de salud.

## Indoamerica

Figura 49

Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la parada Indoamerica.



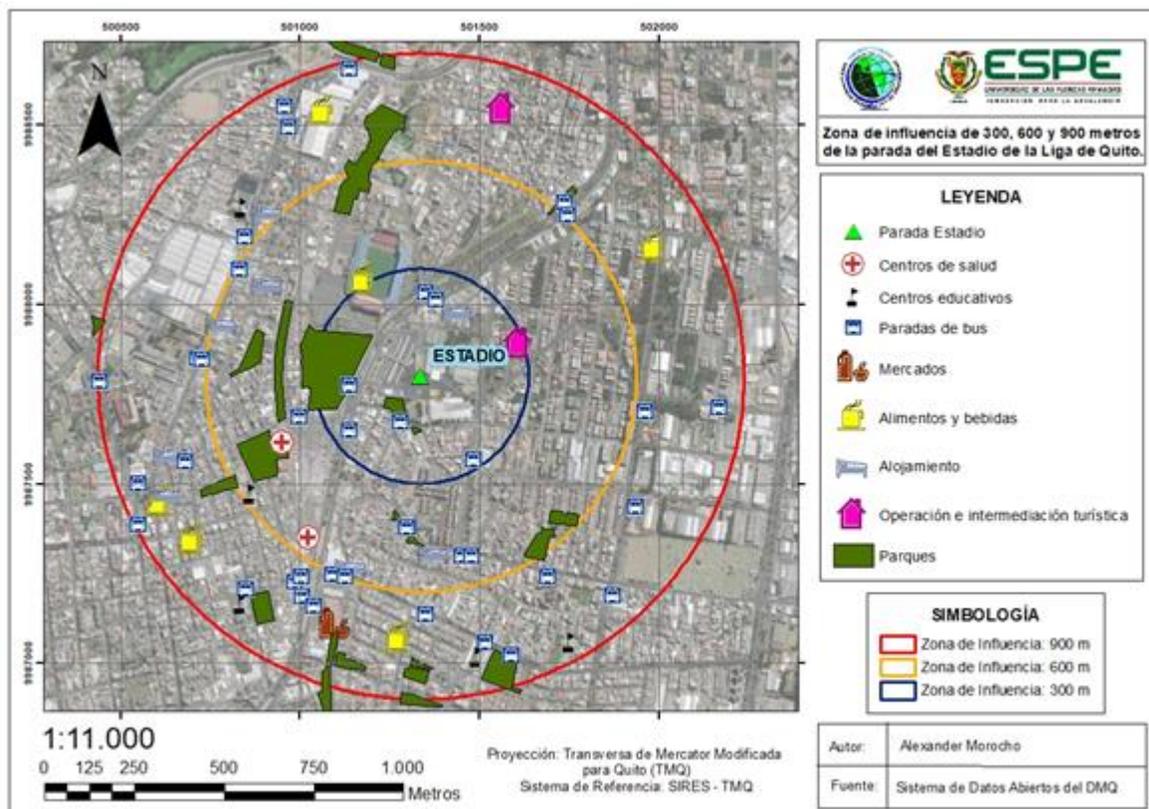
La parada Indoamerica es una de las más importantes y se estableció debido a su cercanía con la Universidad Indoamerica, lo cual la convierte en un punto de gran afluencia. De por sí la presencia de la universidad genera un crecimiento comercial que puede verse potenciado por la parada del metro propuesta. Existe una gran concentración de lugares de venta de alimentos y bebidas dentro de las tres zonas de influencia. Los puntos de operación turística también pueden ser de gran importancia para establecer una parada en esta zona. También se garantizó la conexión con zonas recreativas como parques o zonas deportivas. La parada se encuentra cercana a la Av. Diego Vásquez de Cepeda para garantizar su accesibilidad con autos particulares y dentro de las zonas de influencia existe una gran cantidad de paradas de buses del sistema de transporte privado para una mejor conexión con

este sistema.

## Estadio

### Figura 50

*Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la parada Estadio.*

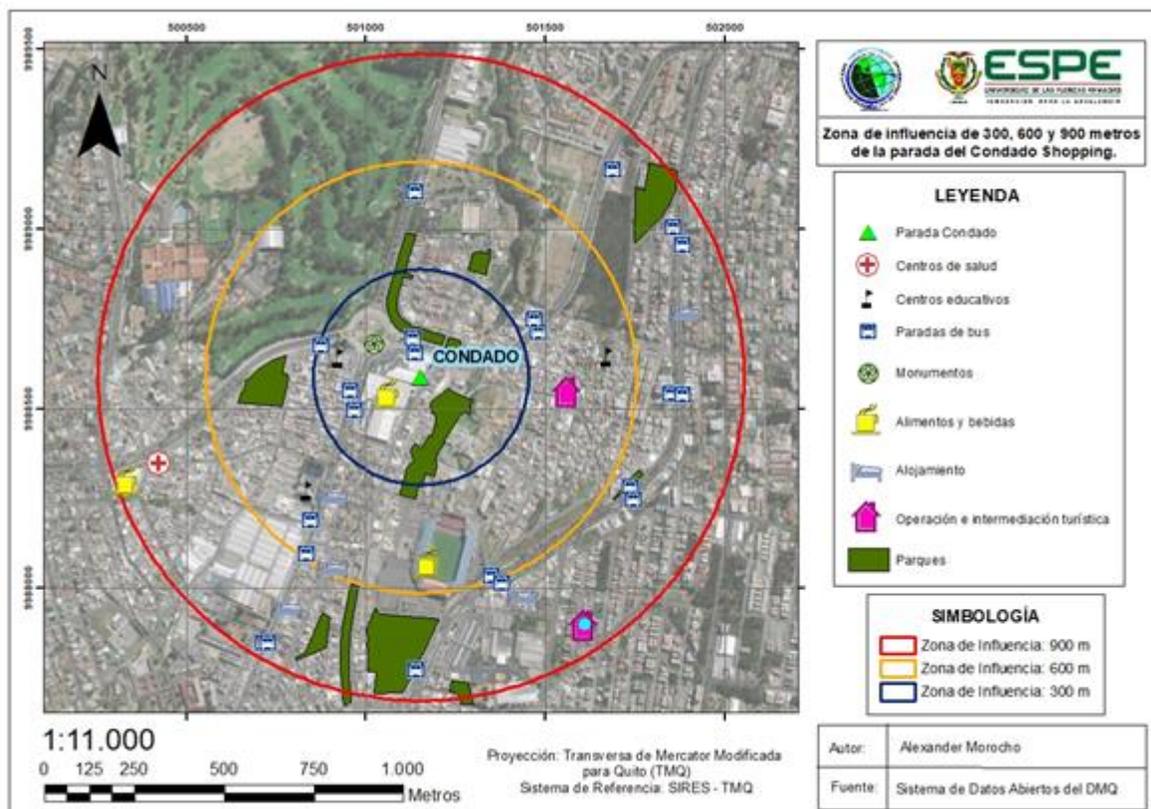


La parada se estableció en la estación de la Ofelia, es un punto de conexión con el sistema público de transporte en el norte de Quito. Debido a la presencia de la estación de la Ofelia la zona ya es de gran afluencia por su cercanía con mercados y zonas recreativas, además del Estadio Rodrigo Paz Delgado para eventos culturales y deportivos. Para trasladarse a la Mitad del Mundo este era el punto principal de encuentro si se utilizaba el sistema de transporte público por lo que es importante establecer aquí una parada de una línea de metro cuyo punto final sea la Mitad del Mundo.

## Condado

### Figura 51

Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la parada Condado.

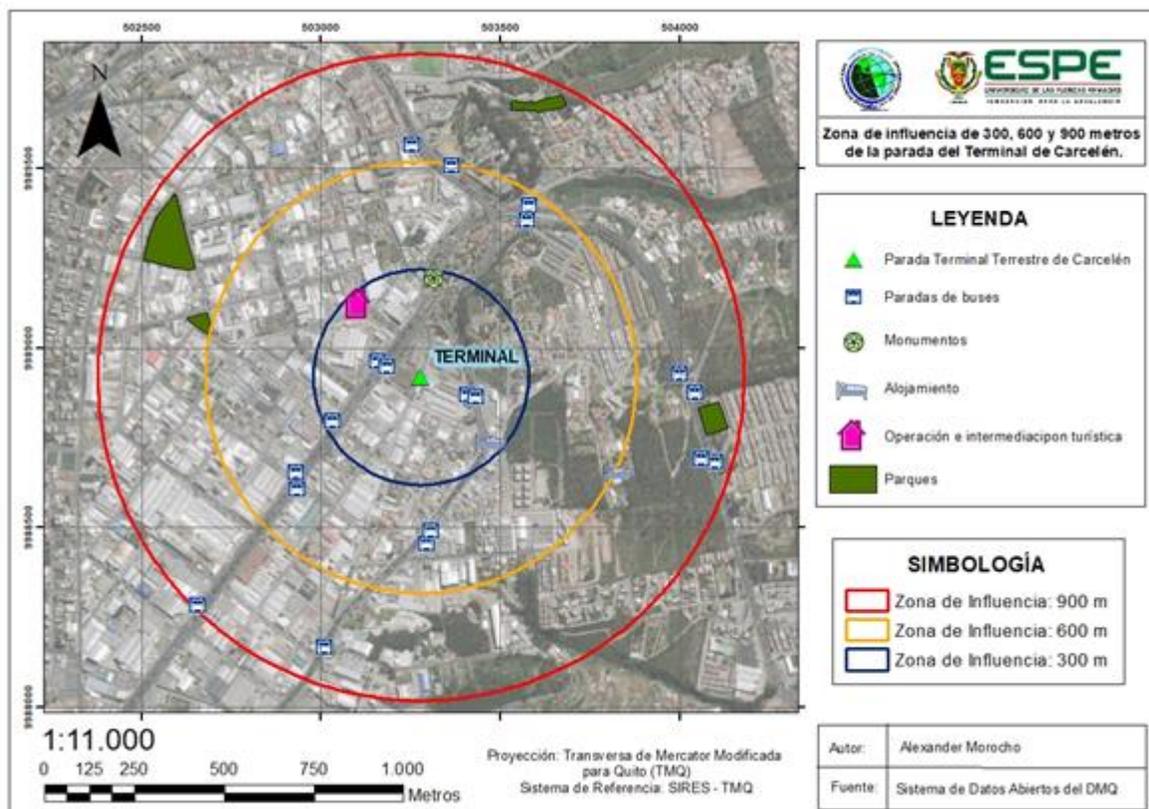


La parada del Condado se estableció por su cercanía al Condado Shopping siendo este un punto de actividad comercial muy importante lo cual ya convierte a la zona en un punto de gran afluencia. La zona de influencia de 900 m comparte un punto importante con la parada Estadio que es el Estadio Rodrigo Paz Delgado sin embargo la parada Estadio dejaría sin cobertura a la zona comercial y residencial cercana al Condado Shopping.

## Terminal Terrestre Carcelén

Figura 52

Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la parada Terminal Terrestre Carcelén.

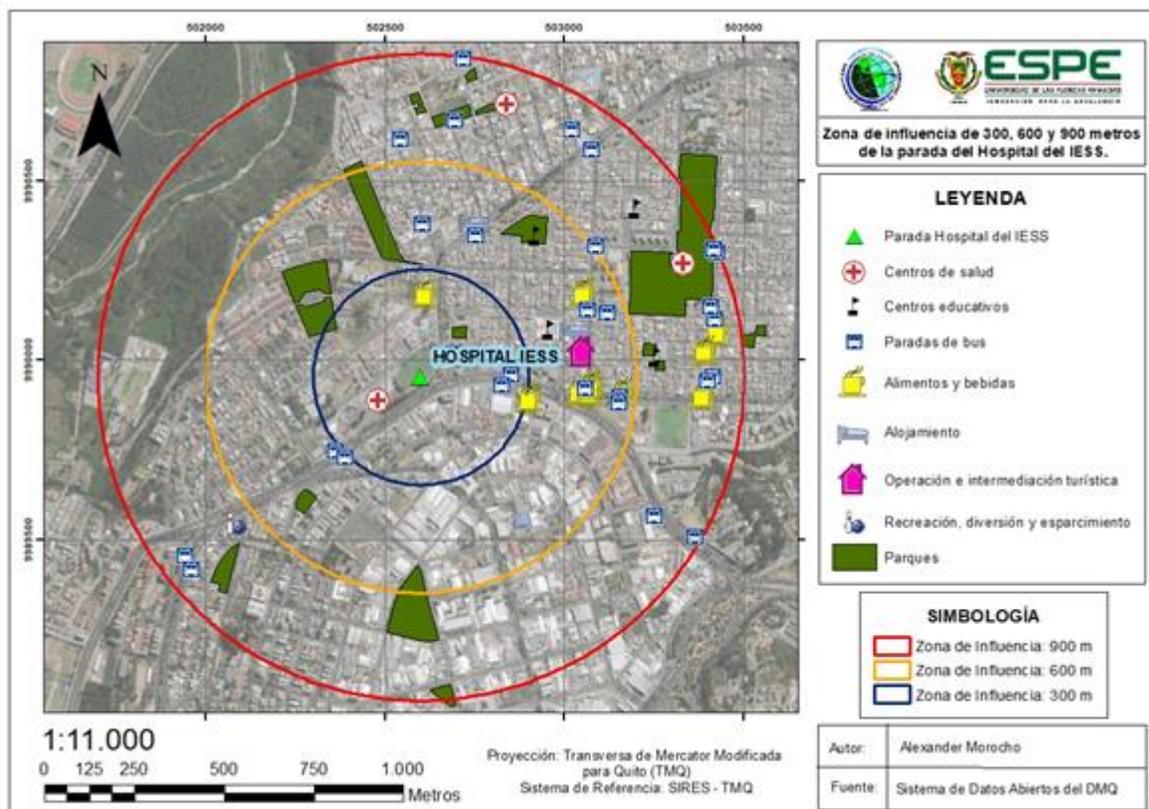


La estación Terminal es el punto central de las rutas que se plantearon, sirve como conexión entre las 3 rutas que se plantean. A partir de la estación de El Labrador existen líneas de buses cuyo punto final es el Terminal Terrestre Carcelén. Es un punto de conexión con sistemas de transporte públicos urbanos, privados urbanos e interprovinciales. En similitud con la estación Quitumbe de la línea 1 del Metro de Quito, esta parada es de gran importancia para garantizar la movilidad dentro de la ciudad. La parada es de gran importancia dentro del sistema de rutas para la expansión que se propone como en la movilidad de la ciudad de Quito.

## Hospital IESS San Francisco

Figura 53

Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la parada Hospital del IESS.

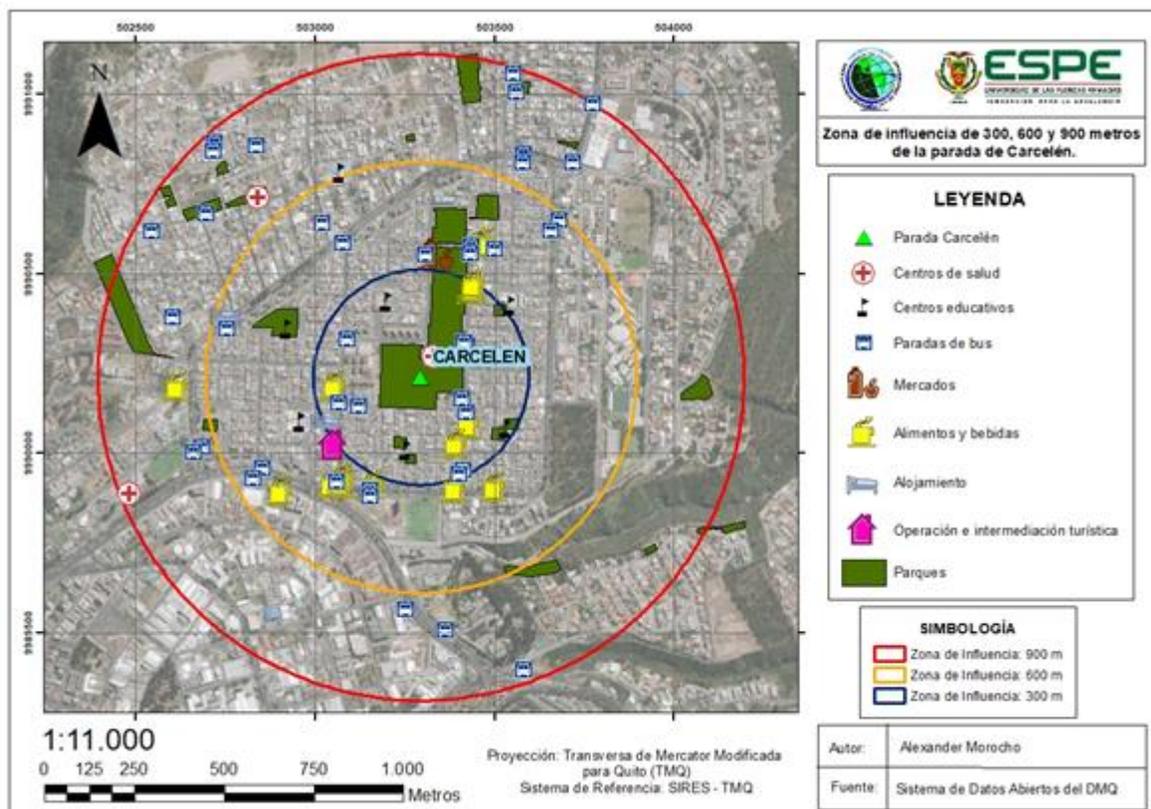


El Hospital del IESS San Francisco de Quito es un punto de gran afluencia de personas tanto de zonas del norte de la ciudad como del sur, lo cual hace necesario establecer una parada cercana al mismo para garantizar la facilidad de movilización de las zonas alejadas hacia este importante hospital. Dentro de la zona de influencia de 600 m encontramos zonas importantes como parques y paradas para conexión con el sistema de transporte privado.

## Carcelén

Figura 54

Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la parada Carcelén.

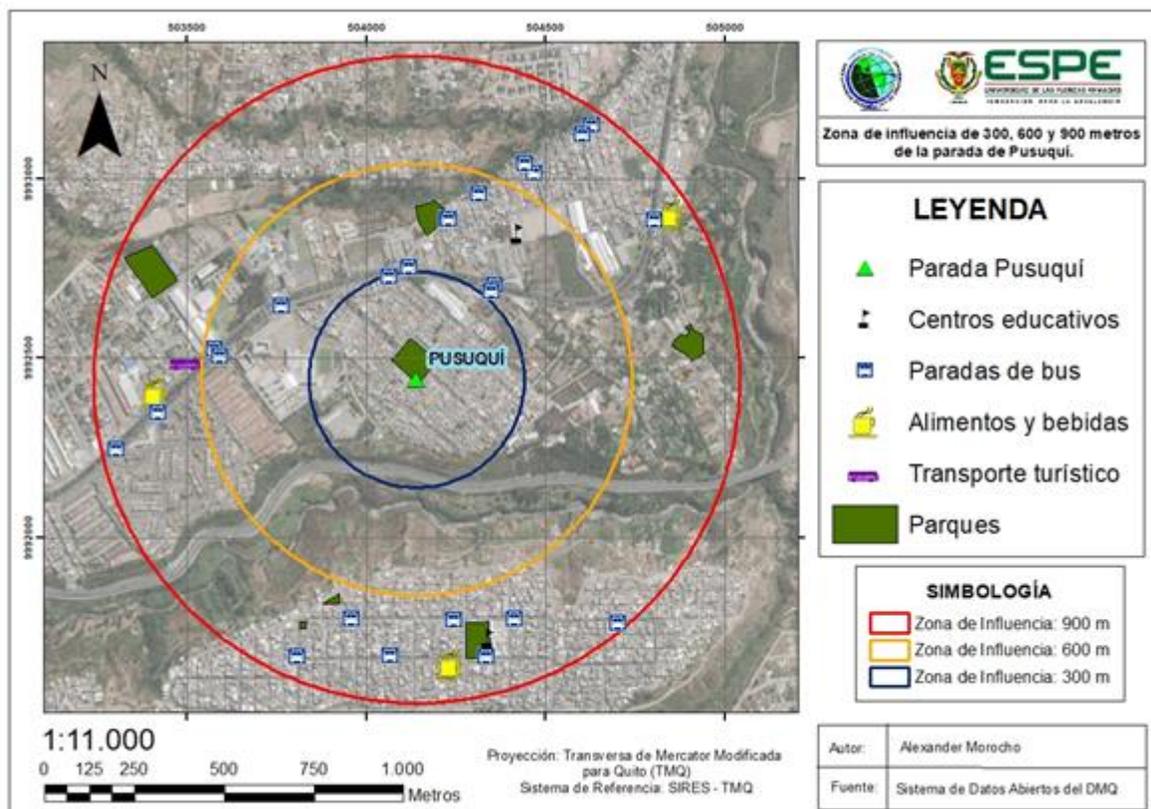


La zona central de Carcelén ha tenido un gran crecimiento comercial y residencial. Es un punto de gran actividad económica en el norte de la ciudad por lo que es importante conectarlo con un sistema de transporte masivo y establecer una parada en este lugar. La parada se encuentra en el parque central de Carcelén, la zona de influencia de 300 m abarca el parque, paradas de buses del sistema de transporte privado para la conexión de esta parada con el mismo, centros educativos y lugares de venta de alimentos y bebidas. Su principal necesidad de conexión parte del crecimiento residencial que ha tenido. Comparte cierta zona de influencia con la parada del Hospital del IESS y la Estación del Terminal Terrestre de Carcelén, es una parada que se establece más por la importancia del sector antes que por términos técnicos de distancia entre paradas.

## Pusuquí

### Figura 55

Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la parada Pusuquí.

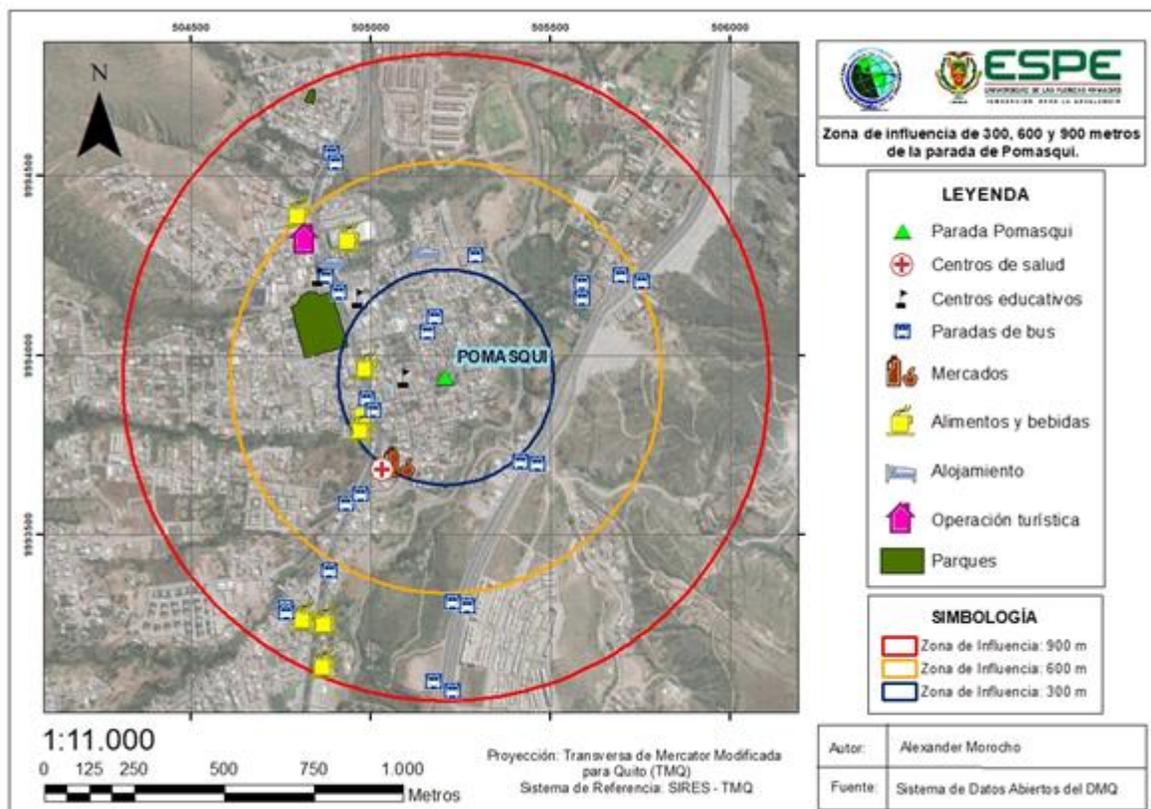


Esta parada es una de las llamadas auxiliares, se establece principalmente por la necesidad dentro del modelado de la ruta para evitar zonas de riesgos o para conectar dos paradas que se encontraban a una gran distancia, creando la necesidad de una parada en mitad del trayecto. Es una parada central entre las paradas de Pomasqui y Carcelén ya que las mismas se encontraban a 4 km aproximadamente la cuál es una distancia demasiado grande. Se ubica esta parada en el centro, pero también tomando en cuenta un sitio adecuado, en este caso la zona es principalmente residencial y la parada se establece en el parque central de la zona. Dentro de la zona de influencia principalmente encontramos paradas de buses del sistema privado para la conexión con ese sistema.

## Pomasqui

### Figura 56

Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la parada Pomasqui.

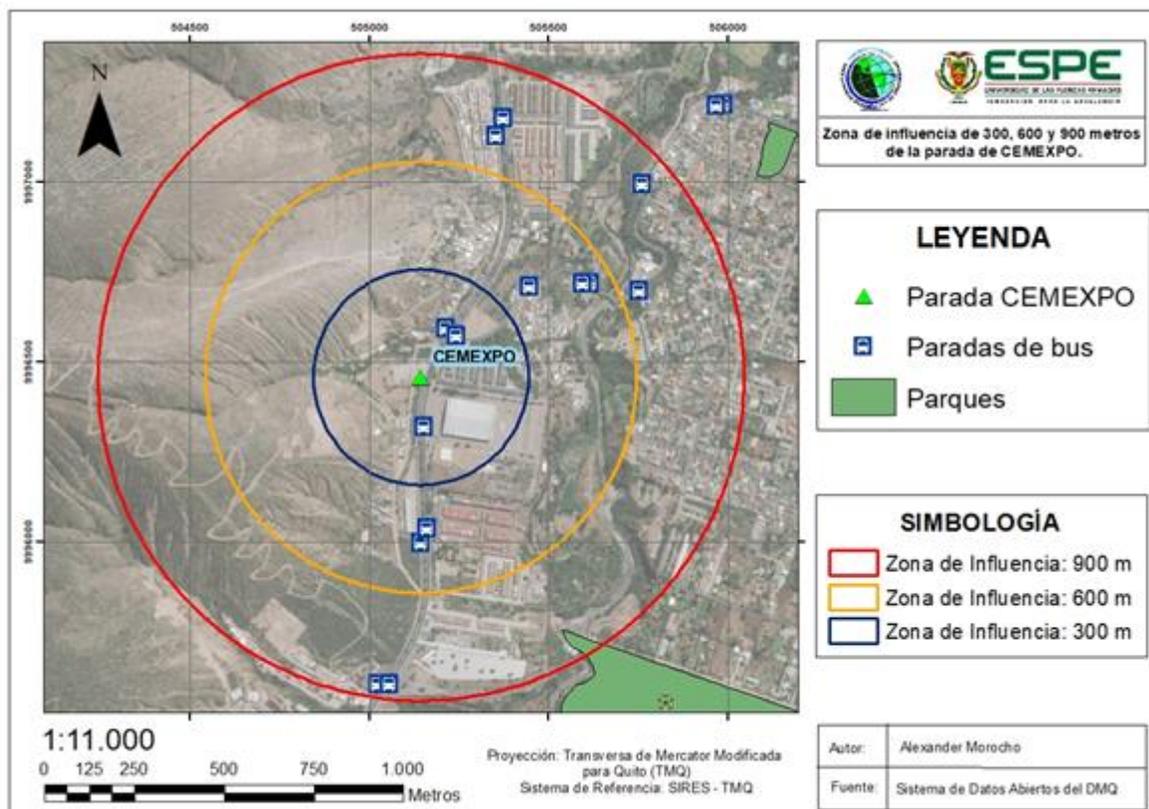


Pomasqui es una zona que ha presentado crecimiento comercial pero cuya principal importancia es por el crecimiento residencial. En la zona de influencia de 300 m encontramos puntos de interés como mercados y centros de salud. En la zona de influencia de 600 m ya podemos encontrar servicios públicos de importancia como el Registro Civil de Pomasqui y centros deportivos como el coliseo y parques.

## CEMEXPO

Figura 57

Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la parada CEMEXPO.

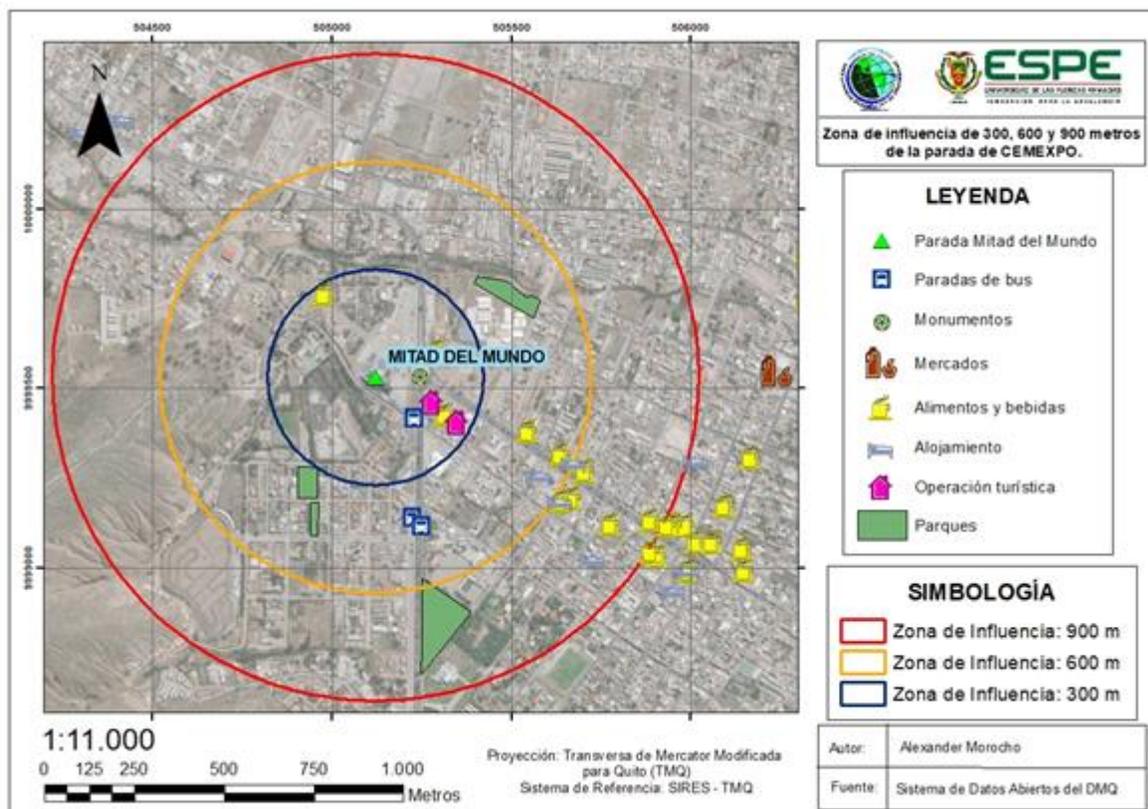


Esta parada también cumple con la función de auxiliar. La distancia entre la parada de Pomasqui y nuestra parada final de la Mitad del Mundo es de más de 9 km por lo que es necesario una parada en medio de este trayecto. Alrededor de esta zona se encuentran principalmente terrenos desocupados o industriales. Aun así, se plantea esta parada también por la presencia del Centro de Exposiciones y Convenciones Mitad del Mundo donde se realizan eventos artísticos y culturales, esta parada ayudaría al acceso a este tipo de eventos además de que podría servir como potenciador del sector.

## Mitad del Mundo (Estación Final)

Figura 58

Zona de influencia de 300, 600 y 900 metros de la Estación Mitad del Mundo.



Dentro de la ciudad de Quito existen muchos puntos turísticos de interés, pero uno de los más visitados por propios y extranjeros es sin duda la Mitad del Mundo. En la página oficial se describen tres formas de llegar: tomar un bus en la Av. Occidental en sentido sur – norte, tomar el Metrobús desde el sur de la ciudad hasta la estación de la Ofelia para tomar un bus integrado hasta nuestro destino o tomar un taxi desde cualquier punto de la ciudad. Estos tres métodos de llegada implican un gran gasto de tiempo o de dinero por lo que es justificable la necesidad de conectar un punto tan importante como lo es este con el resto de la ciudad de manera eficiente. La Mitad del Mundo ya no es simplemente un monumento, es una pequeña ciudad con diferentes atractivos, además de la presencia del edificio Néstor Kirchner, ex sede de la UNASUR que en la actualidad necesita ser utilizado nuevamente.

La ruta finaliza en este punto sin embargo todo el sistema planteado no es simplemente para conectar a la ciudad con la Mitad del Mundo, el sistema sirve de conexión con las parroquias del norte de la ciudad que necesitan un sistema de transporte de pasajeros eficiente al igual que el resto de Quito.

## **Modelado de rutas**

### **Riesgos**

Dentro del estudio para la primera línea del Metro de Quito se menciona que la ciudad se encuentra expuesta a riesgos como inundaciones, sismos, actividad volcánica, deslizamientos, entre otros. Por lo que para poder establecer las rutas se tomó en cuenta varios de estos riesgos, además de otros, y se dejó de lado el peligro volcánico y de sismos debido a lo impredecible de estos. Las variables consideradas son:

- Litología
- Susceptibilidad a inestabilidad del suelo por movimientos de masas
- Susceptibilidad de inundaciones
- Accidentes geográficos
- Red hídrica

En el caso de los accidentes geográficos, en la ciudad de Quito encontramos 182 quebradas con una longitud de 1300 km cuyo mal manejo puede generar situaciones de riesgo para la ciudadanía (Machado, 2022). Por lo que dentro del modelamiento se intentó evitar estas zonas de quebradas, sin embargo, existe la posibilidad de atravesar transversalmente una quebrada para la construcción de la vía o, al igual que con la red hídrica, construir debajo. En la primera línea del Metro de Quito, un sector del túnel cruza por debajo del río Machángara. Una vez establecidas las variables a utilizar es necesario darles una ponderación, para lo cual se empleó el método de SAATY.

	C1	C2	C3	C4	C5	Wi	Ci	LAMDAi
C1	1,00	5	1/3	3	3	1,72	0,24	1,18
C2	1/5	1,00	1/5	2	2,00	0,69	0,10	1,17
C3	3	5	1,00	7	7,00	3,74	0,53	0,96
C4	1/3	1/2	1/7	1,00	2,00	0,54	0,08	1,03
C5	1/3	1/2	1/7	1/2	1,00	0,41	0,06	0,87
Pi	4,87	12,00	1,82	13,50	15,00	7,11		5,21
<b>PESOS</b>								

λmax

C1	LITOLOGÍA	0,24
C2	INESTABILIDAD DEL SUELO POR MOVIMIENTO DE MASAS	0,10
C3	SUSCEPTIBILIDAD INUNDACIONES	0,53
C4	ACCIDENTES GEOGRÁFICOS	0,08
C5	RED HÍDRICA	0,06

SUMATORIA 1,00

Ci=	0,0513749
Rci=	1,188

CR=	0,0432	<b>Consistente</b>
-----	--------	--------------------

Una vez establecida la importancia que tomará cada variable dentro del modelado de la ruta también se debe establecer el peso de cada elemento dentro de la variable, utilizando una escala de 1 a 9 donde 1 es el lugar óptimo para el paso de la vía y 9 el lugar menos adecuado.

### Litología

Para el análisis de la litología tomamos como referencia la ponderación de Daniela Salcedo:

**Tabla 23**

*Ponderación de litología.*

Litología	Ponderación
Cauce de agua natural o artificial, Depósito Aluvial, Depósito lagunar de ceniza y Terraza Indiferenciada	6
Andesita	5
Aglomerado, Lava Indiferenciada y Depósitos Laharíticos	4
Cangahua sobre Depósitos Coluviales, Cangahua sobre sedimentos Chichi, Cangahua sobre sedimentos del Atacazo, Cangahua sobre Volcánicos del Pichincha, Cangahua sobre Volcánicos Ilaló, Cangahua sobre Volcánicos Indiferenciados, Cangahua sobre Volcano - sedimentos Machángara, Ceniza segunda fase, Ceniza y Lapilli de pómez	3
Terraza, tipo Cangahua y Volcano - sedimentos Machángara	2
Relleno y Relleno artificial	1,75
Depósito Coluvial, Terraza, Grava y Volcánicos Indiferenciados	1,50
Derrumbe, Sedimentos Chichi, Volcano - Sedimentos desordenados, Volcánicos Guayllabamba y Volcano - Sedimentos San Miguel	1

*Nota:* Recuperado de Daniela Salcedo, 2017.

En su caso utiliza valores entre 1 a 6 para la susceptibilidad de deslizamientos, donde 1 es muy alta y 6 baja. Una vez convertido a nuestra escala tenemos los siguientes valores.

**Tabla 24**

*Ponderación de litología transformada.*

Daniela Salcedo	Autores
1	9
1,5	8

1,75	7
2	6
3	5
4	4
5	3
6	1

**Movimiento de masas**

Para esta variable se utilizó el shapefile de Susceptibilidad a movimientos en masa en el área urbana obtenido del Sistema Metropolitano de Información del Gobierno Abierto del DMQ. Dentro de la tabla de atributos de este insumo encontramos el campo nvl\_daz que clasifica de manera cualitativa la susceptibilidad de que se produzca un deslizamiento de masa en una zona.

Figura 59

Tabla de atributos de la cobertura Susceptibilidad a inestabilidad del suelo por movimientos en masa en el área urbana.

FID	Shape	taz	mdo	nvl_vaz	nvl_daz	
0	Polygon	Movimientos en masa	Información generada a partir de la ponderación de parámetros c	3	Alto	Este insumo deberá us
1	Polygon	Movimientos en masa	Información generada a partir de la ponderación de parámetros c	4	Muy Alto	Este insumo deberá us
2	Polygon	Movimientos en masa	Información generada a partir de la ponderación de parámetros c	3	Alto	Este insumo deberá us
3	Polygon	Movimientos en masa	Información generada a partir de la ponderación de parámetros c	3	Alto	Este insumo deberá us
4	Polygon	Movimientos en masa	Información generada a partir de la ponderación de parámetros c	3	Alto	Este insumo deberá us
5	Polygon	Movimientos en masa	Información generada a partir de la ponderación de parámetros c	3	Alto	Este insumo deberá us
6	Polygon	Movimientos en masa	Información generada a partir de la ponderación de parámetros c	2	Moderado	Este insumo deberá us
7	Polygon	Movimientos en masa	Información generada a partir de la ponderación de parámetros c	3	Alto	Este insumo deberá us
8	Polygon	Movimientos en masa	Información generada a partir de la ponderación de parámetros c	3	Alto	Este insumo deberá us
9	Polygon	Movimientos en masa	Información generada a partir de la ponderación de parámetros c	3	Alto	Este insumo deberá us
10	Polygon	Movimientos en masa	Información generada a partir de la ponderación de parámetros c	3	Alto	Este insumo deberá us
11	Polygon	Movimientos en masa	Información generada a partir de la ponderación de parámetros c	3	Alto	Este insumo deberá us
12	Polygon	Movimientos en masa	Información generada a partir de la ponderación de parámetros c	3	Alto	Este insumo deberá us
13	Polygon	Movimientos en masa	Información generada a partir de la ponderación de parámetros c	3	Alto	Este insumo deberá us
14	Polygon	Movimientos en masa	Información generada a partir de la ponderación de parámetros c	2	Moderado	Este insumo deberá us
15	Polygon	Movimientos en masa	Información generada a partir de la ponderación de parámetros c	3	Alto	Este insumo deberá us
16	Polygon	Movimientos en masa	Información generada a partir de la ponderación de parámetros c	3	Alto	Este insumo deberá us
17	Polygon	Movimientos en masa	Información generada a partir de la ponderación de parámetros c	3	Alto	Este insumo deberá us
18	Polygon	Movimientos en masa	Información generada a partir de la ponderación de parámetros c	3	Alto	Este insumo deberá us
19	Polygon	Movimientos en masa	Información generada a partir de la ponderación de parámetros c	3	Alto	Este insumo deberá us
20	Polygon	Movimientos en masa	Información generada a partir de la ponderación de parámetros c	3	Alto	Este insumo deberá us
21	Polygon	Movimientos en masa	Información generada a partir de la ponderación de parámetros c	3	Alto	Este insumo deberá us
22	Polygon	Movimientos en masa	Información generada a partir de la ponderación de parámetros c	3	Alto	Este insumo deberá us
23	Polygon	Movimientos en masa	Información generada a partir de la ponderación de parámetros c	3	Alto	Este insumo deberá us
24	Polygon	Movimientos en masa	Información generada a partir de la ponderación de parámetros c	3	Alto	Este insumo deberá us
25	Polygon	Movimientos en masa	Información generada a partir de la ponderación de parámetros c	3	Alto	Este insumo deberá us
26	Polygon	Movimientos en masa	Información generada a partir de la ponderación de parámetros c	3	Alto	Este insumo deberá us

Dentro del campo nvl\_daz encontramos las descripciones: Alto, Bajo, Moderado y Muy Alto, las mismas que se clasificaron de la siguiente manera teniendo en cuenta nuestra escala de valores de 1 al 9.

Tabla 25

Ponderaciones para la cobertura Susceptibilidad a movimientos en masa en el área urbana.

nvl_daz	Ponderación
Bajo	1
Moderado	3
Alto	7
Muy Alto	9

### Susceptibilidad a inundaciones

El proceso para la ponderación de la susceptibilidad también se estableció a partir de la

tabla de atributos.

**Figura 60**

*Tabla de atributos de la cobertura Susceptibilidad a movimientos en masa en el área urbana.*

ill_desc	ill_cal	eye_val	eye_desc	eye_cal	suel_tip	suel_desc	suel_cal	nvl_vaz	nvl_daz
Bajo	1	Areas externas	Bajo	1	PERMEABLE	BAJA	1	6	Bajo
Bajo	1	Areas externas	Bajo	1	IMPERMEABLE	ALTA	5	10	Bajo
Bajo	1	Areas externas	Bajo	1	IMPERMEABLE	ALTA	5	10	Bajo
Bajo	1	Areas externas	Bajo	1	IMPERMEABLE	ALTA	5	10	Bajo
Bajo	1	Areas externas	Bajo	1	PERMEABLE	BAJA	1	6	Bajo
Bajo	1	Areas externas	Bajo	1	PERMEABLE	BAJA	1	6	Bajo
Bajo	1	Areas externas	Bajo	1	PERMEABLE	BAJA	1	6	Bajo
Bajo	1	Areas externas	Bajo	1	IMPERMEABLE	ALTA	5	8	Bajo
Bajo	1	Areas externas	Bajo	1	PERMEABLE	BAJA	1	4	Muy Bajo
Bajo	1	Areas externas	Bajo	1	PERMEABLE	BAJA	1	4	Muy Bajo
Bajo	1	Areas externas	Bajo	1	PERMEABLE	BAJA	1	4	Muy Bajo
Bajo	1	Areas externas	Bajo	1	IMPERMEABLE	ALTA	5	8	Bajo
Bajo	1	Areas externas	Bajo	1	IMPERMEABLE	ALTA	5	10	Bajo
Bajo	1	Areas externas	Bajo	1	PERMEABLE	BAJA	1	6	Bajo
Bajo	1	Areas externas	Bajo	1	PERMEABLE	BAJA	1	6	Bajo
Bajo	1	Areas externas	Bajo	1	IMPERMEABLE	ALTA	5	8	Bajo
Bajo	1	Areas externas	Bajo	1	IMPERMEABLE	ALTA	5	8	Bajo
Bajo	1	Areas externas	Bajo	1	IMPERMEABLE	ALTA	5	8	Bajo
Bajo	1	Areas externas	Bajo	1	PERMEABLE	BAJA	1	4	Muy Bajo
Bajo	1	Areas externas	Bajo	1	PERMEABLE	BAJA	1	4	Muy Bajo
Bajo	1	Areas externas	Bajo	1	IMPERMEABLE	ALTA	5	8	Bajo
Bajo	1	Areas externas	Bajo	1	IMPERMEABLE	ALTA	5	8	Bajo
Bajo	1	Areas externas	Bajo	1	IMPERMEABLE	ALTA	5	8	Bajo
Bajo	1	Areas externas	Bajo	1	IMPERMEABLE	ALTA	5	10	Bajo
Bajo	1	Areas externas	Bajo	1	PERMEABLE	BAJA	1	6	Bajo
Bajo	1	Areas externas	Bajo	1	PERMEABLE	BAJA	1	6	Bajo

Se utilizó el campo nvl\_daz que describe la susceptibilidad de inundaciones que tiene una zona.

**Tabla 26**

*Ponderaciones para la cobertura Susceptibilidad a movimientos en masa en el área urbana.*

nvl_daz	Ponderación
Muy Bajo	1
Bajo	5
Medio	9

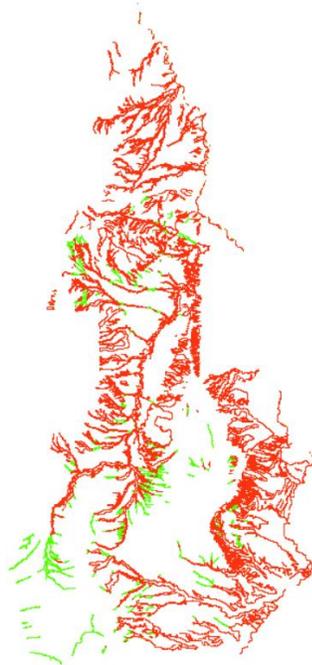
### Accidentes geográficos

Dentro de la cobertura de Accidentes Geográficos se encuentran: área rellena, cuerpo de agua, depresión abierta, depresión rellena, quebrada abierta, quebrada rellena, ribera de río, ribera de río - H, talud artificial y talud natural. En comparación con las zonas por las que cruza la Primera Línea del Metro de Quito no existe ningún inconveniente en el cruce de área rellena,

depresión rellena y quebrada rellena por lo que se generó una nueva cobertura solo con los accidentes geográficos que se evitaron en la Primera Línea del Metro de Quito.

### **Figura 61**

*Cobertura de Accidentes Geográficos en las parroquias de estudio.*



*Nota:* Verde: Accidentes Geográficos que no generan conflicto en el modelado de la ruta. Rojo: Accidente Geográficos que se debe evitar.

A partir de la creación de esta segunda cobertura se generó un buffer de 30 m con los accidentes geográficos con la intención de evitar estas zonas completamente.

### **Red hídrica**

Existen casos de líneas de metro en el mundo cuya construcción está planificada para viajar debajo de un río, como es el caso del metro de Sevilla, en nuestro caso de estudio se modeló las rutas tratando de evitar la red hídrica de la ciudad. A partir de la cobertura se generó un buffer de 30 m para obtener las zonas que se deben evitar.

En el caso de las coberturas de Accidentes Geográficos y Red hídrica se asignó los siguientes valores:

**Tabla 27**

*Ponderaciones para las coberturas Accidentes Geográficos y Red hídrica.*

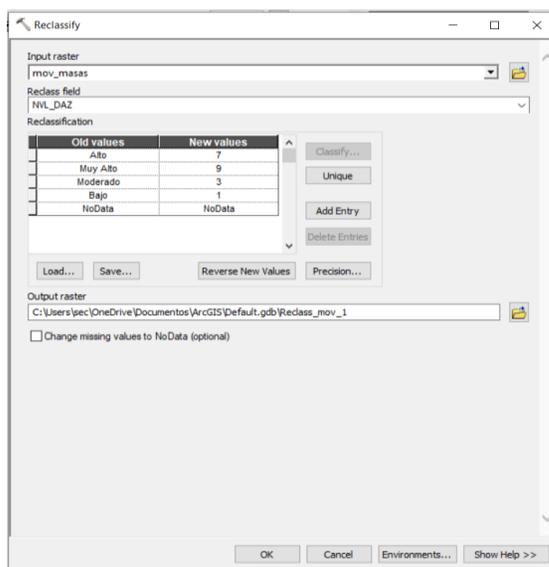
Zona	Ponderación
Dentro del buffer	9
Fuera del buffer	1

### **Coberturas Ráster**

Una vez se tienen definidas las ponderaciones de los componentes de cada cobertura de acuerdo a su susceptibilidad o presencia de los riesgos se deben transformar las coberturas a ráster y escogiendo en Value Field el campo que contenga la descripción de susceptibilidad de cada uno de las coberturas. Una vez se cuenta con los ráster es necesario hacer una reclasificación a cada uno con las ponderaciones que se establecieron anteriormente.

### **Figura 62**

*Reclasificación de la cobertura Susceptibilidad de movimientos de masa mediante la herramienta Reclassify.*



### Weighted Overlay (Superposición Ponderada)

La herramienta Weighted Overlay nos permite superponer varias coberturas ráster utilizando una escala de medición común y el peso de cada una según su importancia dentro del análisis. (ESRI, s.f.)

#### Figura 63

*Superposición ponderada de las 4 coberturas con sus pesos internos y externos.*

Weighted Overlay

Weighted overlay table

Raster	% Influence	Field	Scale Value
		NODATA	NODATA
red_reclass	6	VALUE	
		0	1
		1	9
		NODATA	NODATA
lito_reclass	24	VALUE	
		1	1
		3	3
		4	4
		5	5
		6	6
		7	7
		9	9
		NODATA	NODATA
acc_i_reclass	8	VALUE	
		0	1
		1	9
		NODATA	NODATA

Sum of influence: 100

Set Equal Influence

Evaluation scale: 1 to 9 by 1

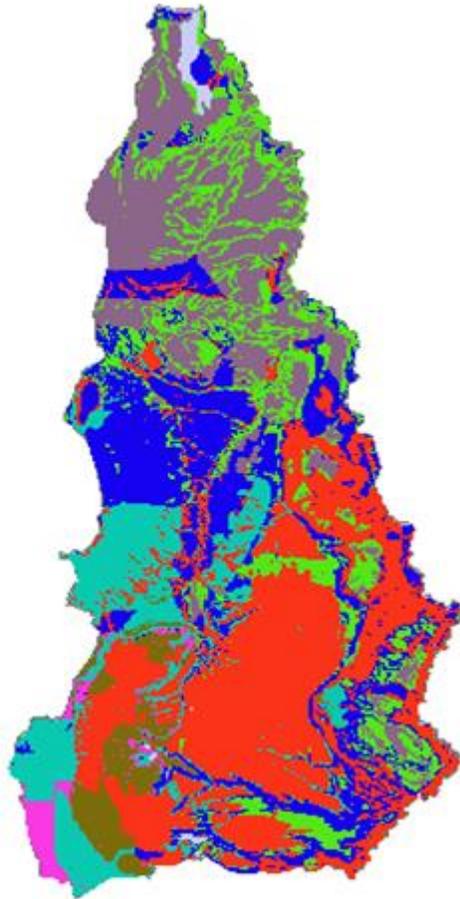
From: To: By:

Output raster: C:\MIC\COBERTURAS FINAL\pesos

Se utiliza una Escala de Evaluación de 1 a 9 de 1 ya que es la misma que se utilizó desde la ponderación interna de cada cobertura. En % Influence ingresamos el peso obtenido en la matriz SAATY para cada cobertura en forma de porcentaje, la suma de estos porcentajes debe ser 100.

#### Figura 64

*Ráster de Superposición Ponderada generado a partir de las 4 coberturas.*



La Zona de influencia incluye a las parroquias: Kennedy, Concepción, Cotocollao, Ponceano, Comité del Pueblo, Carcelén, San Isidro del Inca, San Antonio, Calderón, Llano Chico, Zámbez y Pomasqui.

#### **Cálculo “Cost Distance”**

El cálculo del coste-distancia se realizó de parada de inicio a parada final en sentido sur norte como continuación de la red del metro ya existente, por lo que el punto inicial es la parada del Labrador.

#### **Figura 65**

*Ráster de costo-distancia desde el punto de inicio.*

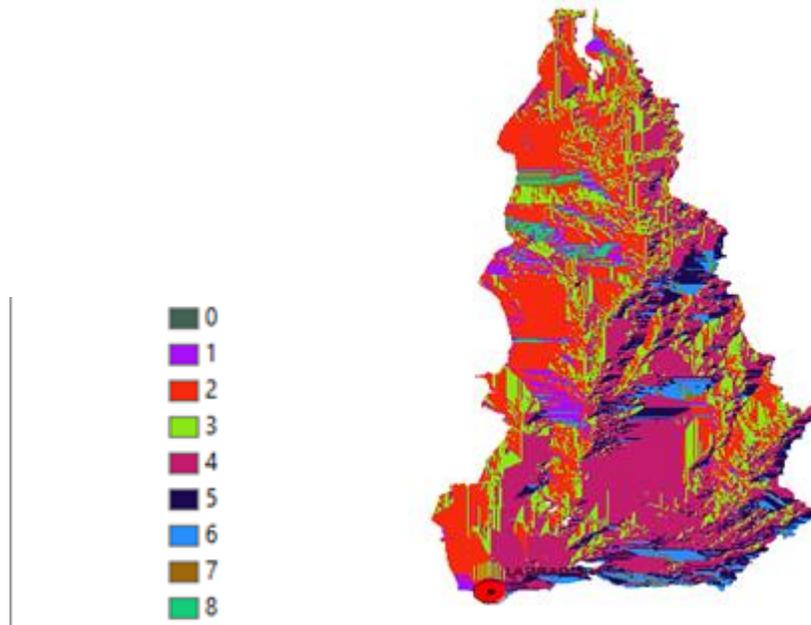


### **Cobertura “Backlink”.**

El ráster de vínculo de menor coste o menor fricción contiene valores de cero a ocho, que definen la dirección o identifican la siguiente celda vecina a lo largo de la ruta de menor fricción acumulativa.

### **Figura 66**

*Ráster “backlink” desde el punto de inicio.*



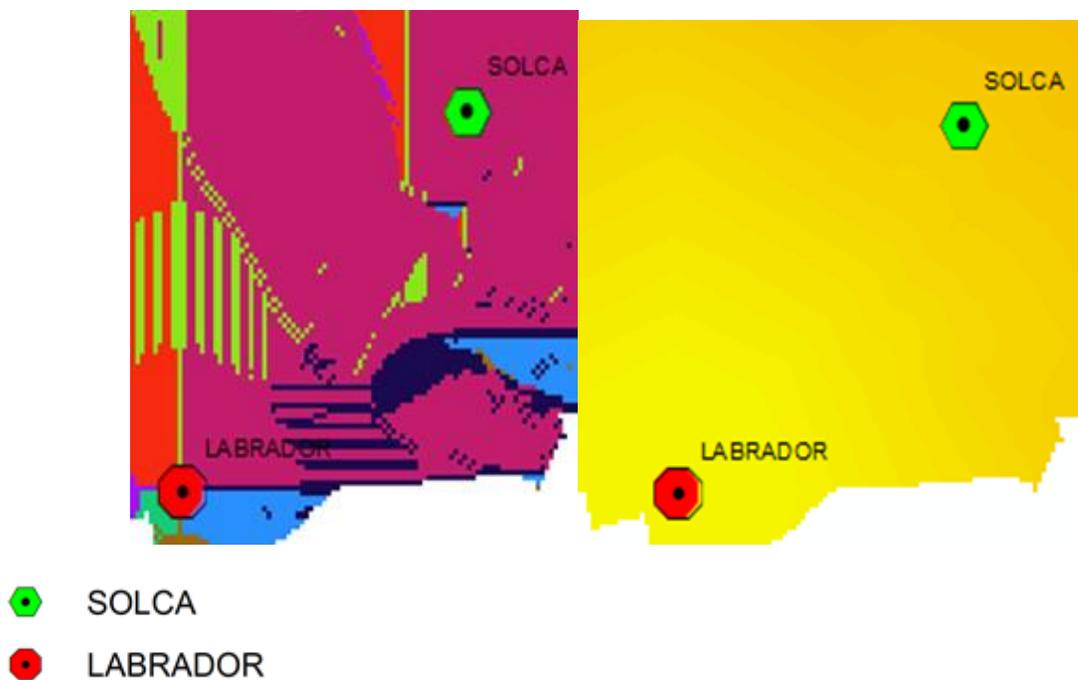
### **Cálculo de la ruta óptima “Cost-Path”.**

Tenemos una cobertura ráster de “distancia óptima acumulativa” desde el punto de inicio hacia toda la zona de influencia, además de la “dirección óptima acumulativa” desde ese punto de inicio a cualquier punto de la zona de influencia, por tal motivo lo necesario es definir un punto final para calcular la ruta óptima entre estos dos puntos.

La línea 1 es la primera propuesta de extensión del metro, desde el punto de inicio El Labrador la ruta toma un camino noroccidental. Se ha definido la parada del Hospital de Solca en este sentido como punto final hacia donde se calcula la ruta siendo esta la primera ruta que compone la línea 1.

**Figura 67**

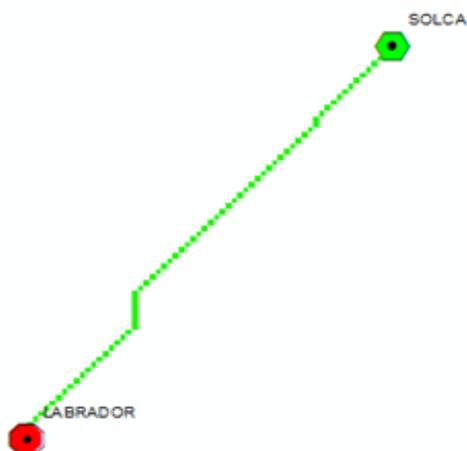
Ráster “backlink” desde el punto de inicio.



Utilizando la herramienta “Cost Path” junto con las dos coberturas ráster obtenidas y definiendo el punto final, en este caso la parada de Solca, calculamos la ruta de menor fricción o coste entre ambos puntos basado en la ponderación de las variables.

**Figura 68**

Ráster “ruta óptima”.



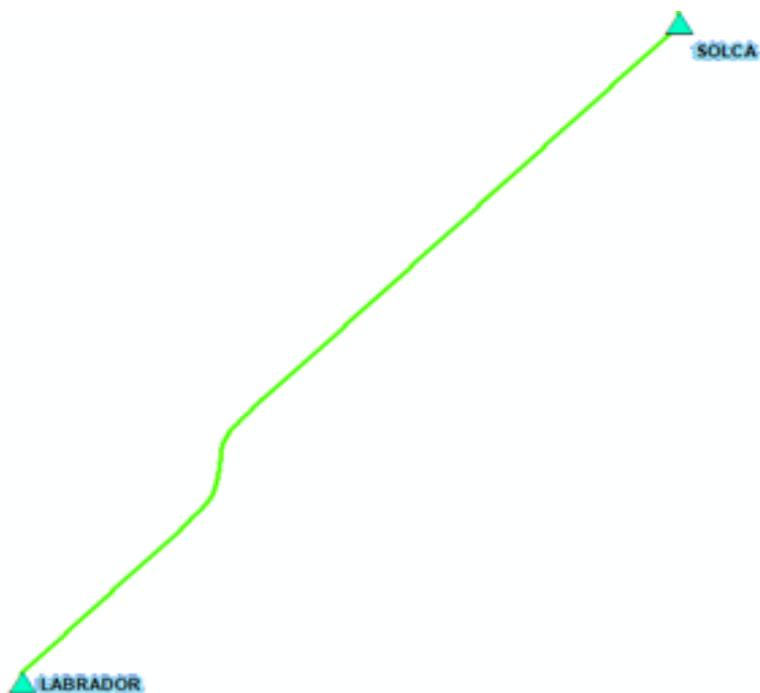
*Nota:* “Cost Distance”, “Backlink” y “Cost Path” se repiten para todas las paradas seleccionadas como punto de inicio. Para el cálculo del siguiente tramo por ejemplo el punto de inicio es Solca que fue el punto final en el tramo anterior.

### **Polyline to Raster Y Smooth Line.**

Estas herramientas se utilizan para transformar la ruta de ráster a polilínea y luego suavizar las esquinas y dar la forma final de la ruta.

### **Figura 69**

*Ráster “ruta óptima” suavizada.*



Resultados

Figura 70

Propuesta línea 1 Final.

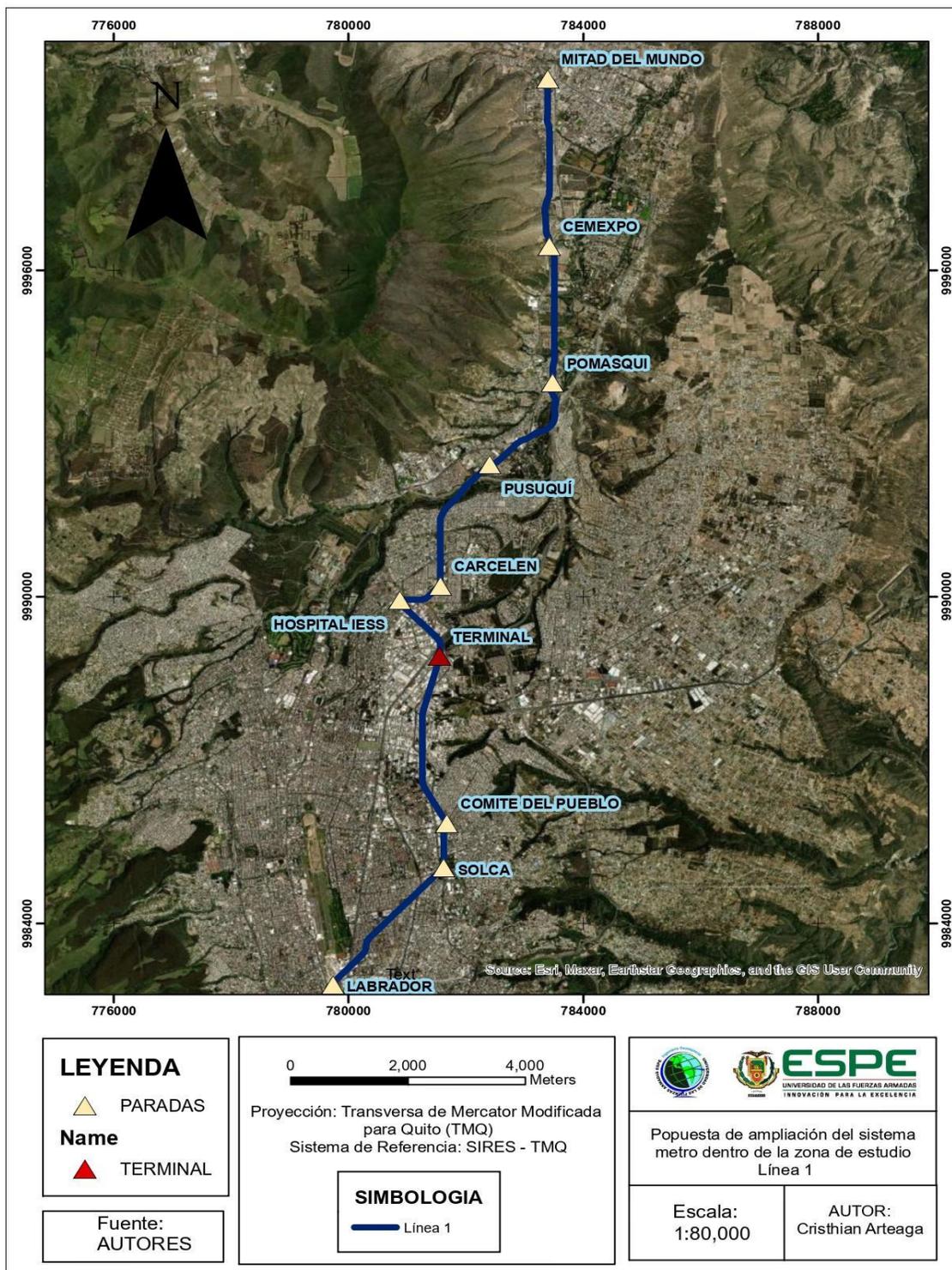


Figura 71

Propuesta línea 2 Final.

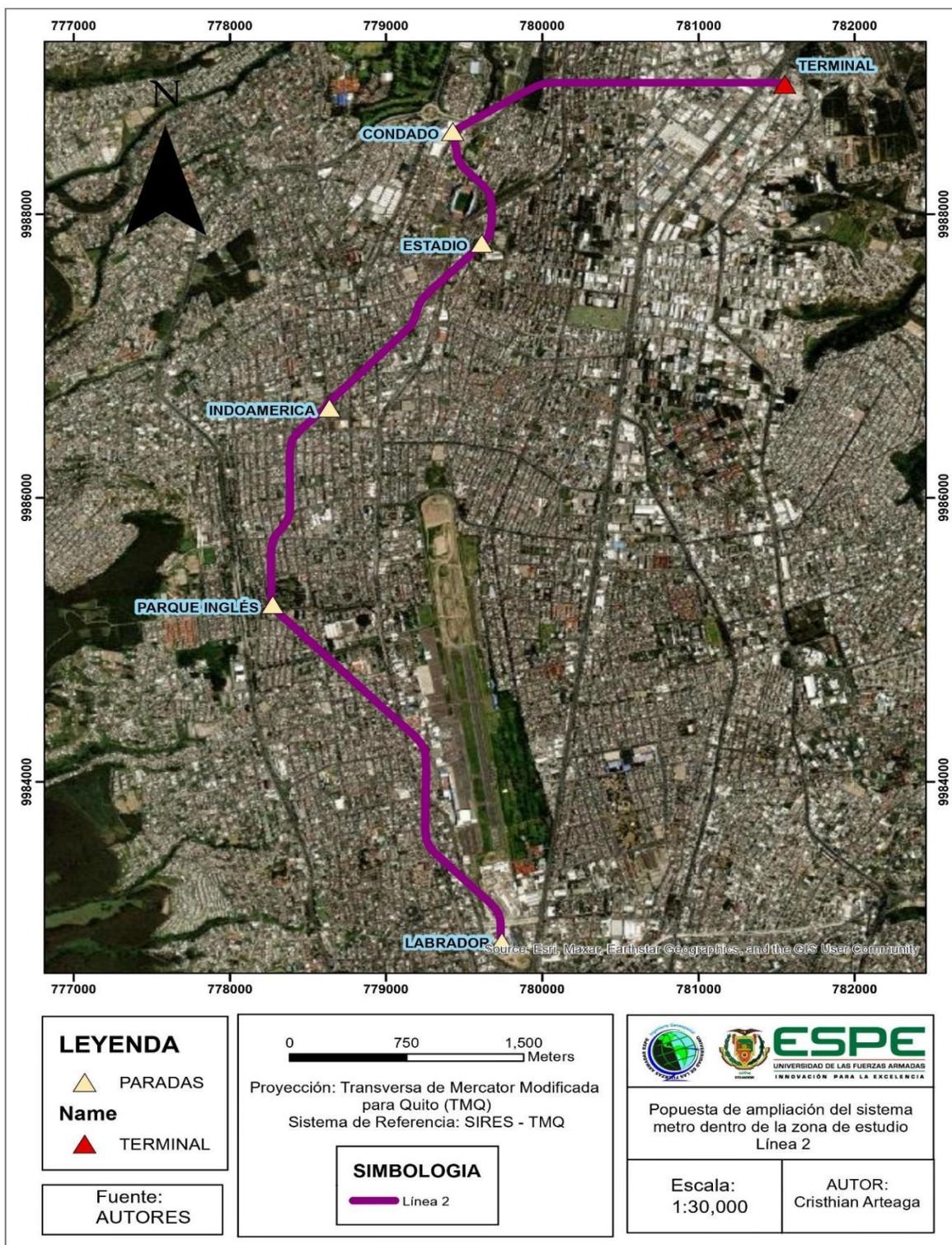


Figura 72

Propuesta línea 3 Final.

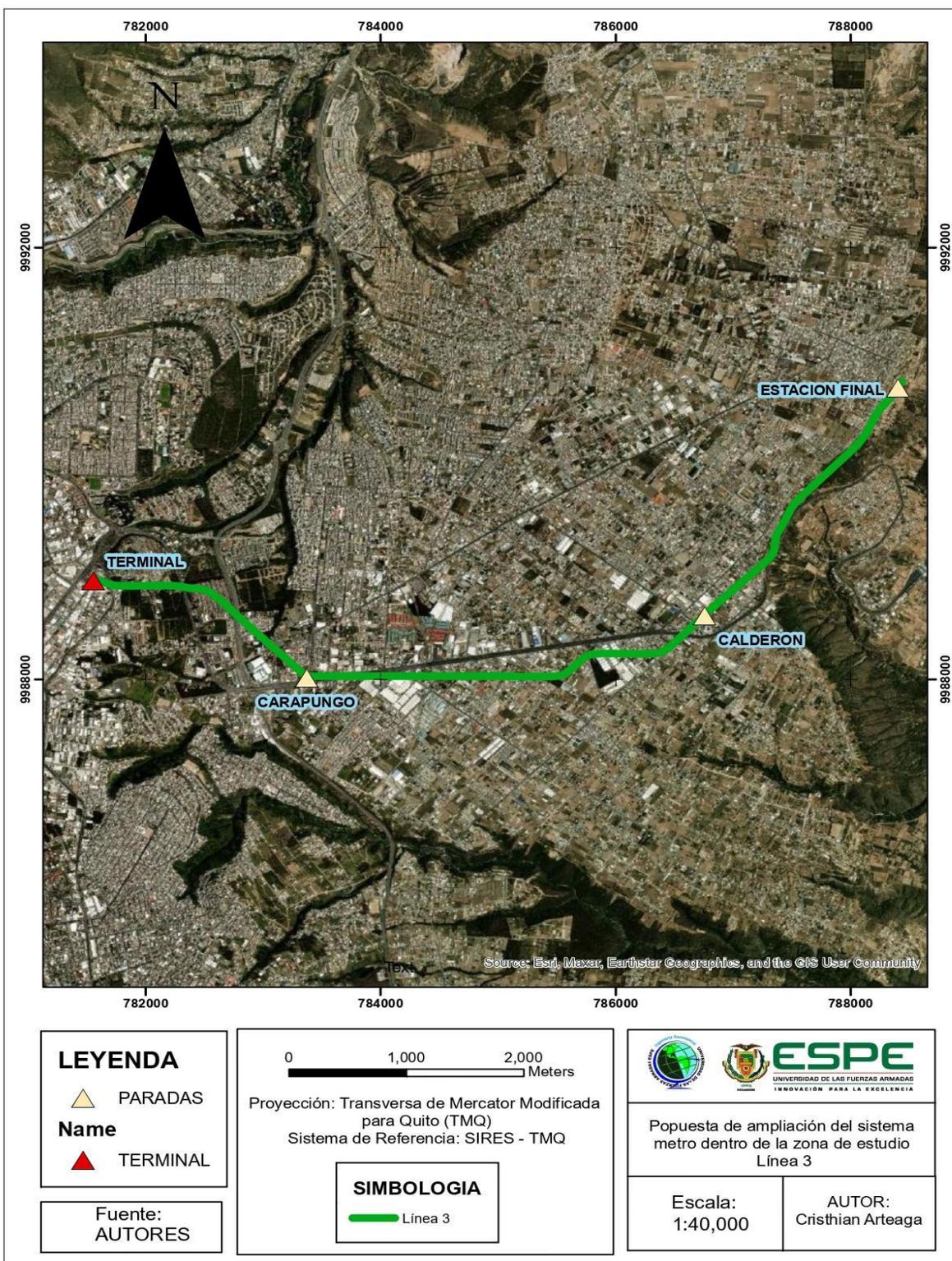


Figura 73

Propuesta de Movilidad Extensión del Metro.

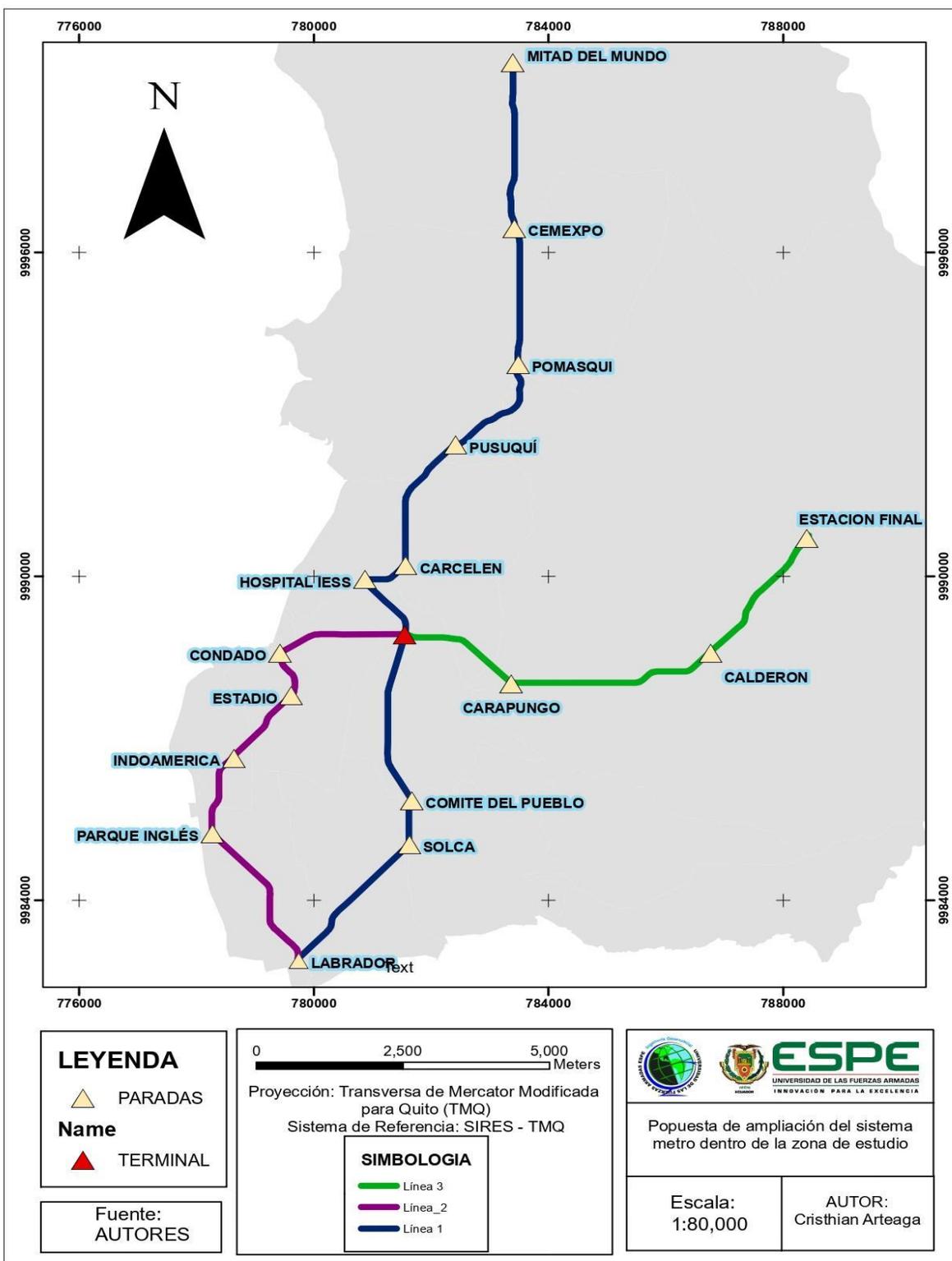
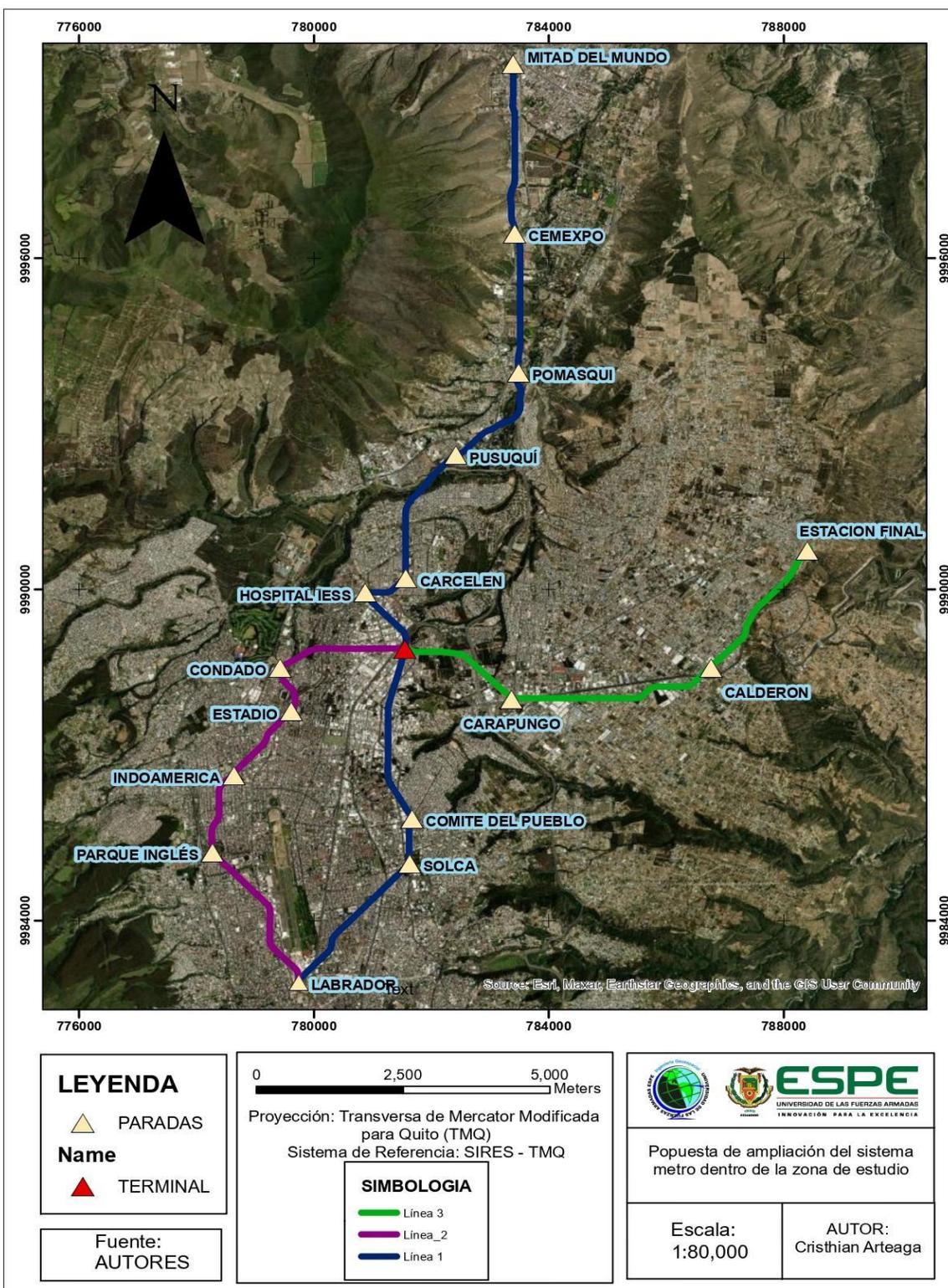


Figura 74

Propuesta de Movilidad Extensión del Metro.



- La Línea 1 de la extensión del metro cuenta con 10 paradas incluyendo la parada del Labrador, se extiende por 19,183 km y atraviesa las parroquias de Kennedy, Concepción, El Inca, Ponceano, Comité del Pueblo, Carcelén, San Antonio y Pomasqui.
- La Línea 2 de la extensión del metro cuenta con 6 paradas incluyendo las paradas del Labrador y el Terminal que comparte con la Línea 1, se extiende por 9,070 km y toma un sentido noroccidental en referencia al parque Bicentenario a diferencia de la línea 1 que toma un sentido nororiental. Atraviesa las parroquias: La Concepción, Cotocollao, Ponceano y Carcelén.
- La Línea 3 de la extensión del metro tiene su punto de partida en la estación del Terminal, incluyendo esta cuenta con 4 paradas, las 3 adicionales son: La estación de Carapungo, Calderón, y la parada de Estación Final que sirve como un punto con la estructura adecuada para la llegada y almacenamiento de los trenes. La línea 3 está pensada para interconectar las parroquias de Calderón y Carapungo, de alta densidad poblacional con las líneas centrales y se extiende por 8,46 km siendo de estos 5.70 km efectivos, ya que el último tramo de 2,76 km es hacia la estación final.
- Aunque la ubicación de la denominada estación final tiene poco valor estratégico en el ámbito de la movilidad urbana comparado con el resto de paradas, a modo de optimizar el uso de energía del metro, está debería también tener la capacidad de embarco y llegada de pasajeros.
- La estación denominada Terminal, ubicada en el terminal terrestre de Carcelén es una parada central clave que servirá de intercambiador entre las 3 Líneas propuestas.

### **Conclusiones**

- En la superficie la variación de la pendiente en la primera ruta es de 2.69% y la segunda ruta teniendo una pendiente de 1.77%, las cuales no exceden el 4% de pendiente máxima que se consideró para la construcción de la Primera Línea del Metro de Quito, haciendo de estas zonas óptimas para la ampliación de la línea actual del metro.

- La mayor actividad comercial, cultural y de servicios se encuentra dentro de la zona de influencia de los 600 metros, la cual es la distancia máxima que está dispuesto un peatón a recorrer desde la parada de transporte público hacia su destino.
- Las zonas comerciales no están bien definidas de acuerdo al PUOS vigente, mezclados con zonas residenciales urbanas.
- Se logró determinar que en nuestra zona de estudio existe la presencia de riesgos naturales, tales como, peligro volcánico, inundaciones, movimientos en masa y sismicidad, sin embargo, para nuestro análisis de daño a intensidad tomando como referencia un área influencia de 900 m con respecto a la vía, podemos encontrar que el riesgo que presenta mayor influencia en la zona es peligro volcánico, además, se observa zonas con susceptibilidad a deslizamientos debido a la amenaza sísmica en el sector.
- Con respecto a la recurrencia del evento se visualiza que las amenazas que pueden ocurrir con mayor frecuencia son las inundaciones y movimientos mientras que la amenaza de peligro volcánico tiene menor influencia a que ocurra frecuentemente.
- En las parroquias de San Antonio y Pomasqui se evidencia valores críticos debido a la presencia de inundaciones, movimientos en masa y sismicidad, también se observan valores altos y medios con respecto al periodo de ocurrencia; en las parroquias de Calderón, Zámiza, Carcelén, Llano Chico y Comité del Pueblo existe media y baja ocurrencia a este tipo de amenazas.
- Dentro de las paradas establecidas existen puntos de gran importancia para las parroquias del estudio que, en caso de la ampliación de la ruta actual del Metro de Quito, deben ser tomadas en cuenta.
- Para el modelamiento de las propuestas de rutas para la ampliación del Metro de Quito se puede evitar la consideración del riesgo de sismos debido a los estándares de construcción de la Primera Línea del Metro de Quito ya existente. Al crear la cobertura

ráster “WEIGHTED”, podemos obviar riesgos insignificantes para un sistema subterráneo tal como la pendiente, susceptibilidad a caída de ceniza y aquellas variables que entraron al análisis como cercanía a accidentes geográfico y a la red hídrica tuvieron un peso pequeño en la ponderación final.

- La presencia de accidentes geográficos, como quebradas, aumenta en las parroquias de estudio en comparación con las parroquias en las que ya existe la línea del Metro de Quito, lo cual dificultará una posible ampliación de la ruta.

### **Recomendaciones**

- Dentro de la siguiente reforma del PUOS, se debe tomar en cuenta las zonas cercanas a las futuras paradas de las tres rutas modeladas para evitar aglomeración, cambios abruptos del uso del suelo y el valor del suelo, dependiendo de las necesidades de cada zona.
- Para realizar un análisis de gestión de riesgos es necesario conocer algunas definiciones importantes, como amenaza, vulnerabilidad y riesgo. Estos términos son esenciales para determinar cualquier tipo de riesgo de origen natural y por lo tanto hay que conocer sobre la gestión de riesgos en general.
- La mayoría de la información de amenazas de peligro natural que se utilizó se encuentra desactualizada y sin ningún tipo de control de calidad. Por ello es necesario que se actualice la información de riesgos en todas las instituciones que proveen de esta información a la población y además tener un registro temporal de los eventos de forma más controlada.
- Para identificar los riesgos de peligro de origen natural es considerable que se cuente con expertos que conozcan las amenazas que se van a estudiar realizando un análisis multicriterio de la variables utilizadas, ya que se puede facilitar el análisis jerárquico de importancias para generar un modelo más acorde a la realidad de la zona de estudio.
- Aprovechar las nuevas técnicas y métodos para la construcción de la línea del metro,

permitiendo una construcción más lineal, como se ha visto en otros países, en lugar de esquivar obstáculos como quebradas y ríos, garantizando tiempos de viaje óptimos.

- Para el trazo de una ruta o vía ya sea de manera subterránea o superficial es un desafío de carácter civil y arquitectónico más que de una de análisis geoespacial, por lo que es importante integrar estas 3 disciplinas en un análisis completo para determinar este tipo de modelos de movilidad urbana.

## Referencias

- Alcaldía del Distrito Metropolitano de Quito. (2017). Ordenanza Metropolitana No. 0185. Metro de Quito. *Ordenanza Metropolitana No. 0185. Metro de Quito*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Alcaldía del Distrito Metropolitano de Quito. (2020). Ordenanza Metropolitana No. 0210. *Ordenanza Metropolitana No. 0210*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Arenas, F., Lagos, M., & Hidalgo, R. (2010). Los riesgos naturales en la planificación territorial. *Los riesgos naturales en la planificación territorial*. Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Banco Mundial. (2013). Proyecto Primera Línea del Metro de Quito.
- Barba-Romero, S., & Pomerol, J.-C. (1997). Decisiones Multicriterio. Fundamentos Teóricos y Utilización Práctica. España: Servicio de Publicaciones Universidad de Alcalá.
- Chasiluisa, C. (2019, Agosto 27). *Accidentes Geográficos, Qué Son, Principales Tipos En la Tierra + Video Instructivo*. From Ecología: <https://decologia.info/fenomenos-naturales/accidentes-geograficos/>
- Chiquin, N. (2017). Susceptibilidad a deslizamientos de tierra en la parroquia Pomasqui - Ecuador. *Susceptibilidad a deslizamientos de tierra en la parroquia Pomasqui - Ecuador*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias Costa Rica. (n.d.). *¿Qué es un sismo?* From CNE: [https://www.cne.go.cr/reduccion\\_riesgo/informacion\\_educativa/recomentaciones\\_consejos/sismo.aspx](https://www.cne.go.cr/reduccion_riesgo/informacion_educativa/recomentaciones_consejos/sismo.aspx)
- CONSTRUMÁTICA. (n.d.). *Amenaza Geológica por Inundaciones*. From [https://www.construmatica.com/construpedia/Amenazas\\_Geológicas\\_por\\_Inundaciones](https://www.construmatica.com/construpedia/Amenazas_Geológicas_por_Inundaciones)

- Contreras, C. (2021, Abril). Evaluación de Susceptibilidad a Movimientos de Masa en la Microcuenca Honda del cantón Zaruma, provincia de El Oro, Ecuador. *Evaluación de Susceptibilidad a Movimientos de Masa en la Microcuenca Honda del cantón Zaruma, provincia de El Oro, Ecuador*. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- Cortés, M. (2008, Agosto). Poblaciones vulnerables frente a amenazas naturales. *Poblaciones vulnerables frente a amenazas naturales*. Ecuador: FLACSO.
- Demoraes, F. (2002, Noviembre). *Vulnerabilidad de la movilidad en Quito inducida por la exposición a las inundaciones de un medio de transporte clave: el trolebús*. Panam XII - Congreso Panamericano de Tránsito. From HAL: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01284504>
- El Comercio. (2020, Octubre 6). *Luz verde a estudios para que el Metro de Quito llegue al norte de la ciudad*. From El Comercio: <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/estudios-metro-quito-ofelia-transporte.html#:~:text=2020%2021%3A11-,Luz%20verde%20a%20estudios%20para%20que%20el%20Metro%20de,al%20norte%20de%20la%20ciudad&text=La%20propuesta%20es%20que%20la,extremo%20sur%20en%>
- ESRI. (n.d.). *Como funciona Zona de influencia (Análisis)*. From <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/analysis/how-buffer-analysis-works.htm#>
- ESRI. (n.d.). *Crear y utilizar un mapa de calor*. From <https://doc.arcgis.com/es/insights/latest/create/heat-maps.htm>
- ESRI. (n.d.). *Interpolate Shape (3D Analyst)*. From <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/2.8/tool-reference/3d-analyst/interpolate-shape.htm>
- ESRI. (n.d.). *Kernel density*. From <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/2.8/tool-reference/spatial-analyst/how-kernel-density-works.htm>
- ESRI. (n.d.). *Profile graph*. From <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/analysis/geoprocessing/charts/profile-graph.htm>
- ESRI. (n.d.). *Weighted Overlay*. From <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-weighted-overlay-works.htm>
- Francisco, F. (2006). Sobre inundaciones y anegamientos. *Revista de Urbanismo*, 25-42.
- GAD-Zámbiza. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado de Zámbiza*. From <https://www.gadzambiza.gob.ec/pdyot/>
- GAMA. (2016). *¿QUÉ SON LAS INUNDACIONES?* From <http://www.floodup.ub.edu/inundaciones/>

- García, A. (2016, Julio 3). *Estudio Riesgos Naturales (Breeam SYB7)*. From ZEROCONSULTING: <https://blog.zeroconsulting.com/syb7-riesgos-naturales->
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal. (2019). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial.
- Instituto de la Ciudad. (2015). *Instituto de la Ciudad*. From Laboratorio Urbano de Desarrollo Orientado al Transporte: <https://institutodelaciudad.com.ec/wp-content/preview/boletines/Folleto8.pdf>
- Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático. (2022, Julio 19). *Caracterización General del Escenario de Riesgo por Movimientos de Masa en Bogotá*. From <https://www.idiger.gov.co/rmovmasa#:~:text=Son%20conocidos%20popularmente%20como%20deslizamientos,fallas%20de%20taludes%20y%20laderas.&text=Son%20factores%20detonantes%3A%20las%20precipitaciones,sísmicos%20y%20los%20factores%20antrópicos>
- Iza, M. (2018, Diciembre 6). *Quito concentra su economía en los servicios*. From Revista Gestión Digital: <https://revistagestion.ec/economia-y-finanzas-analisis/quito-concentra-su-economia-en-los-servicios>
- Kumar Dahal, B., & Kumar Dahal, R. (2017). Landslide hazard map: tool for optimization of low-cost mitigation.
- La Hora. (2000). *Proyecto laderas del Pichincha en la recta final*. From <https://www.lahora.com.ec/noticias/proyecto-laderas-del-pichincha-en-la-recta-final/#:~:text=Pero%2C%20el%20proyecto%20laderas%20del,enormes%20volenes%20de%20agua%20lluvia>
- Machado, J. (2022). *Quito vive en riesgo constante por el mal manejo de sus quebradas*. From Primicias: <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/quito-riesgo-mal-manejo-quebradas/>
- MAGAP. (n.d.). Zona de susceptibilidad a inundaciones en el Ecuador Continental Escala 1:50000. *Zona de susceptibilidad a inundaciones en el Ecuador Continental Escala 1:50000*. Ecuador.
- Martínez Escobar, K. d. (2020). Evaluación del Nivel de Aplicabilidad de Metodologías para el Análisis de Riesgos relacionados a Deslizamientos en quebradas del Distrito Metropolitano de Quito. Quito, Pichincha, Ecuador: UIDE.
- Martínez Rubiano, M. T. (2015, Febrero). La construcción del conocimiento científico del riesgo de desastre. Bogotá, Colombia.
- Masanori, M. (2017). *¿Por qué la gente no usa el Metro? Efectos del transporte en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México*. From

[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-46112017000200011](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112017000200011)

Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (2015). *Atlas de Amenazas Naturales DMQ*. From Atlas de Amenazas Naturales DMQ: <https://www.quito.gob.ec/index.php/rendicion-de-cuentas/218-atlas-amenazas-naturales-dmq>

Ortiz, R. (n.d.). Riesgo Volcánico. Departamento de Vulcanología.

PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION. (n.d.). *Amenaza y riesgo sísmico*. From <http://www.nzdl.org/cgi-bin/library?e=d-00000-00---off-0paho--00-0----0-10-0---0---0direct-10---4-----0-1l--11-en-50---20-about---00-0-1-00-0--4----0-0-11-10-0utfZz-8-00&cl=CL1.1&d=HASH017d7cb5a9ba43783f33296b.6.4>=1>

Peltre, P. (1989). Quebradas y riesgos naturales en Quito, periodo 1900-1988. *Quebradas y riesgos naturales en Quito, periodo 1900-1988*. Quito, Pichincha, Ecuador.

Presidencia de la República del Ecuador. (2010, Octubre 19). Código Orgánico de Organización Territorial (COOTAD). Ecuador.

Presidencia de la República del Ecuador. (n.d.). Constitución de la República del Ecuador. Ecuador: 2008.

Quitiaquez Zaldumbide, C. (2015). Evaluación de gestión de riesgos naturales en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), mediante un estudio de vulnerabilidad y de políticas públicas para mejorar los procesos de planificación. Quito, Pichincha, Ecuador.

Ramírez. (2004). El método de jerarquías analíticas de Saaty en la ponderación de variables. Aplicación al nivel de mortalidad y morbilidad en la provincia del Chaco. Universidad Nacional del Nordeste.

Rivera Tapia, A., Yáñez Santos, A., & Cedillo Ramírez, L. (2005). Emisión de ceniza volcánica y sus efectos. *Ecosistemas*.

Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGrawHill.

Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda. (2011). Plan Metropolitano de Ordenamiento Territorial. Quito, Pichincha, Ecuador.

Sgroi, A. (2011). *Morfología Urbana*. Universidad Nacional de la Plata.

Sierra, A. (2009). La política de mitigación de los riesgos en las laderas de Quito: ¿qué vulnerabilidad combatir? *El Bulletin de l'Institut Francais d'Études Andines*, 737-759.

Singh, A. (2010). Bioengineering techniques of slope stabilization and landslide mitigation. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 384-397.

- Tilling, R., & Punongbayan, R. (1989). Los peligros Volcánicos.
- Trilla, B. (2015). La educación y la Ciudad. *Revista Educación y Ciudad*, 6-19.
- UNGRD Servicio Geológico Colombiano. (n.d.). Volcán Riesto y Territorio. Colombia.
- Vargas, J. (2002). Políticas públicas para la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres naturales y socio-naturales. Santiago de Chile, Chile: Comisión.
- Villacís, A. (2019). Evaluación del nivel de riesgo, amenazas y vulnerabilidades, del barrio “María Augusta Urrutia”, ubicado en la parroquia de Llano Chico, en el distrito 17D02, en el periodo de abril-septiembre de 2019 . Quito, Pichincha, Ecuador: Facultad de Ciencias de la Discapacidad Atención Pre Hospitalaria y Desastres de la Universidad Central del Ecuador.
- Voskuil, R. (n.d.). Amenaza Volcánica Introducción. UNESCO RAPCA.
- Watson, M. (2020, Junio 19). *Modelos digitales de elevación*. From <https://www.pagerpower.com/news/differences-digital-elevation-model-dtm-dsm/>
- Wilches-Chaux, G. (1989). Herramientas para la crisis: Desastres, Ecologismo y Formación Profesional. Popayán: Servicio Nacional de Aprendizaje.
- Zevallos, O. (2002). Ocupación de laderas e incremento del riesgo de desastres en el Distrito Metropolitano de Quito. *Quito: In Memorias del Seminario: Gestión de riesgos y prevención de desastres*, 106-107.
- Zuñiga, C. (2020, Septiembre 22). *Daños en 80000 hectáreas en balance inicial y Chimborazo, Bolívar, Los Ríos y Guayas, las más golpeadas con caída de ceniza del Sangay*. From El Universo: <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/09/21/nota/7985788/sangay-afectaciones-volcan-ceniza-ecuador-80-000-hectareas-danos/>
- Zúñiga, L., & Zabaleta, M. (2015). ). HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE ACCIDENTES GEOGRÁFICOS BASADA EN OBJETOS VIRTUALES DE APRENDIZAJE Y REALIDAD AUMENTADA. . Cartagena, Colombia: Universidad de Cartagena.