

REPÚBLICA DEL ECUADOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE POSTGRADO



**MAESTRÍA EN INGENIERÍA AUTOMOTRIZ CON MENCIÓN EN
NEGOCIOS AUTOMOTRICES**

PROYECTO DE TESIS

TEMA:

**DISEÑO DE UN MODELO DE INDICADORES PARA EVALUAR LA RESILIENCIA
DEL SISTEMA DE TRANSPORTE Y MOVILIDAD HUMANA EN EL CANTÓN
RUMIÑAHUI ANTE ESCENARIOS DE RIESGO.**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Título de Magister en Ingeniería
Automotriz con mención en negocios automotrices

AUTOR: Ing. Emerson Luis Tarco Guzmán

DIRECTOR: Ing. Benavides Cevallos Ignacio Bayardo, MSc

ASESOR: Ing. Jorge Luis Melo Obando, MSc

IBARRA – ECUADOR

2026

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Como director del trabajo de investigación con el tema: “**DISEÑO DE UN MODELO DE INDICADORES PARA EVALUAR LA RESILIENCIA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE Y MOVILIDAD HUMANA EN EL CANTÓN RUMIÑAHUI ANTE ESCENARIOS DE RIESGO.**”, trabajo que fue realizado por Emerson Luis Tarco Guzmán, previo a la obtención del título de Magíster en Ingeniería Automotriz con Mención en Negocios Automotrices, doy fé de que la obra mencionada reúne los requisitos y méritos suficientes para ser públicamente sustentada en juicio para ser oportunamente aprobada.

Ibarra, 26 de Enero del 2026



MSc . Ignacio Benavides

CI: 1002415949

Tutor.

DEDICATORIA

Una vez culminado el trabajo de titulación, Dedico este trabajo en primer lugar a Dios, quien guía siempre mis pasos y su presencia me dio la perseverancia para proseguir con este proyecto, a mi amada esposa Pao, gracias por confiar en mí, apoyarme en todo aspecto a seguir creciendo personal y profesionalmente, con amor a mis hijos Danna Martina y Theo Emerson que han sido una inspiración en mi vida y el motor que cada día me impulsa a ser mejor ser humano, padre y esposo. A mis padres que han sido siempre un apoyo incondicional en mi formación personal y profesional, gracias a ellos me he convertido en la persona que soy, a mis abuelitos maternos, mi abuelita Teresa que desde el cielo cuidan de mí con mucho amor

Emerson Luis Tarco

AGRADECIMIENTOS

Quiero hacer extensivo mi agradecimiento a Dios por otorgarme este logro, a mi Querida Universidad Técnica del Norte, Cuna de grandes profesionales, por brindarme el conocimiento técnico para enfrentar el mundo profesional, a mis maestros de clase que supieron guiarme en cada etapa de mis estudios, a mi Director de tesis estimado Msc. Ignacio Benavides por siempre estar predispuesto a guiarme en este trabajo de titulación, a mi asesor Msc. Jorge Melo por la guía realizada al trabajo para que se elabore muy bien y a toda la comunidad universitaria que siempre tienen la vocación del servicio por sus estudiantes.

A mi amada esposa Paola gracias por su apoyo incondicional para seguir construyendo un futuro mejor para nuestro hogar, a mis hijos y padres pilares importantes un agradecimiento por todo el apoyo emocional que me han entregado.

EMERSON LUIS TARCO



**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD	1718114745		
APELLIDOS Y NOMBRES	EMERSON LUIS TARCO GUZMÁN		
DIRECCIÓN	Rio corriente S4-185 (Valle de los chillos)		
EMAIL	emerson.tarco@outlook.com		
TELÉFONO FIJO	022868738	TELÉFONO MÓVIL:	0958714087

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	DISEÑO DE UN MODELO DE INDICADORES PARA EVALUAR LA RESILIENCIA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE Y MOVILIDAD HUMANA EN EL CANTÓN RUMIÑAHUI ANTE ESCENARIOS DE RIESGO.
AUTOR (ES):	Emerson Luis Tarco Guzmán
FECHA: DD/MM/AAAA	29/01/2026
PROGRAMA DE POSGRADO	Maestría En Ingeniería Automotriz Con Mención En Negocios Automotrices
TÍTULO POR EL QUE OPTA	Magíster En Ingeniería Automotriz Con Mención En Negocios Automotrices
DIRECTOR	Ing. Ignacio Benavides MSc.

CONSTANCIA

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 12 días del mes de Marzo del año 2026

EL AUTOR:

Firma:

Nombre: Emerson Luis Tarco Guzmán

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: POSGRADO – UTN

Fecha: Ibarra 12 de Marzo de 2026

Emerson Luis Tarco Guzmán: “DISEÑO DE UN MODELO DE INDICADORES PARA EVALUAR LA RESILIENCIA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE Y MOVILIDAD HUMANA EN EL CANTO RUMIÑAHUI ANTE ESCENARIOS DE RIESGO”, Universidad Técnica del Norte.

DIRECTOR: MSc. Ignacio Benavides

El objetivo general de esta tesis fué: Diseñar un modelo de indicadores con el que se evaluó la resiliencia del sistema de transporte y movilidad humana en el cantón Rumiñahui.

Entre los objetivos específicos estaban: Efectuar un diagnóstico de los indicadores del sistema de transporte de pasajeros entre Quito y el Cantón Rumiñahui.

Someter el modelo diseñado a escenarios de riesgo y determinar los puntos críticos y límites del sistema con la finalidad de recomendar alternativas para elevar la resiliencia del sistema de movilidad humana y transporte público.



MSc. Ignacio Benavides

Mgtr. Emerson Luis Tarco

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
INDICE DE CONTENIDOS	VIII
INDICE DE FIGURAS.....	XI
INDICE DE TABLAS	XII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACTT	XIV
CAPITULO I.....	1
EL PROBLEMA	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Objetivos de la investigación.....	2
1.2.1. Objetivo general	2
1.2.2. Objetivos específicos.....	2
1.3. Justificación	2
CAPITULO II	4
MARCO REFERENCIAL	4
2.1. Marco Teórico	4
2.1.1. Estructura Urbana.....	4
2.1.2. Gestión de Riesgos	5
2.1.3. Tipos De Riesgo.	6
2.1.4. Sistema De Transporte y Vialidad.....	9

2.1.5. Resiliencia	15
2.1.6. Indicadores	30
CAPITULO III.....	33
MARCO METODOLÓGICO	33
3.1. Descripción Del Área De Estudio.....	33
3.2. Enfoque y tipo de Investigación	34
3.3. Tipos de investigación	34
3.4. Métodos	34
CAPITULO I.....	37
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1. Diseño Del Modelo De Indicadores	37
4.1.2. Análisis De Los Indicadores De Resiliencia En El Transporte Y Movilidad Humana	39
4.1.3. Movilidad	46
4.1.4. Rutas de transporte del Cantón Rumiñahui	46
4.1.5. Número de usuarios del sistema de transporte. -.....	46
4.1.6. Desarrollo de escenarios para la evaluación de los indicadores propuestos ..	49
4.1.7. Discusión de Resultados.....	59
CAPITULO V	61
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	61
5.1. Conclusiones.....	61
5.2. Recomendaciones	61
BIBLIOGRAFÍA	63

ANEXOS	66
ANEXO I. VÍAS - RUTAS -RECORRIDOS -FLOTA VEHICULAR.....	66

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa Territorial.....	4
Figura 2 Fallas y Pliegues Pichincha	7
Figura 3 Distancia Volcán Cotopaxi – Cantón Rumiñahui.....	8
Figura 4 Amenaza de lahares	9
Figura 5 Vías principales del Cantón Rumiñahui	11
Figura 6 Vías afectadas por lahares.....	14
Figura 7 Curva de cambio ante un evento.....	21
Figura 8 Gestión de riesgos y desastres	31
Figura 9 Localización Cantón Rumiñahui	33
Figura 10 Modelo de indicadores.....	37
Figura 11 Componentes del sistema de transporte del Cantón Rumiñahui	39
Figura 12 Red Vial Cantón Rumiñahui.....	40
Figura 13 Zona de riesgo 1.....	52
Figura 14 Zona de riesgo 2	53
Figura 15 Zona de riesgo 3.....	54
Figura 16 Zona de riesgo 4.....	55
Figura 17 Zona de riesgo 5.....	56
Figura 18 Zona de riesgo 6.....	57
Figura 19 Zona de riesgo 7.....	58
Figura 20 Zona de riesgo 8.....	59

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Densidad Poblacional Rumiñahui	4
Tabla 2 Proyección poblacional total	5
Tabla 3 Historial Sísmico	6
Tabla 4 Volumen de tráfico	12
Tabla 5 Tipología vial y su exposición por grado de amenaza	13
Tabla 6 Métricas de resiliencia.....	18
Tabla 7 Estrategias y Acciones	28
Tabla 8 Acciones de Gestión de Riegos y Resiliencia.	29
Tabla 9 Modelo de Indicadores de resiliencia en el transporte del cantón Rumiñahui ...	38
Tabla 10 Vías Arteriales Cantón Rumiñahui.....	41
Tabla 11 Vías Colectoras Cantón Rumiñahui	41
Tabla 12 Vías Expresas Cantón Rumiñahui.....	42
Tabla 13 Operadoras Cantón Rumiñahui	46
Tabla 14 Rutas del Transporte del Cantón Rumiñahui	43
Tabla 15 Carga de Pasajeros al día.....	47
Tabla 16. Carga de pasajero hora pico	47

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSGRADO
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**DISEÑO DE UN MODELO DE INDICADORES PARA EVALUAR LA RESILIENCIA
DEL SISTEMA DE TRANSPORTE Y MOVILIDAD HUMANA EN EL CANTÓN
RUMIÑAHUI ANTE ESCENARIOS DE RIESGO.**

Autor: Emerson Luis Tarco Guzmán

Director: Ing. Ignacio Benavides MSc.

Año: 2026

RESUMEN

La investigación está orientada a identificar las vulnerabilidades y los riesgos, para cuantificarlos y de alguna manera mitigarlos, se diseñó un modelo de indicadores para evaluar la resiliencia del sistema de transporte, el objetivo fue someter al sistema de transporte de personas a escenarios de riesgo y determinar los puntos críticos y límites del sistema con la finalidad de recomendar alternativas para elevar la resiliencia del sistema de movilidad humana y transporte público; por lo tanto, para el análisis se planteó las zonas de riesgo ante una posible erupción del volcán Cotopaxi, siendo la cabecera cantonal Sangolquí la más afectada; para lo cual, el transporte de personas ante este posible escenario de riesgo se planificó y trabajó en base a metas que permitió medir la movilidad en el transporte público con las diferentes cooperativas del GAD Municipal de Rumiñahui y la Agencia Nacional de Tránsito, reduciendo la exposición y la fragilidad con una prestación de servicios para la efectiva evacuación de personas.

Palabras Claves: Resiliencia, Transporte, Gestión, Riesgos, Indicadores

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSGRADO
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**DESIGN OF A MODEL OF INDICATORS TO EVALUATE THE RESILIENCE OF
THE TRANSPORT SYSTEM AND HUMAN MOBILITY IN THE RUMIÑAHUI
CANTON IN THE FACE OF RISK SCENARIOS.**

Author: Emerson Luis Tarco Guzmán

Director: MSc. Ignacio Benavides

ABSTRACT

The research is aimed at identifying vulnerabilities and risks, to quantify them and somehow mitigate them, through the design of a model of indicators to assess the resilience of the transport system for the implementation of prevention and reaction measures; once the magnitude of the risks and the lack of an adequate management model to face the indicated eventuality have been identified.

Vulnerability is a relative measure of the resilience capacity of a community, it is evident that its study will allow the understanding of the current situation of the inhabitants of the Rumiñahui Canton, facing the threats and their different levels of intensity, identified in their environment.

The present investigation constitutes a real contribution for the benefit of the community of the Rumiñahui canton and an input for the management of the authorities of the GAD-Rumiñahui and the cantonal COE, who have to face any contingency in their territory with the resources that they currently have, determining the indicators of resilience in transport such as the different transport networks, transport operation and risk mapping in the Rumiñahui canton

Keywords: Resilience, Transport, Management, Risks, Indicators

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El Ecuador es un país que se encuentra en el Cinturón de Fuego del Pacífico, donde su actividad sísmica es alta, así como su actividad volcánica la cual está compuesta por 27 volcanes activos.

Rumiñahui es un cantón ecuatoriano que limita al norte, al este y el oeste con el Distrito Metropolitano de Quito, mientras que al sur con el cantón Mejía. El cantón Rumiñahui tiene una extensión de 139 km², con una población que bordea los 106.548 habitantes de acuerdo con la proyección generada por el GADMRUM. Tiene un alto nivel de actividad sísmica, y se asienta sobre tierra blanda [1].

Por la posición donde se encuentra, el cantón enfrenta una problemática importante con respecto al transporte, en función de una serie de relaciones complejas, las mismas que se dan, en un entorno de escasa planificación del transporte urbano y rural. El presente análisis incluye una propuesta de un sistema de transporte publico eficiente considerando primero un modelo con un escenario actual y contrastándolo con un escenario de estrés, los resultados se miden por el tiempo de circulación de los flujos de vehículos desde sus diferentes zonas hacia los principales destinos fuera del cantón y a través de su red vial [2].

El objetivo es analizar desde un punto de vista técnico un sistema complejo, el cual no cuenta con un abordaje integral de la relación entre movilidad humana, transporte y resiliencia ante desastres y eventos adversos. El análisis aporta con información para una planificación eficiente de la movilidad del transporte, la logística, proponiendo un conjunto de indicadores que permita evaluar la resiliencia del sistema, identificando los puntos críticos del cantón Rumiñahui [2].

Por lo que se tiene presente que dichos inconvenientes se da por la presencia de varios buses del sistema de transporte en mal estado de acuerdo a investigaciones de la medición del nivel de aceptación del transporte público que no permite brindar un servicio de calidad, por lo que los usuarios han adoptado la idea de adquirir vehículos propios para su traslado complicando la

congestión vehicular sobre todo en horas pico, los cuales se incrementan por la señalización y semaforización mínima, por la insuficientes rutas que tiene el cantón, mientras las que están habilitadas se encuentran en mal estado, imposibilitando del desplazamiento y de la movilidad de su población, lo cual sería catastrófico en caso de la presencia de algún desastre natural [2].

El sistema de transporte y la movilidad humana en el cantón Rumiñahui, genera una demanda insatisfecha de sus pobladores, los cuales no pueden movilizarse de un lugar a otro de manera fácil debido al incremento en el parque automotor, los tiempos de traslados del Cantón Rumiñahui son en un promedio de 1 hora en condiciones normales y de 2 horas en hora pico. Para enfrentar este problema se considera necesario mejorar la planificación, de la movilidad lo cual adicionalmente se espera que aporte en mejorar la calidad de aire y la conectividad [3].

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Diseñar un modelo de indicadores para evaluar la resiliencia del sistema de transporte y movilidad humana en el cantón Rumiñahui ante escenarios de riesgo.

1.2.2. Objetivos específicos

- Diseñar el modelo de indicadores clave del sistema de transporte de pasajeros entre Quito y el cantón Rumiñahui en condiciones normales de movilidad.
- Efectuar un diagnóstico de los indicadores del sistema de transporte de pasajeros entre Quito y el Cantón Rumiñahui.
- Someter el modelo diseñado a escenarios de riesgo y determinar los puntos críticos y límites del sistema con la finalidad de recomendar alternativas para elevar la resiliencia del sistema de movilidad humana y transporte público.

1.3. Justificación

El desarrollo del presente trabajo está enfocado en el diseño de un modelo de indicadores para evaluar la resiliencia del sistema de transporte y movilidad humana en el Cantón Rumiñahui ante escenarios de riesgo.

Para esto se busca determinar la capacidad de resiliencia del cantón ante un escenario de riesgo y que permita planificar un sistema con una mayor capacidad de resistir, absorber, adaptarse,

transformar y recuperarse de manera efectiva de los escenarios de riesgo a lo largo del tiempo. Es importante incluir el análisis de la capacidad de conservación y restauración de sus estructuras a través de la gestión de riesgos: inundaciones, eventos volcánicos, terremotos y deslizamientos de tierras.

El proyecto se justifica porque busca generar indicadores de resiliencia que permitan evaluar el sistema de transporte ante riesgos que pueden presentarse, a partir de su diversidad humana y geográfica, el cual tiene como finalidad aportar a la presencia estratégica de los impactos agudos y tensiones crónicas con los que la ciudad convive, con la finalidad de recomendar alternativas para elevar la resiliencia del sistema de movilidad humana y transporte público del cantón Rumiñahui.

La viabilidad del proyecto se da en función de acceso a la información requerida del cantón en el GAD Municipal de Rumiñahui, así como la existencia de información en el internet, textos, artículos científicos, entre otros.

CAPITULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1. Marco Teórico

2.1.1. Estructura Urbana

Rumiñahui es uno de los ocho cantones que integran la provincia de Pichincha, se encuentra entre los límites: al norte el Distrito Metropolitano de Quito con un límite natural el Río San Pedro y unido a la Autopista General Rumiñahui, Al sur Cantón Mejía y el cerro Paschoa. Al este Distrito Metropolitano de Quito con las parroquias de Alangasi y Pintag con su límite natural el río Pita. Al Oeste Distrito Metropolitano de Quito con las parroquias Amaguaña y Conocoto. La cabecera cantonal del cantón Rumiñahui es la ciudad de Sangolquí, misma que cuenta con tres parroquias urbanas como San Pedro de Taboada, San Rafael y la parroquia matriz Sangolquí y tres parroquias rurales Cotogchoa, Rumipamba y Fajardo como se puede identificar en la figura 1[3].

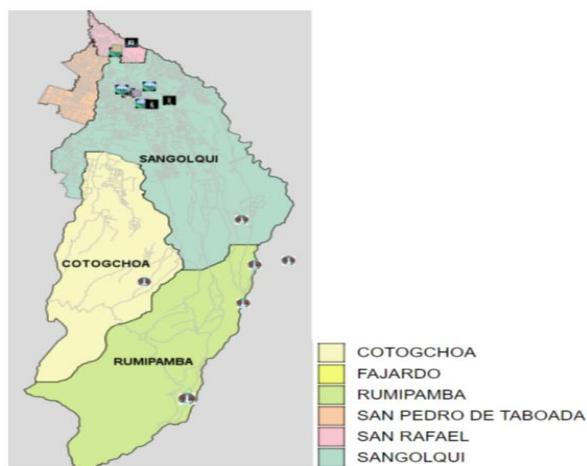


Fig.1:Parroquias del GAD Rumiñahui (GAD Rumiñahui, 2022)

En la figura 1 se detalla que las parroquias que forman parte del cantón Rumiñahui, además tiene un área de $135,91 \text{ Km}^2$, una población total de 85852 habitantes, con un promedio poblacional de $632 \text{ habitantes/Km}^2$ de acuerdo con el último censo poblacional realizado por el INEC en el año 2010 como se detalla en la tabla 1.

Tabla 1: DENSIDAD POBLACIONAL RUMIÑAHUI

Parroquias	Área Km²	Habitantes	Población/Km²
Sangolquí	57,30	81140	1416
Rumipamba	42,06	775	18
Cotogchoa	36,55	3937	108
Total	135,91	85852	1542

Nota: Los datos recopilados del último censo (INEC, 2010)

La proyección poblacional en el cantón Rumiñahui es muy importante para planificar diferentes actividades para el desarrollo, sea a nivel de gobierno o privado bajo una función logarítmica que permite identificar el crecimiento poblacional [4].

En este sentido la planificación territorial permite planificar las demandas futuras y necesidad de las sociedades que requieren servicios de infraestructura, vialidad entre otros, en la tabla 2 se determina la proyección total del cantón hasta el año 2024 en el sector urbano y rural.

Tabla 2: PROYECCIÓN POBLACIONAL TOTAL

Sector	2010	2014	2020	2024
Urbano	75080	87237	102355	128166
Rural	10772	11706	13078	14726
Total	85852	98943	115433	142892

Nota: Proyecciones INEC, 2010

2.1.2. Gestión de Riesgos

El riesgo, o la probabilidad de daños y pérdidas, es un concepto fundamental que supone la existencia de dos factores: amenazas y vulnerabilidades. Probabilidad de consecuencias perjudiciales o pérdidas esperadas (muertes, lesiones, propiedad, medios de subsistencia, interrupción de actividad económica o deterioro del ambiente).

Es por ello por lo que un sistema de gestión de riesgos es un conjunto de decisiones administrativas, de organización y conocimientos operacionales desarrollados por sociedades y comunidades para implementar políticas, estrategias y fortalecer sus capacidades a fin de reducir

el impacto de amenazas naturales y de desastres ambientales y tecnológicos consecuentes. Esto involucra todo tipo de actividades, incluyendo medidas estructurales y no estructurales para evitar (prevención) o limitar (mitigación y preparación) los efectos adversos de los desastres.

La amenaza que se presenta es un factor de riesgo externo de un sujeto o sistema, representado por un peligro latente, asociado con un fenómeno físico de origen natural, tecnológico y provocado por el hombre que puede manifestarse en un sitio específico y en un tiempo determinado produciendo efectos adversos en las personas, bienes y/o medio ambiente. - Vulnerabilidad: Se define como la incapacidad de una comunidad para absorber mediante el auto ajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, es decir su inflexibilidad o incapacidad para adaptarse a ese cambio, que para la comunidad constituye un riesgo. Ser vulnerable a un fenómeno natural es ser susceptible de sufrir daño y tener dificultad de recuperarse de ello [5].

2.1.3. Tipos De Riesgo.

2.1.3.1. Sismos

De acuerdo con el Mapa de Sismicidad Histórica del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN), la provincia de Pichincha y por ende el Cantón Rumiñahui se encuentra en una zona en donde los registros sísmicos han demostrado estar entre los 0 y 7 grados de magnitud Richter. En Rumiñahui y sus alrededores datos de reporte de sismos desde el año 1990 hasta el mes de octubre de 2011, registra nueve eventos importantes mismos que se detallan en la tabla

Tabla 3: Historial Sísmico

Fecha	Latitud	Longitud	Profundidad	Magnitud
17/02/2011	-0,24	-78,50	11,70	3,90
17/02/2011	-0,25	-78,49	14,80	4,10
08/03/2004	-0,25	-78,49	1,90	4,0
10/01/2004	-0,4392	-78,4750	2,4	4,0
24/09/1998	-0,22	-78,45	2,20	4,0
28/02/1994	-0,4709	-78,4402	0,0	4,4

12/05/1992	-0,3754	-78,4838	2,5	4,0
13/04/1992	-0,3905	-78,4917	1,4	4,1
16/07/1990	-0,4575	-78,4283	0,0	4,9

Nota: (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, 2022)

Estos eventos se los puede ubicar (sentido Norte - Sur) desde la latitud $-0,2$ (Conocoto) hasta latitud $-0,4$ (Pasocha) y (sentido Este - Oeste) desde la longitud $-78,5$ (Amaguaña) hasta la longitud $-78,4$ (Conocoto). Los eventos no superan los 4,9 grados de magnitud en la escala de Richter, y no han provocado daños debido a su baja intensidad, sin embargo, sí fueron sentidos por la población. Por otra parte, debido a la cercanía del cantón Rumiñahui a la falla de Quito, como se observa en el mapa de Fallas y Pliegues – Provincia de Pichincha, la probabilidad de liberación de energía sísmica a través de estos elementos naturales (fallas) es también evidentemente alta para la zona como se muestra en la figura 2 [6].

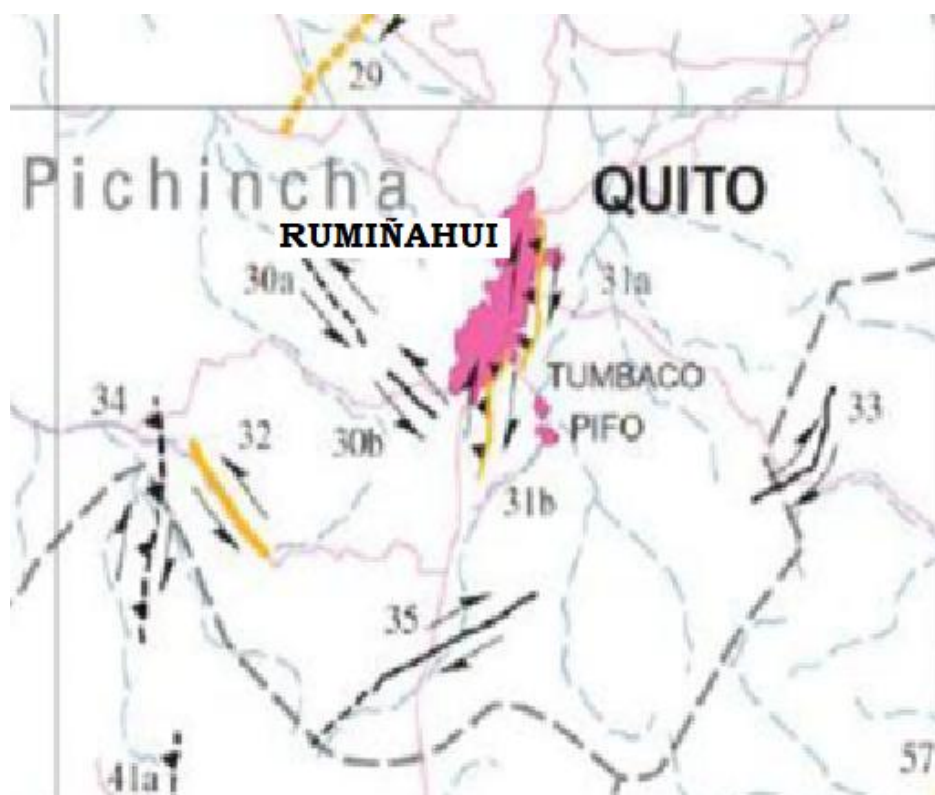


Fig. 2: Falla geológica Pichincha (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional., 2022)

2.1.3.2. Volcanismo

En la figura 3 se observa que el cantón Rumiñahui se encuentra a una distancia de 40 Km. del volcán Cotopaxi y del análisis geográfico se determina que, en caso de erupción o desprendimiento de lahares del volcán, en un tiempo aproximado de una hora, llegarán a la población de Sangolquí, haciendo uso de los cauces de los Ríos Pita y Santa Clara, los mismos que a su paso irán arrasando lo que encuentren.

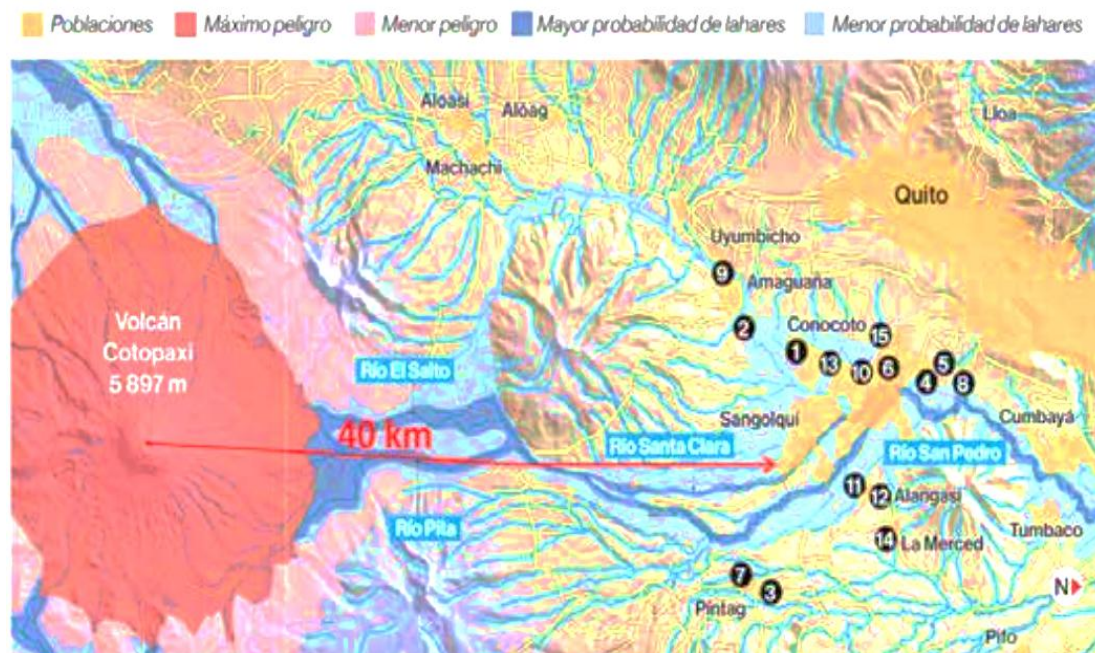


Fig. 3: Distancia volcán Cotopaxi (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional., 2022)

En la figura 3 se detalla el impacto de la actividad del volcán Cotopaxi en los años 1768 y 1877 produjo serios daños debido a los lahares; éstos pueden afectar principalmente a las poblaciones e infraestructura ubicada a lo largo de los ríos Pita, Santa Clara y San Pedro. Los flujos piroclásticos o flujos de lava funden parcialmente la capa de hielo y nieve del Volcán provocando lahares.

Estos lahares pueden tener grandes volúmenes de agua y material y cubrir grandes áreas, afectando a importantes obras de infraestructura y más aún a zonas densamente pobladas a varias decenas de kilómetros de distancia del Volcán. Dentro de las posibles zonas de afectación por lahares y ceniza provenientes del volcán Cotopaxi, se encuentra el GADMUR, específicamente las parroquias de Rumipamba, Sangolquí y San Rafael.

Como se observa en la figura 4 en el mapa de acuerdo con el IG - EPN, los receptores y conductores de lahares son las quebradas de los ríos Pita, Santa Clara y San Pedro; mismas que se ubican a lo largo de las parroquias Rumipamba, Sangolquí y San Rafael, al Este del cantón [7].

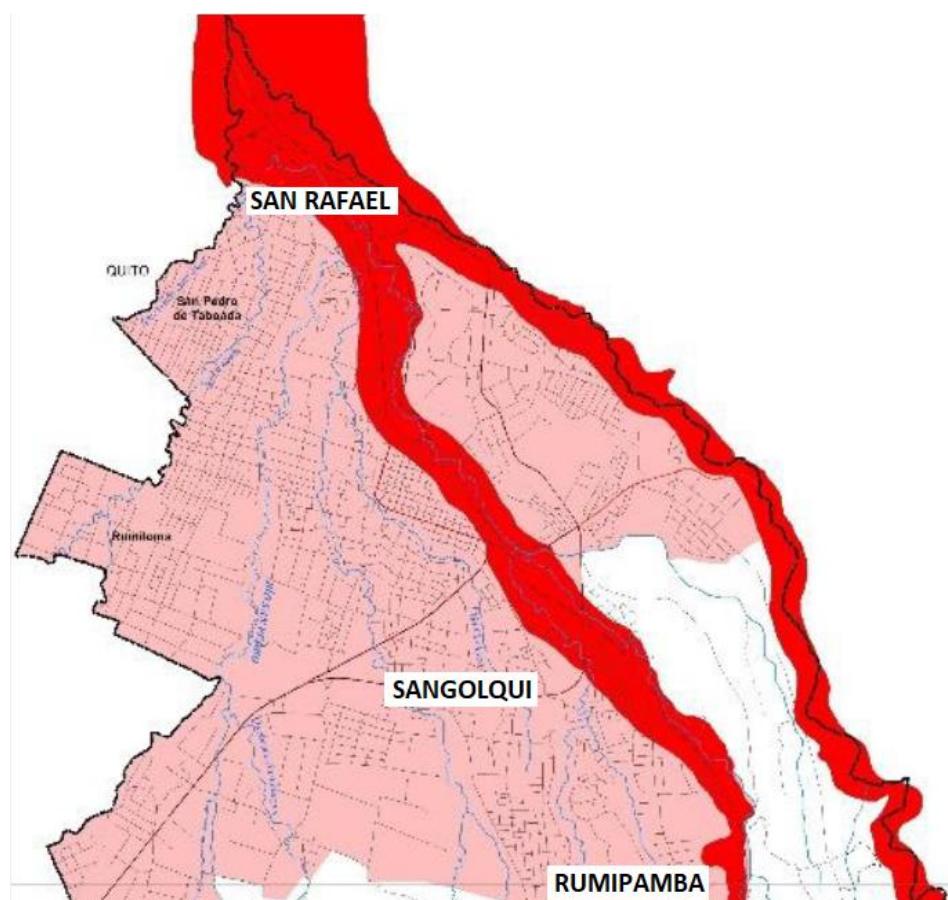


Fig. 4: Amenaza de lahares (GAD Rumiñahui, 2022)

En la figura 4 se analiza la ruta de la erupción del volcán Cotopaxi, debido a la fuerza y velocidad de desplazamiento de lahares y la caída de ceniza, implica uno de los mayores riesgos para el cantón debido a las pérdidas tanto a nivel socioeconómico, ambiental, incluso afectando a cantones vecinos por efectos de las dinámicas sociales existentes y la destrucción de vías fundamentales para el comercio.

2.1.4. Sistema De Transporte y Vialidad

El transporte público en el Cantón Rumiñahui y la interconexión de este con el Distrito

Metropolitano de Quito, se lo realiza por medio de buses convencionales monoblock, organizados en cooperativas y compañías que prestan el servicio en rutas [2].

2.1.4.1. Problemática Sistema Actual.

El modelo vial existente si bien tiene una cobertura del 75% está, distribuido de modo que los flujos de tránsito que son altos se dan por vías de tipo II o calle de una vía como se indica en la figura 5. En particular el circuito de autopistas y vías rápidas está limitado a la existente red Inter cantonal, y que pasa únicamente por la cabecera cantonal [8].

El modelo vial actual genera congestión en el tránsito periférico rápido y limita la movilidad interna. No existen y están definidas áreas con prioridad para el peatón, así como circuitos de mediana velocidad para salida y entrada a estructuras y equipamientos esenciales. La estructura actual no conecta el espacio urbano en sentido longitudinal y transversal, de igual modo genera un cuello de botella en el ingreso de la Autopista General Rumiñahui al centro de zona urbana donde existen 3 cuellos de botella; En la entrada a la zona urbana desde la autopista, en la entrada a la zona urbana desde la E35 Troncal de la Sierra que viene desde Pifo y en la salida de estas dos anteriores. En la fase de propuesta se presenta el modelo vial que pretende mitigar los problemas aquí descritos[8].

En la figura 5 se muestra la red vial de Sangolquí y San Rafael parroquias del cantón que ante una eventual erupción del volcán Cotopaxi se verían afectadas.

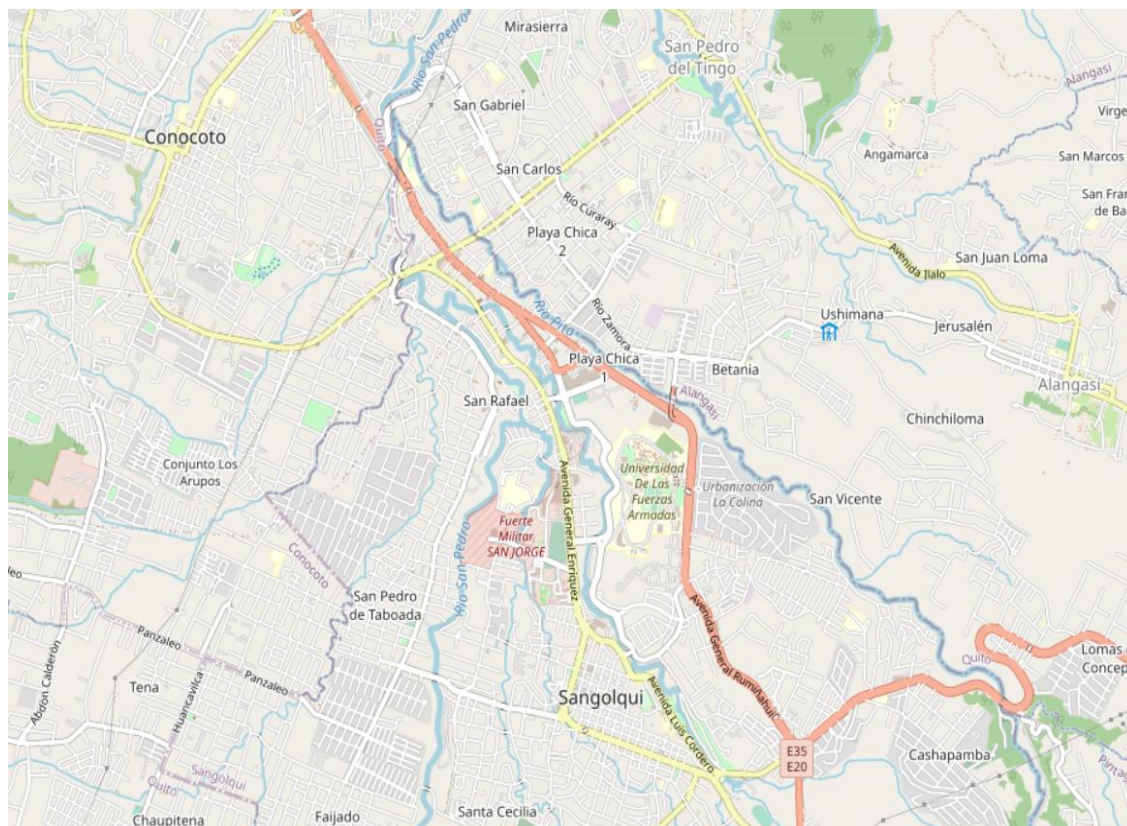


Fig. 5: Las vías principales y secundarias del cantón Rumiñahui (GAD Rumiñahui, 2022)

2.1.4.2. Principales Problemas Del Transporte Público.

El cantón analizado desde su estructura vial es compacto y no posee corredores periféricos y tampoco una estructura vial diferencia por tipologías según tipos de tránsito y su ubicación espacial. En este sentido el transporte no cubre la totalidad del cantón, y en muchas zonas no tiene acceso a zonas pobladas. Si bien la cobertura de transporte se extiende a parroquias no urbanas, el servicio es deficiente y las unidades requieren renovación de acuerdo a lo que nos indica el Reglamento de Ley de Transporte Terrestre Transito y Seguridad Vial. La seguridad vial y de las unidades es baja, así como el tipo de sistema de gestión de la logística del transporte [8].

2.1.4.3. Principales Problemas De La Movilidad.

El trazado, así como estructuras urbanas y sus funciones están emplazados sin un plan articulador, por tanto, no están correctamente vinculadas y el sistema vial es ineficiente. Los problemas fundamentales son en la actualidad 1) Circulación peatonal y vehicular en el sector de San Rafael. 2) Falta enlaces viales rápidos hacia zonas del noroeste del cantón, y para conexión

con la vía intervalles. 3) Circulación peatonal y parqueos Av. Los Shyris [8].

La estructura de vías del cantón está definida por 3 tipos principales de vías. A) Avenidas, B) Calles colectoras y C) Secundarias; distribuidas en una grilla no regular de calles de material suelto o adoquín que cubre el 65% del territorio, una autopista sin un intercambiador o sistema de cambio de tránsito y una red cerrada y sin conexiones internas de calles pavimentadas de 1 o dos vías. Este modelo vía impide un tránsito periférico rápido y limita la movilidad interna. No existen ni están definidas áreas con prioridad para el peatón, así como circuitos de mediana velocidad para salida y entrada a estructuras y equipamientos esenciales.

2.1.4.4. Principal Red Vial Del Cantón.

- Las vías principales que conectan al cantón Rumiñahui con el Cantón Quito, en el sector urbano son:
- La Av. Ilaló que atraviesa al cantón de forma transversal, uniendo Conocoto con el Tingo.
- La Troncal Distrital que atraviesa al Cantón en todo su ancho (Amaguaña – Pifo).
- Calle Panzaleos, que une la Av. Mariana de Jesús con la Troncal Metropolitana.
- La Autopista General Rumiñahui que une el sector del Trébol y atraviesa el Cantón Rumiñahui de forma longitudinal.
- El Boulevard Santa Clara, que une el sector San Rafael con Sangolquí.
- La avenida Gral. Enríquez, que enlaza el sector del Triángulo, el centro de Sangolquí y vía a La Leticia.
- La Av. Mariana de Jesús, que une los sectores de Capelo hasta la calle Pacha.

2.1.4.5. Estructura y Congestión.

El cantón, analizado desde su estructura vial. Es compacto y no posee corredores periféricos y tampoco una estructura vial diferente por tipologías según tipos de tránsito y su ubicación. En este sentido, el transporte no cubre la totalidad del cantón y en muchas zonas no tiene acceso a zonas pobladas. Si bien la cobertura de transporte se extiende a parroquias rurales como se muestra en la tabla 4, el servicio es deficiente y las unidades requieren renovación. La seguridad vial y las unidades es baja. Así como el tipo de sistemas de gestión de la logística de transporte.

Tabla 4: Volumen de tráfico

TRAMO VIAL	AÑO 2011 Trafico promedio diario anual (TPDA)
Quito -San Rafael (EL triángulo)	TPDA> 8000
San Rafael – Redondel EL colibrí	1001<TPDA<3000
Redondel El colibrí - Pifo	1001<TPDA<3000
Redondel El colibrí -Tambillo	3001<TPDA<8000
Quito entrada a Cutuglahua- Tambillo	TPDA> 8000
Tambillo- Partidero a Aloag (Panamerican)	TPDA> 8000
Partidero a Aloag (Panamericana) - Machachi	TPDA> 8000
Límite Con provincia con Cotopaxi	TPDA> 8000

Nota: Tráfico en el Cantón Rumiñahui (GAD Rumiñahui, 2022)

2.1.4.6. Vías de Evacuación

El cantón cuenta con 4 rutas definidas para eventos de evacuación. Estas son:

- Av. General Rumiñahui
- Zona vía principal desde El Triángulo en San Rafael por la autopista hacia Quito.
- Av. Ilaló (antes conocida como vía a Conocoto).
- Av. Ilaló – conexión vía Intervalles.

Exposición de la red de vial a movimientos en masa, en la estructura vial se identificaron tipos viales expuestos a amenaza baja por deslizamientos. Las vías de revestimiento ligero o suelto están en su mayoría en zonas de exposición medio y bajo como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5: Tipología vial y su exposición por grado de amenaza

Tipo	% Total Red Vial	Longitud (M)	Grado De Exposición
Pavimentada o asfaltada dos o más vías.	6.22	31969.39	No aplicable
Puentes	0.04	201.72	No aplicable
Revestimiento ligero o suelto	24.41	125567.64	Grado medio y bajo.
Camino de verano	3.35	17229.36	Grado bajo.

Autopista	0.42	2142.55	No aplicable
Calle tipo	67.88	349139.19	Grado bajo o nulo

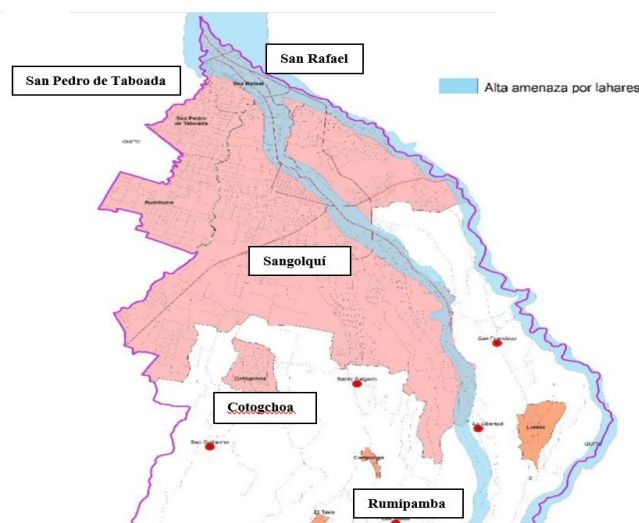
Nota: Tipos de vías del Cantón Rumiñahui (IEE, 2022)

De esta clasificación, las calles que en porcentaje son más del 66% están expuestas a algún tipo de amenaza (bajo o medio) de deslizamientos. Las autopistas y vías de las zonas urbanas tienen exposición nula a deslizamientos. Es importante considerar que, si las amenazas de movimientos y deslizamientos son bajas o nulas, la zona en su totalidad está expuesta a flujos y lahares que provendrían del volcán Cotopaxi, que en caso de erupción afectaría la totalidad de las zonas.

En resumen, la zona está expuesta a amenazas de baja o mediana intensidad, del total aproximadamente un 45% del sistema vial está en zonas donde la exposición es nula. Sin embargo, en las zonas fuera del área urbana la exposición de las vías a movimientos en masa es mayor.

En particular un agravante de las potenciales amenazas al sistema vial es como este se encuentra estructurado. Como se describió antes en el modelo de la estructura vial, es un sistema cerrado con 1 ruta de entrada de alta velocidad y 1 ruta de salida de similares características. Dada la compacidad de la estructura vial y la forma de la grilla, en caso de emergencias la salida, así como entrada de equipos de emergencias puede ser muy difícil, si es que no se presentan colapsos totales de flujos vehiculares [8].

Como se puede apreciar en la figura 6, las principales redes de conexión del cantón se verían gravemente afectadas por los flujos de lodo y lahares provenientes del volcán Cotopaxi. La exposición de las vías es alta sobre todo en la vía principal que conecta con Quito por la Avenida General Rumiñahui, la E35 y la Av. Ilaló.

Fig. 6: Vías afectadas por lahares

Nota: Vías afectadas por lahares del Cantón Rumiñahui (IEE, 2022)

2.1.5. Resiliencia

La humanidad desde el inicio de su historia ha estado sometida a grandes cambios generados por cambios en su vida cotidiana, es así como a desarrollado la habilidad de adaptación al cambio cuando se enfrenta a grandes problemas sean estos sociales, económicos, ambientales, etc. Las ciudades, así como sus pobladores actualmente se enfrentan a riesgos en sus entornos los cuales deben ser previstos para planificar posibles soluciones a corto plazo, y se deben establecer los posibles factores de riesgo, estos determinan los efectos que tendrán el desenvolvimiento de las actividades cotidianas de los mismo.

Así para la resiliencia enfocada en el tema de transporte se podría establecer una definición que abarque este término a la visión que se está planteando: “la resiliencia en el sistema o sistemas de infraestructura o transporte como eficiencia de un sistema para prevenir o anticipar, asimilar, adaptarse y recuperarse a un evento potencialmente disruptivo que afecte primordialmente a los sistemas de transporte para determinar los posibles escenarios que le permitan superar y reducir los impactos sociales o económicos que estos pueden generar”[9].

Ser resiliente no significa que las personas no experimenten estrés, trastornos emocionales y sufrimiento. Algunas personas equiparan la resiliencia con la fortaleza mental, pero demostrar este concepto incluye superar el dolor y el sufrimiento emocional.

2.1.5.1. Etapas De La Resiliencia

Con relación con la ocurrencia de eventos que pueden cambiar la vida normal de los usuarios, la resiliencia está compuesta por cuatro etapas:

- **Preparación.** – Los habitantes de resultan ser parte esencial para superar los eventos emergentes y desarrollar la resiliencia en el transporte y movilidad; en esta etapa los organismos públicos o privados deberían identificar los riesgos, evaluarlos, priorizarlos y monitorear las desviaciones, detectando las posibles alertas tempranas, y generar planes y estrategias para defenderse antes que éstos ocurran[9].
 - **Respuesta.** - En esta etapa se debe controlar la situación, salvar y proteger vidas, apagar los sistemas afectados y prevenir un daño mayor que pueden provocar los eventos emergentes; estas acciones deben ser tomadas lo más rápido posible, una respuesta tardía puede generar costos por daños y retrasos en la movilidad de las personas, esto si enfocamos la resiliencia a los sistemas de transporte[10].
 - **Recuperación.** - La resiliencia es comúnmente medida en términos del tiempo de recuperación luego de haberse presentado algún evento dentro del entorno normal. El objetivo en esta etapa de regresar a la cotidianidad, esto considerando el tiempo perdido y gasto generados, además de las repercusiones psicológicas en los ciudadanos [10].
- El tiempo en esta etapa dependerá, entre otros, de la preparación, el tipo de evento y su impacto en la vida de los ciudadanos.
- **Evolución.** -Aquí las personas han definido una de resiliencia evolutiva, que les permite a las personas generar cambios en diario vivir adaptándose rápidamente a una nueva forma de realizar las cosas, poniendo como ejemplo podemos citar la vida después de la pandemia que se generó en año 2020. En esta etapa se desarrolla una transformación que modifica el equilibrio del sistema de movilidad y personal. [11]

2.1.5.2. La Teoría De La Resiliencia

Las personas enfrentan todo tipo de adversidades en la vida. Hay crisis personales, como la enfermedad, la pérdida de un ser querido, el abuso, la intimidación, la pérdida del trabajo y la inestabilidad financiera. Existe la realidad compartida de eventos trágicos en las noticias, como

ataques terroristas, tiroteos masivos, desastres naturales y, por supuesto, la pandemia de COVID-19. Los seres humanos tienen que aprender a sobrellevar y trabajar a través de experiencias de vida muy desafiantes.

La teoría de la resiliencia se refiere a las ideas que rodean cómo las personas se ven afectadas y se adaptan a cosas como la adversidad, el cambio, la pérdida y el riesgo[11].

La resiliencia no es un rasgo fijo. La flexibilidad, la adaptabilidad y la perseverancia pueden ayudar a las personas a aprovechar su resiliencia al cambiar ciertos pensamientos y comportamientos. Las investigaciones muestran que los estudiantes que creen que tanto las habilidades intelectuales como los atributos sociales pueden desarrollarse y muestran una menor respuesta de estrés ante la adversidad y un mejor desempeño [12].

La resiliencia en términos de transporte puede enfocarse en 4 principios:

1. La probabilidad de eventos disruptivos por causas naturales (clima, terremoto, eventos sociales, etc.) a la que también se le llama “exposición”
2. La vulnerabilidad -también llamada “sensibilidad”- del sistema de transporte a daño severo o interrupciones
3. Las consecuencias de un nivel particular de daño o interrupción, usualmente se refiere como la suma de los costos generados a los organismos de administración local, al sistema y la afectación económica de los usuarios
4. La criticidad o relevancia de la infraestructura o el sistema, en referencia a la utilización y otras medidas que reflejan la importancia de un activo, nodo, red o sistema en términos económicos y sociales más amplios[12].

2.1.5.3. Resiliencia En El Sector Del Transporte

Para determinar el uso del término de la resiliencia en el sistema de transporte primordialmente el de pasajeros, es conveniente reconocer una estructura básica para esta actividad. El sistema de transporte de pasajeros en general tiene tres aspectos importantes que explican las interacciones para el propósito de transportar a los usuarios desde su origen a sus destinos:

- a) La infraestructura del sistema de transporte público
- b) Los usuarios del sistema

c) Los organismos e instituciones involucradas en la movilización de los usuarios.

La resiliencia del sistema de transporte es el resultado de la interacción dinámica entre las entidades organizativas, las empresas usuarias y la infraestructura física. La infraestructura es el elemento físico fundamental del sistema de transporte de pasajeros; comprende las redes que utilizan diversos modos que se interconectan y sobre las cuales se mueven a los usuarios para satisfacer las demandas esta actividad económica[12].

Entender la resiliencia de los sistemas de transporte y definir estrategias para salvaguardar el bienestar ciudadano ante desastres debe ser un objetivo central en la gestión pública de las ciudades.

Aunque se entienda que cada organización debe tener una planificación de transporte con una estructura propia que permita mitigar eventos disruptivos que afecten a los usuarios[13].

Para poder determinar la resiliencia en el transporte se pueden plantear algunos elementos que se detallan en la tabla 6.

Tabla 6: Métricas de resiliencia

Parámetro	Métrica
Robustez	• Horas de congestión
	• Extensión espacial de la congestión
	• Índice de tiempo de viaje
	• Capacidad de repuesto óptima
	• Estado del pavimento
	• Impactos climáticos que pueden ser absorbidos sin interrupción
	• Volumen de congestión
Redundancia	• Distancia a rutas alternativas
	• Porcentaje de corredor con rutas alternas
	• Capacidad disponible en rutas alternas

	• Congestión en rutas alternas • Disponibilidad de rutas alternativas, como la puntuación de conectividad • Alternativas de tránsito • Lotes adyacentes para aparcar y montar • Elementos de servicio de seguridad • Duración promedio del incidente • Disponibilidad de fondos
Elementos de seguridad ciudadana	• Señales de mensajes variables • Estaciones meteorológicas • El uso de rutas alternas. • Proyectos de construcción • Capacidad de mitigación del clima
Tiempo de respuesta	• Tiempo hasta que se reabrió o se restauró por completo para el incidente del 5 por ciento superior • Duración promedio del proyecto de construcción

Hay muchos proyectos que organismos tanto local e internacional para responder ante los problemas que se presentan en la actualidad tanto en nuestras ciudades, así como nuestro país. La ONU busca ayudar a los gobiernos y las empresas a mantener operativas las redes de transporte tanto de pasajeros como de carga, que son los principales elementos en la movilidad del sector productivos de los países, así como de las fronteras con el objetivo de facilitar el flujo de bienes y servicios. El implementará soluciones, estándares, pautas, métricas, herramientas y metodologías de la ONU para ayudar a los países latinoamericanos a desarrollar resiliencia en el transporte, el comercio y la logística, teniendo en cuenta el gran golpe que sufrió de COVID-19 [14].

Para un sistema de transporte, la resiliencia es la capacidad de recuperarse de una interrupción a un nivel operativo similar al anterior a la interrupción de manera oportuna. Cuanto

más prolongado y profundo sea el impacto de la interrupción en las operaciones, menos resistente será un sistema de transporte. Existe una amplia gama de posibles perturbaciones que van desde antropocéntricas a naturales, y locales a globales. Por ejemplo, una perturbación natural local sería una tormenta eléctrica que perjudicaría las operaciones de carreteras y aeropuertos durante unas horas. Dado que las infraestructuras no están dañadas, la recuperación es una simple cuestión de que finalice el evento meteorológico. Mucho más severo sería un huracán que obligara al cierre de puertos, aeropuertos, puentes y sistemas de tránsito durante varios días con daños a la infraestructura, como los sistemas de distribución de energía. En este caso,

La resiliencia y la eficiencia suelen estar en el lado opuesto del espectro, ya que un sistema de transporte eficiente suele ser menos resistente, incluso si cada red de transporte tiene un nivel de resiliencia incorporado. Desde el punto de vista del transporte, una red eficiente se estructura en torno a rutas de alta capacidad con pocos enlaces. Una red resiliente estaría compuesta por más conexiones que permitan el uso de rutas alternativas que permitan descongestionar el tráfico y ayude a la movilidad de las personas en caso de una emergencia sea esta leve o aguda

Desde la perspectiva de la cadena de suministro, la eficiencia se asocia con prácticas ajustadas (justo a tiempo) con niveles de inventario limitados, centros de distribución y algunos proveedores estratégicos. Una cadena de suministro resiliente lleva un nivel más alto de inventario, incluidas reservas de existencias en ubicaciones intermedias y una dependencia de un mayor número de proveedores. Si se interrumpe una parte de la cadena de suministro, se espera que otros segmentos estén disponibles para compensar. Visto de otra manera cuando existe un problema ellos sistemas alteran su proceso normal determinando un cambio brusco en su cotidianidad de ahí, se debe establecer un factor de impacto que este generaría y determinado si los usuarios del sistema de transporte están en capacidad de recuperación en lapsos de tiempo cortos; hasta llegar a tener nuevamente una línea de normalidad similar a la que se tenía antes del evento que genero el cambio[14].

En la figura 7 se puede identificar la curva de cambio ante un evento en condiciones del nivel de operación frente al tiempo de reacción y recuperación ante un evento que permite medir la resiliencia en el transporte en base a los factores expuestos.

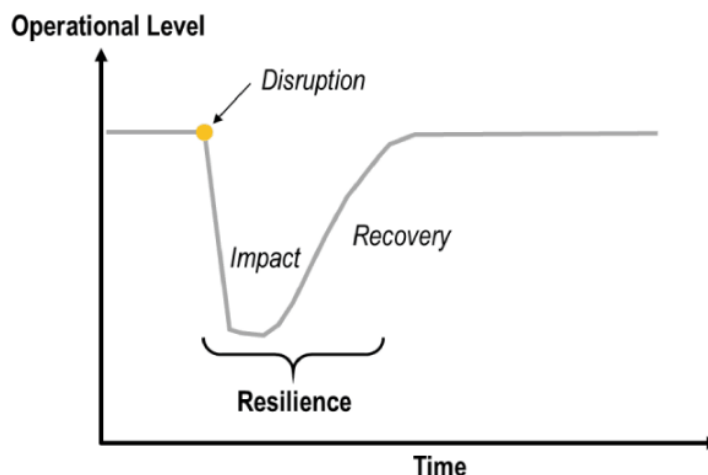


Fig. 7: Curva de cambio ante un evento (Palma-Oliviera, 2017)

En la figura 2.7 el riesgo para los sistemas de transporte y las cadenas de suministro es que los planificadores y operadores priorizan la eficiencia con la expectativa de que las interrupciones sean poco comunes y aleatorias. Se supone que la resiliencia incorporada de una red o cadena de suministro eficiente es suficiente para hacer frente a las interrupciones más anticipadas. El cambio climático aumentaría el riesgo de interrupciones de las infraestructuras de transporte en formas que son difíciles de predecir [14].

- **El transporte y la seguridad**

El transporte a menudo se considera una infraestructura crítica ya que una interrupción en uno de sus componentes puede afectar significativamente el bienestar económico y social de una región o nación. Una forma efectiva de evaluar qué tan crítica es la infraestructura sería considerar los impactos que tendría su eliminación en los flujos y actividades a los que presta servicios. Desde un punto de vista económico, los impactos de los desastres dependen de tres factores:

- 1) La naturaleza y el nivel de incidencia de los desastres
- 2) El nivel de exposición de las poblaciones e infraestructuras
- 3) El nivel de vulnerabilidad de las poblaciones e infraestructuras.

Varios factores tienen un impacto en las amenazas y el nivel de riesgo de desastres en los sistemas de transporte:

- **Mayor movilidad.** - La movilidad de pasajeros (para desplazamientos,

turismo, negocios y migración) y carga ha aumentado a nivel mundial, incluido el cruce de fronteras internacionales. El transporte aéreo y marítimo son particularmente ilustrativos ya que su crecimiento implica más vehículos y carga en circulación. Esta tendencia también se ha visto fortalecida por los acuerdos comerciales y las reducciones de aranceles promovidas por organismos como la Organización Mundial del Comercio. Hay más oportunidades económicas, pero algunos riesgos, como las enfermedades infecciosas, pueden propagarse más rápido y de manera más extensa.

- **Infraestructura e interdependencia económica.** - Las infraestructuras de transporte y energía son particularmente interdependientes, lo que implica que una interrupción en una infraestructura puede extenderse a otras infraestructuras. Esta interdependencia también es económica ya que el comercio se basa en la especialización respectiva. Algunas piezas y componentes son proporcionados por un número limitado de proveedores, que pueden ser propensos a riesgos en caso de interrupciones. En varios sectores, las cadenas de suministro son relativamente rígidas, lo que implica que las opciones de sustitución son limitadas. Lo mismo se aplica a recursos como el petróleo que requieren un suministro continuo con márgenes limitados para adaptarse a grandes interrupciones.

- **Centralización y concentración de la distribución.** - El principio de las economías de escala conduce a menudo a una centralización de las estructuras de red ya una concentración de las actividades económicas. La mayoría de los sistemas de transporte están organizados como redes radiales, particularmente para el transporte aéreo, pero esta característica también prevalece en el transporte marítimo. El comercio global está articulado por importantes puertas de entrada donde unos pocos controlan una gran parte de los flujos comerciales. En el nivel geográfico más básico, los pasajes estratégicos imponen cuellos de botella para la circulación de carga marítima mundial [15] .

- **Urbanización.** - El surgimiento de las grandes ciudades ha llevado a concentraciones agudas de población, un patrón significativamente diferente al de los asentamientos más dispersos que prevalecían en las sociedades rurales. La concentración de la población equivale a una concentración de riesgo. Por lo tanto, cualquier desastre que afecte un área urbana está agravando sus impactos a la par de la densidad de población e

infraestructura[15].

- **Cambio modal** Idealmente, la movilidad de pasajeros o carga debería cambiar hacia modos que tengan una mayor capacidad y resiliencia. Sin embargo, si un sistema de transporte público se cierra debido a un desastre, puede tardar varios días en volver a estar en línea. Mientras tanto, aquellos que buscan viajar al trabajo pueden verse obligados a usar sus automóviles (y viajes compartidos), donde estarían usando el transporte público en circunstancias normales. Esto exacerba la congestión e incluso puede conducir a la escasez de combustible.

Han surgido diferencias geográficas agudas en la mitigación y recuperación de desastres, particularmente entre economías desarrolladas y en desarrollo. Debido a las diferencias en la calidad de la infraestructura, los estándares de construcción más estrictos y la gobernanza eficaz, es probable que un desastre similar que ocurra en una economía en desarrollo tenga más impacto que en una economía desarrollada. Estas diferencias pueden incluso reflejarse a nivel urbano, donde dependiendo de su estructura espacial, las ciudades pueden verse afectadas de manera diferente por un desastre similar [12] .

2.1.5.4. Métodos Para Valorar Resiliencia

Para poder evaluar la resiliencia enfocado en el sistema de transporte se puede establecer en dos pasos que permitan general datos o indicadores que generen información para establecer una toma de decisiones basada en evidencia. El primer paso es la recopilación de datos apropiados sobre:

- Las propiedades de cada variable identificada, es decir, componentes y operaciones del sistema
- Las interdependencias entre las variables
- Las probabilidades e impactos de eventos potenciales con efecto adverso para el sistema.

El segundo paso del proceso de evaluación de la resiliencia de un sistema de transporte es la aplicación de la metodología adecuada. Ya existen varios enfoques metodológicos en la literatura, que, sin embargo, son parciales, cualitativos o semicuantitativos, mientras que algunos de ellos están probados en sistemas de transporte, la dificultad de adoptar un enfoque único e integral para evaluar la resiliencia de un sistema, enfatizan en la necesidad de una retroalimentación

dinámica de la información en este proceso, principalmente debido a las fuertes interacciones entre las variables del sistema (internas) y entre el sistema y el ambiente (externas).

Rapidez: la capacidad de restaurar la funcionalidad de manera oportuna, conteniendo pérdidas y evitando interrupciones[13].

2.1.5.5. Resiliencia a nivel comunitario

La resiliencia comunitaria ahora se considera fundamental para la seguridad sanitaria nacional, y se están desarrollando modelos para desarrollar la resiliencia comunitaria. Los traumas colectivos como los desastres naturales perturban muchos sistemas al mismo tiempo. Los enfoques de resiliencia comunitaria reconocen que los sobrevivientes están conectados y dependen de las estrategias de afrontamiento de los demás, y que la resiliencia del individuo está inextricablemente vinculada a la capacidad de la comunidad para prepararse, responder y adaptarse a condiciones adversas. La recuperación lleva tiempo e incluye muchas transiciones entre estados de recuperación, lo que nuevamente destaca la importancia de considerar cómo se programa y se dirige la provisión de apoyo [13].

En términos más generales, proporcionar recursos para garantizar comunidades o ciudades más seguras con espacios públicos que promuevan el ejercicio, viviendas asequibles, acceso a atención médica, acceso a servicios de movilidad pública y escuelas eficaces puede brindar un marcado impulso a la resiliencia para un gran número de personas que viven en situaciones de pobreza y peligrosas [12]. Las escuelas en particular pueden desempeñar un papel clave en la promoción de la resiliencia. Las escuelas brindan oportunidades para que los niños experimenten desafíos, dominen el fracaso, tengan éxito, aprendan de los modelos a seguir y se beneficien de mentores y relaciones adultas de apoyo a través de interacciones en el aula, deportes, música y programas comunitarios.

2.1.5.6. Política y planificación

Los términos “política” y “planificación” se usan de manera muy vaga y con frecuencia son intercambiables. Sin embargo, sustituir uno por el otro es engañoso. La política y la planificación representan partes separadas de un proceso general de intervención. Hay circunstancias en las que la política se puede desarrollar sin ninguna implicación directa en la planificación, y la planificación se lleva a cabo con frecuencia fuera de cualquier contexto político directo. Sin

embargo, no se dispone de definiciones precisas y se sugiere lo siguiente:

- La política de transporte se ocupa del desarrollo de un conjunto de constructos y proposiciones que se establecen para lograr objetivos específicos relacionados con las condiciones sociales, económicas y ambientales, y el funcionamiento y desempeño del sistema de transporte.
- La planificación del transporte se ocupa de la preparación e implementación de acciones diseñadas para abordar problemas específicos.

El objetivo de la política de transporte es tomar decisiones efectivas sobre la asignación de recursos de transporte, incluida la gestión y regulación de las actividades de transporte existentes. Por lo tanto, la política de transporte puede ser simultáneamente un esfuerzo público y privado. Aun así, los gobiernos son a menudo los más involucrados en el proceso de políticas, ya que poseen o administran muchos componentes del sistema de transporte y tienen niveles de jurisdicción sobre todos los modos de transporte existentes. Los gobiernos también perciben a menudo que es su función administrar los sistemas de transporte debido al servicio público esencial que brindan, además de imponer un marco regulatorio [16].

La política pública es el medio por el cual los gobiernos intentan reconciliar las metas y aspiraciones sociales, políticas, económicas y ambientales con la realidad. Estos objetivos y expectativas cambian a medida que evoluciona la sociedad y, por lo tanto, una característica de la política es su forma y carácter cambiantes. La política tiende a ser dinámica y evolutiva.

Una distinción importante entre la planificación y la política es que esta última tiene una relación mucho más estrecha con la legislación. Las políticas se incorporan con frecuencia, aunque no exclusivamente, en leyes y otros instrumentos legales que sirven como marco para desarrollar intervenciones de planificación. La planificación no implica necesariamente una acción legislativa y se centra más en los medios para lograr un objetivo particular, a menudo dentro del marco regulatorio existente [16].

2.1.5.6.1. Instrumentos de política enfocados en el transporte

Los gobiernos tienen a su disposición un gran número de instrumentos para llevar a cabo la política de transporte. Algunas son directas, como la propiedad pública, pero la mayoría son indirectas, como las normas de seguridad. Los más comunes son:

- a) **Un instrumento vital se refiere a la propiedad pública.** - El control directo por parte del

estado de la infraestructura, modos o terminales de transporte está muy extendido. La más común es la provisión por parte de organismos públicos de infraestructura de transporte, como carreteras, puertos, aeropuertos y canales.

b) **Los subsidios.** - Representan un instrumento importante que se utiliza para alcanzar objetivos de política. Muchos modos y servicios de transporte son intensivos en capital y, por lo tanto, las políticas que buscan promover servicios o infraestructura que el sector privado no quiere o no puede proporcionar pueden ser comercialmente viables con la ayuda de subsidios. La mayoría de los sistemas de transporte público están subsidiados para brindar movilidad, ya que la recuperación total de los costos haría que las tarifas fueran inasequibles para los segmentos más pobres de la población. Tanto la propiedad pública como los subsidios representan instrumentos que requieren la participación financiera de los gobiernos. La generación de ingresos se está convirtiendo en un instrumento cada vez más importante en la política de transporte.

c) **El control regulatorio.** - Representa un medio para influir en la forma de transporte que se emplea ampliamente. Al establecer agencias públicas para supervisar secciones particulares de la industria del transporte, los gobiernos pueden influir en todo el carácter y desempeño de la industria. Las agencias pueden ejercer control de entrada y salida, controlando qué empresas pueden ofrecer servicios de transporte, a qué precios, a qué mercados. Las regulaciones ambientales también son factores importantes que dan forma a la provisión, construcción, mantenimiento y operación de infraestructuras de transporte.

d) **Las reglamentaciones laborales.** - Relacionadas a las condiciones de empleo, capacitación y certificación no pueden estar destinadas deliberadamente a influir en el transporte. Aún así, como política, pueden ejercer un efecto significativo en la industria ya que tiene un impacto en sus costos operativos.

e) **Las normas de seguridad y funcionamiento.** - Como los límites de velocidad, pueden tener un efecto similar. Las restricciones para limitar el número de horas que un conductor de camión, autobuses o taxis puede trabajar pueden instituirse por razones de seguridad y para mejorar las condiciones de trabajo de los conductores. Los límites de velocidad ayudan a fijar la distancia de los viajes diarios que un conductor puede realizar, dando forma así a la estructura de tarifas de la industria del transporte por carretera [12].

Un problema común relacionado con los instrumentos de política es que pueden tener

consecuencias no deseadas, especialmente si son indirectas. Por ejemplo, los impuestos y los subsidios podrían influir en un modo en beneficio de otros, incluso si son más eficientes y sobre todo enfocados de mejor manera a los sectores de transporte que benefician tanto a los usuarios, así como a las empresas privadas o públicas, brindando así un servicio que pueda enmarcarse en los estándares de calidad que los habitantes de las ciudades de nuestro país merecen (Rodrigue, 2020).

La revisión de políticas e intervenciones regionales, nacionales e internacionales para promover la resiliencia individual está más allá del alcance de esta perspectiva. Dicho esto, se cree que se necesita una reforma de la política dirigida a aumentar el acceso de las personas y las familias a los servicios individuales y comunitarios de calidad. Los modelos de salud pública indican que las intervenciones pueden ser universales, es decir, para todos los niños, que son grupos de mayor vulnerabilidad y aquellos con mayor riesgo.

En el año 2017 se presentó un proyecto, “Quito Resiliente” que presenta la necesidad de desarrollar actividades que respondan principalmente a los impactos agudos tanto en movilidad y tensiones sociales que la ciudad está sufriendo en los últimos años, sin contar con el alto riesgo que sufre ante desastres naturales. Se puede establecer la vulnerabilidad estructural, otras características, como su diversidad cultural y biológica, dan la pauta de la capacidad que tiene el distrito metropolitano a la adaptación a cambios a través de su historia. Plantear una estrategia de resiliencia se plantea en un momento de transformación del Distrito Metropolitano de Quito, en términos de movilidad pública y el desarrollo urbano que cada vez se expande más por el aumento demográfico que está experimentando en los últimos años. Uno de los planes para generar un plan de movilidad es la construcción de la primera línea de metro, que tiene como visión mejorar el tiempo de transporte de los habitantes [17].

Es así como el Distrito Metropolitano de Quito fue seleccionado para formar parte de la iniciativa 100 Ciudades Resilientes (100RC), que es un proyecto que pretende mejorar las condiciones de resiliencia urbana. Con esto se pretende realizar una planificación de proyectos bajo una visión de resiliencia tomando en cuenta los lineamientos generales del gobierno local.

Una de las primeras acciones que tenía el proyecto 100 RC, es poder evaluar preliminarmente la resistencia a partir de una serie de elementos que prevén un proceso participativo que se establecieron bajo mesas de trabajo, la realización encuestas y entrevistas para

determinar los impactos agudos y crónicos más relevantes que se tiene en la ciudad. Estos valores se caracterizaron y definieron la problemática a partir de esta estrategia, esto fue posible gracias a las administraciones locales con ayuda de la academia, la sociedad civil y el sector público privado.

En una fase número 2, se identificaron aspectos en el campo del trabajo de infraestructura que la ciudad necesita fortalecer en función de la resiliencia urbana. El proceso se alimentó de

acciones planificadas por la municipalidad y la participación de las buenas prácticas que se determinaron en otras ciudades que son partícipes dentro del proyecto 100 RC[17].

Esto ha sido un punto de partida que se ha planteado dentro de una política pública dentro del Distrito Metropolitano de Quito y que puede ser aplicable a cualquier ciudad, que desee proponer un modelo de resiliencia como estrategia para mejorar la movilidad dentro del transporte público, así como la movilidad humana. Así se desea desarrollar un modelo de evaluación en la resiliencia del cantón Rumiñahui, para establecer indicadores que puedan implementados para medir los factores propuestos.

Se llegaron a plantear estrategias y acciones que vayan en función de la resiliencia las cuales vamos a especificar en la tabla 7:

Tabla 7: Estrategias y Acciones

Estrategia	Definición
Ciudadanía Empoderada e Inclusiva	Este eje apunta a fortalecer las capacidades institucionales y comunitarias para robustecer los procesos participativos y proveer mecanismos claros y efectivos que se vean reflejados en el espacio público.
Ambiente Sostenible Y Robusto	El eje ambiental propone desarrollar mecanismos eficientes y participativos de administración, generar conciencia ambiental e involucramiento de la ciudadanía, y aprovechar los beneficios de la naturaleza para solucionar problemáticas urbanas.

Ciudad Compacta e Integrada	Este tercer eje plantea controlar la expansión de la mancha urbana, maximizar el impacto positivo de la construcción del Metro de Quito, y constituir un sistema de movilidad integrado y eficiente que propicie la movilidad activa
Economía Sólida y Recursiva	Este cuarto eje plantea generar un entorno económico propicio para fortalecer la oferta y la demanda laboral, con un enfoque en los jóvenes; propiciar una economía diversa, sostenible e innovadora; e impulsar la economía alimentaria como eje de desarrollo.
Territorio Seguro y Reflexivo	Este quinto eje plantea evitar la creación de nuevo riesgo, mitigar el riesgo existente y preparar a la ciudad para enfrentar las amenazas naturales y antrópicas latentes

Nota: Estrategias y acciones para medir resiliencia (Emilia Carrera, 2017)

Acciones de Gestión de Riesgos y Resiliencia

A continuación, en la tabla 8 se diseña el modelo que se debe seguir para poder gestionar los riesgos y su resiliencia cuando se desee evaluar el desempeño de este.

Tabla 8: Acciones de Gestión de Riesgos y Resiliencia.

N° de Actividad	Actividad
1. Nivel de Aceptación.	Establecer si el nivel de riesgo/resiliencia es aceptable
2. Diseño	Diseñar contramedidas potenciales y opciones de mitigación de consecuencias que reduzcan el riesgo y/o mejoren la resiliencia.
3. Costos	Estimar los costos de inversión y operación de cada opción.

4. Reestimación	Vuelva a estimar las consecuencias, la probabilidad de amenaza y/o la vulnerabilidad, lo que se vea afectado por la opción.
5. Beneficios	Vuelva a calcular el riesgo y la resiliencia, dada la opción, y réstelos del riesgo sin la opción (la opción de referencia de "no hacer nada") para definir el beneficio de la opción.
6. Combinaciones	Combine las opciones que afectan múltiples pares de activos/amenazas, por ejemplo, si una valla más alta cambia la vulnerabilidad de un ataque de un agresor, puede hacer lo mismo para dos o cuatro. Agregue los beneficios de los activos/pares para obtener el beneficio total de la opción.
7. Métricas clave	Calcular los beneficios netos (menos costos) – valor – y la relación beneficio/costo – eficiencia – de la opción
8. Clasificar y seleccionar	Seleccione las opciones que tengan los mayores beneficios netos y/o relaciones beneficio/costo y las vidas salvadas y las lesiones evitadas, considerando tanto el riesgo como la resiliencia hasta que los recursos estén totalmente comprometidos (menos cualquier cantidad reservada).
9. Administrar	Gestione la implementación y el funcionamiento de las opciones seleccionadas, evalúe su eficacia y realice correcciones a mitad de camino para lograr la máxima eficacia.
10. Reciclar	Repita el ciclo de análisis de riesgos periódicamente o según sea necesario dada la inteligencia o las circunstancias cambiantes, por ejemplo, nuevas tecnologías, nuevas instalaciones.

Nota: Acciones del sistema de gestión de riesgos (Palma-Oliviera, 2017).

2.1.6. Indicadores

La medición del desempeño es el uso de evidencia estadística para determinar el progreso

hacia determinados objetivos organizacionales específicos. En una industria de servicios como el transporte, el proceso de medición de desempeño comienza con la definición precisa de los servicios que las organizaciones que los prestan prometen cumplir. De esta manera, las mediciones de desempeño deberían reflejar la satisfacción del usuario del servicio de transporte, visto desde las empresas que realizan la contratación.

Los registros y la información recolectada les permitirán a los gerentes y usuarios de los servicios de transporte, determinar su grado de satisfacción y tomar decisiones sobre el cumplimiento de los servicios que se han pactado. Por lo tanto, un sistema de medición del desempeño debe convertirse en un sistema de gerencia que le permita a la organización clarificar su misión, visión, valores y estrategia y convertirlas en acción a través de indicadores que puedan ser comparados con patrones establecidos por la misma empresa. Igualmente, les proveerá retroalimentación alrededor de procesos internos y resultados externos del negocio, con el propósito de mejorar continuamente los resultados y el desempeño estratégico [18].

2.1.6.1. Sistemas Dinámicos y Complejos

Los indicadores dentro de los distintos sistemas se determinan por dinámicos y complejos en los cuales se puede medir de acuerdo con:

- Descripción secuencial de un proceso continuo y complejo
- Segmentación y aplanamiento el proceso en un ciclo simplificado
- Identificación y descripción de componentes secuenciados en el ciclo
- Análisis de componentes secuenciados para construir indicadores en cada uno de éstos

En la figura 2.8 se detalla el ciclo de gestión de riesgo y desastres que se debe tomar en cuenta para medir la resiliencia en el transporte.



Fig. 8: Gestión de desastres

Nota: Ciclo de gestión de riesgo (CEPAL, 2019)

Los criterios de elegibilidad de indicadores definitivos dentro de la resiliencia en el transporte ante riesgos y desastres son:

- Pertinencia - relevancia
- Robustez
- Calidad de la información
- Viabilidad
- Simpleza
- Claridad
- Seguridad en la direccionalidad
- Relevancia según meta u objetivo de política
- Completitud y consistencia interna hoja metodológica

Ningún indicador por sí mismo es capaz de informar sobre la complejidad de los fenómenos ambientales y desastres; pero cada indicador selecto debe aportar valor suficiente para justificar su lugar en el conjunto [18].

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Descripción Del Área De Estudio

En la investigación se analizó el diseño de indicadores para medir la resiliencia en el transporte en el cantón Rumiñahui. Las diferentes rutas de transporte urbano, Inter parroquial, cantonal e intra cantonal con el resto de la ciudad de Quito, siendo estas accesibles con el cantón Rumiñahui, la implementación de los indicadores KPI (Key Performance Indicators) la necesidad de movilidad del transporte de movilidad humana ante factores de riesgo como la posible erupción del volcán Cotopaxi como se observa en la figura 9.

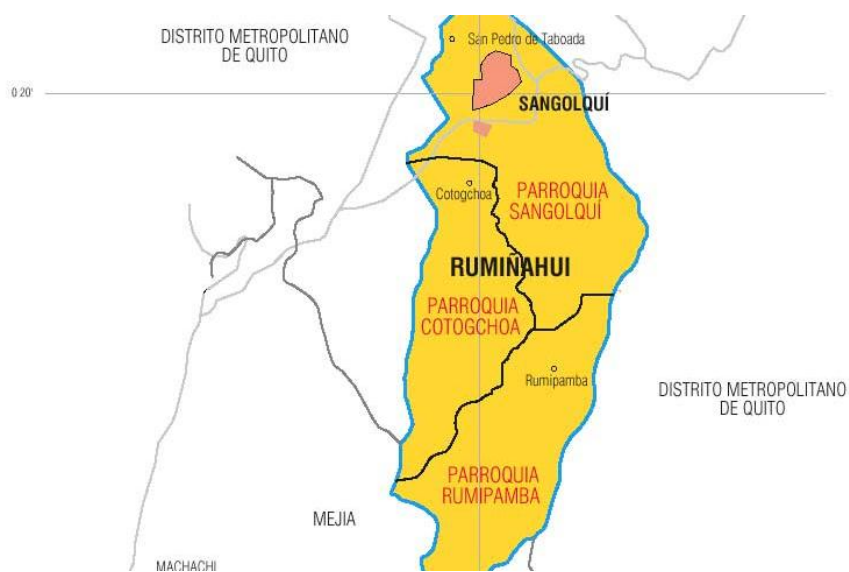


Fig. 9: Localización Cantón Rumiñahui

3.2. Situaciones de riesgo

El cantón Rumiñahui presenta una vulnerabilidad crítica ante amenazas naturales, destacando principalmente el riesgo volcánico vinculado al Cotopaxi, donde el descenso de lahares por las cuencas de los ríos Pita, Santa Clara y San Pedro representa la mayor amenaza para sectores estratégicos como San Rafael, El Triángulo y Playa Chica. Esta situación se ve agravada por riesgos hidrometeorológicos, ya que durante la época invernal estos mismos cauces son propensos a inundaciones y desbordamientos que afectan la infraestructura vial y urbana en zonas bajas como Sangolquí y Rumipamba. En conjunto, ambos riesgos exigen una vigilancia constante de los niveles de los ríos y el conocimiento riguroso de las rutas de evacuación, dado que la red hídrica del cantón actúa como el principal canal de propagación para ambos tipos de eventos adversos.

3.3. Tipos de investigación

Investigación bibliográfica: Tiene base bibliográfica de información de libros, tesis y revistas especializadas en temas de resiliencia y factores de movilidad humana, también se obtuvo como referencia los procedimientos para creación de indicadores de acción y planes de contingencia.

Investigación exploratoria: La investigación busco información del contexto actual de datos técnicos de población, transporte, vialidad y planes de acción.

3.4. Métodos

El método llevado a cabo en este estudio fue basado en una investigación de campo que permitió obtener datos técnicos respecto al número de cooperativas de transporte que brindan el servicio en el cantón Rumiñahui, las rutas que cubren, el tiempo y distancia que recorren cada operadora además se estudia la estructura del sitio como: limitaciones del cantón, redes viales, concentración de personas, análisis estructural de mayor riesgo.

Obteniendo esta información mediante una investigación exploratoria y documental se diseñan indicadores de resiliencia en el transporte que se determinaron en base a escenarios de riesgos naturales como es la posible erupción del volcán Cotopaxi, tomando en cuenta las diferentes zonas de riesgo, zonas seguras, vías de evacuación y el sistema de gestión de riesgo.

Finalmente, mediante una investigación descriptiva se determinó las zonas de riesgo obteniendo así sitios considerados de bajo y alto riesgo.

3.5. Población

El Cantón Rumiñahui, situado en la provincia de Pichincha, Ecuador, se localiza al sur-este, en el fértil Valle de Los Chillos, con su cabecera cantonal en Sangolquí, declarada Patrimonio Cultural de la Nación. Oficialmente cantonizado el 31 de mayo de 1938, este territorio alberga una población total de 107.904 habitantes según el Censo de 2022, distribuidos en sus parroquias urbanas (Sangolquí, San Pedro de Taboada y San Rafael) y rurales (Cotogchoa y Rumipamba). Su altitud varía significativamente, desde los 2.500 metros sobre el nivel del mar en el valle hasta los 4.610 metros en el Volcán Rumiñahui, y goza de una conexión directa con la capital, Quito, mediante la Autopista Gral. Rumiñahui.

3.5.1 *Calculo del tamaño de la muestra*

En estadística, cuando la población supera los 100,000 elementos, el impacto del tamaño total de la población en la fórmula se vuelve mínimo. En esos casos, se utiliza la fórmula para poblaciones infinitas, la cual es mucho más simplificada.

La Ecuación de Población Infinita descrita es la fórmula que se aplica para el cálculo de la muestra en el cantón Rumiñahui:

$$n = \frac{z^2 \cdot p \cdot q}{e^2}$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra

z: Nivel de confianza 95% 1.96

p: Probabilidad de éxito 50% (0.5)

q: Probabilidad de Fracaso 50% (0.5)

e: Margen de error 5% (0.05)

3.6. Parque Automotor

El parque automotor en el cantón Rumiñahui ha experimentado un crecimiento sostenido, alcanzando una cifra estimada de entre 45,000 y 50,000 vehículos matriculados. De este total, la gran mayoría corresponde a vehículos livianos (automóviles, SUV y camionetas), que representan aproximadamente el 85% del inventario vehicular. Este grupo es el motor principal de la movilidad local, impulsado por la expansión residencial de zonas como Sangolquí y la estrecha conexión

laboral con el Distrito Metropolitano de Quito.

Por otro lado, los vehículos pesados, que incluyen buses y camiones de carga, conforman cerca del 15% del parque automotor, cumpliendo un rol crítico en el abastecimiento comercial y el transporte público del cantón. El porcentaje restante lo integran principalmente las motocicletas, un segmento que ha ganado terreno rápidamente debido al auge de los servicios de entrega. Estos datos reflejan una alta densidad vehicular para la extensión del cantón, lo que genera una demanda constante de servicios de revisión técnica y gestión de tráfico en la localidad.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diseño Del Modelo De Indicadores

El diseño del modelo de indicadores ante un evento se genera mediante la revisión del estado del arte respecto al transporte y movilidad humana en el cantón Rumiñahui para establecer el sistema metodológico utilizando diferentes herramientas, procesos y métodos para el desarrollo de la investigación como se detalla en la figura 10.



Fig. 10: Modelo de Indicadores

El diseño del modelo de indicadores planteados que determinan la resiliencia en el transporte permite analizar los factores de movilidad, exposición y fragilidad, respuesta ante riesgos que se presentan ante posibles eventualidades con la erupción del volcán Cotopaxi y son los que se muestra en la tabla 9.

Tabla 9: Modelo de Indicadores de resiliencia en el transporte del cantón Rumiñahui

META	INDICADOR	DEFINICIÓN
MOVILIDAD	Redes de transporte diversas	Redes de transporte diversas e integradas, que proporcionen flexibilidad y viajes accesibles por el cantón Rumiñahui antes y posterior a un desastre natural.
	Efectiva operación del transporte	Existencia de una gestión efectiva de las redes de transporte de la ciudad, que otorgue la operación antes y posterior a un desastre natural.
	Comunicación y tecnología confiables	Sistemas de comunicación efectivos confiables y accesibles para todos en caso de emergencias.
	Redes de tecnología seguras	Mecanismos efectivos y robustos encargados de proteger la información y los sistemas de tecnología operacional de los que depende el transporte
REDUCCIÓN DE LA EXPOSICIÓN Y FRAGILIDAD	Mapeo amplio de exposición a riesgos	Sistemas para determinar vulnerabilidad del transporte frente a riesgos
	Códigos, estándares y ejecución apropiados	Existencia y aplicación de códigos de construcción e infraestructura y normas prospectivas, apropiados al contexto local y a los perfiles de riesgo
	Infraestructura de protección robusta	Red de infraestructura de protección robusta, integrada y con visión de futuro, encargada de reducir la vulnerabilidad y la exposición de ciudadanos y activos críticos.
	Infraestructura flexible	Existencia de infraestructura y medios alternos de apoyo para el abastecimiento de servicios básicos, apropiadamente planificados.
PRESTACIÓN EFECTIVA DE SERVICIOS CRÍTICOS	Capacidad de sobra retenida	La demanda de infraestructura básica se minimiza mediante el uso inteligente y flexible de recursos clave.

	Mantenimiento y continuidad diligente	Monitoreo completo, mantenimiento y renovación de la infraestructura de uso esencial, con efectiva planificación de contingencias.
	Adecuada continuidad para los activos y servicios	Existencia de planes de continuidad, ingeniosos y flexibles, que ayuden a mantener en funcionamiento los servicios básicos durante situaciones de emergencia
SALVAGUARDAS EFECTIVAS PARA LA SALUD HUMANA Y LA VIDA	Servicios efectivos de respuesta a emergencias	Servicios de respuesta de emergencia con recursos adecuados

Nota: Modelo de indicadores para medir resiliencia en el transporte

4.1.2. Análisis De Los Indicadores De Resiliencia En El Transporte Y Movilidad Humana

4.1.2.1. Estructura del transporte en el Cantón Rumiñahui

En el caso de los sistemas de transporte enfocados en el cantón, se puede determinar la complejidad que se genera debido a las interdependencias entre los componentes que forman parte de la estructura de transporte que puede ser muy significativa según el tamaño y el grado de multimodalidad en el transporte de pasajeros. Estas interdependencias deben ser identificables y manejables de manera óptima por equipos interdisciplinarios que tengan un conocimiento profundo de la estructura y operaciones de los sistemas de transporte del cantón Rumiñahui como se detalla en la figura 11.

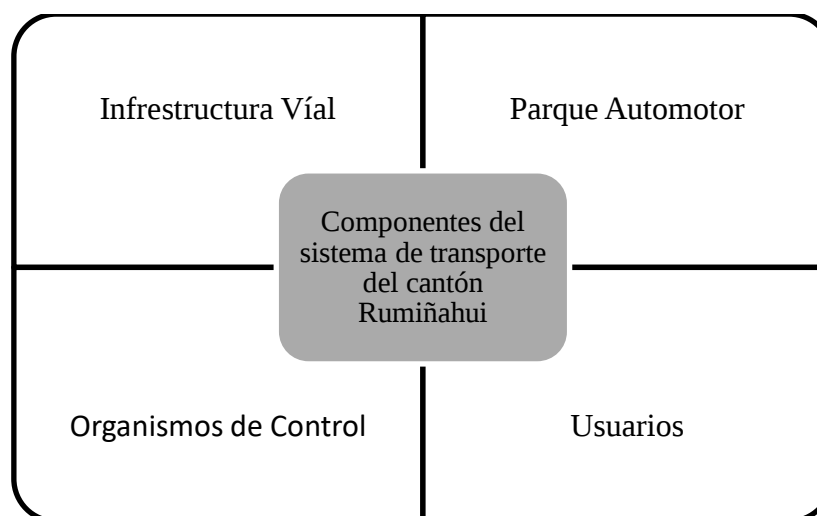


Fig. 11: Componentes del sistema de transporte del Cantón Rumiñahui

Dentro de los primeros indicadores que se plantea para la medición de la resiliencia son los que constan como los componentes físicos del transporte:

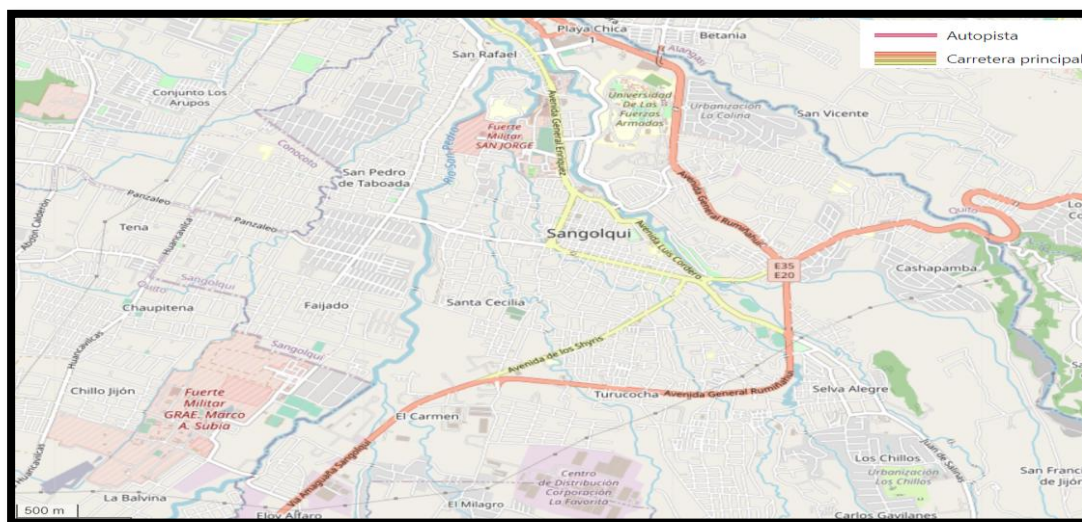
- Análisis de la estructura vial del cantón
- Número de usuarios del sistema de transporte
- Empresa de transporte público
- Elementos de los organismos de control

4.1.2. Análisis De La Red Vial

Los habitantes del cantón Rumiñahui es un factor esencial para superar los eventos emergentes y desarrollar la resiliencia en el transporte y movilidad; en esta etapa los organismos públicos o privados deben identificar los riesgos, evaluarlos, priorizarlos y monitorear las desviaciones, detectando las posibles alertas tempranas, y generar planes y estrategias para defenderse antes que éstos ocurra, por ejemplo las personas dentro de redes y relaciones organizacionales preexistentes pueden preparar y organizar soluciones como servicios de emergencia y de apoyo continuo, movilizarse rápidamente cuando ocurre un desastre.

La red vial en el cantón se constituye por vías arteriales, vías colectoras y vías expresas como se muestra en la figura 12.

Fig. 12: Red Vial Cantón Rumiñahui



Nota: Open Map Street, 2022

4.1.2.1. Vías Arteriales

En la tabla 10 se determina en base a la planificación territorial del GAD Rumiñahui que se cuenta con dos vías arteriales en zonas de riesgo que permiten conectar hacia las redes de transporte público en caso de emergencia ante una posible erupción del volcán Cotopaxi y posterior a la emergencia.

Tabla 10: Vías Arteriales Cantón Rumiñahui

	Tramo	Sector
1	Av. Ilalo	Selva Alegre- Mushuñan
2	Av. Amazonas	Cashapamba

Nota: GAD Rumiñahui, 2022

4.1.2.2. Vías Colectoras

En la tabla 11 se determina las vías colectoras que permiten conectar a vías principales que conducen a la evacuación a zonas seguras y refugios.

Tabla 11: Vías Colectoras Cantón Rumiñahui

	Tramo	Sector
1	Av. Ilalo	Conocoto- Triángulo
2	Calle Isla Genovesa	Playa Chica
3	Calle Isla Isabela	
4	Av. San Luis	
5	Calle Josefina Barba	Capelo
6	Calle los Pinos	San Pedro
7	Calle los Cipreses	
8	Calle Avelina Lasso	
9	Calle Panzaleo	Rumiloma
10	Calle Huancavilca	
11	Calle Cofanes	
12	Calle Chasquis	Yaguachi
13	Calle Venezuela	

14	Calle Yasuni	
15	Calle Mara��n	
16	Calle Sangay	
17	Calle Sucumbios	
18	Calle G	Inchalillo
19	Calle Inés Gangotena	Mushi��an
20	Calle Atahualpa	
21	Calle Carmona	Carlos Gavilanes
22	Calle Río San Marcos	
23	Calle Atuntaqui	Sangolquí
24	Calle Atahualpa	El Choclo
25	Calle Machachi	El Colibrí
26	Calle J	
27	Calle Iritayacun	
28	Calle Matro Zaragozin	Cotogchoa
29	Calle Samborondón	
30	Calle Esmeraldita	
31	Calle Antonio Tandazo	Cashapamba
32	Calle Gualaceo	

Nota: Vías colectoras (GAD Rumiñahui, 2022)

4.1.2.3. Vías Expresas

En la tabla 12 se expone las Avenidas principales de los sectores que se pueden afectar en caso de una posible erupción del volcán Cotopaxi con los sectores que se verían afectados para con ellos determinar las rutas de evacuación a sitios seguros.

Tabla 12: Vías Expresas Cantón Rumiñahui

	Tramo	Sector
1	Av. Ilaló	Tingo – Vía Intervalles
2	Av. Amazonas	Playa Chica
3	Av. San Luis	San Rafael
4	Av. General Rumiñahui	El Colibrí, ESPE, La Colina

5	Av. Mariana de Jesús	Capelo, San Pedro, Yaguachi
6	Av. General Enríquez	Yaguachi
7	Av. Viñedos	Yaguachi
8	Av. Luis Cordero	Sangolquí, El Choclo
9	Av. Abdón Calderón	El Choclo
10	Av. El Inca	Inchalillo
11	Av. Los Shirys	El choclo
12	Av. General Calicuchima	Calicuchima, Cotogchoa
13	Av. Juan Salinas	Selva Alegre Los Chillos
14	Av. General Pintag	El colibrí

Nota: GAD Rumiñahui, 2022

4.2. Rutas de Transporte comercial

El desarrollo de indicadores de la resiliencia en el transporte frente a una amenaza de origen natural como es la erupción del volcán Cotopaxi es un factor que permitió determinar las rutas por sectores, desde la Marín hasta los diferentes sectores del cantón Rumiñahui y determinar las afectaciones que estas presentarían a causa de lahares por la erupción del volcán Cotopaxi como se indica en la tabla 14 y el anexo I.

Tabla 13: Rutas del Transporte del Cantón Rumiñahui

RUTA	SENTIDO	LONGITUD	VELOCIDAD	TIEMPO	FLOTA	INTERVALO
		(Km)	(Km/h)	(min)	ASIGNADA	(min)
219	IDA	35,5	27,60	77,48	15	5
	VUELTA	35,2	27,20	78,14	16	5
	TOTAL	70,7	27,4	155,63	31	5
237	IDA	23,2	22,05	63,35	13	5
	VUELTA	23,4	22,10	63,89	13	5
	TOTAL	46,6	44,15	127,24	26	10
240	SENTIDO	LONGITUD	VELOCIDAD	TIEMPO	FLOTA	INTERVALO
		(Km)	(Km/h)	(min)	ASIGNADA	(min)

	IDA	23,4	22,5	62,82	5	12
	VUELTA	24,4	20,3	72,36	6	12
	TOTAL	47,8	21,40	135,18	11	12
RUTA 260	IDA	26,2	29,8	53,11	3	20
	VUELTA	25,1	29,4	51,52	3	20
	TOTAL	51,4	29,6	104,63	5	20
RUTA 262	IDA	27,9	31,3	53,83	7	7,5
	VUELTA	27,5	33,1	50,03	7	7,5
	TOTAL	55,4	32,2	103,87	14	7,5
RUTA 003	IDA	37,5	28,7	78,89	22	3,5
	VUELTA	36,5	24,55	89,75	25	3,5
	TOTAL	74,1	26,63	168,64	48	3,5
RUTA 004	IDA	24,9	24,60	60,93	3	20
	VUELTA	25,2	19	79,82	4	20
	TOTAL	50	21,80	140,75	7	20
RUTA 003	IDA	29,7	16,8	109,85	31	3,5
	VUELTA	30	18,75	96,46	27	3,5
	TOTAL	59,7	17,53	206,31	58	3,5
RUTA 009	SENTIDO	LONGITUD	VELOCIDAD	TIEMPO	FLOTA	INTERVALO
		(Km)	(Km/h)	(min)	ASIGNADA	(min)
	IDA	21,0	22,5	56,28	15	3,8
	VUELTA	21,2	17,2	74,34	20	3,8
	TOTAL	42,2	19,85	130,62	35	3,8
RUTA 008	IDA	19,7	21,40	55,46	8	6,7
	VUELTA	19,7	20,30	58,38	9	6,7
	TOTAL	39,3	20,85	113,84	17	6,7
	IDA	20,2	20,4	59,62	4	15

RUTA	VUELTA	20,1	16,95	71,58	5	15
0011	TOTAL	40,3	18,68	131,2	9	15
RUTA 0017	IDA	26,7	24,8	65,01	5	12
	VUELTA	26,8	19,55	82,11	7	12
	TOTAL	53,5	22,23	147,12	12	12
RUTA 0018	IDA	21,5	25,10	51,72	3	20
	VUELTA	21,3	23,10	55,58	3	20
	TOTAL	42,8	24,10	107,30	6	20
RUTA 0022	IDA	27,3	30,15	54,67	20	2,7
	VUELTA	27,1	24,80	65,80	24	2,7
	TOTAL	54,4	27,48	120,47	44	2,7
RUTA 0022	SENTIDO	LONGITUD	VELOCIDAD	TIEMPO	FLOTA	INTERVALO
		(Km)	(Km/h)	(min)	ASIGNADA	(min)
	IDA	28,6	26,15	66,01	6	12
	VUELTA	27,8	23,8	70,34	6	12
RUTA 0027	IDA	28,8	18,15	95,69	13	7,5
	VUELTA	29,1	16,9	103,85	14	7,5
	TOTAL	57,9	17,53	199,54	27	7,5
RUTA 061	IDA	21,5	23,85	55,6	8	8,6
	VUELTA	21,3	19,7	65,18	9	8,6
	TOTAL	42,8	21,53	120,77	17	8,6
RUTA 0081	IDA	47,5	36,05	79,45	7	12
	VUELTA	47,5	32,05	89,36	7	12
	TOTAL	95	34,05	168,81	14	12
RUTA 0049	IDA	20	27,3	44,10	6	7,5
	VUELTA	19,9	22,2	53,96	7	7,5

TOTAL	39,9	24,75	98,06	13	7,5
--------------	-------------	--------------	--------------	-----------	------------

Nota: Rutas del transporte del cantón Rumiñahui GAD Rumiñahui, 2022

4.2.2. *Movilidad*

Ante una amenaza se puede generar factores que generen perturbaciones del tráfico, desorden en la circulación, funcionamiento del transporte y ordenamiento urbano. Por ello es importante analizar los factores de vulnerabilidad de la red vial y del sistema de transporte. Para ello se determina de acuerdo con información del GADMUR que el cantón Rumiñahui cuenta con 13 operadoras que se describe en la tabla 13 con recorridos urbanos e Inter cantonales.

Tabla 14: Operadoras Cantón Rumiñahui

	OPERADOR	ENTE A CARGO
1	Calsigexpress S.A.	GADMUR
2	Termas Turis	
3	Libertadores Del Valle S.A.	Secretaria De Movilidad
4	Expreantisana S.A.	
5	Turismo S.A. Valle De Los Chillos	
6	Transcapelo S.A.	
7	Conocotoazblan S.A.	
8	Vingala C.A.	
9	General Pintag	
10	Los Chillos	
11	Marco Polo	ANT
12	San Pedro De Amguaña	
13	Cóndores Del Valle Condorvall S.A.	

Nota: Operadoras de transporte del cantón Rumiñahui (GAD Rumiñahui, 2022)

4.2.3. *Número de usuarios del sistema de transporte.* -

De acuerdo con el Plan de Transporte Terrestre Transito y Seguridad Vial del Cantón Rumiñahui el crecimiento del parque automotor genera saturación de vías generando un desorden vehicular en los sectores del trébol, el peaje, el Triángulo, San Luis Shopping, El choclo generando pérdidas de tiempo en el desplazamiento de acuerdo con el número de pasajeros diarios en

transporte público y privado como se indica en la tabla 4.7.

Tabla 15: Carga de Pasajeros al día

SECTOR	RUTA	PASAJEROS
TRÉBOL	QUITO- VALLE	41390 pasajeros/día
	VALLE - QUITO	47015 pasajeros/día
PEAJE	QUITO- VALLE	54515 pasajeros/día
	VALLE - QUITO	42315 pasajeros/día
TRIÁNGULO	QUITO- VALLE	58620 pasajeros/día
	VALLE - QUITO	46780 pasajeros/día
ESPE	QUITO- VALLE	25029 pasajeros/día
	VALLE - QUITO	22804 pasajeros/día

Nota: GAD Rumiñahui, 2022

- **Carga de Pasajeros en hora pico (7-8 am)**

La carga de pasajeros en la hora pico de 07:00 a 08:00 am se ve incrementada en el sentido del Valle a Quito debido a las diferentes actividades de los habitantes del cantón Rumiñahui como se determina en la tabla 4.8.

Tabla 16: Carga de pasajero hora pico

SECTOR	RUTA	PASAJEROS
TRÉBOL	QUITO- VALLE	3755 pasajeros/día
	VALLE - QUITO	4750 pasajeros/día
PEAJE	QUITO- VALLE	4600 pasajeros/día
	VALLE - QUITO	5460 pasajeros/día
TRIÁNGULO	QUITO- VALLE	4860 pasajeros/día
	VALLE - QUITO	6215 pasajeros/día
ESPE	QUITO- VALLE	2600 pasajeros/día
	VALLE - QUITO	3040 pasajeros/día

Nota: GAD Rumiñahui, 2022

4.3. Diseño de Indicadores

4.3.1. Cálculo de población

Para determinar la representatividad de la investigación en el cantón Rumiñahui, se calculó el tamaño de la muestra utilizando la fórmula para poblaciones infinitas. A pesar de contar con un censo aproximado de 107,000 habitantes, se optó por este criterio estadístico para garantizar una mayor robustez en los resultados. Una vez obtenido el número óptimo de sujetos, se procederá con el levantamiento de información a través de encuestas dirigidas a la ciudadanía aplicadas en la ecuación 1.

$$n = \frac{z^2 \cdot p \cdot q}{e^2}$$

Reemplazando datos:

$$n = \frac{1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}{0.05^2}$$

$$n = 384.16$$

4.3.2. Resultado de encuestas

De la muestra total de 384 ciudadanos encuestados en el cantón Rumiñahui como se puede identificar en el anexo 21, la distribución por género se compuso de 248 mujeres (64.6%) y 136 hombres (35.4%). En cuanto al nivel de conocimiento sobre la gestión de riesgos local, se identificó que una amplia mayoría, correspondiente al 82 % de los participantes según el tratamiento de datos en el anexo 22, afirma conocer las rutas de evacuación y las zonas de riesgo establecidas ante posibles escenarios de emergencia. Este dato refleja una percepción positiva sobre la difusión de las medidas de seguridad vigentes en el sector; No obstante, se determinó que un 18 % de la población manifestó un desconocimiento total respecto a las vías de evacuación y los puntos críticos de peligro. Aunque este grupo representa una minoría, constituye un segmento de vulnerabilidad significativa que requiere atención prioritaria. Esta brecha de información evidencia la necesidad de fortalecer las estrategias de comunicación y formación ciudadana, asegurando que los protocolos de autoprotección alcancen a la totalidad de los habitantes del cantón.

4.4. Desarrollo de escenarios para la evaluación de los indicadores propuestos

4.4.1. *Diseño de socialización del riesgo*

Una vez establecida la muestra de personas que desconocen las rutas de vías alternas y zonas de riesgo es importante Capacitar al 18% de la población no informada y reforzar los conocimientos del resto de los habitantes del Cantón Rumiñahui sobre rutas de evacuación y zonas de riesgo, mediante un enfoque participativo.

4.4.1.1. Estructura del Modelo de Capacitación

El modelo de capacitación se articula en una primera fase de diagnóstico y sensibilización teórica, la cual tendrá como sedes principales espacios de alta concurrencia como el Coliseo Municipal de Rumiñahui y el Salón de la Ciudad. En esta etapa, el contenido se centrará en la identificación técnica de las amenazas locales, específicamente los flujos de lahares y zonas de inundación, utilizando proyecciones cartográficas y charlas magistrales. El objetivo es que ese 18% de la población que desconoce los riesgos pueda familiarizarse con la terminología de emergencia y comprender la importancia de la prevención activa dentro del entorno urbano y rural del cantón.

Posteriormente, la capacitación transita hacia una fase netamente práctica y operativa, desplazando las actividades a los puntos críticos y zonas de encuentro, tales como el Parque Juan de Salinas, el Monumento al Maíz y las canchas múltiples de las parroquias rurales como Rumipamba o Cotogchoa. En estos puntos, se realizarán ejercicios de campo para el reconocimiento físico de la señalética y la medición de tiempos de llegada a las zonas seguras. Esta metodología vivencial permite que los participantes no solo reciban información, sino que experimenten el recorrido real de las rutas de evacuación, garantizando que el conocimiento se consolide de manera efectiva y reduzca la vulnerabilidad detectada en la investigación.

4.4.1.2. Modelo de Alarma para la población y sistema de transporte

El modelo propuesto establece una plataforma de seguridad integral que unifica la red de alarmas comunitarias con el sistema de transporte público del cantón Rumiñahui, creando una infraestructura de respuesta. Bajo este esquema, las sirenas electrónicas instaladas en puntos estratégicos, como puede ser el Coliseo Municipal y el sector del Triángulo, operarán de manera sincronizada con dispositivos receptores instalados en las unidades de transporte. Esta integración permite que, ante una emergencia, se active un protocolo de comunicación masiva donde tanto el ciudadano en su hogar como el pasajero en tránsito reciban alertas auditivas y mensajes de voz en

tiempo real, garantizando que el mensaje de evacuación sea ineludible para el 100% de la población.

La operatividad de este sistema conjunto transforma a las unidades de transporte en herramientas dinámicas de mitigación, capaces de recibir rutas de desvío inmediatas para evitar zonas de riesgo y dirigirse directamente a los puntos de encuentro oficiales, como el Parque Juan de Salinas o las zonas altas de Selva Alegre. Al combinar la señalización acústica fija con la movilidad del transporte, se elimina el vacío de información detectado en el 18% de la población vulnerable. Esta sinergia no solo optimiza los tiempos de reacción ciudadana, sino que fortalece la resiliencia del cantón al convertir la infraestructura cotidiana en un sistema inteligente de salvaguarda de vidas frente a las amenazas naturales propias de la región.

4.4.1.3. Indicador de medición de riesgo

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INHAMI) establece protocolos de monitoreo que determinan los factores de riesgo mediante una escala cromática de alertas, donde los colores amarillo, naranja y rojo representan niveles crecientes de intensidad y probabilidad de impacto volcánico. Esta categorización no solo sirve como una advertencia visual, sino que actúa como el disparador técnico indispensable para la activación inmediata del sistema de alarmas comunitarias y el despliegue del contingente de ayuda institucional. La sincronización entre la alerta emitida por el INHAMI y la respuesta del GAD Rumiñahui es crítica para transformar la información técnica en una acción preventiva real que salvaguarde a los 107,000 habitantes del cantón.

La operatividad de este modelo depende de una logística de movilidad eficiente que evite la formación de cuellos de botella en las rutas estratégicas de evacuación, especialmente en los puntos de convergencia hacia la infraestructura vial gestionada por la Prefectura de Pichincha. Un sistema de contingencia robusto debe anticipar la saturación vehicular en las zonas críticas de

Sangolquí y San Rafael, garantizando que la distribución de líneas de transporte y el flujo de personas hacia zonas seguras se realicen de manera fluida bajo los escenarios de alerta naranja y roja. De este modo, la medición del riesgo se convierte en una herramienta dinámica que permite gestionar el tiempo de evacuación como la variable principal para reducir la vulnerabilidad social ante un evento eruptivo del Cotopaxi.

Tabla 17: Tipos de riesgo para evacuación de la población

Alerta	Escenario Técnico	Acción Operativa	Intervención
Amarilla	Reactivación	Aviso y preparación: Activación de sirenas para pruebas	GAD Rumiñahui (Gestión de riesgos).
Naranja	Erupción inminente	Movilización: Uso de transporte público para evacuación de grupos vulnerables.	Prefectura de pichincha (intervención de rutas y transporte)
Roja	Erupción en curso	Evacuación Total: despliegue de rutas alternas coordinando zonas altas	COE Cantonal, prefectura, Policía y Militares

Nota: GAD Rumiñahui, 2022

4.4.2. Reducción del riesgo

Las entidades principales y de soporte deben conocer el escenario actual del Cantón Rumiñahui.

Ubicar las diferentes organizaciones encargadas de atender emergencias (puestos de auxilio, brigadas comunitarias, centros médicos, etc.) y mantener un inventario actualizado de medicamento, capacidad de atención y personal.

Contar con una lista de contactos actualizada de las entidades principales que intervienen en la gestión del riesgo

En la figura 13 se determina la zona 1 al sector del triángulo ubicada en Sangolquí permitiendo analizar las rutas de evacuación, albergues, zonas de peligro y la red vial para un escenario de erupción del volcán Cotopaxi donde se observa afectaciones por lahares.

Las zonas de peligro está el Colegio Farina, La Urbanización Chiriboga, Urbanización Roble Antiguo, Sector Hogar de Ancianos, Urbanización San Rafael, Sector Pollo, Concesionarios, Sector Urbanización Alborada y Centro Comercial San Luis.

Las vías de evacuación principales son la Av. General Rumiñahui que nos conduce hacia una zona segura y la Av. Ilalo hacia los respectivos albergues mediante rutas que se conectan del transporte público.

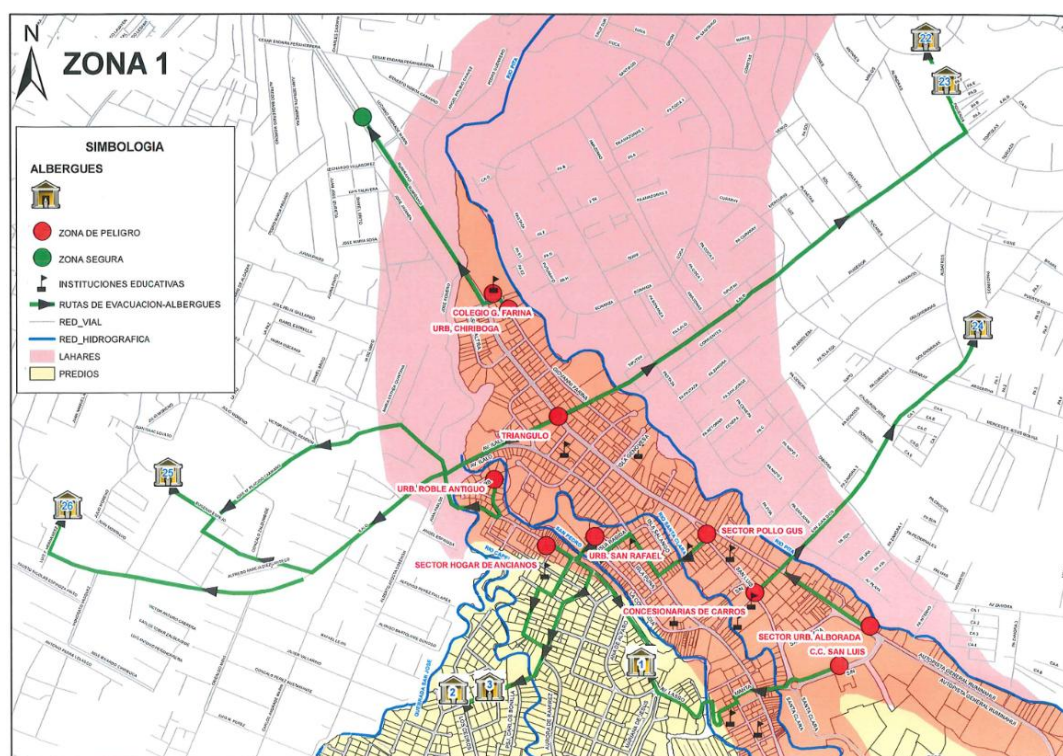


Fig. 13: La zona de riesgo enfocada al sector del triángulo

En la figura 14 se determina la zona 2 al sector de la urbanización Yaguachi ubicada en

Sangolquí. Las zonas de peligro son las Urbanización Yaguachi Barrio Santa Barbara, Sector Centro Comercial River Mall Sector Virgen de la Paz, Aguacate.

Las vías de evacuación principales son anillo vial ESPE y calle Yaguachi que conectan a la Av. General Enríquez. La Av. Luis Cordero conduce a las calles Pichincha, Mercado y España que nos conduce hacia una zona segura y los respectivos albergues mediante rutas que se conectan del transporte público.

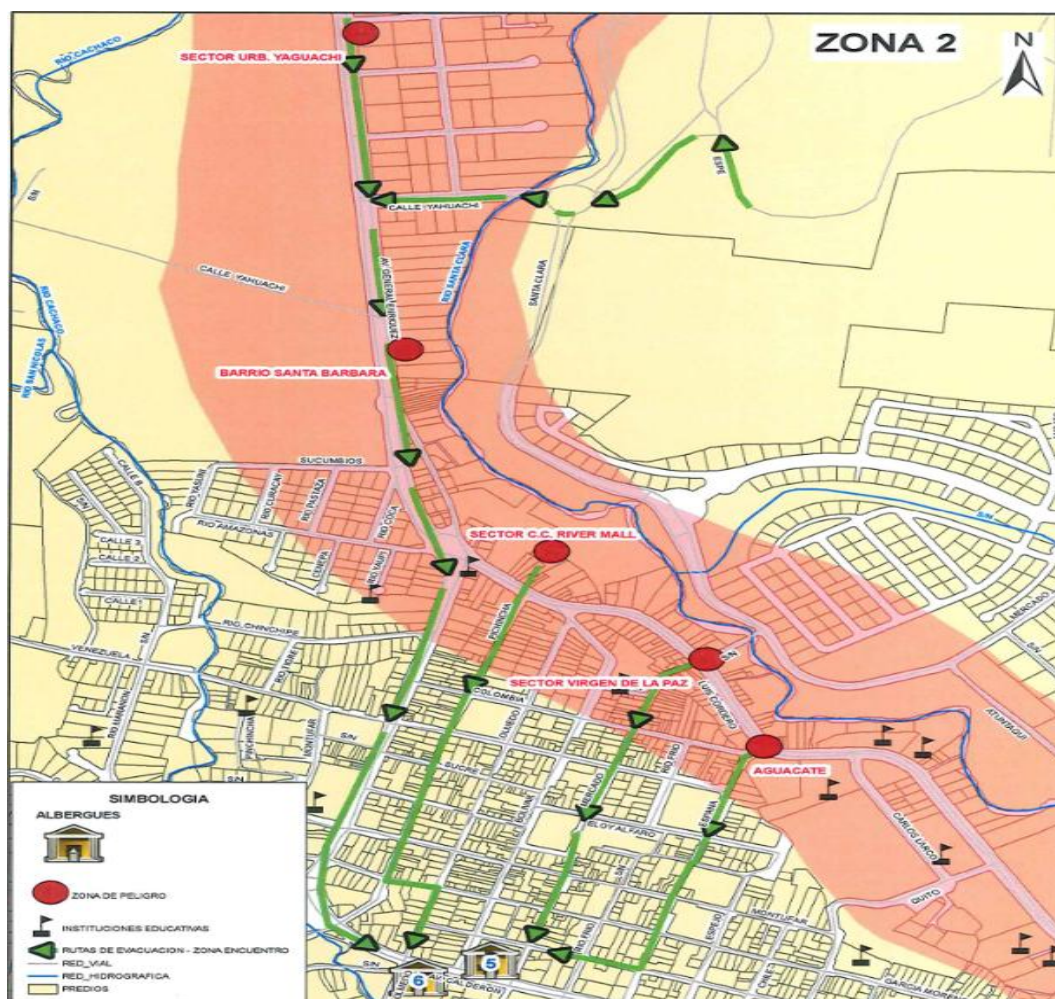


Fig. 14: La zona de riesgo enfocada al sector del centro comercial River Mall

En la figura 15 se determina la zona 3 al sector de la Empresa Eléctrica en Sangolquí. Las zonas de peligro son la Empresa Eléctrica, El hospital de Sangolquí y Destacamento de Policías.

Las vías de evacuación principales la Av. Luis cordero que conecta a las calles Quito y Rocafuerte. La calle Macara conduce a la García Moreno y por esta se ingresa a Inez Gangotena y Riobamba que nos conduce hacia una zona segura y los respectivos albergues mediante rutas que

se conectan del transporte público.

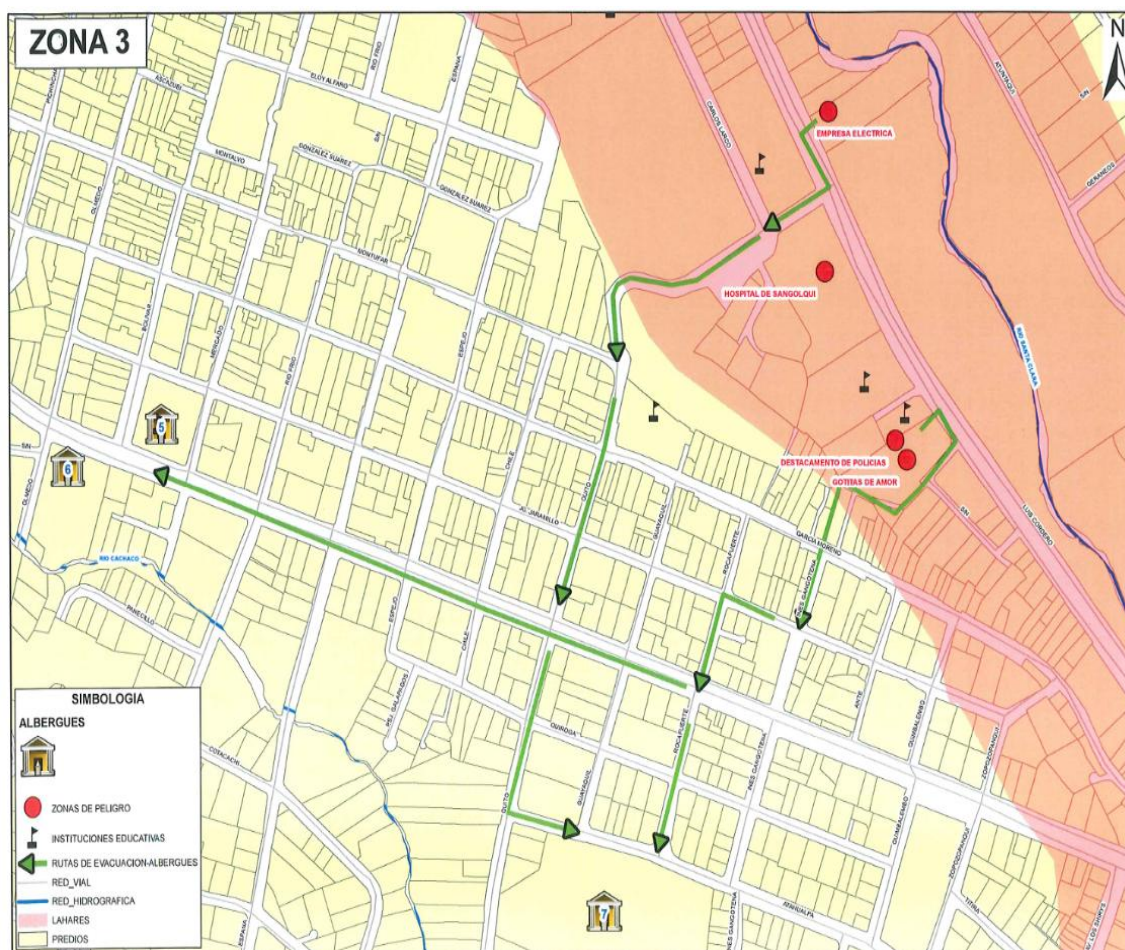


Fig. 15: La zona de riesgo enfocada al sector del Hospital de Sangolquí

En la figura 16 se determina la zona 4 al sector de la Urbanización la Colina ubicada en Sangolquí. Las zonas de peligro son la Urbanización la Colina, Comuna Cashapamba, Hogar de Ancianos Vilacabamba y el Ejercito

Las vías de evacuación principales es la calle Guayas que conecta la calle Unidad Nacional la Av. Luis cordero que conecta a las calles Quito y Rocafuerte. La calle Macara conduce a la García Moreno y por esta se ingresa a Inez Gangotena y Riobamba que nos conduce hacia una zona segura y los respectivos albergues mediante rutas que se conectan del transporte público.

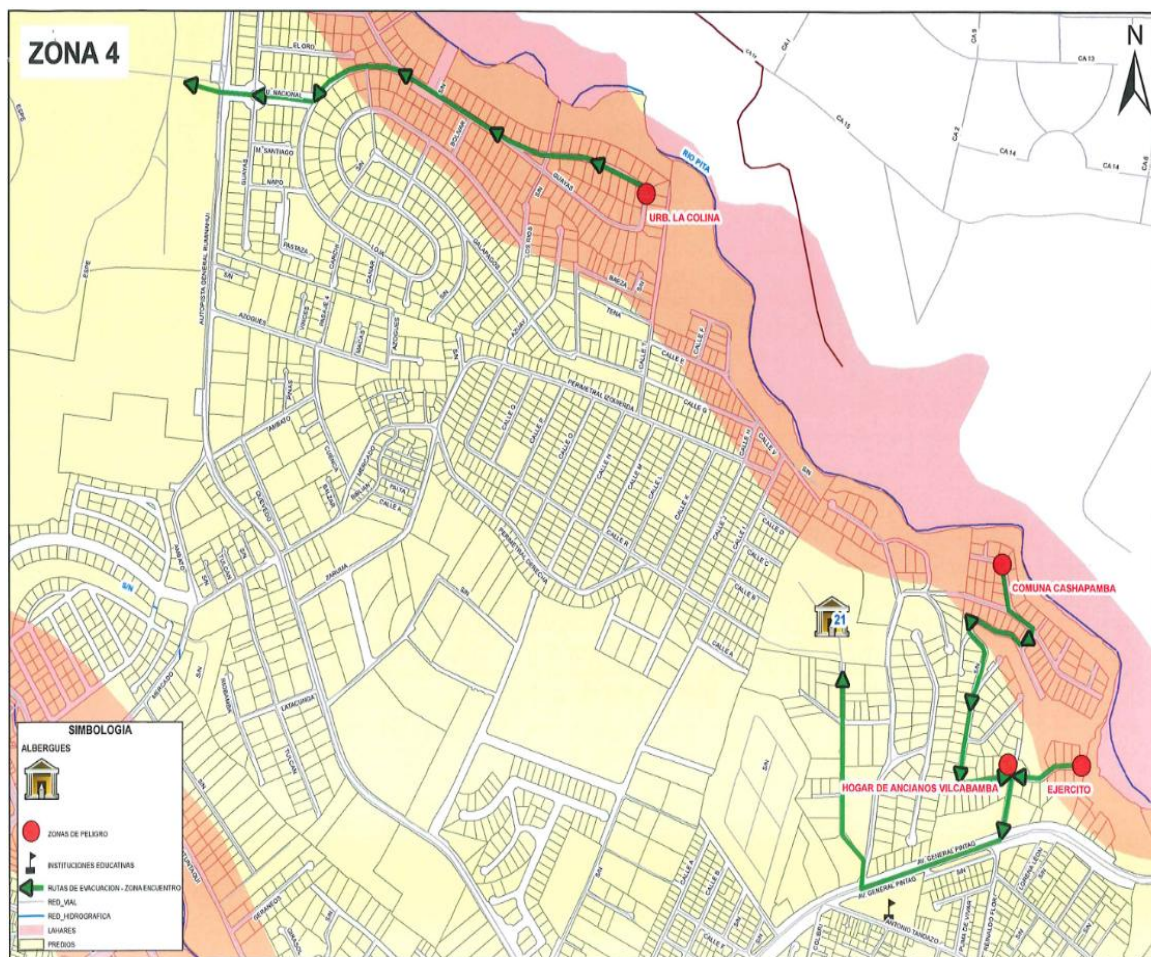


Fig. 17: La zona de riesgo enfocada al sector Cashapamba

En la figura 17 se determina la zona 5 al sector del redondel del Choclo teniendo como zonas de peligro el redondel del choclo, Urbanización los pinos, Colegio Juan de Salinas, Barrio la Florida, Urbanización los jardines Urbanización MAG

Las vías de evacuación principales es la Av. General Pintag, Av Calderón y calle Atahualpa que conduce hacia una zona segura y los respectivos albergues mediante rutas que se conectan del transporte público.

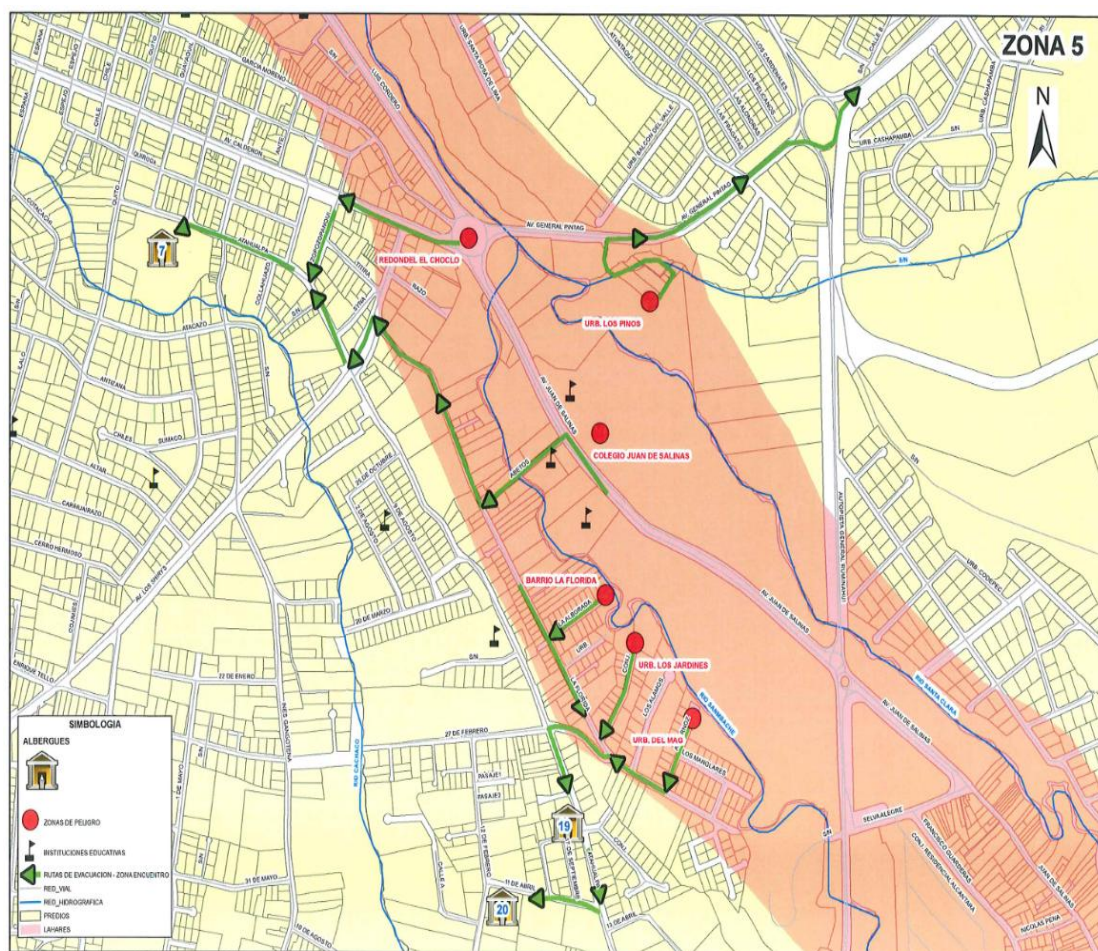


Fig 18: La zona de riesgo enfocada al sector del redondel del choclo

En la figura 18 se determina la zona 6 al sector de Selva alegre, Urbanización COPEDAC, Urbanización Carlos Olmedo Andrade, Capilla Chillo Campaña, Conjunto Alcántara, Sector cooperativa de vivienda la pradera y Club los Chillos.

Las vías de evacuación principales es la calle Juan de Salinas que conduce a Antonio Checa. La calle Ramon Artigas conduce a la calle Juan Larrea, Autopista General Rumiñahui, conduce hacia una zona segura y los respectivos albergues mediante rutas que se conectan del transporte público.

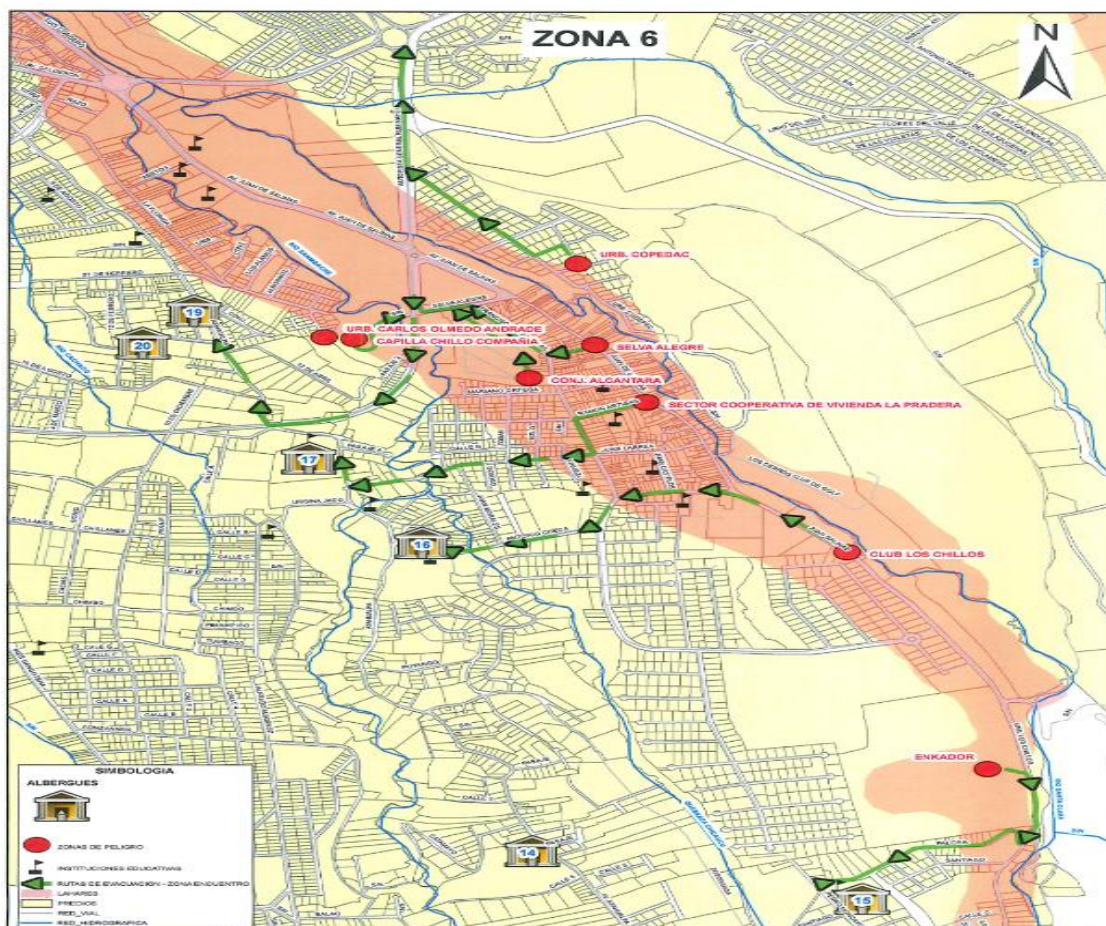


Fig 19: La zona de riesgo enfocada al sector selva alegre

En la figura 19 se determina la zona 7 al Barrio Gaviláñez, Barrio Luz de América, Barrio San Fernando y San Fernando IASSA.

Las vías de evacuación principales es la calle Palora hacia Pedro Moncayo. La calle Río Jubones que conduce a río San José y San Marcos conduce hacia una zona segura y los respectivos albergues mediante rutas que se conectan del transporte público.

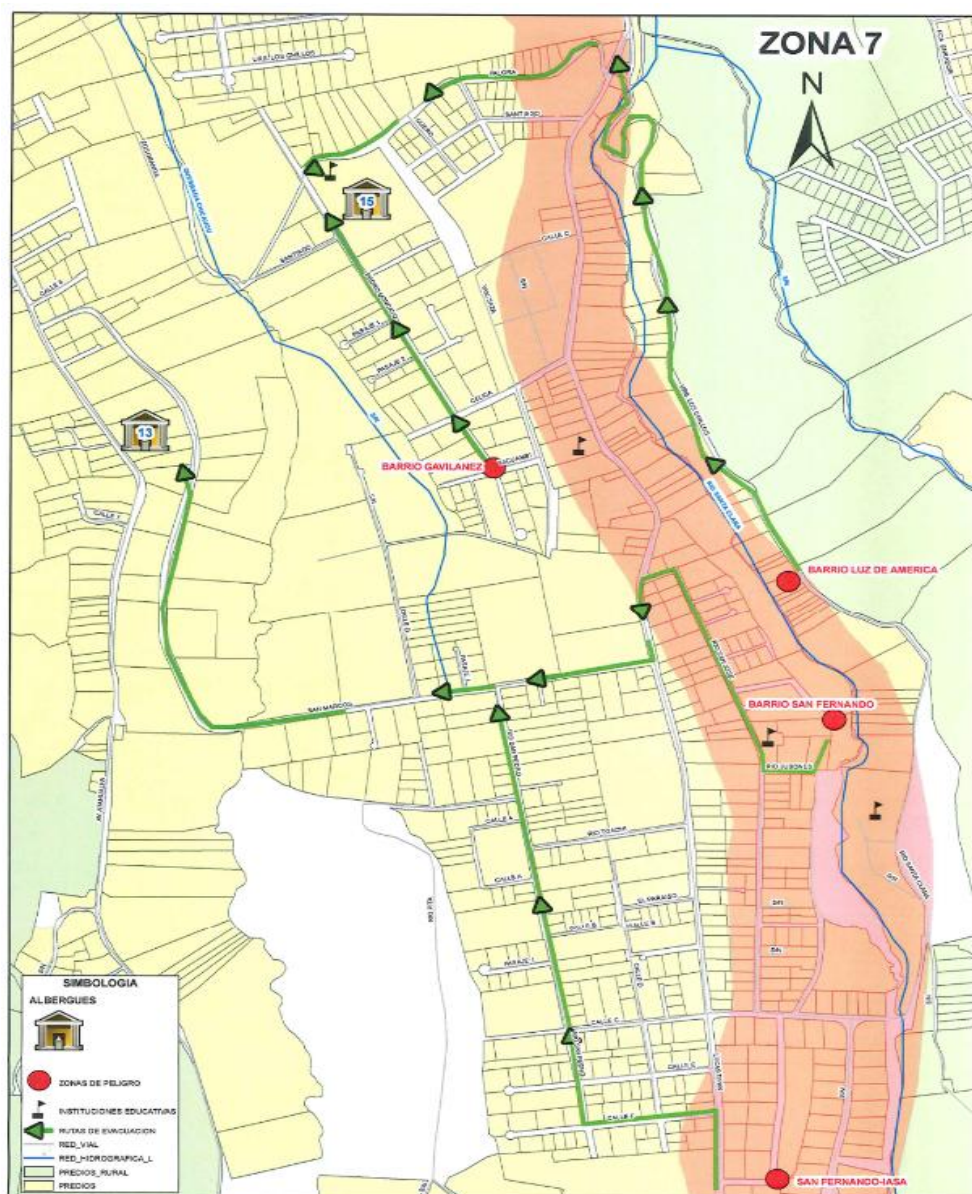


Fig. 20: La zona de riesgo enfocada al sector San Fernando

En la figura 20 se determina la zona 8 a Rumipamba y Vallesito, las vías de evacuación principales es las calles que conduce hacia el sur occidente.

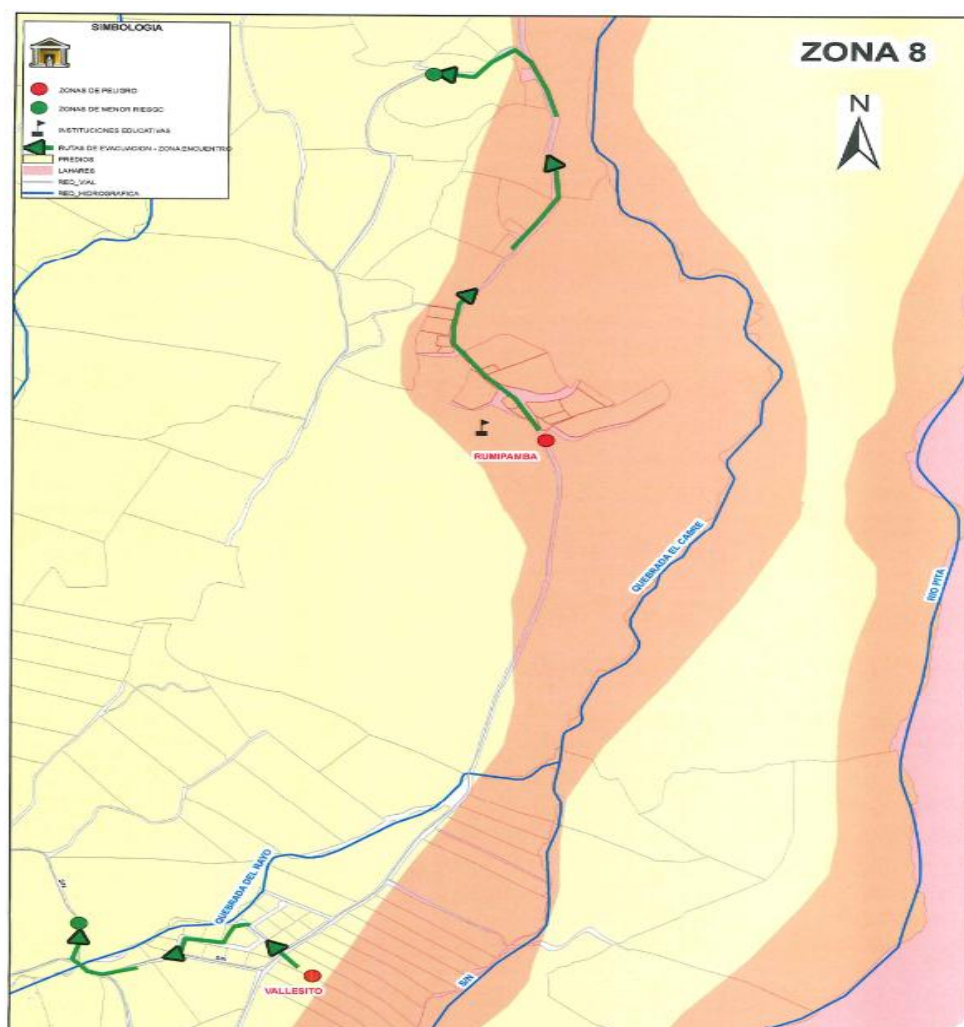


Fig. 21: La zona de riesgo enfocada al sector de Rumipamba

Elementos de los organismos de control. - Otro indicador primordial dentro del estudio es la determinación del número de organismos de control que pueden ayudar al control, que permitan ayudar al control de la población del cantón en caso de existir un evento emergente.

- Cuerpo de Bomberos
- Policía Nacional
- Cruz roja
- Agentes civiles de tránsito
- GAD Municipal-Departamento de Gestión de riesgos

4.5. Discusión de Resultados

La importancia de la diversidad y flexibilidad del sistema de transporte para mejorar la resiliencia frente a desastres naturales involucrando la colaboración entre diferentes sectores y la

preparación previa para enfrentar emergencias y cambios inesperados son parte del modelo de indicadores que componen la infraestructura vial, parque automotor, usuarios y organismos de control que se planteó en el cantón Rumiñahui ante una erupción del volcán Cotopaxi.

Cuando [19] examinaron la resiliencia del transporte en 89 ciudades de los Estados Unidos frente a los desastres naturales, incluyendo terremotos, huracanes, inundaciones y tornados. El estudio identificó que la resiliencia del transporte en las ciudades está influenciada por una variedad de factores, como la infraestructura de transporte, la capacidad de respuesta del gobierno y la preparación de la comunidad para enfrentar emergencias. Los autores encontraron que las ciudades que tenían sistemas de transporte más diversos y flexibles eran más resilientes a los desastres naturales, ante esto el canton Rumiñahui debido al incremento de población debería tomar acciones para mejorar la trasportación de personas por ejemplo sistema de tren, metro aéreo, etc.

Por otro lado, [20] y [21] examinaron la resiliencia del transporte en Alemania ante la pandemia COVID-19. El estudio se centró en la capacidad de los sistemas de transporte para mantener el suministro de bienes esenciales y servicios críticos durante la pandemia, así como en la adaptación de los usuarios del transporte a los cambios en la movilidad. Los autores encontraron que la pandemia ha tenido un impacto significativo en el uso del transporte público y ha llevado a un aumento en el uso de vehículos personales, lo que ha afectado la sostenibilidad y la capacidad del sistema de transporte para satisfacer las necesidades de la población. Además, el estudio destacó la importancia de la colaboración entre las autoridades del transporte y otros sectores para abordar los desafíos de la pandemia, tomando en cuenta la dimensión del cantón Rumiñahui y la acción de sus sistemas de movilidad de personas se consideraría ventajoso la aplicación de esta investigación ya que el uso de vehículos particulares sería una ventaja para la evacuación ante escenarios de riesgo en las zonas más afectadas como seria sangolquí.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se generó un modelo de indicadores como movilidad para evaluar la resiliencia del sistema de transporte y movilidad humana en el cantón Rumiñahui ante un escenario de riesgo como es la erupción del volcán Cotopaxi donde se determinó las redes de transporte que conectan los diferentes sectores del cantón con sus rutas, distancias números de vehículos y tiempo de recorrido en horas del día y horas pico. Efectiva operación del transporte, comunicación y tecnologías confiables, mapeo de exposición ante riesgos en las cuales se identificó 9 zonas de afectación por lahares con sus respectivas zonas seguras.

Se diagnosticó mediante el indicador de prestación efectiva de servicios críticos toda la infraestructura de transporte y vialidad entre Quito y el Cantón Rumiñahui ante un escenario de riesgo como es la erupción del volcán Cotopaxi Estos datos permiten determinar una respuesta adecuada por las autoridades, el COE Nacional, el COE Cantonal y el Sistema Nacional de Riesgos ante una erupción del volcán Cotopaxi.

El modelo de indicadores diseñado permite determinar los puntos críticos como es Sangolquí, Rumipamba y Cotogchoa con la finalidad de recomendar alternativas para elevar la resiliencia del sistema de movilidad humana y transporte público antes, durante y después de una posible erupción del volcán Cotopaxi teniendo en cuenta el tiempo de evacuación es de 15 - 18 minutos de acuerdo a simulacros realizados en el cantón Rumiñahui.

Los indicadores se generaron en base a metas que permitan medir la movilidad en el transporte público con las diferentes cooperativas del GAD Municipal de Rumiñahui y la Agencia Nacional de Tránsito, reducción de la exposición y la fragilidad, prestación efectiva de servicios críticos.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda la activación de cámaras de seguridad y alarmas comunitarias que estén ancladas al COE Cantonal y el Sistema de Gestión de Riesgos ante un escenario de riesgo como es

la erupción del volcán Cotopaxi, y así evacuar a los habitantes del Cantón Rumiñahui sabiendo las distancias, números de vehículos y tiempo de recorrido en horas del día y horas pico para generar señalética que guíe a los habitantes ante una emergencia.

Crear planes de acción ante una erupción del volcán Cotopaxi antes, durante y posterior al evento, por parte de los Gobiernos autónomos y el Estado. Proyectos que contribuyan al desarrollo y organización de sistemas de resiliencia en armonía con todos los entes que se ven involucrados en el sistema de transporte y empoderar a la ciudadanía con capacitaciones y comunicación. Estos planes pueden involucrar financiamientos y asesoría técnica para la implementación de tecnologías y recursos como los que se han generado en un sistema de riegos nacional.

La evaluación de la resiliencia del sistema de transporte es un proceso continuo y evolutivo, Por lo tanto, es importante revisar y mejorar el modelo de indicadores a medida que se obtienen nuevos datos y se identifican nuevas áreas de mejora.

La movilidad en el transporte público con las diferentes cooperativas del GAD Municipal de Rumiñahui y la Agencia Nacional de Tránsito es un parámetro importante para la reducción de la exposición y la fragilidad, prestación efectiva de servicios críticos. El sistema de Gestión de Riesgos en base a un evento de riesgo por la erupción del volcán Cotopaxi debe trabajar en conjunto con las autoridades del GAD Municipal Rumiñahui en temas preventivos como señalética, alarmas sonoras y vías unidireccionales ante una emergencia para evitar caos en el tránsito.

BIBLIOGRAFÍA

- Akar, G., & Asensio, O. I. (2018). Resilience of Transportation Systems to Natural Disasters: Lessons from Hurricane Sandy and Future. *Journal of Infrastructure Systems*, 24(2), 04018005. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-018-3310-3>
- Bicalho, F. W. (2020). *Infraestructura resiliente Un imperativo para el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe* 160 COMERCIO INTERNACIONAL. www.cepal.org/apps
- Cal, S. F., Sá, L. R. de, Glustak, M. E., & Santiago, M. B. (2015). Resilience in chronic diseases: A systematic review. *Cogent Psychology*, 2(1). <https://doi.org/10.1080/23311908.2015.1024928>
- CEPAL. (2019). *Como medir resiliencia: algunas ideas*: https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/9-como-medir-resiliencia-algunas-ideas-cepal_0.pdf
- Chandra, A., Acosta, J., Howard, S., Uscher-Pines, L., Williams, M., Yeung, D., Garnett, J., & Meredith, L. (2018). Building Community Resilience to Disasters: A Way Forward to Enhance National Health Security. *Building Community Resilience to Disasters: A Way Forward to Enhance National Health Security*. <https://doi.org/10.7249/TR915>
- Chowdhury, M. M. H., & Quaddus, M. (2016). Supply chain readiness, response and recovery for resilience. *Supply Chain Management*, 21(6), 709–731. <https://doi.org/10.1108/SCM-12-2015-0463>
- Córdova, J. B., & Polo, J. C. (2017). *La gestión preventiva y reactiva de riesgos, para afrontar una posible erupción del volcán Cotopaxi, por parte del COE del gobierno municipal de Rumiñahui*. II(4), 83–102.
- Emilia Carrera, B. I. (2017). *ESTRATEGIA DE RESILIENCIA Distrito Metropolitano de Quito*. www.quito.gob.ec

- GAD Rumiñahui. (2022). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial Canton Rumiñahui 2012-2025. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Canton Rumiñahui 2012-2025*, 1–304.
- Hughes, B. M., Lee, E. M., McDonagh, L. K., O’Leary, É. D., & Higgins, N. M. (2012). Handbook of adult resilience, edited by John W. Reich, Alex J. Zautra, and John Stuart Hall. *Http://Dx.Doi.Org/10.1080/17439760.2011.614836*, 7(2), 155–158. <https://doi.org/10.1080/17439760.2011.614836>
- Hurley, K. (2020). *¿Qué es la resiliencia? Definición, Tipos, Construyendo Resiliencia, Beneficios y Recursos | Salud Cotidiana*. <https://www.everydayhealth.com/wellness/resilience/>
- IEE. (2022). *Tipología vial*. <https://www.gob.ec/iee>
- INEC. (2022). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/informacion-censal-cantonal/>
- Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. (2022). *Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional*. <https://www.igepn.edu.ec/>
- Jeklin, A. (2016). *Indicadores para la logistica de transporte y distribución base para un estudio de Benchmarking*. July, 1–23.
- Moreno, E. (2022). Resiliencia en el transporte de carga: revisión de conceptos e identificación de modelos. In *Instituto Mexicano del Transporte* (Vol. 681, Issue 681).
- Norris, F. H., Sherrieb, K., & Pfefferbaum, B. (2011). Community resilience: concepts, assessment, and implications for intervention. *Resilience and Mental Health: Challenges Across the Lifespan*, 162–175. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511994791.013>
- ONU. (2020). *Resiliencia y transporte: mejores prácticas internacionales de instrumentos de financiamiento para apoyar el transporte público después del Covid-19*. <https://euroclimaplus.org/seccion-publicaciones/lineas-de-accion/financiamiento/resiliencia->

y-transporte-mejores-practicas-internacionales-de-instrumentos-de-financiamiento-para-apoyar-el-transporte-publico-despues-del-covid-19

Palma-Oliviera, J. (2017). *Resilience of Transportation Systems | The Geography of Transport Systems*. Springer. <https://transportgeography.org/contents/chapter9/transportation-and-disasters/resilience-transportation-systems/>

Rodrigue, J.-P. (2020). The Geography of Transport Systems. *The Geography of Transport Systems*. <https://doi.org/10.4324/9780429346323>

Sheffi, Y., & Rice, J. (2005). (PDF) *A Supply Chain View of the Resilient Enterprise*. MIT Sloan Management Review. https://www.researchgate.net/publication/255599289_A_Supply_Chain_View_of_the_Resilient_Enterprise

Sippel, L. M., Pietrzak, R. H., Charney, D. S., Mayes, L. C., & Southwick, S. M. (2015). How does social support enhance resilience in the trauma-exposed individual? *Ecology and Society*, Published Online: Oct 22, 2015 | Doi:10.5751/ES-07832-200410, 20(4). <https://doi.org/10.5751/ES-07832-200410>

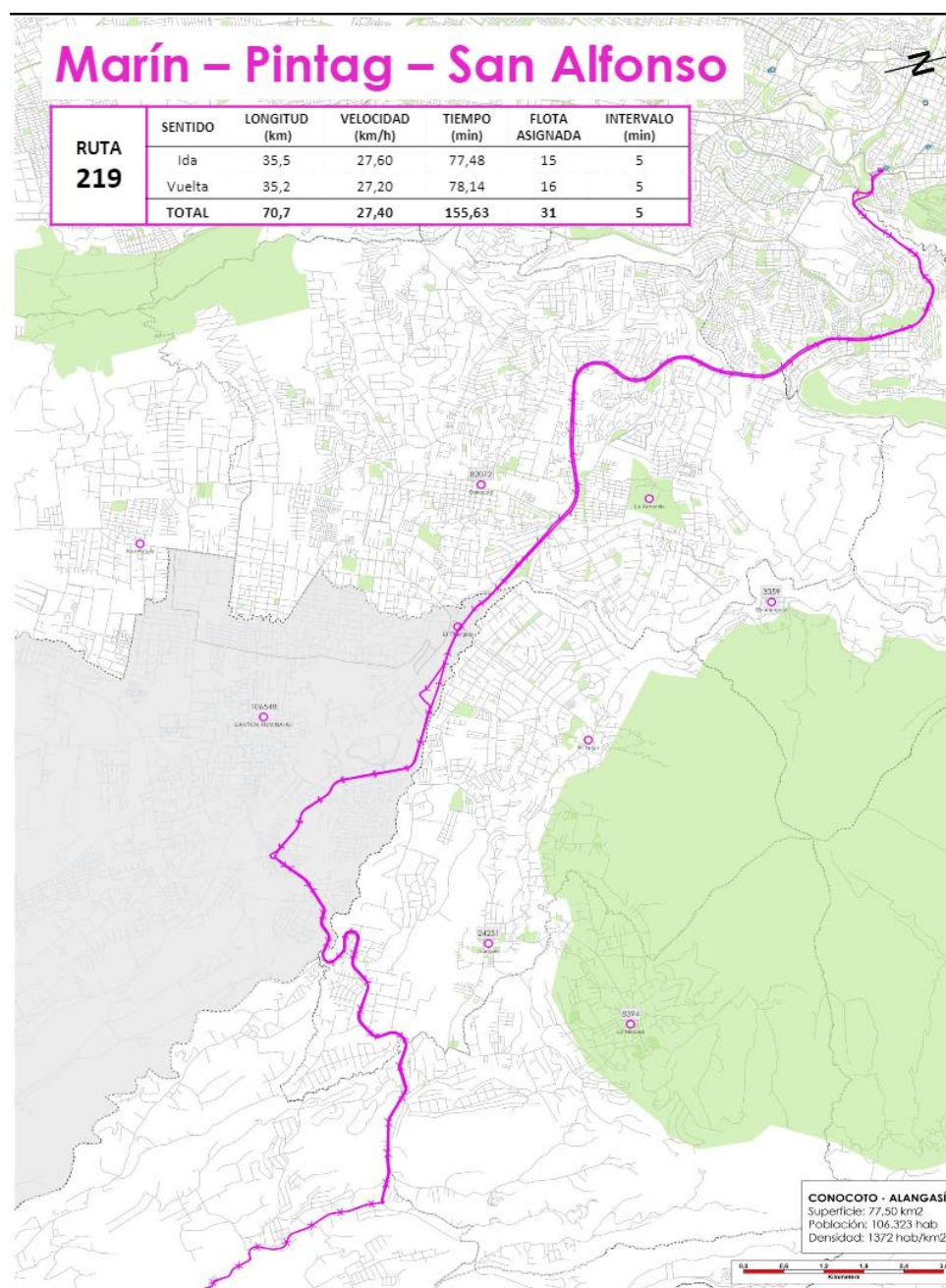
Whitson, H. E., Duan-Porter, W., Schmader, K. E., Morey, M. C., Cohen, H. J., & Colón-Emeric, C. S. (2016). Physical resilience in older adults: Systematic review and development of an emerging construct. In *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences* (Vol. 71, Issue 4, pp. 489–495). J Gerontol A Biol Sci Med Sci.

ANEXOS

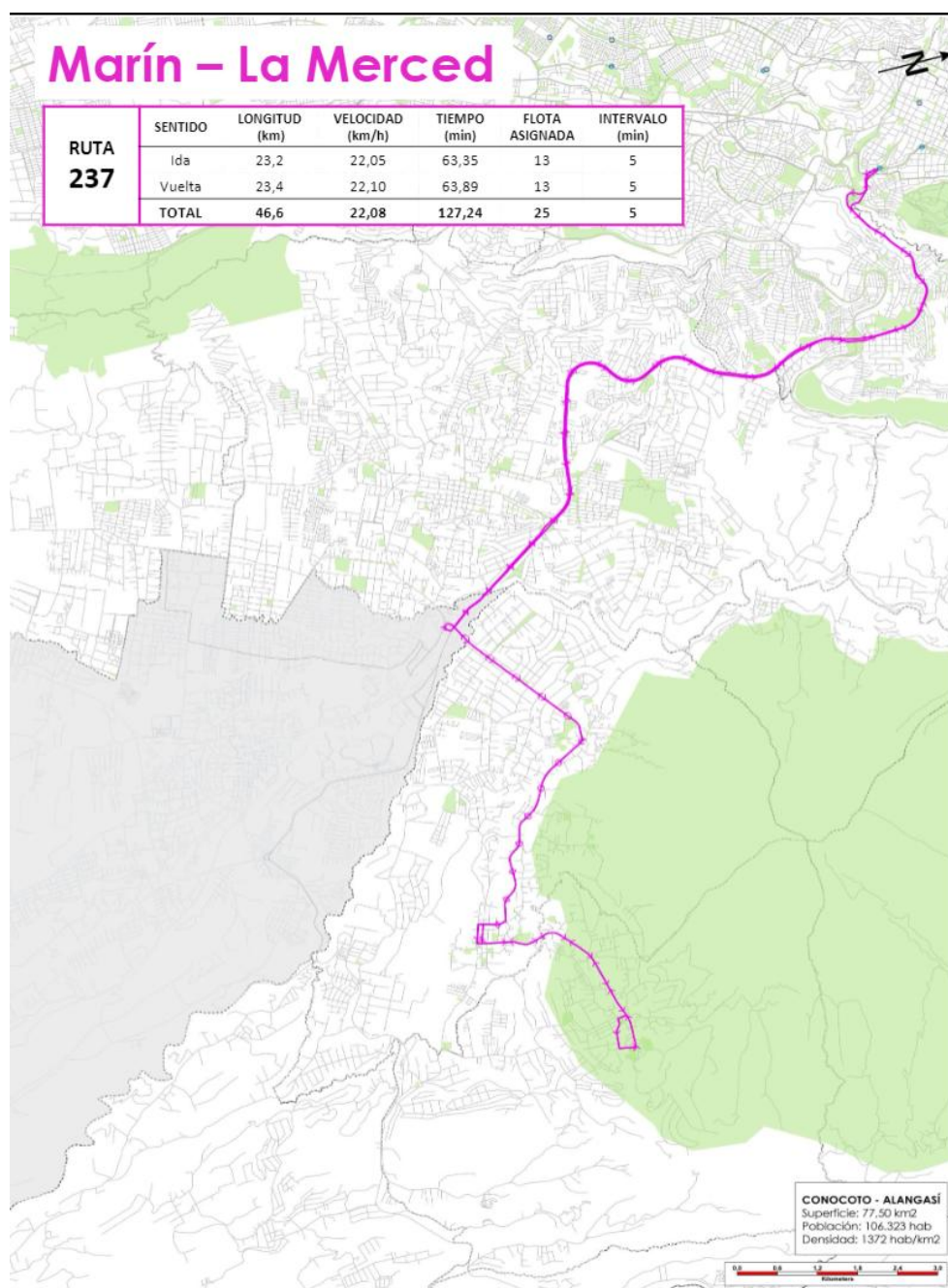
ANEXO I. VÍAS - RUTAS -RECORRIDOS -FLOTA VEHICULAR

Figura AI. 1*Vías Cantón Rumiñahui*

Nota: Rutas principales E35 – Av. General Rumiñahui – Av. Ilalo

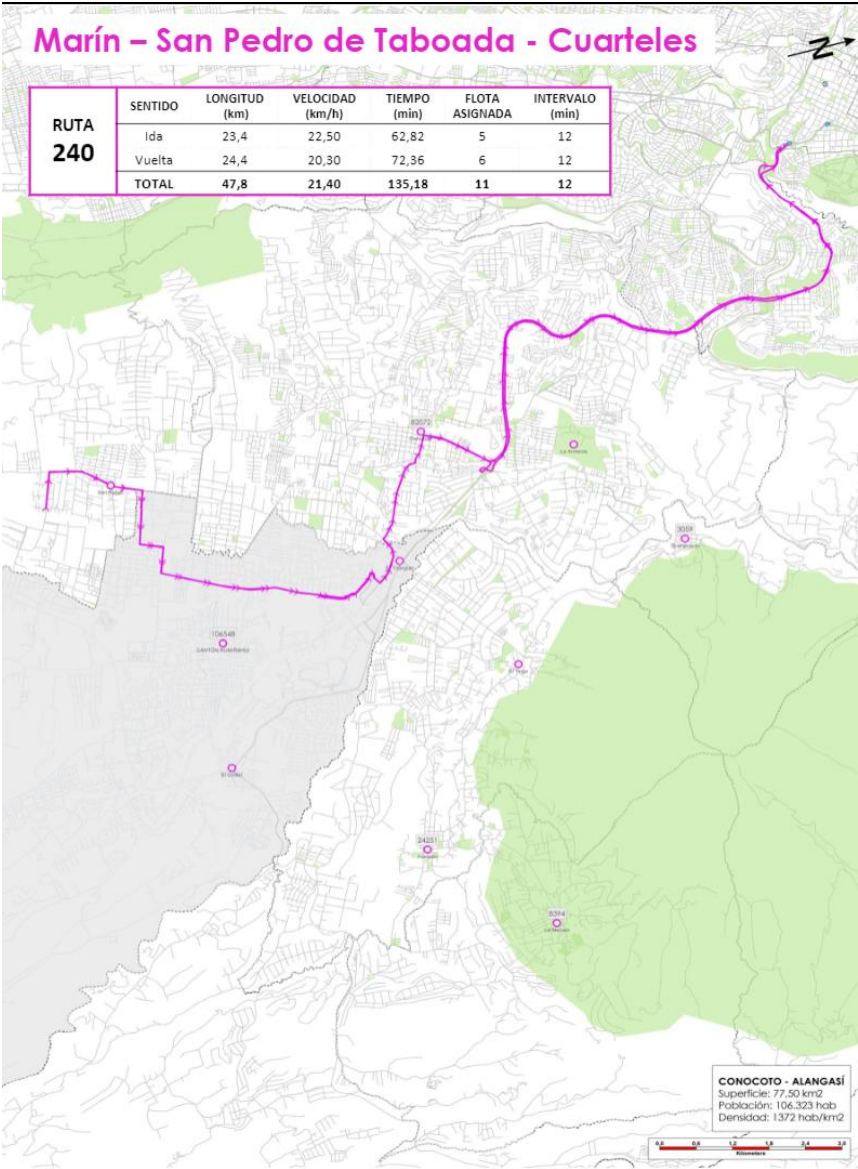
Figura AI. 2*Ruta 219*

Nota: Ruta Marín – Pintag – San Alfonso (GAD Rumiñahui, 2022)

Figura AI. 3*Ruta 237*

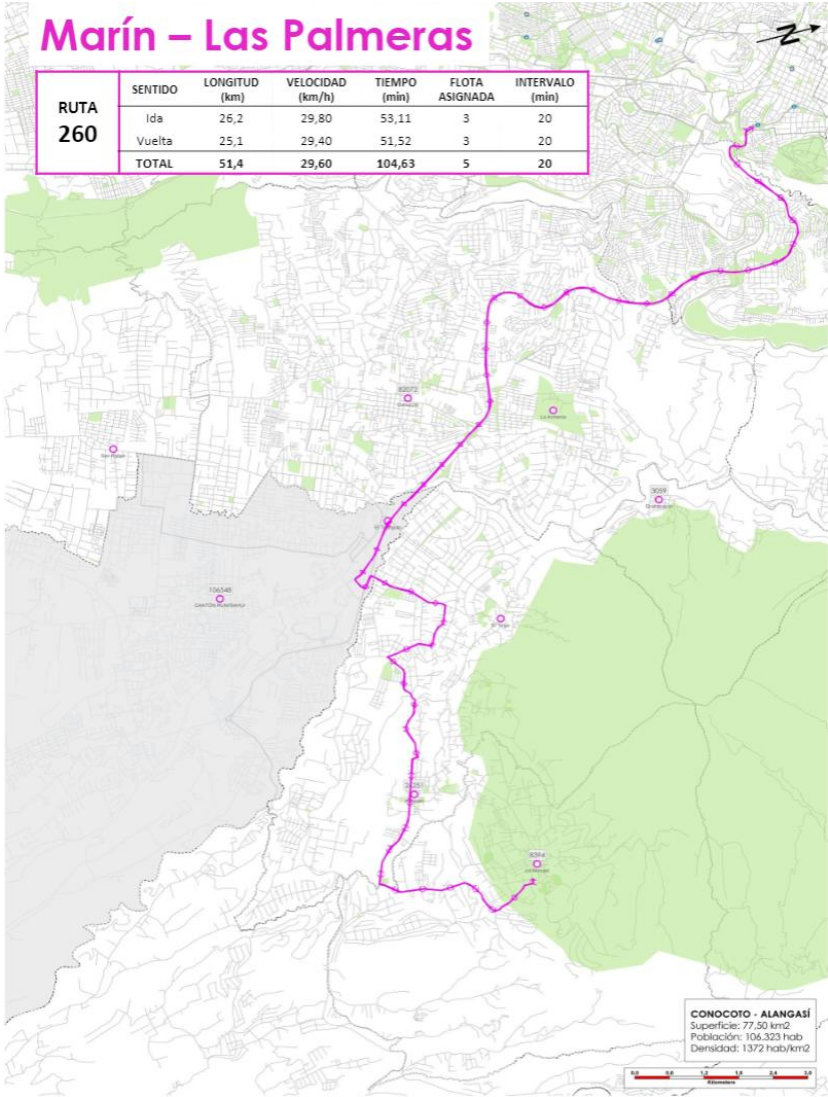
Nota: Ruta Marín – La Merced (GAD Rumiñahui, 2022)

Figura AI. 4
Ruta 240



Nota: Ruta Marín – San Pedro de Taboada - Cuarteles (GAD Rumiñahui, 2022)

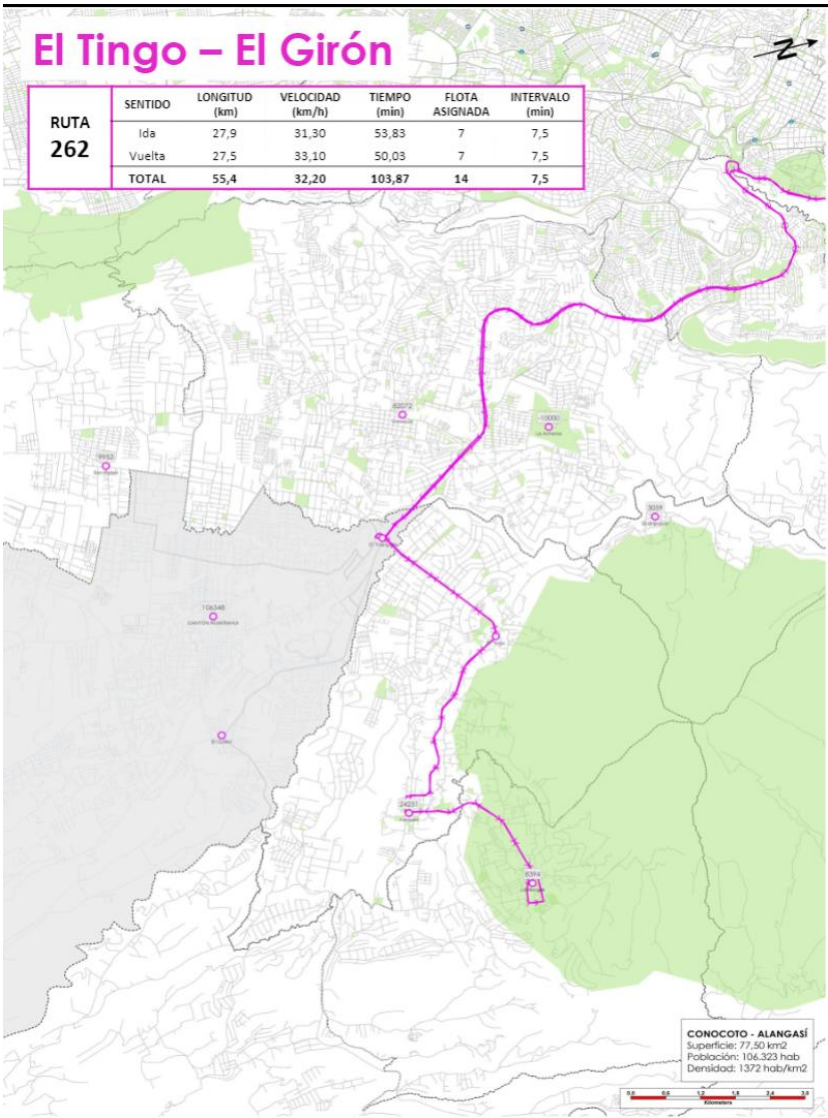
Figura AI. 5
Ruta 260



Nota: Ruta Marín – Las palmeras (GAD Rumiñahui, 2022)

Figura AI. 6

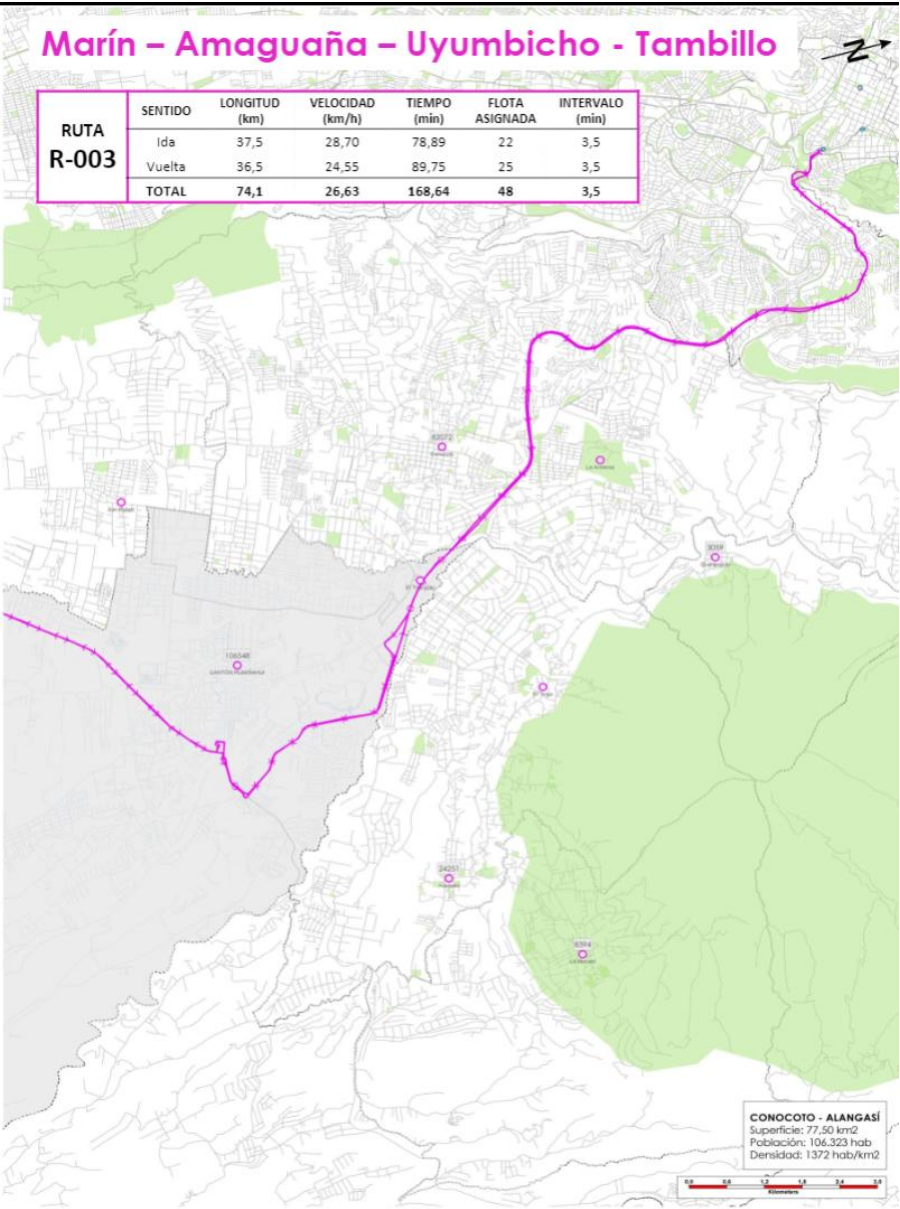
Ruta 262



Nota: Ruta EL tingo – Girón (GAD Rumiñahui, 2022)

Figura AI. 7

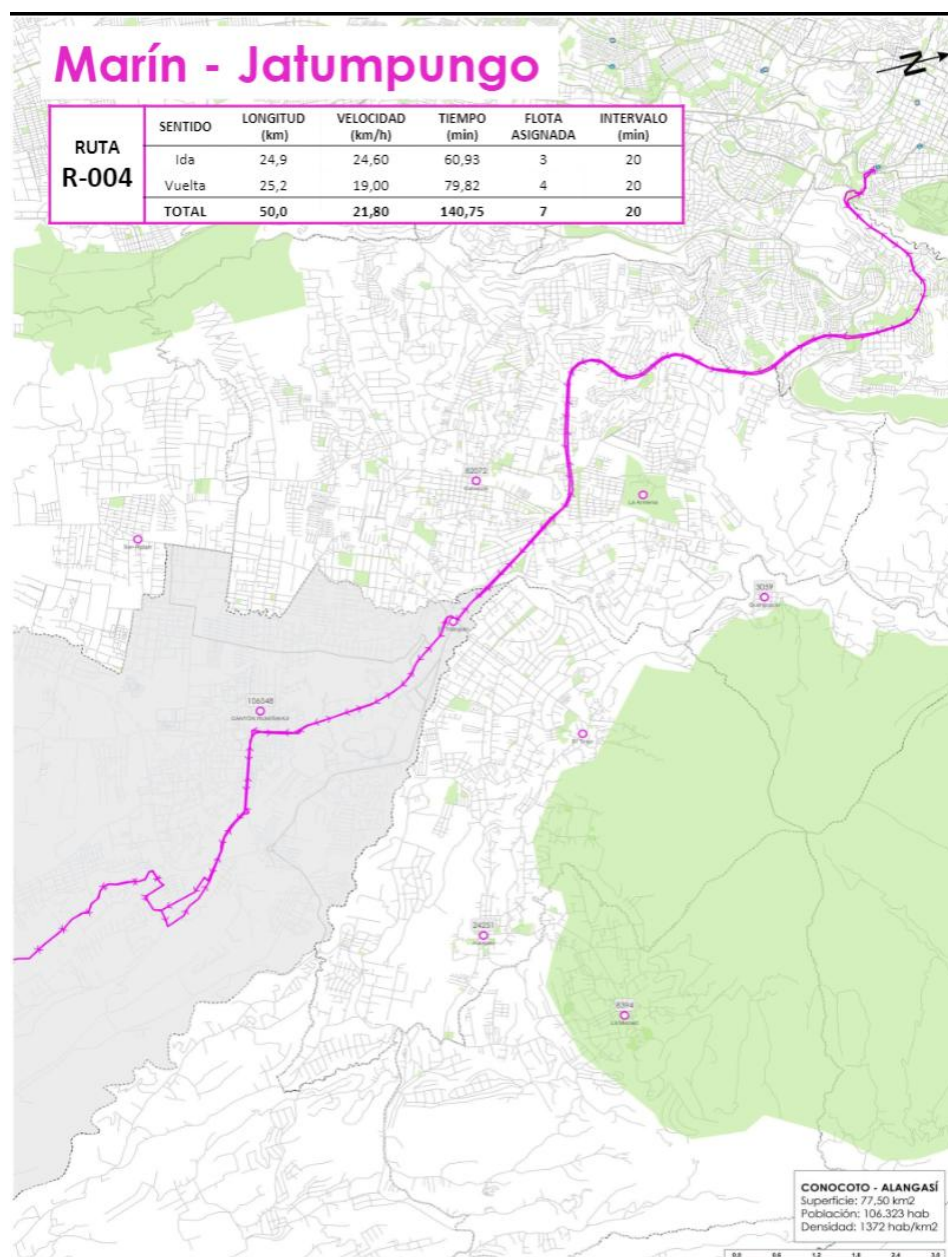
Ruta R-003



Nota: Ruta Marín – Uyumbicho – Tambillo (GAD Rumiñahui, 2022)

Figura AI. 8

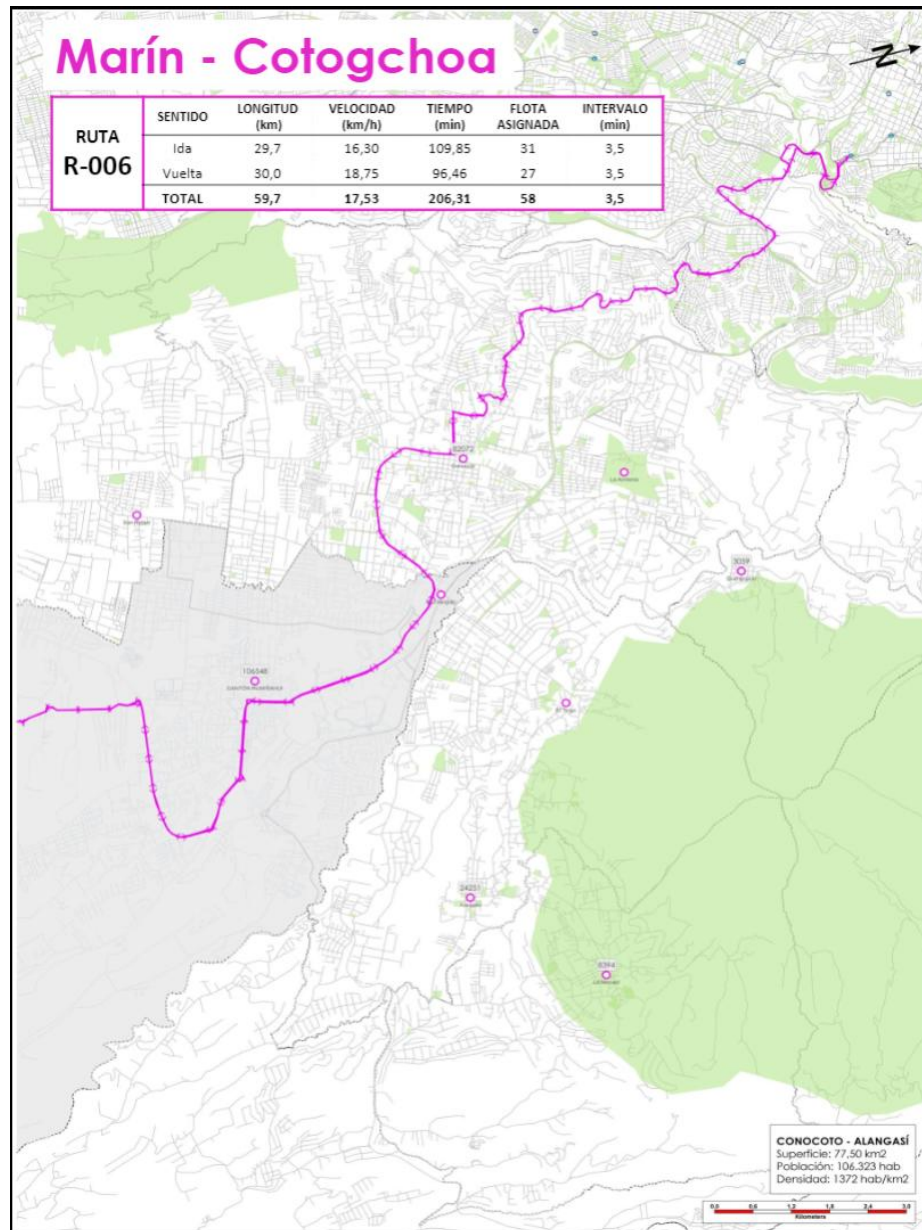
Ruta R-004



Nota: Operadoras de transporte del cantón Rumiñahui Marín – Jatumpungo (GAD Rumiñahui, 2022)

Figura AI. 9

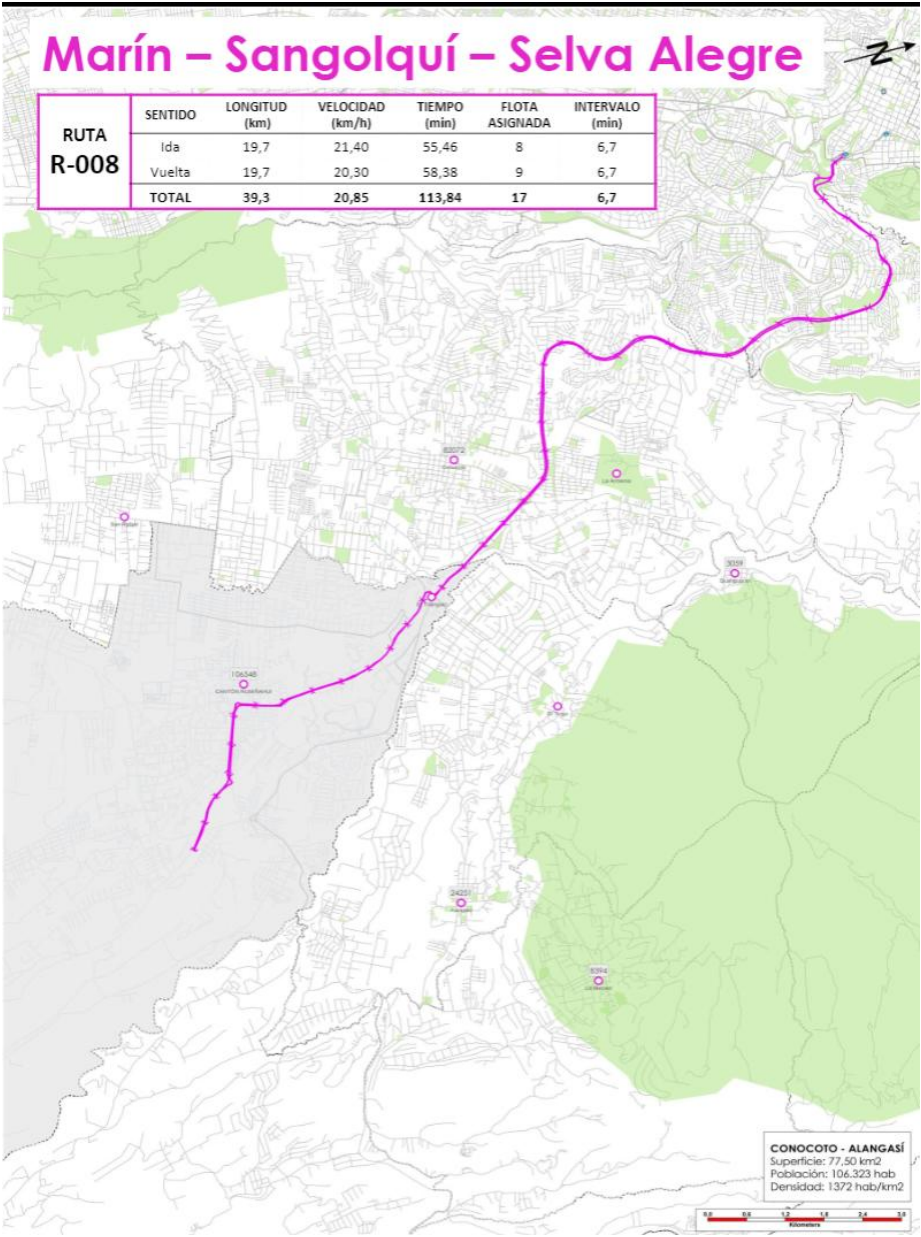
Ruta R-006



Nota: Ruta Marín – Cotogchoa (GAD Rumiñahui, 2022)

Figura AI. 10

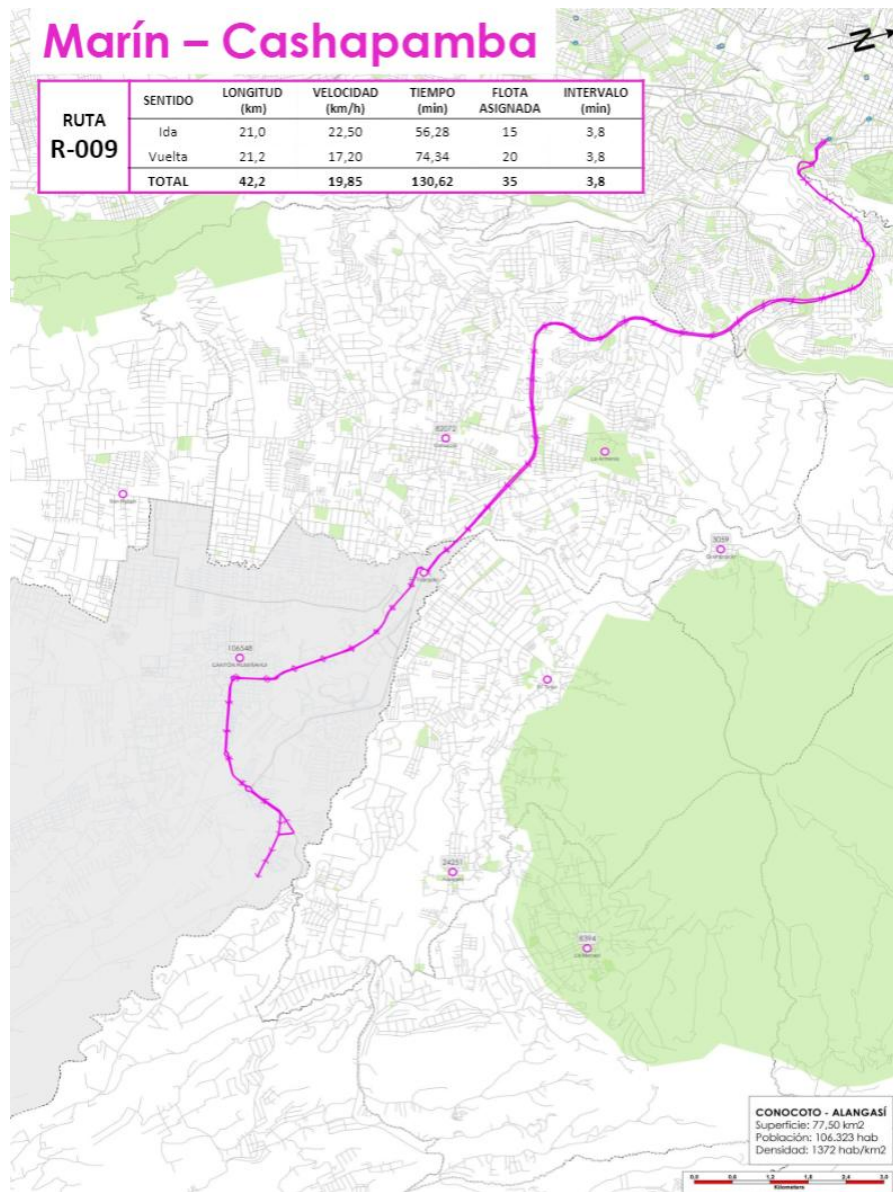
Ruta R-008



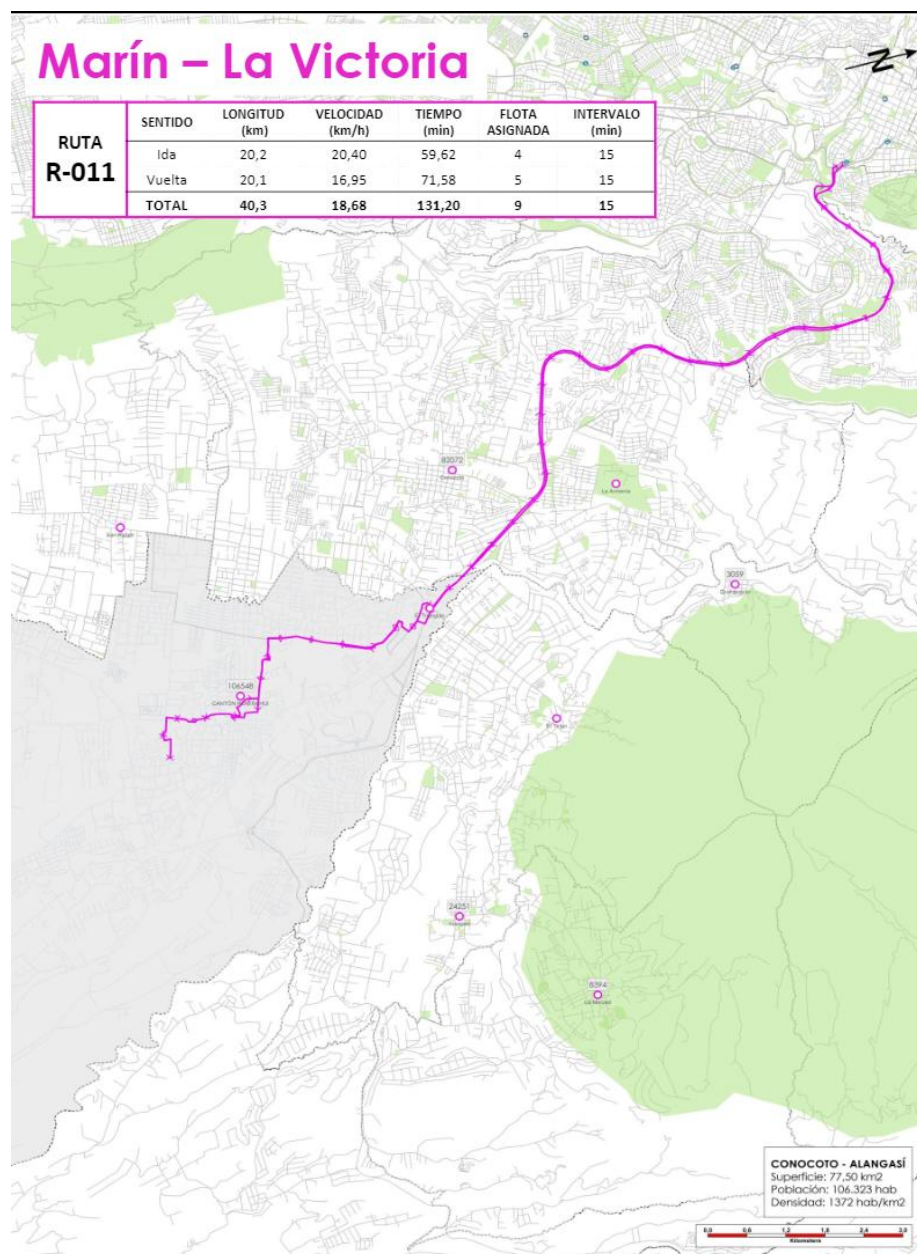
Nota: Ruta Marín – Sangolquí – Selva Alegre (GAD Rumiñahui, 2022)

Figura AI. 11

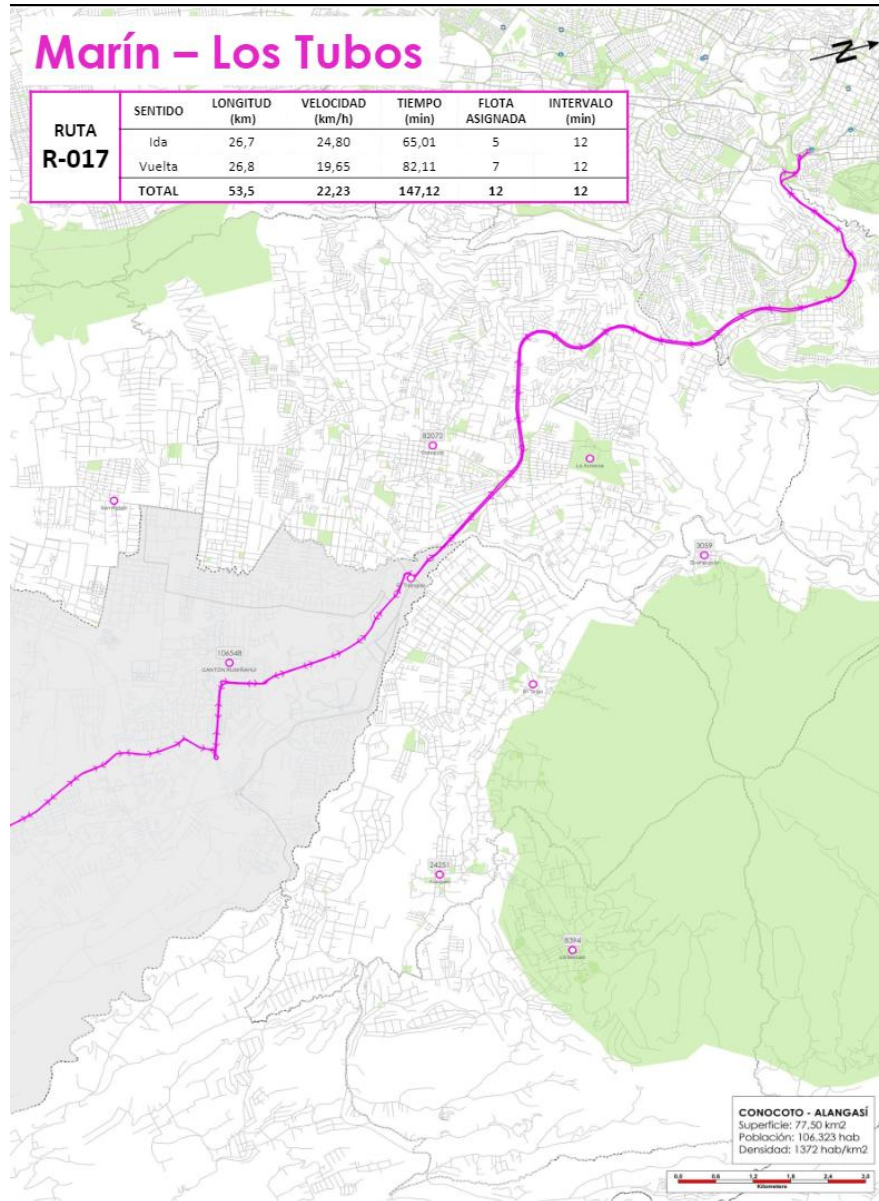
Ruta R-009



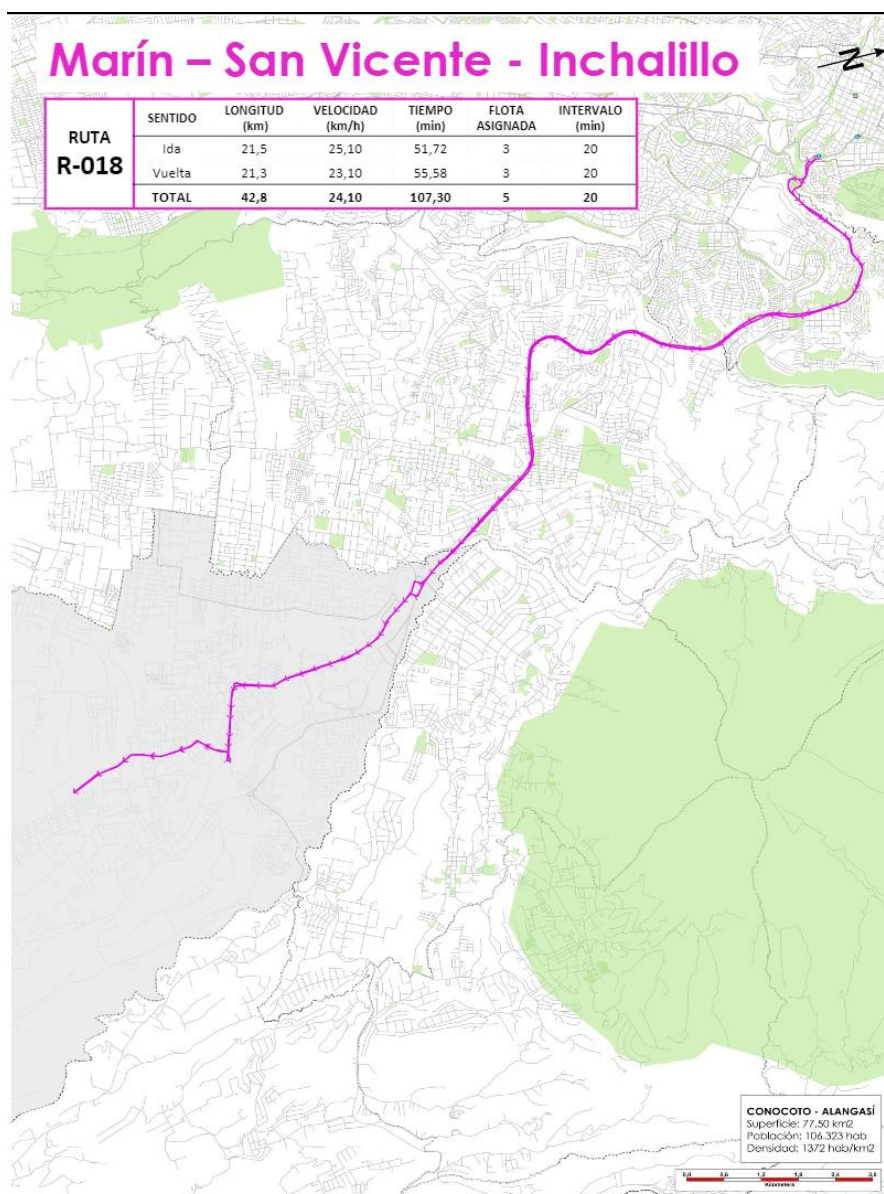
Nota: Ruta Marín – Cashapamba (GAD Rumiñahui, 2022)

Figura AI. 12*Ruta R-011*

Nota: Ruta Marín – La Victoria (GAD Rumiñahui, 2022)

Figura AI. 13*Ruta R-017*

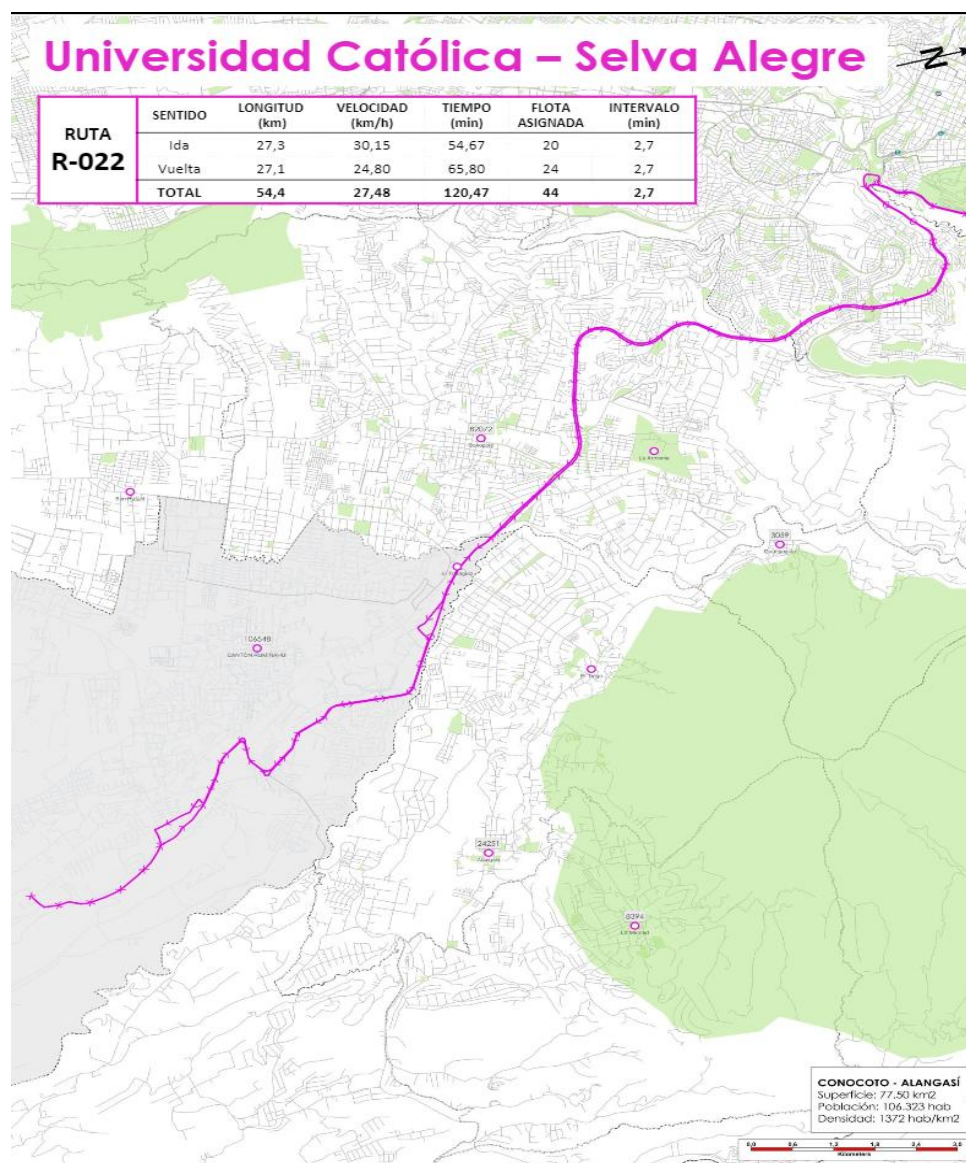
Nota: Ruta Marín – Los Tubos (GAD Rumiñahui, 2022)

Figura AI. 14*Ruta R-018*

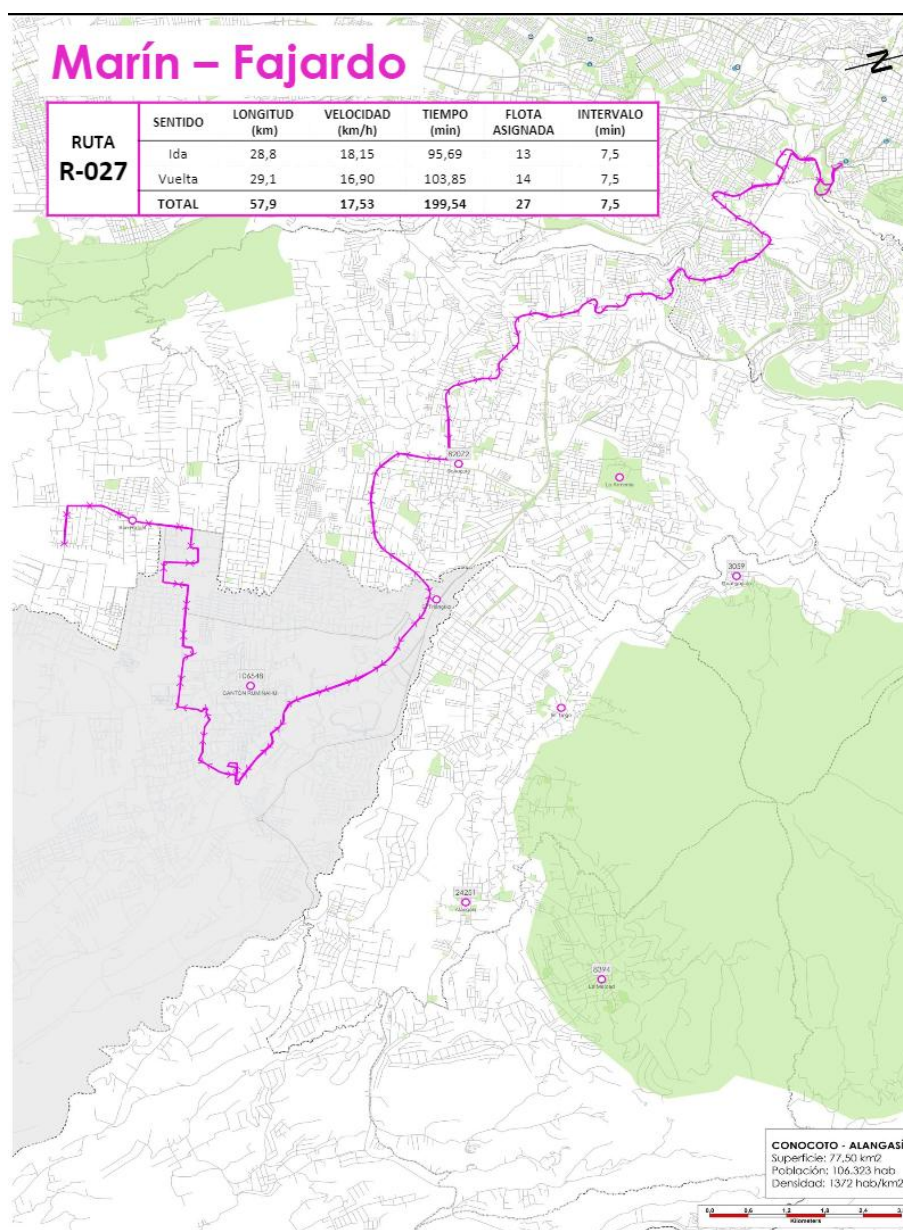
Nota: Ruta Marín – San Vicente – Inchalillo (GAD Rumiñahui, 2022)

Figura AI. 15

Ruta R-022



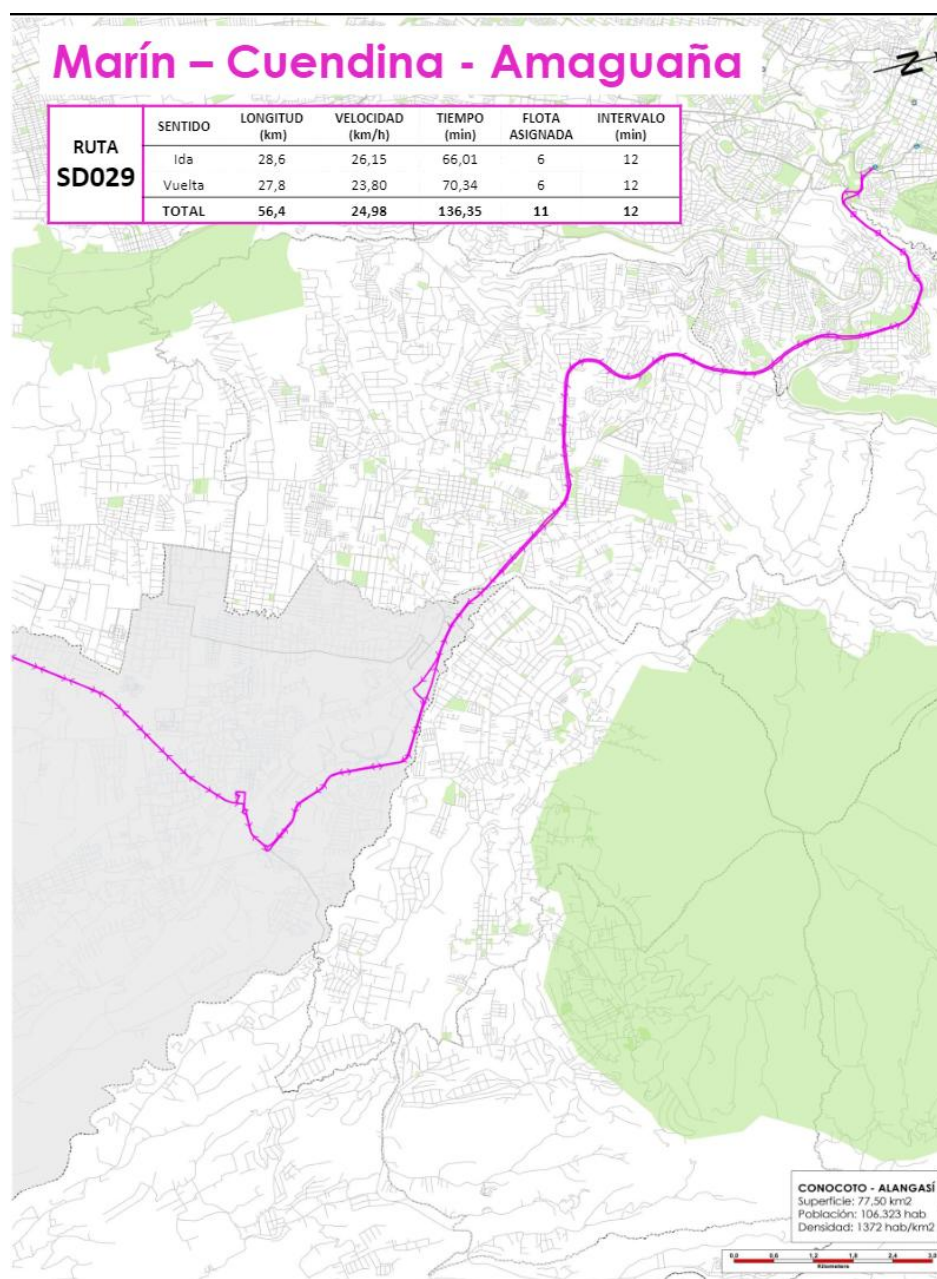
Nota: Ruta Universidad Católica – Selva Alegre (GAD Rumiñahui, 2022)

Figura AI. 16*Ruta R-027*

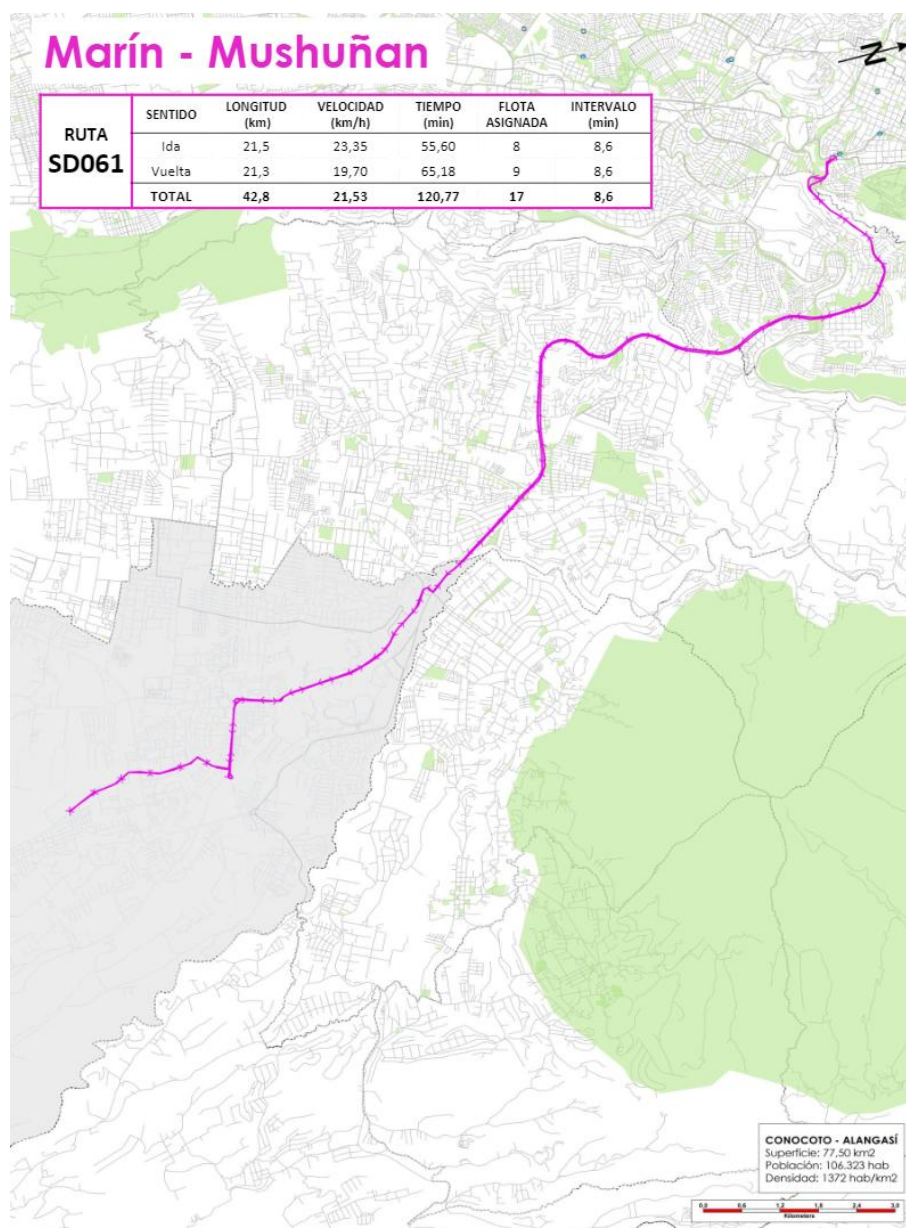
Nota: Ruta Marín – Fajardo (GAD Rumiñahui, 2022)

Figura AI. 17

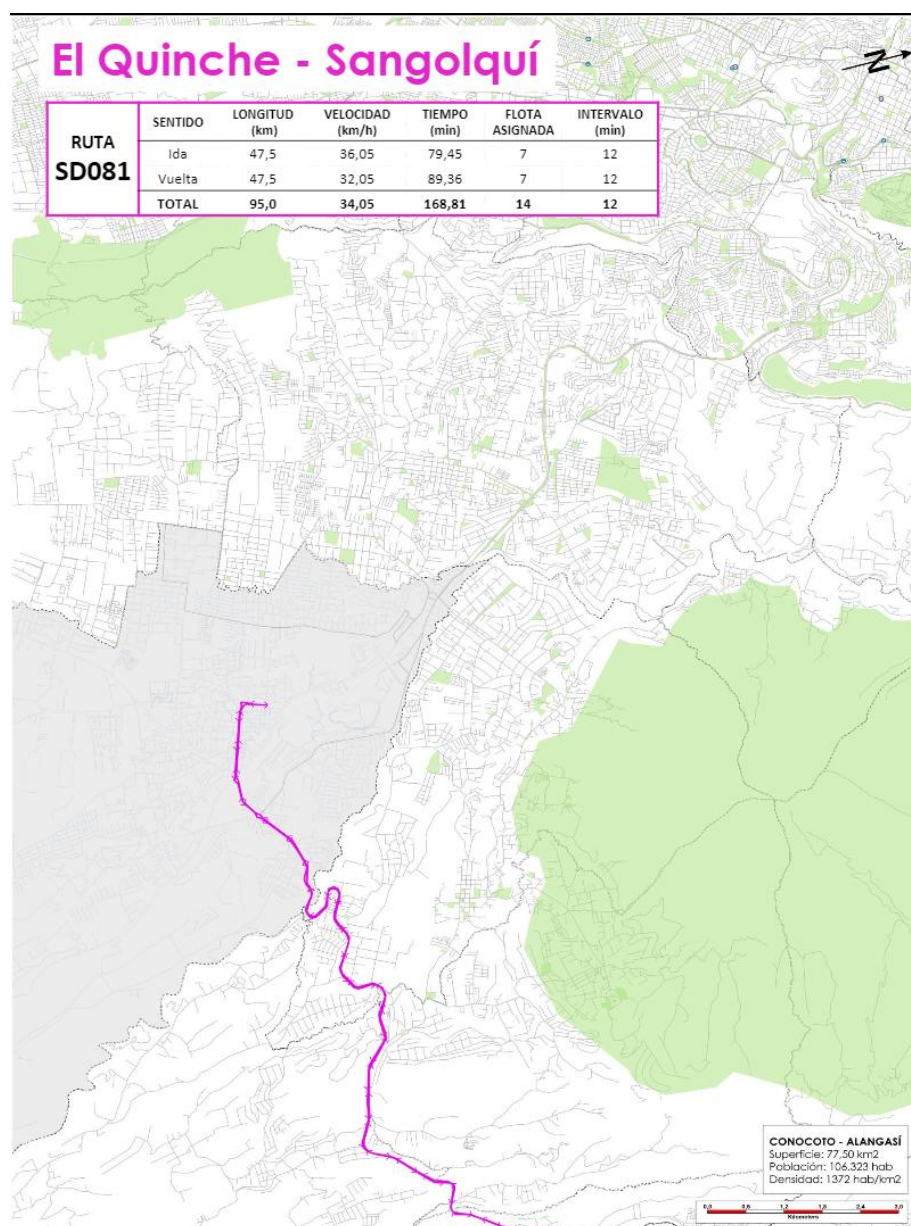
Ruta SD029



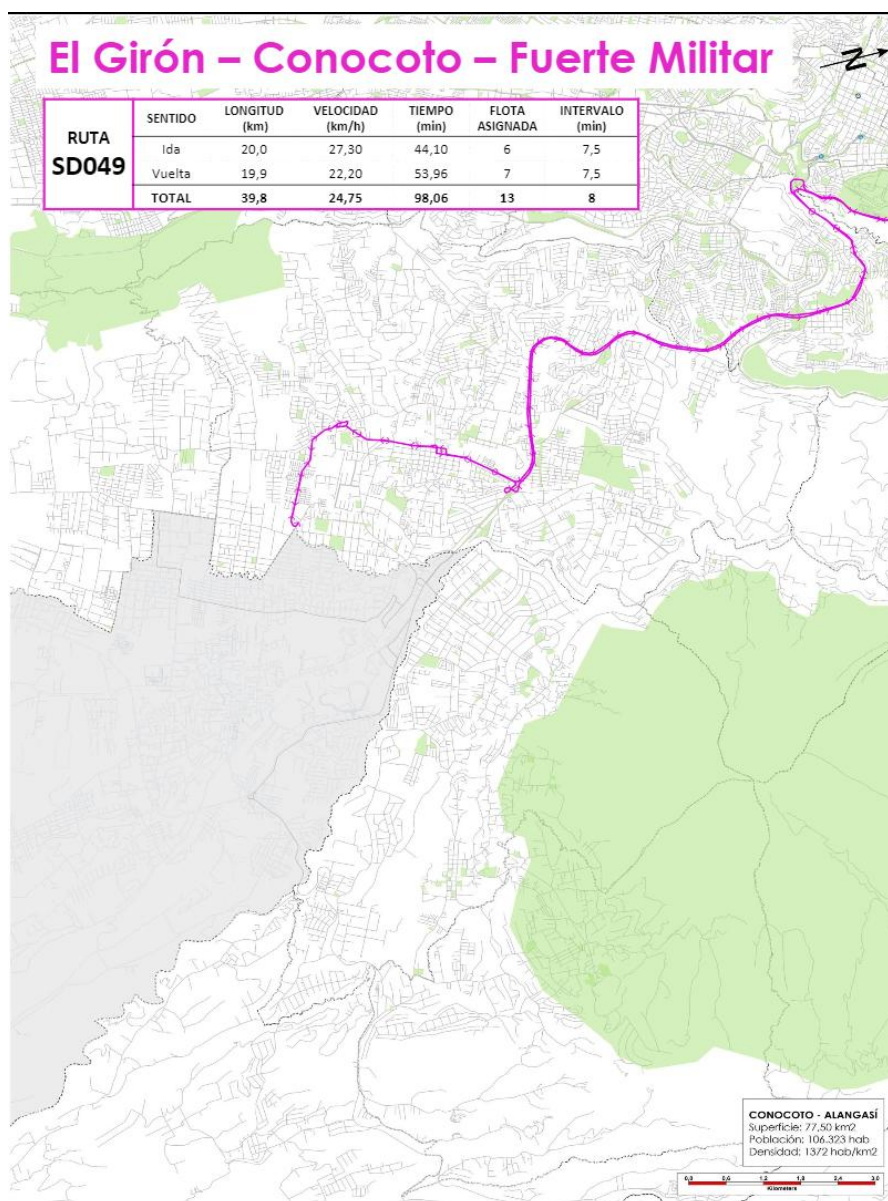
Nota: Ruta Marín – Cuendina – Amagüaña (GAD Rumiñahui, 2022)

Figura AI. 18*Ruta SD061*

Nota: Ruta Marín – Mushuñan (GAD Rumiñahui, 2022)

Figura AI. 19*Ruta SD081*

Nota: Ruta El Quinche - Sangolquí (GAD Rumiñahui, 2022)

Figura AI. 20*Ruta SD049*

Nota: Ruta Girón – Conocoto -Fuerte Militar(GAD Rumiñahui, 2022)

Figura AI. 21

ENCUESTA SOBRE CONOCIMIENTO DE RUTAS DE EVACUACIÓN DEL CANTÓN RUMIÑAHUI

NOMBRE: Paola Viviana Anago Villagis

GENERO: Femenino

EDAD: 34

1. USA TRANSPORTE PÚBLICO:

SI () NO (X)

2. USA TRANSPORTE PROPIO

SI (X) NO ()

3. CONOCE RUTAS DE EVACUACION ANTE UNA INUNDACION O ERUPCIÓN VOLCANICA?

SI (X) NO ()

EN EL CASO DE CONOCER PODRIA INDICAR CUALES SON?

- Autopista general Rumiñahui
- Intervalles

4. CONOCE RUTAS DE AFECTACIÓN ANTE UNA INUNDACION O ERUPCIÓN VOLCANICA?

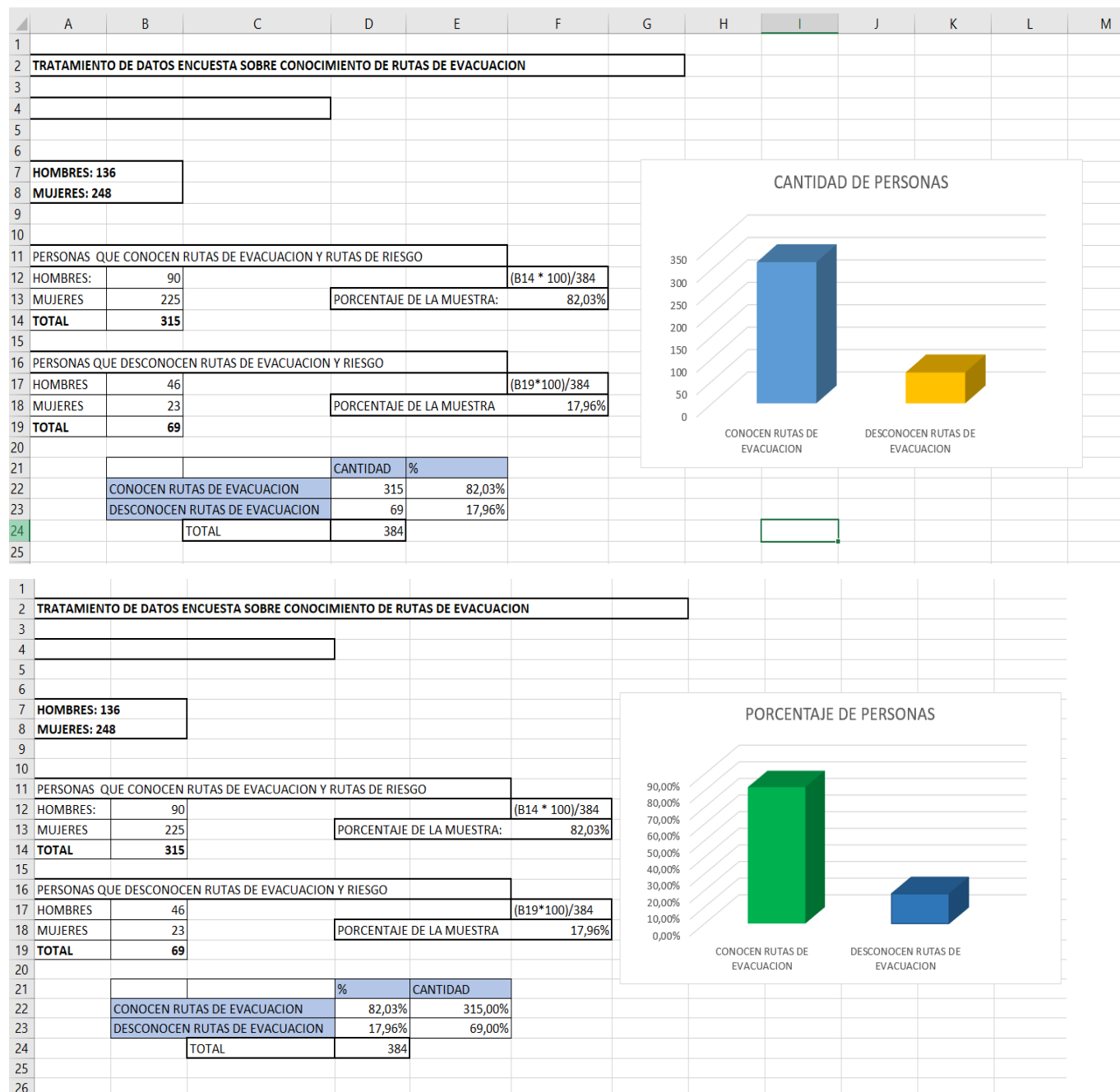
SI (X) NO ()

EN EL CASO DE CONOCER PODRIA INDICAR CUALES SON?

- General Enriquez (Río Pita)

Nota: Encuesta de conocimiento de rutas de evacuación

Figura AI.22



Nota: Matriz de tratamiento de datos con indicadores

- [1] C. Ferreira Salazar, K. García García, L. Macías Leiva, A. Pérez Avellaneda, and C. Tomsich, *Mujeres y hombres del Ecuador en cifras III*. Quito, Ecuador, 2014.
- [2] J. P. Varela, A. B. Santander, and M. E. Carriel, "Lahares del volcán Cotopaxi, riesgos en la actividad turística para el cantón Rumiñahui," *Conectividad*, vol. 4, no. 1, pp. 13-24, 2023.
- [3] M. d. R. A. Landázuri and G. Fuertes, "Identificación de los Factores de Riesgo que inciden en la siniestralidad del Cantón Rumiñahui," *Conectividad*, vol. 4, no. 1, pp. 25-37, 2023.
- [4] J. Tibanlombo and A. Villacís, "Aplicación y sistematización de la propuesta metodológica para el análisis de vulnerabilidad de la parroquia Sangolquí, del cantón Rumiñahui," *Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente*, 2013.
- [5] C. P. Casenave, "Exigencia y carga emocional del trabajo policial: la intervención policial ante catástrofes y emergencias masivas," *Psicopatología Clínica Legal y Forense*, vol. 9, no. 1, pp. 171-196, 2009.
- [6] P. Vera, P. Ortega, E. Casa, J. Santamaría, and X. Hidalgo, "Modelación numérica y mapas de afectación por flujo de lahares primarios en el drenaje sur del volcán Cotopaxi," *Revista Politécnica*, vol. 43, no. 1, pp. 61-72, 2019.
- [7] A. Rodríguez Guerra and K. Baca Cajas, "Revista electrónica ISSN: 1390-938x N 31: Julio-septiembre 2022," *Revista electrónica ISSN*, vol. 1390, p. 938x.
- [8] C. A. Poveda Lugo, "Soluciones y alternativas de una propuesta de un sistema de transporte público hacia el eje vial de la Autopista General Rumiñahui de las personas ubicadas en el sector de La Armenia," 2018.
- [9] J. Sandoval-Díaz, M. N. Muñoz, and D. C. Martínez, "Revisión sistemática sobre la capacidad de adaptación y resiliencia comunitaria ante desastres siconaturales en América Latina y el Caribe," *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, vol. 7, no. 2, pp. 187-203, 2023.
- [10] K. Díaz Arcaño and A. Lorenzo Ruiz, "Resiliencia individual y comunitaria ante eventos adversos y desastres: una revisión necesaria," *Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, vol. 11, no. 2, 2023.
- [11] R. M. Constantino and H. R. Dávila, "Una aproximación a la vulnerabilidad y la resiliencia ante eventos hidrometeorológicos extremos en México," *Política y cultura*, no. 36, pp. 15-44, 2011.
- [12] A. S. A. de Mendoza, "El afrontamiento y la capacidad de resiliencia de las personas ante los riesgos por desastres naturales," *Entorno*, no. 62, pp. 34-46, 2016.
- [13] V. Hardy-Casado, A. Cuevas-Muñiz, and O. Gallardo-Milanés, "Aprendizaje y resiliencia en la gestión local de riesgos de desastres," *Luz*, vol. 18, no. 2, pp. 42-52, 2019.
- [14] H. T. Mateu, "Estrategia Internacional para la seguridad humana en los desastres naturales," *Araucaria. Revista Iberoamericana de Filosofía, Política y Humanidades*, vol. 18, no. 36, pp. 241-263, 2016.
- [15] J. Rosales-Veitia, "Evolución histórica de la concepción de la gestión de riesgos de desastres: algunas consideraciones," *Revista Kawsaypacha: sociedad y medio ambiente*, no. 7, pp. 67-81, 2021.
- [16] D. P. U. Huera and R. J. F. S. Martínez, "APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE ADMINISTRACIÓN TERRITORIAL EN LA GESTIÓN DE RIESGOS NATURALES. CASO, VALLE DE LOS CHILLOS-ECUADOR," *Revista Geoespacial*, vol. 16, no. 2, pp.

- 33-52, 2019.
- [17] D. Reyes Reyes, "Migración y Cambio Climático: estrategias de resiliencia en las políticas de gestión del riesgo en el Distrito Metropolitano de Quito," 2022.
 - [18] D. M. Naranjo, "Desarrollo de la metodología para el análisis de vulnerabilidad ante una eventual erupción del volcán Cotopaxi," Quito: EPN, 2007., 2007.
 - [19] V. García Rabadán, "Estudio sobre la resiliencia en redes de tráfico urbanas: agentes, medidas de mitigación y de adaptación aplicadas a infraestructuras de transporte," 2025.
 - [20] H. Scheller and A. S. Körner, "Retos federales en la implementación del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia de la UE en Alemania," *Gestión y Análisis de Políticas Públicas*, no. 29, p. 23, 2022.
 - [21] E. M. Quintero, "Resiliencia en el transporte de carga: revisión de conceptos e identificación de modelos."