



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN CARRERA EN TECNOLOGÍAS GEOESPACIALES

PROPUESTA DE UN MODELO DE MOVILIDAD URBANA, CASO CORREDOR
LABRADOR – CARAPUNGO (PARROQUIAS CALDERÓN, CARCELÉN, COMITÉ DEL
PUEBLO, LLANO CHICO, POMASQUI, ZÁMBIZA Y SAN ANTONIO DE PICHINCHA, EN
EL CONTEXTO DE LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES.

AUTORES:

Arteaga Pinargote Cristhian Raúl
Gualoto Changoluisa Dillan Sebastian
Guayasamín Vergara Jennifer Carolina
Morocho Suntasig Wilson Alexander
Valladares Guayta Lisbeth Stefania

DIRECTOR:

Toulkeridis Theofilos, Ph.D

MIEMBRO DEL TRIBUNAL:

Rodolfo Salazar, Ph.D



ANTECEDENTES

ANTECEDENTES

1900 - 1988

163 Inundaciones

36 Hundimientos de calzadas

114 Deslizamientos

70 Aluviones

Lapso de estudio

317 eventos (Comercio)

517 eventos (Otras Fuentes)

+4 eventos/año



Aluvión de la Gasca en 1975

Fuente: Pierre Peltre, 1989

ANTECEDENTES

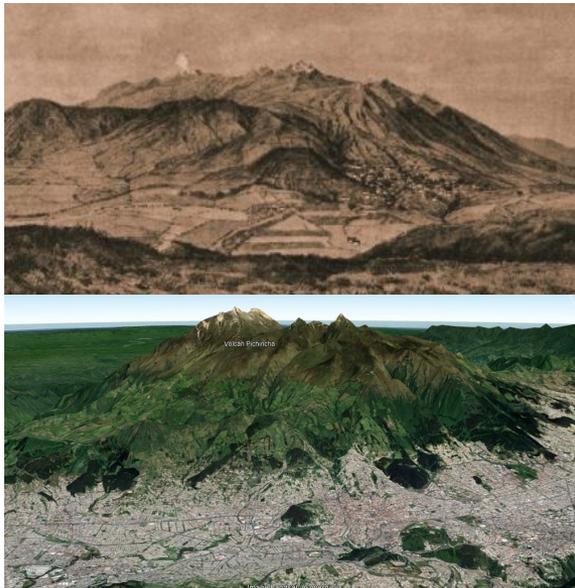
Ocupación irregular
Desordenada
Expansión ilegal (laderas)

1970

Pérdida del crecimiento urbano.



Declaración del Bosque Protector (1983).



1990

Población de las laderas → 75000 personas, 17.5%
de crecimiento anual.



Decrece “Proyecto Laderas Pichincha” (1997).

Laderas del Pichincha entre 1980 - 2022



ANTECEDENTES

1990 - 2022

992 (Deslizamientos, Inundaciones y aluviones)

Aluvión en La Gasca (1997)

Aluvión en El Recreo (2008)

Aluvión en El Pinar (2019)

Aluvión en Pomasqui (2020 – 2021)

Aluvión en La Gasca y La Comuna (2022)

Inundación Caupicho (2020)

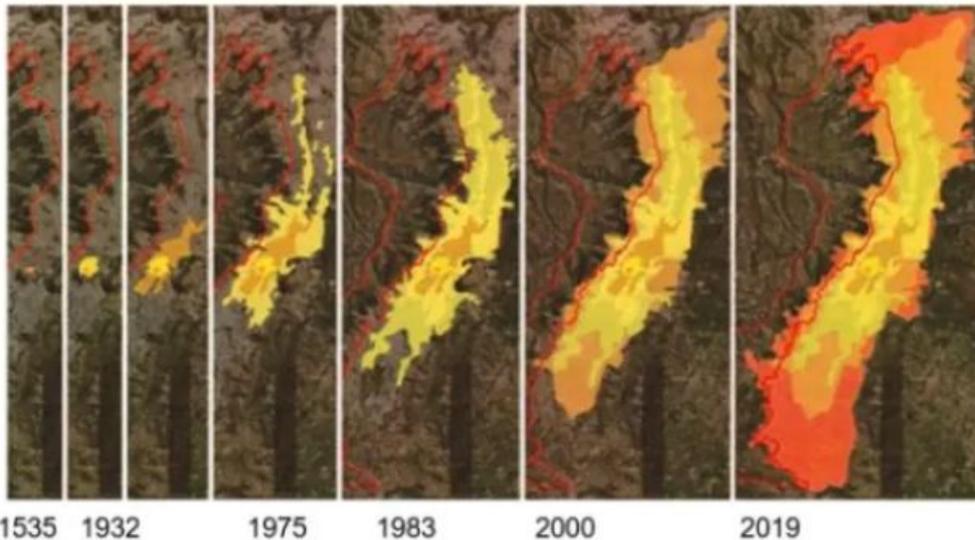
Inundación Solanda (2022)



ANTECEDENTES

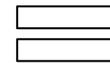
Proyecto Laderas de Pichincha

Construcción de represas
Reservorios
Trasvases
Interconexiones de quebradas
Estructuras de captación
Diques



Crecimiento de la población sobre el Bosque Protector 1535 - 2019

Condición Biofísica
Expansión Irresponsable



Incrementa el riesgo de
Desastres



Parroquia de Llano Chico
Parroquia de Zámbriza

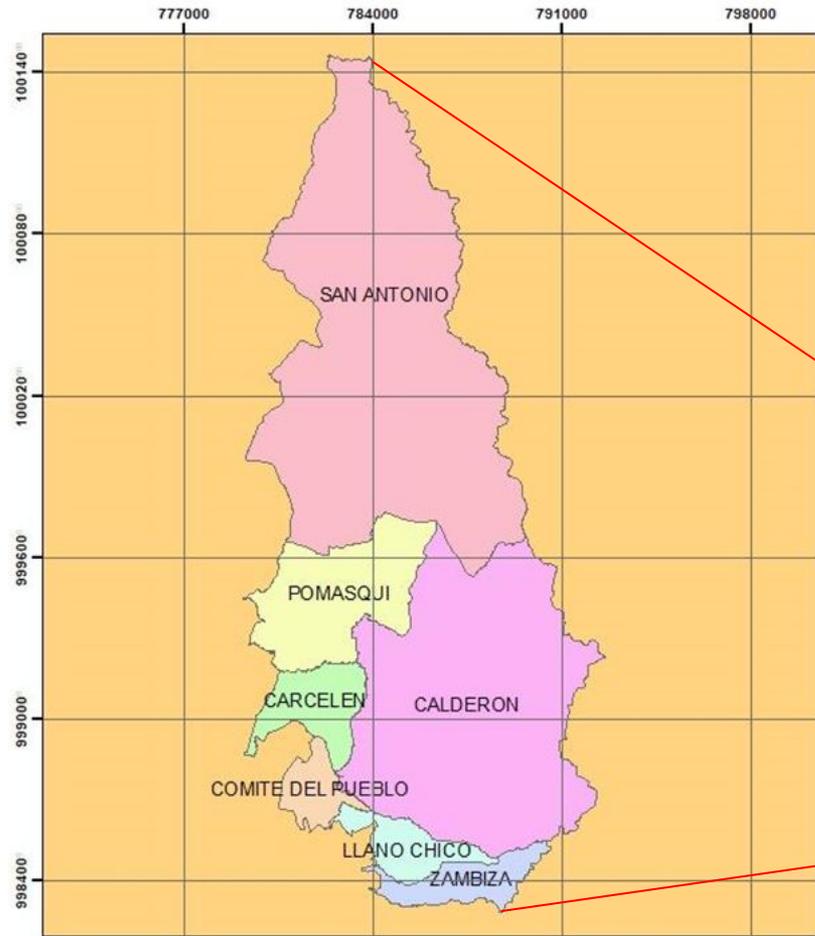


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



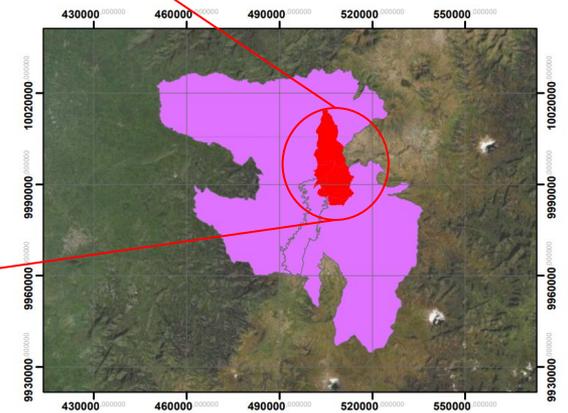
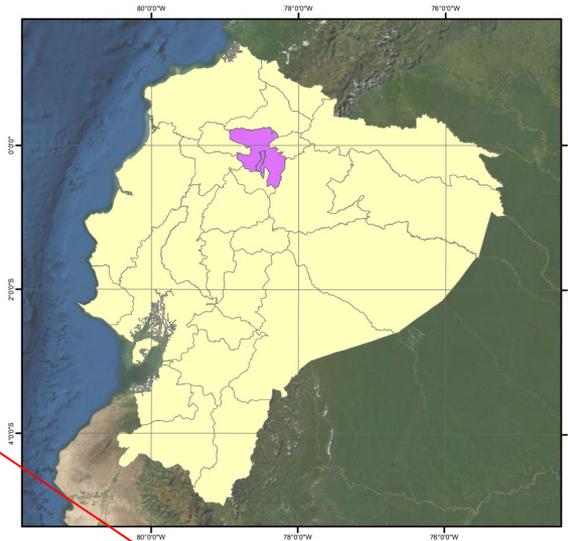
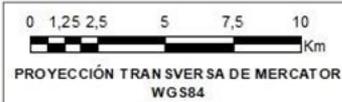
ÁREA DE ESTUDIO

ÁREA DE ESTUDIO



Fuente:

Elaboración con datos de:
Secretaría Nacional de Planificación. "Zonas de Planificación"



Parroquias del Norte del Distrito Metropolitano de Quito



OBJETIVOS

Objetivo General:

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

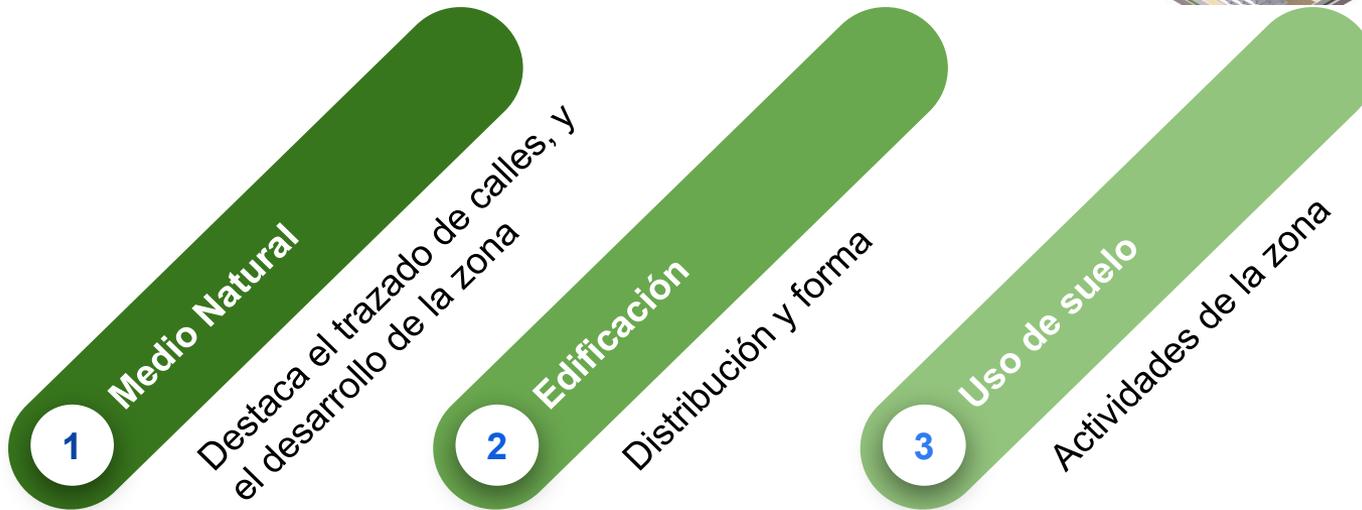
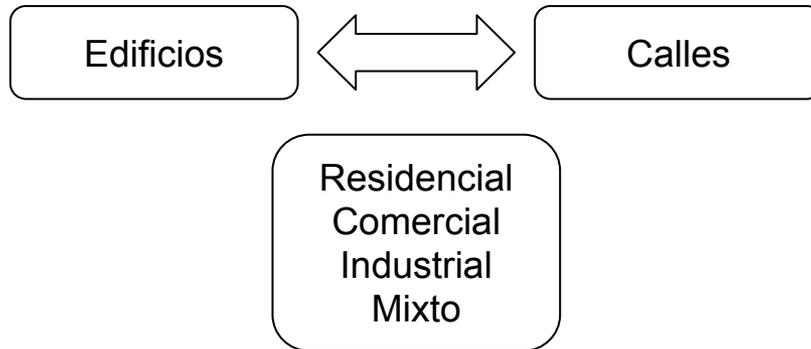
Objetivo Específicos:

- **Caracterizar geoespacialmente** el modelo de **movilidad urbana vigente** para el transporte público.
- **Identificar** los potenciales **riesgos** por amenazas de **origen natural** en los corredores, en función de daños e intensidad.
- **Diseñar escenarios prospectivos** territoriales para la **movilidad urbana**.



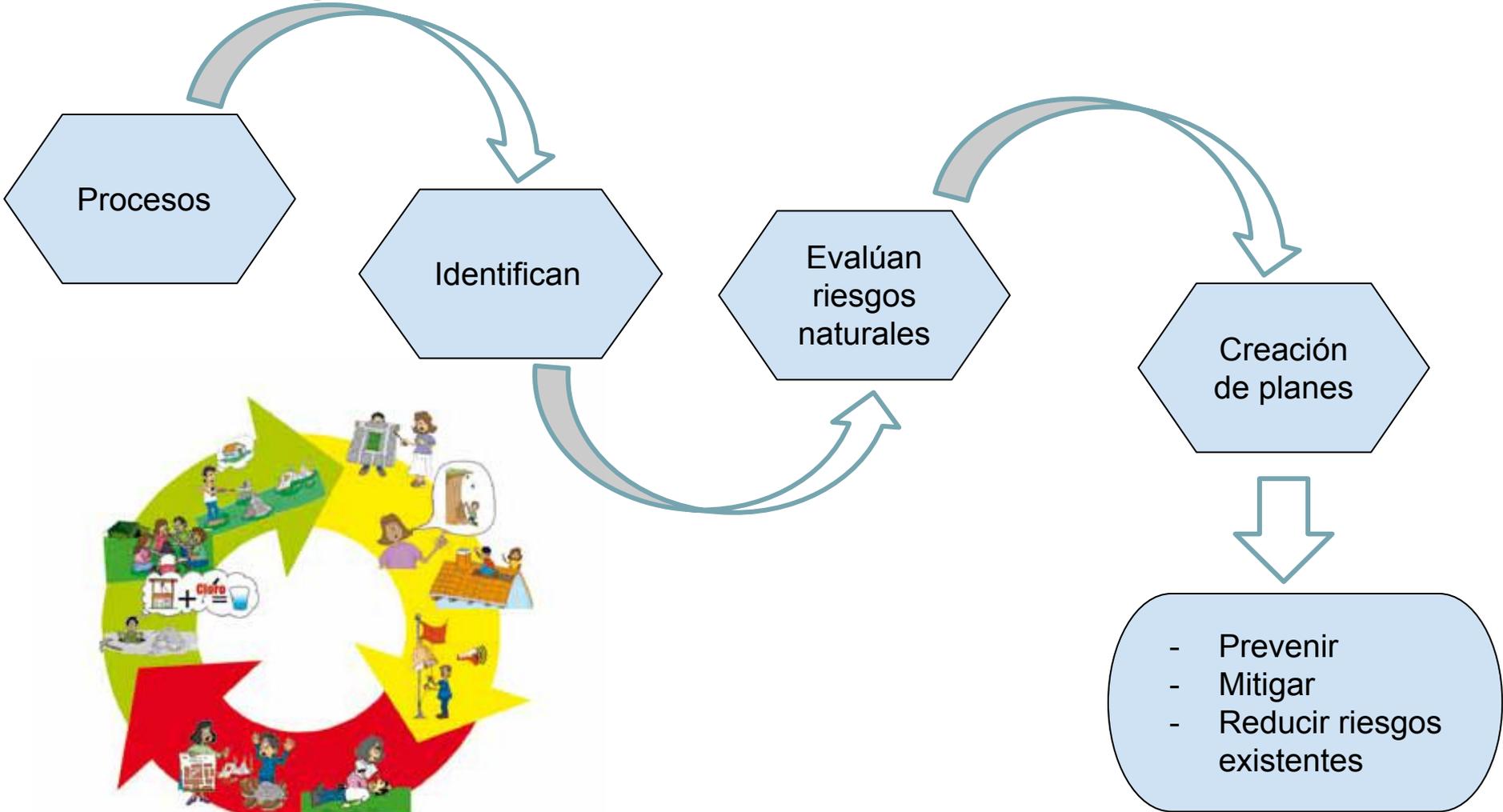
MARCO TEÓRICO

Morfología Urbana



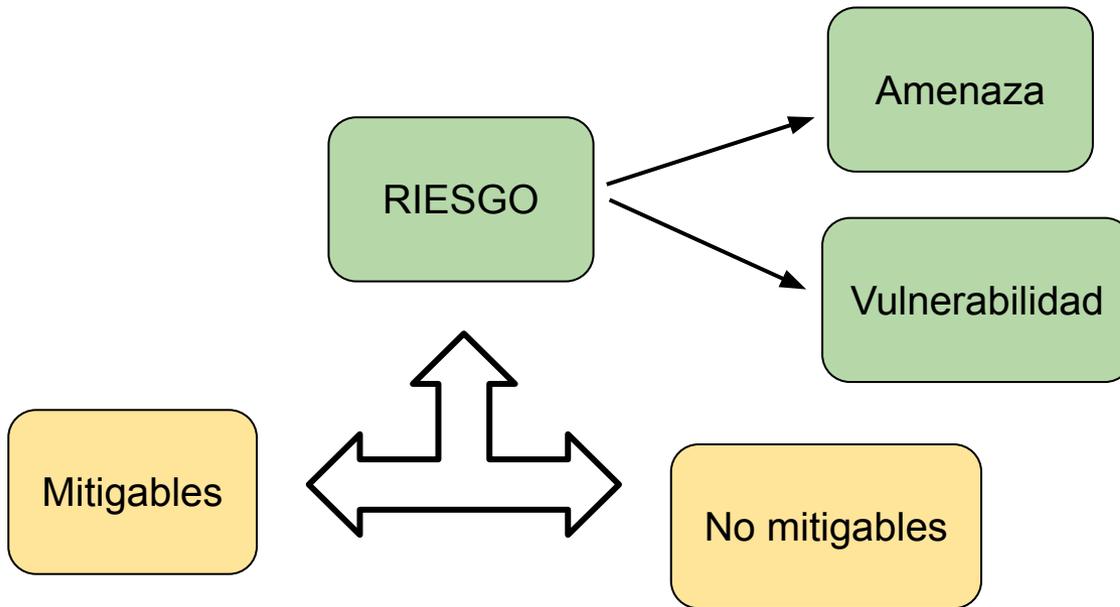
Morfología Urbana. (Sgroi, 2011)

Gestión de Riesgos



Gestión de Riesgos. (Paliz, 2013)

Riesgo



Evaluación de riesgos. (USAID, 2021)

Evaluación de riesgos

Identificación de la naturaleza, la ubicación, intensidad y a su vez la probabilidad de una posible amenaza.

Análisis del grado de vulnerabilidad y exposición a las amenazas.

Definición de capacidades y recursos para sobrellevar las amenazas que se logren presentar.

Determinar el grado de riesgo aceptable.

MARCO TEÓRICO

FORMULACIÓN	FUENTE
Riesgo = incertidumbre + peligro	<i>Kaplan and Garrick, 1981</i>
Riesgo = Probabilidad * Consecuencia	Ansell y Wharton, 1992:100
Riesgo = (Peligro * Vulnerabilidad) / gestión de desastres	Benouar, 2001:6
Riesgo = Frecuencia (eventos / unidad de tiempo) * Magnitud (consecuencias /evento)	Comisión reguladora Nuclear, 2002:8
Riesgo = vulnerabilidad * costos	Lewis, 2005:
Riesgo = (Amenazas * vulnerabilidad) / capacidad	EIRD / ONU, 20002:24
Riesgo = Amenazas * vulnerabilidad	Villagrán, 2003 Salomón. 2009

Fuente: Definiciones operacionales del riesgo. (Martínez M, 2015)

Amenaza

Peligro para la población

Su ocurrencia se encuentra enfocado a la intensidad



Aluvión Sector la Gasca(Pallero, 2022).

Como se considera una amenaza



Pérdidas materiales por aluvión en Ecuador

(El universo, 2022).

Ubicación donde se determina el comportamiento del fenómeno

Probabilidad de ocurrencia

La severidad del evento

Amenazas por movimientos en masa

Factores Físicos - Naturales - Acciones Humanas	Daños
Alta pendiente del terreno	<ul style="list-style-type: none"> • Propiedad pública • Viviendas • Infraestructuras • Servicios Públicos • Propiedad privada • Sistemas de vida productivos • Obstrucciones en infraestructura vial
Materiales débiles o sensibles	
Presencia de fallas geológicas	
Falta de cobertura vegetal	
Lluvias intensas	
Lluvias prolongadas	
Ocurrencia de Sismos	
Erosión o degradación del suelo	

Erosión por acción del agua
Cortes y excavaciones en las laderas
Sobrecarga y rellenos en las laderas
Modificación del drenaje natural
Falta de drenaje Urbano
Actividad minera



Factores que provocan movimientos de masa

Amenazas a sismos

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

Factores provocados por la presencia de sismos



Amenazas a inundaciones

FENÓMENOS	PROCESOS	CONSECUENCIAS
Lluvias intensas	<ul style="list-style-type: none"> • Desborde de cauces • Socavamiento y desbordamiento de riberas • Depósito de materiales fuera del lecho 	<ul style="list-style-type: none"> • Arranque de árboles • Daños de infraestructura urbana • Destrucción de cultivos y cosechas • Destrucción de hogares y poblados enteros • Pérdida de fertilidad y arabilidad de suelos agrícolas • Incremento de enfermedades • Modificación del relieve
Precipitaciones prolongadas		
Rupturas de represas		
Caídas de frentes de hielo		
Deslizamiento de tierra / Derrumbes		
Caída de árboles		
Caída de puentes		
Incremento de alimentación de una cuenca		
		Baja pendiente en la zona de evacuación y sedimentación
		Incremento de la permeabilidad
		Angostamiento de cauces por construcciones
		Falta de limpieza de cauces
		Sismos
		Deforestación
		Obstrucción del lecho
		Pavimentación y confinamiento del lecho

Fenómenos - procesos y consecuencias por la presencia de inundaciones



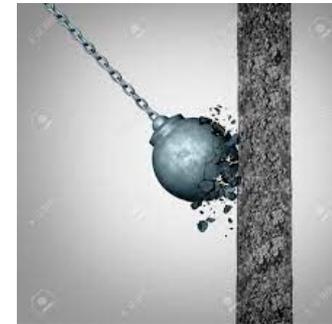
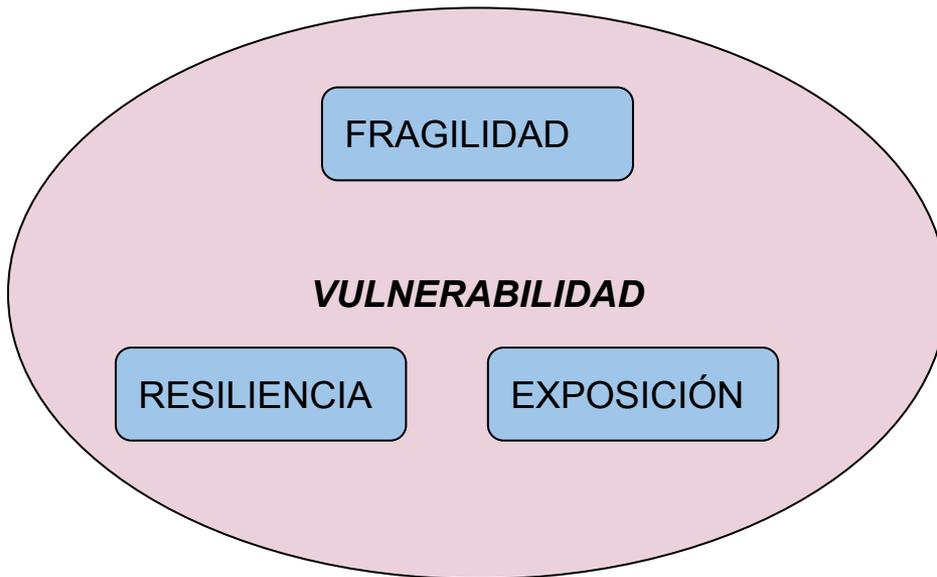
Amenazas a peligro volcánico

FENÓMENOS VOLCÁNICOS	VELOCIDAD	TIPO DE DAÑO
Avalanchas de escombros	50 a 300 km/h	Enterramiento, destrucción
Flujos y aleados piroclásticos	300 a 900 km/h	Arrasamiento y destrucción de la infraestructura, enterramiento e incendios
Flujos de lodo o lahares	15 a 30 km/h o > 100 km/h	Arrasamiento, destrucción y enterramiento
Caídas de bombas y bloques	< 10 km hasta 200 km/h	Daños por impacto e incendios
Flujos de lava	Hasta 10 km	Incendios, enterramiento y destrucción
Onda de choque	Ciento de Km	Rotura de vidrios
Caídas de cenizas y lapilli	Cientos o miles de km	Colapso de techos, daños en la agricultura, daños a instalaciones industriales, afectación al tráfico aéreo



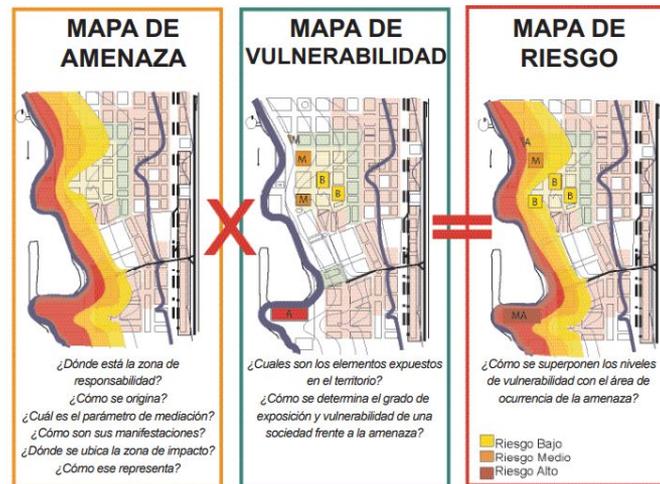
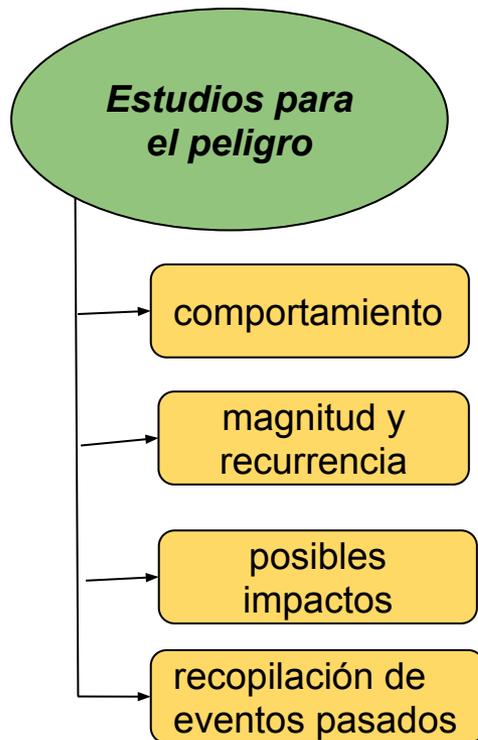
Vulnerabilidad

Es un complemento imprescindible al momento de evaluar una amenaza. Siendo un proceso por el cual se define el grado de exposición y predisposición a pérdidas, frente a una amenaza particular, la misma que se manifiesta en consecuencia de la relación de diversos factores y sus particularidades (externas e internas) que confluyen en una zona particular. (García, 2016)



Riesgos por amenaza de origen natural

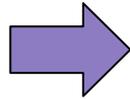
Al determinar un riesgo natural se hace referencia a los diferentes eventos que se presentan en el ambiente, los cuales, afectan tanto a la sociedad como al territorio en el que se habita, estos se definen debido a la ocurrencia con que se manifiestan y a su vez los daños que provocan.



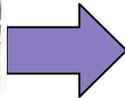
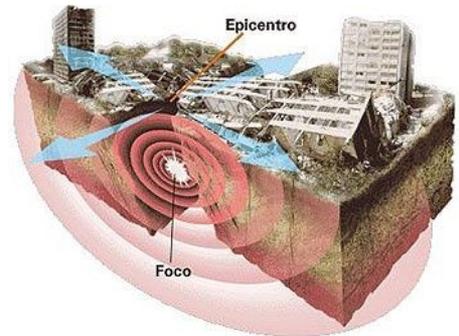
Mapas de los componentes del Riesgo. 2018

Riesgos por amenaza de origen natural

Peligro volcánico

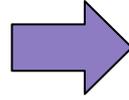


Sismos

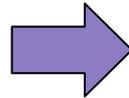


Riesgos por amenaza de origen natural

Inundaciones



Deslizamientos



Gestión de riesgos naturales en el distrito metropolitano de Quito

Al determinar un riesgo natural se hace referencia a los diferentes eventos que se presentan en el ambiente, los cuales, afectan tanto a la sociedad como al territorio en el que se habita, estos se definen debido a la ocurrencia con que se manifiestan y a su vez los daños que provocan.

Inundaciones



Incendios Forestales



Movimientos de masa



Proceso analítico jerárquico (ahp)

El método de análisis jerárquico Saaty, se trata de un procedimiento de comparación por pares de los criterios que parte de una matriz cuadrada en la cual el número de filas y columnas está definido por el número de criterios a ponderar (SATTY, 1980-17).

aij	criterio i al compararlo con j
1	igualmente, importante
3	ligeramente importante
5	notablemente importante
7	demostrablemente más importante
9	absolutamente más importante

Escala de medida (BARBA – HOMERO Y POMEROL).

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

Matriz de comparaciones pareadas (Saaty, 1980)

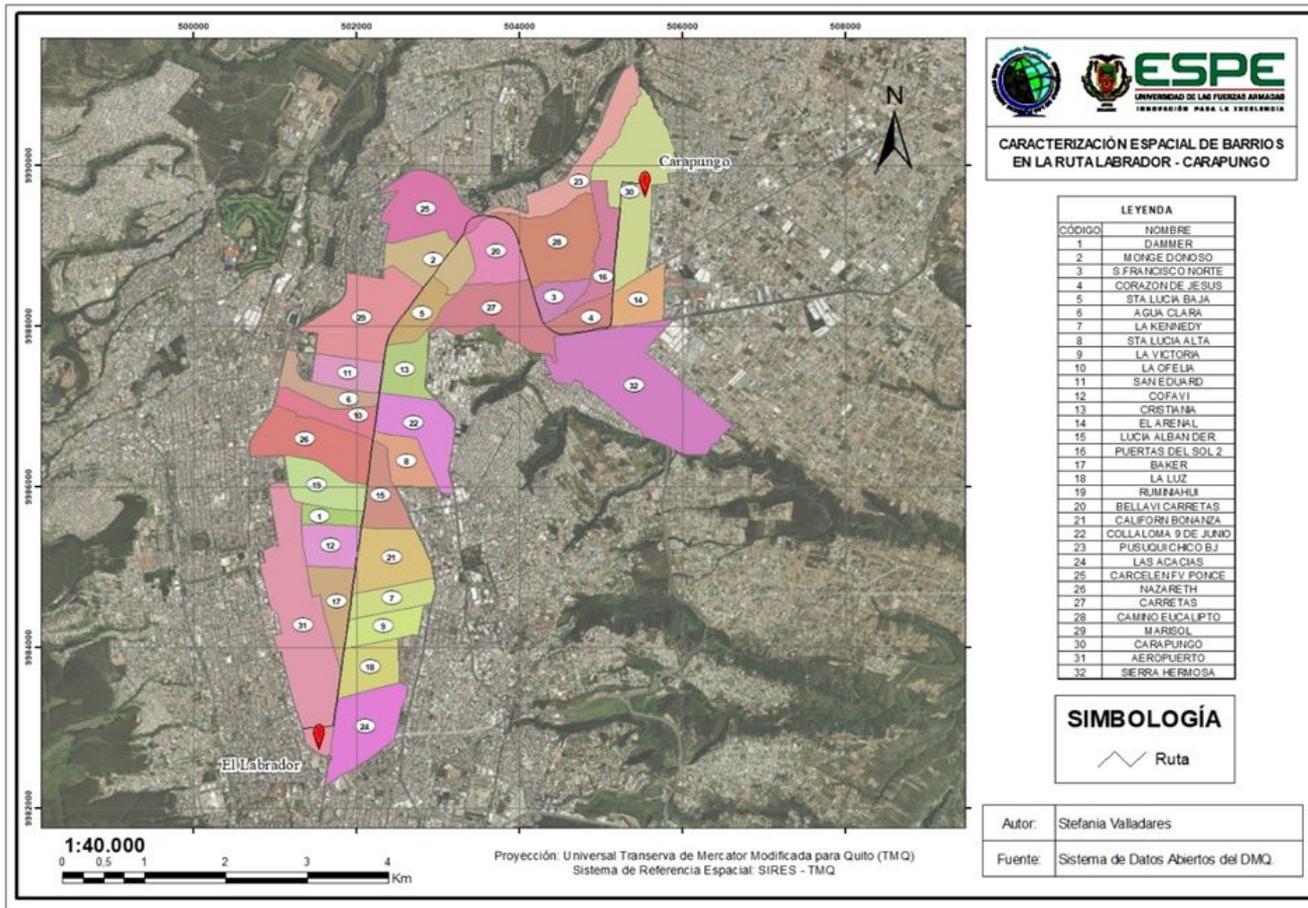
METODOLOGÍA



CARACTERIZACIÓN GEOESPACIAL

CARACTERIZACIÓN GEOESPACIAL

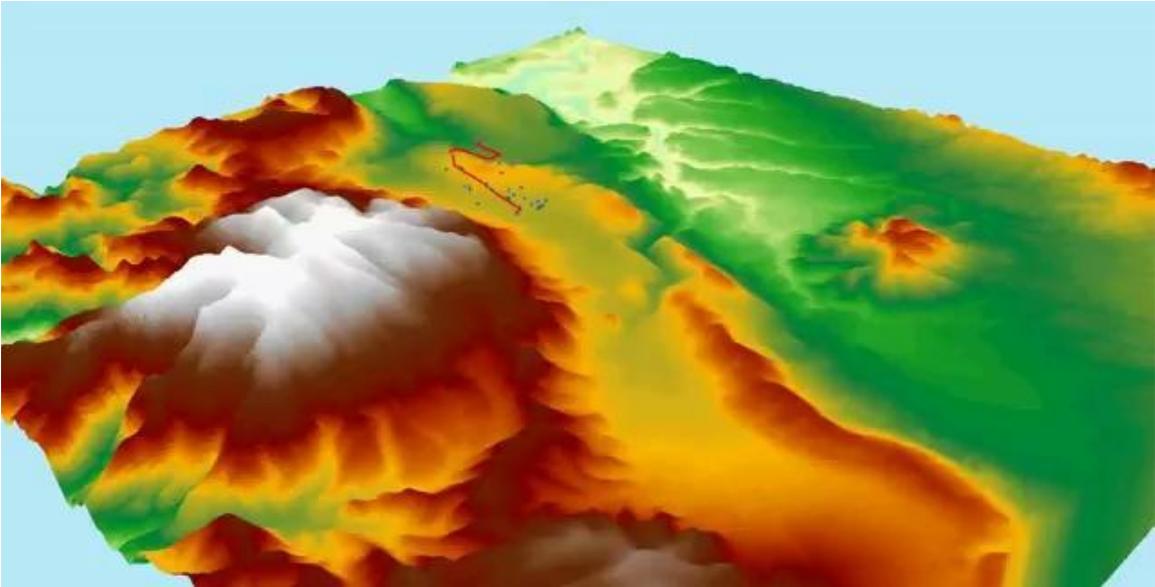
CARACTERIZACIÓN A NIVEL BARRIAL



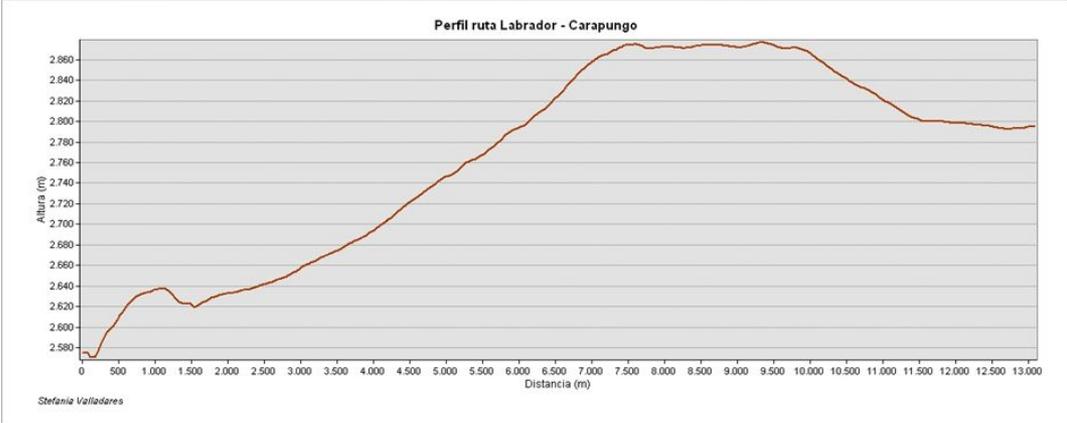
Vías:
Av. Galo Plaza Lasso
Panamericana Norte
Luis Vacari

CARACTERIZACIÓN GEOESPACIAL

VISTA 3D



PERFIL

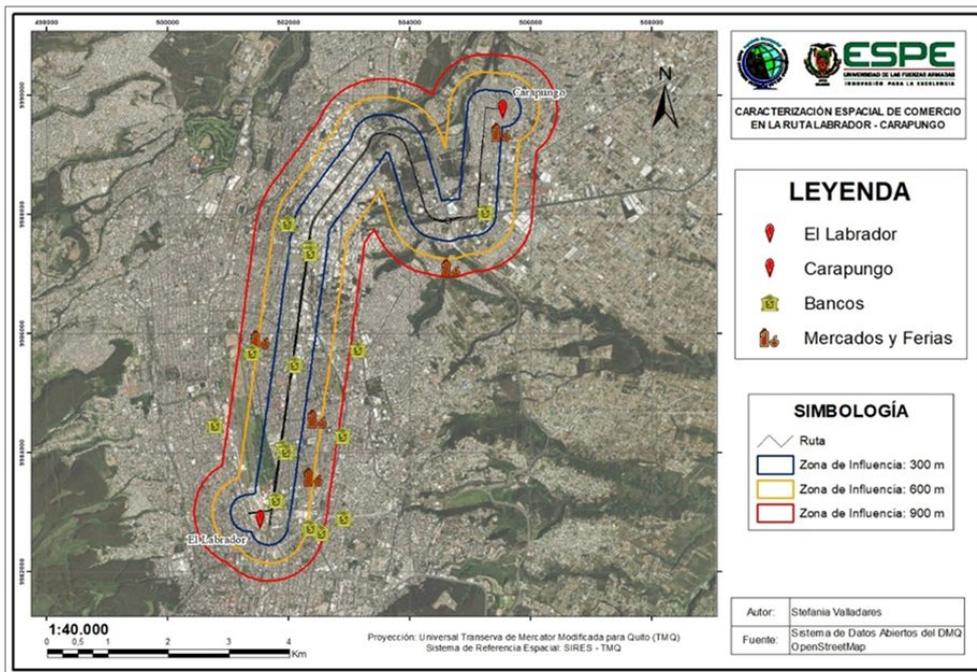


} 220 m



CARACTERIZACIÓN GEOESPACIAL

CARACTERIZACIÓN COMERCIAL

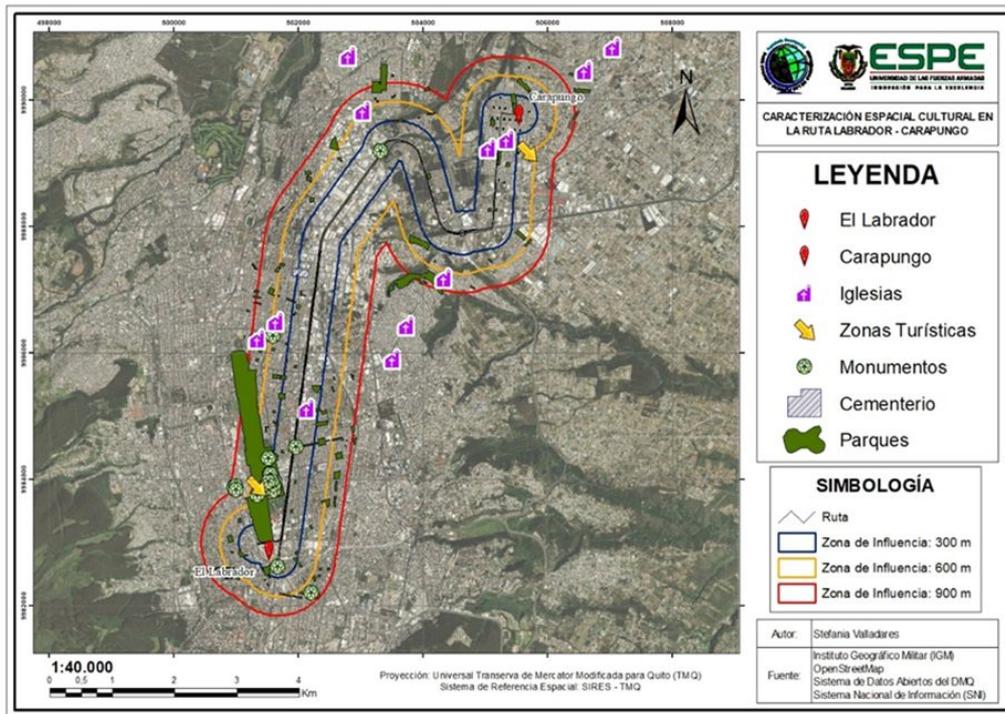


ÁREA	ACCESIBILIDAD	TIEMPO
< 300 m	Excelente	5 min
300 a 600 m	Muy buena	5 a 10 min
600 a 900 m	Media a baja	> 10 min

Comercio	Zona de Influencia (m)	Cantidad	Porcentaje %
Bancos	0 - 300	10	55.56%
	300 - 600	1	5.56%
	600 - 900	7	38.88%
Mercados y Ferias	0 - 300	1	20%
	300 - 600	2	40%
	600 - 900	2	40%

CARACTERIZACIÓN GEOESPACIAL

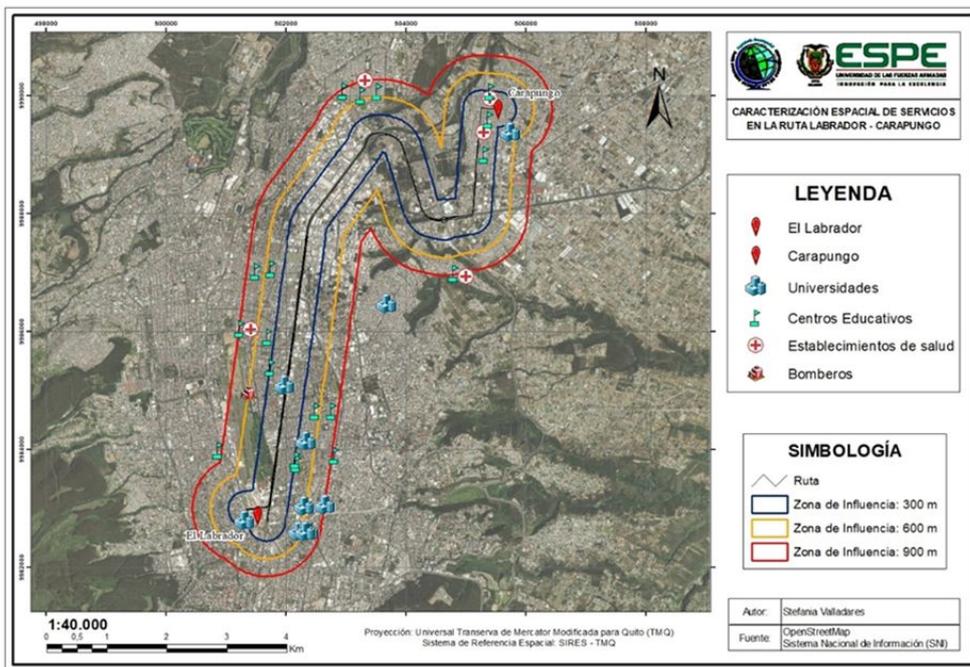
CARACTERIZACIÓN CULTURAL



Cultural	Zona de Influencia (m)	Cantidad	Porcentaje
Zonas turísticas	0 - 300	0	0.00
	300 - 600	2	100.00
	600 - 900	0	0.00
Monumentos	0 - 300	15	55.56
	300 - 600	7	25.93
	600 - 900	5	18.52
Iglesias	0 - 300	3	27.27
	300 - 600	1	9.09
	600 - 900	7	63.64
Cementerio	0 - 300	1	100.00
	300 - 600	0	0.00
	600 - 900	0	0.00
Parques	0 - 300	52	35.62
	300 - 600	41	28.08
	600 - 900	53	36.30

CARACTERIZACIÓN GEOESPACIAL

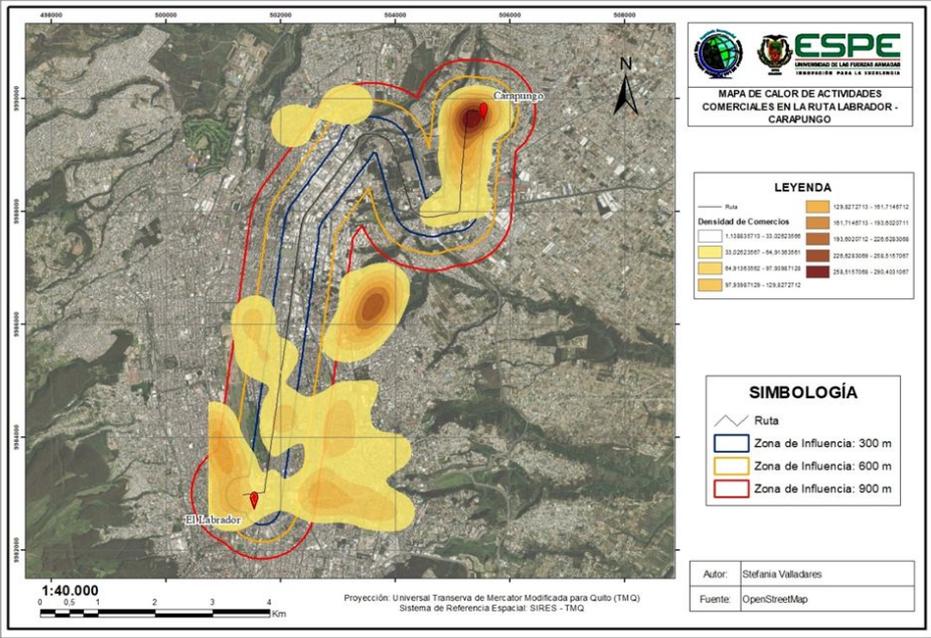
CARACTERIZACIÓN DE SERVICIOS



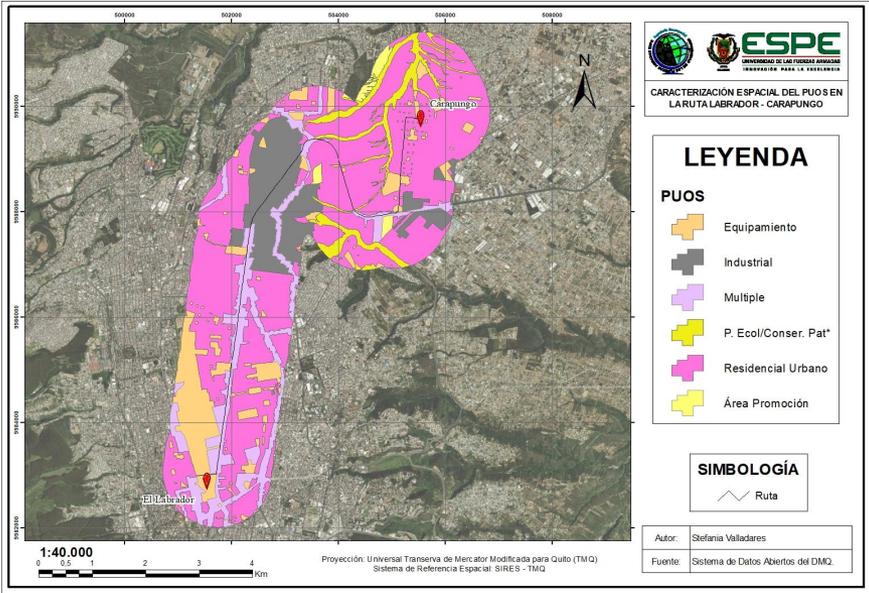
Servicios	Zona de Influencia (m)	Cantidad	Porcentaje
Universidades	0 - 300	2	20.00
	300 - 600	4	40.00
	600 - 900	4	40.00
Centros educativos	0 - 300	5	21.74
	300 - 600	7	30.43
	600 - 900	11	47.83
Establecimientos de salud	0 - 300	2	40.00
	300 - 600	0	0.00
	600 - 900	3	60.00
Bomberos	0 - 300	1	100.00
	300 - 600	0	0.00
	600 - 900	0	0.00

CARACTERIZACIÓN GEOESPACIAL

CARACTERIZACIÓN DE ACTIVIDADES COMERCIALES

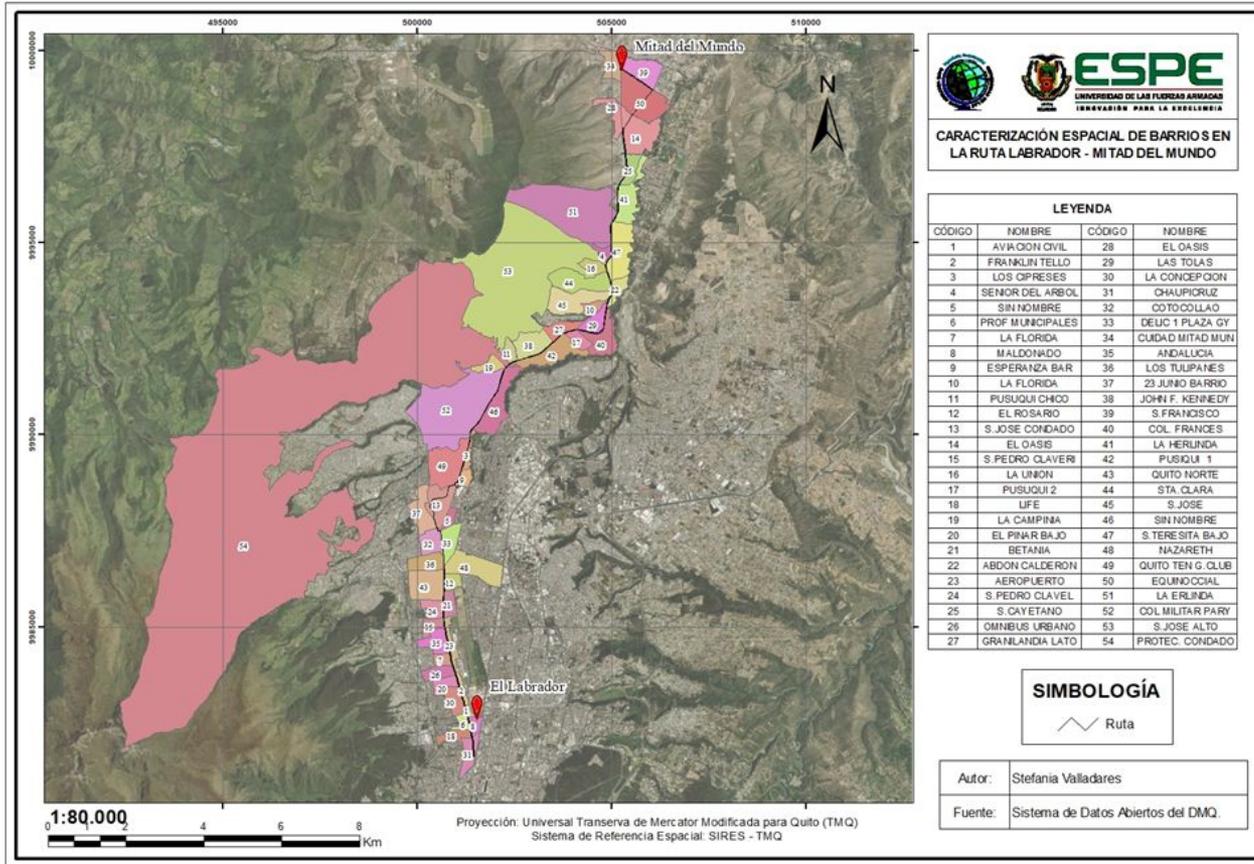


PUOS



CARACTERIZACIÓN GEOESPACIAL

CARACTERIZACIÓN A NIVEL BARRIAL



Vías:

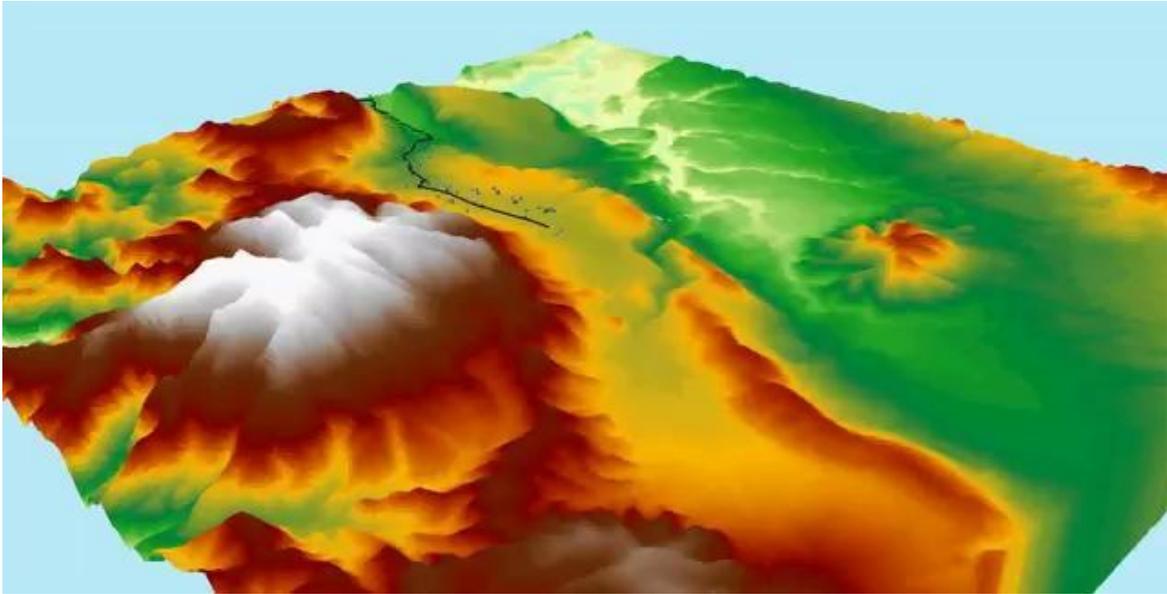
Av. de la Prensa

Av. Manuel Cordova Galarza

Av. Equinoccial

CARACTERIZACIÓN GEOESPACIAL

VISTA 3D



PERFIL

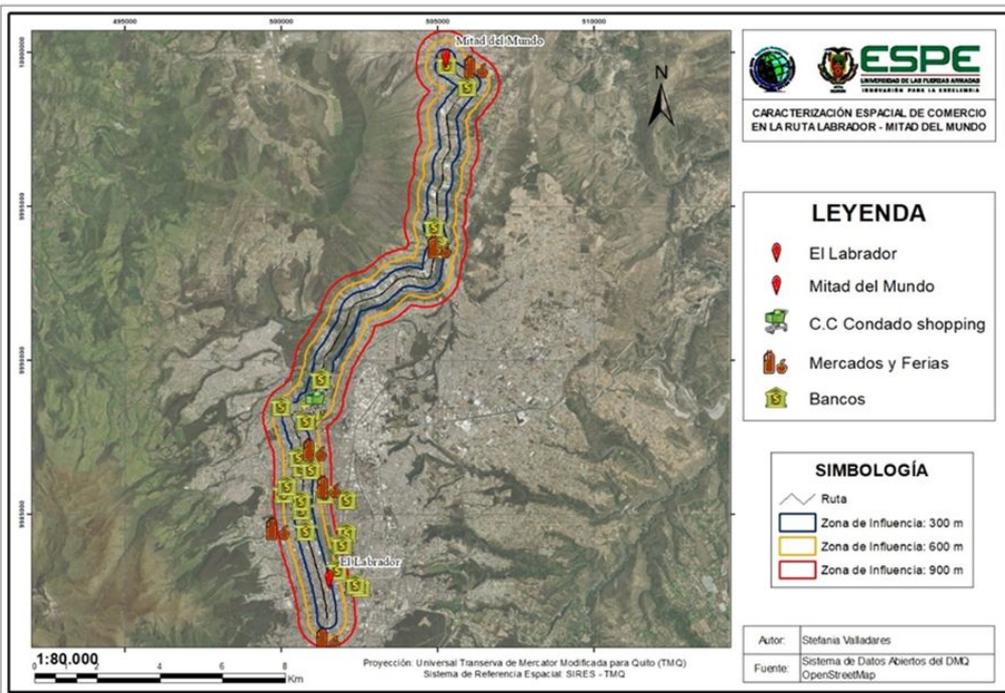


} 330 m



CARACTERIZACIÓN GEOESPACIAL

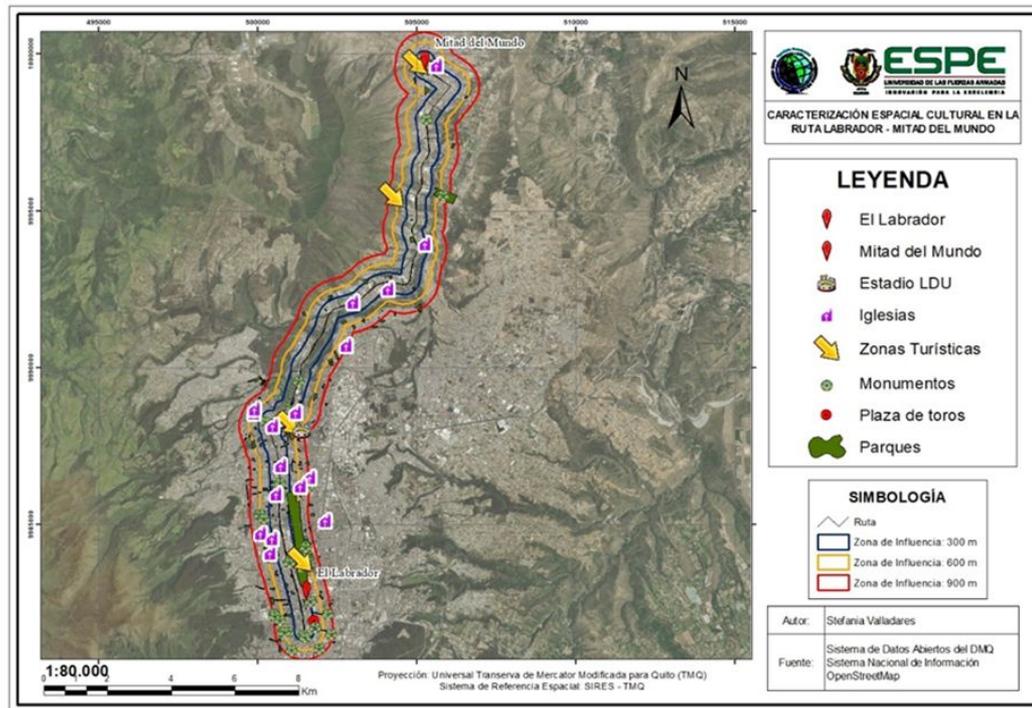
CARACTERIZACIÓN COMERCIAL



Comercio	Zona de Influencia (m)	Cantidad	Porcentaje %
C.C	0 - 300	1	100.00
Condado	300 - 600	0	0.00
	600 - 900	0	0.00
Bancos	0 - 300	21	16.67
	300 - 600	5	33.33
	600 - 900	10	50.00
Mercados y Ferias	0 - 300	1	58.33
	300 - 600	2	13.89
	600 - 900	3	27.78

CARACTERIZACIÓN GEOESPACIAL CARACTERIZACIÓN CULTURAL

Cultural	Zona de Influencia (m)	Cantidad	Porcentaje %
Estadio LDU	0 - 300	0	0.00
	300 - 600	0	0.00
	600 - 900	1	100.00
Iglesias	0 - 300	8	47.06
	300 - 600	3	17.65
	600 - 900	6	35.29
Zonas turísticas	0 - 300	1	25.00
	300 - 600	2	50.00
	600 - 900	1	25.00
Monumentos	0 - 300	13	25.49
	300 - 600	16	31.37
	600 - 900	22	43.14
Plaza de toros	0 - 300	0	0.00
	300 - 600	1	100.00
	600 - 900	0	0.00
Parques	0 - 300	49	25.65
	300 - 600	53	27.75
	600 - 900	89	46.60



CARACTERIZACIÓN GEOESPACIAL

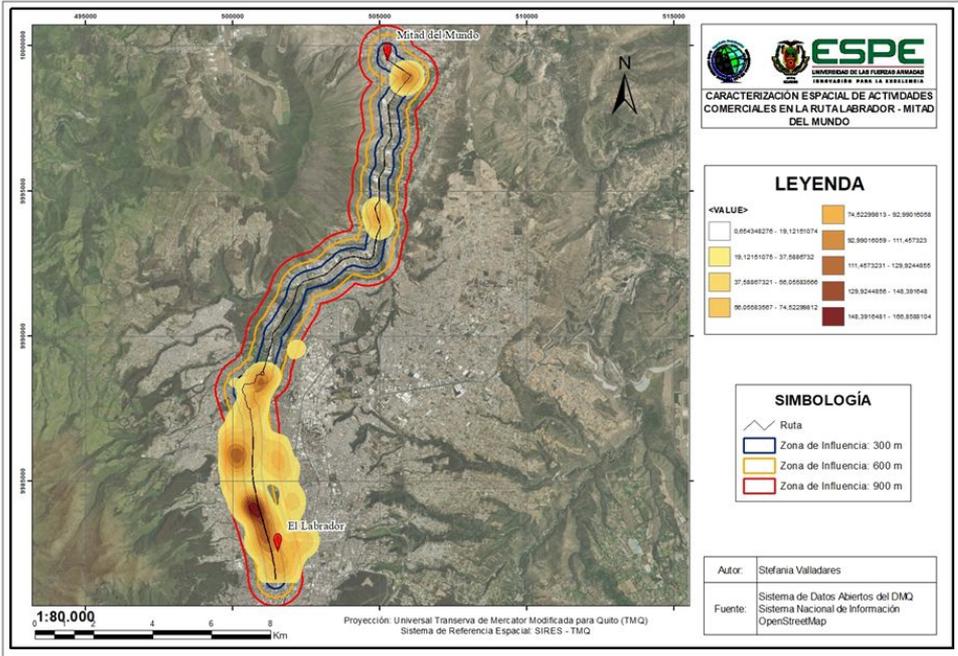
CARACTERIZACIÓN DE SERVICIOS



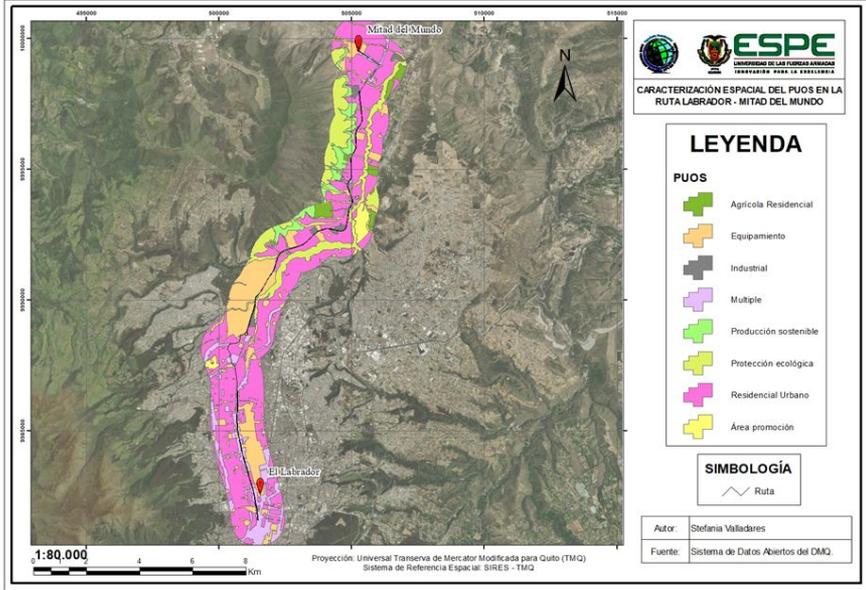
Servicios	Zona de Influencia (m)	Cantidad	Porcentaje %
Universidades	0 - 300	5	27.78
	300 - 600	2	11.11
	600 - 900	11	61.11
Establecimientos educativos	0 - 300	21	40.38
	300 - 600	17	32.69
	600 - 900	14	26.92
Establecimientos de salud	0 - 300	10	55.56
	300 - 600	3	16.67
	600 - 900	5	27.78

CARACTERIZACIÓN GEOESPACIAL

CARACTERIZACIÓN DE ACTIVIDADES COMERCIALES

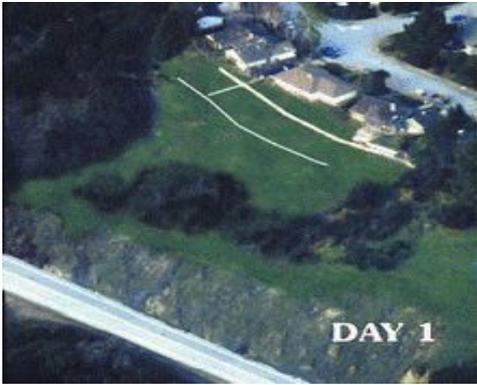


PUOS



Análisis de Riesgos

Factores causales



Normalización

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

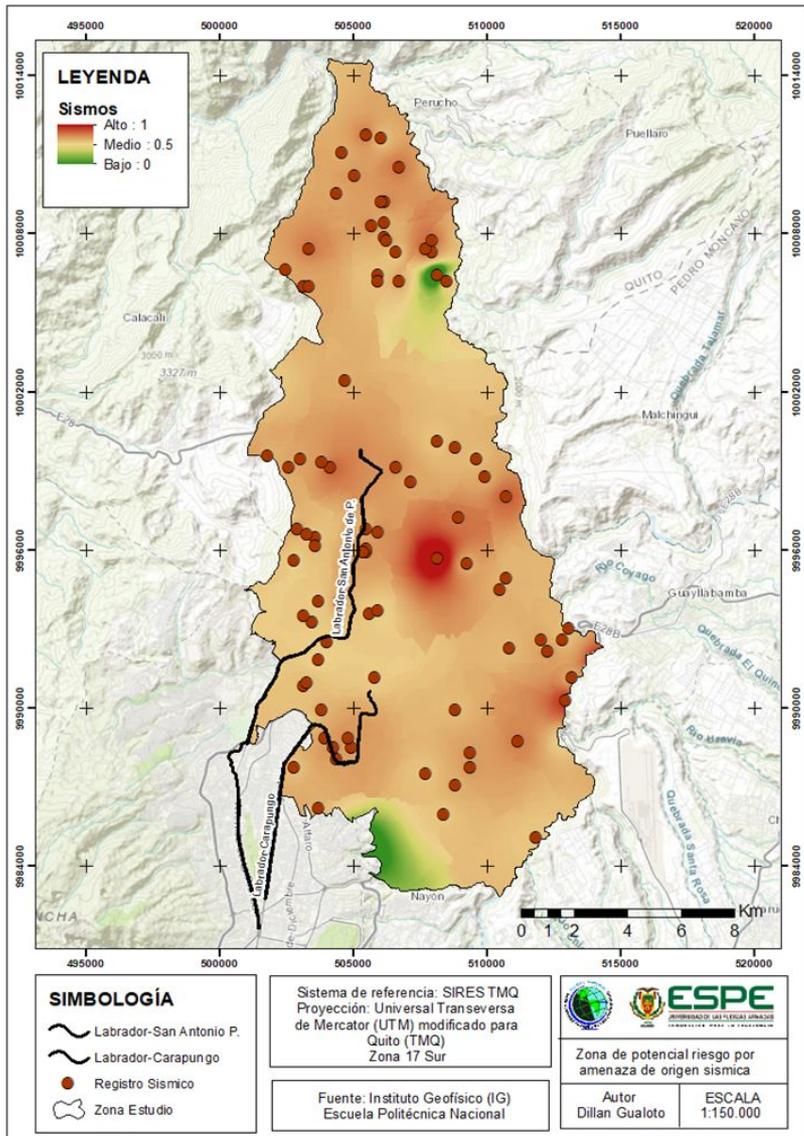
Fórmula de la normalización



COBERTURA	ORIGEN DE LA COBERTURA
Sismos (catálogo 2009)	Instituto Geofísico (IG)
Peligro volcánico 1:50.000	
Inundaciones	Sistema Metropolitano de Información del Gobierno Abierto del DMQ
Movimientos en masa	

Coberturas utilizadas

SISMOS



Grado de mayor vulnerabilidad con un factor combinado de 0.9593.



Los tonos rojizos representan los valores más altos en un rango 0.6 a 1.



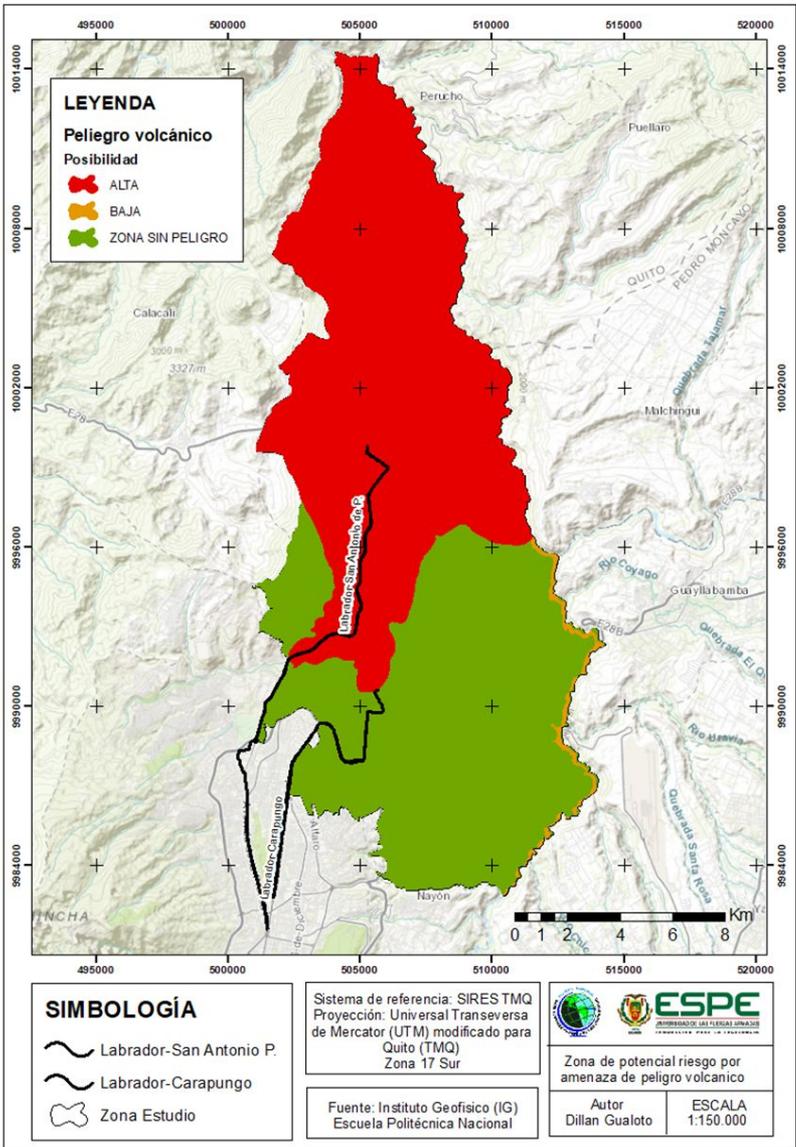
Grado de vulnerabilidad con un factor combinado medio va de 0.4 a 0.5 en tonos marrones



Grado menor de vulnerabilidad de un valor de 0.05 como factor combinado



PELIGRO VOLCÁNICO



Se presenta susceptibilidad alta a peligro volcánico con un área del 130,70442 Km² representando el 53,53% del área total



Las zonas con poca susceptibilidad a peligro volcánico cubren el área de estudio en un 2,24 Km² siendo tan solo el 0.92%..

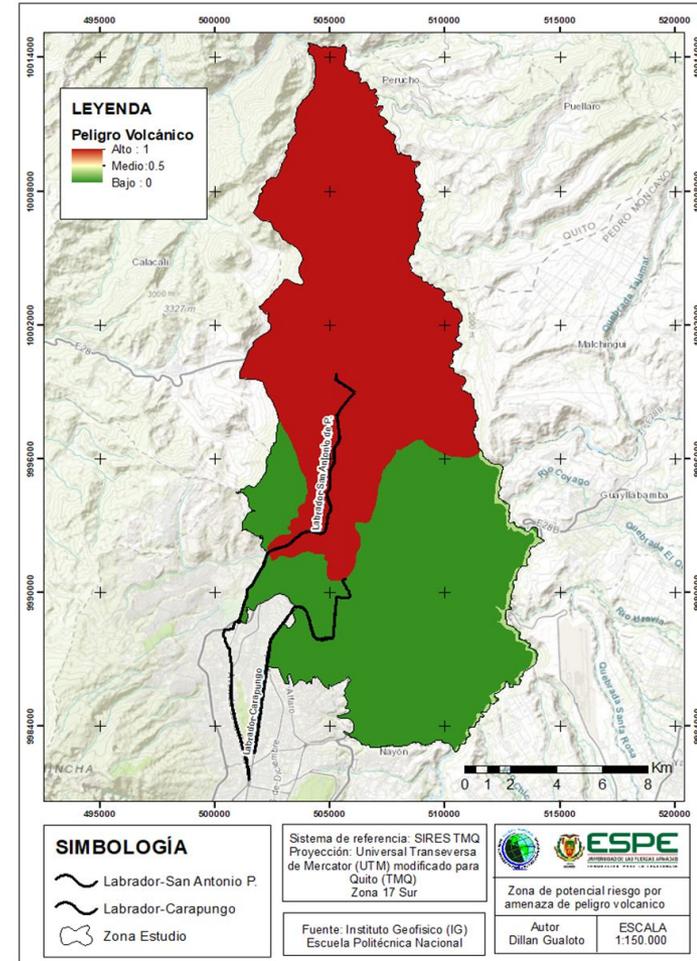
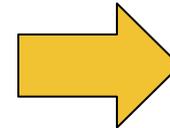


Zonas sin susceptibilidad por peligro volcánico abarca un área de 111,19 Km² que representa el 45.55 %.



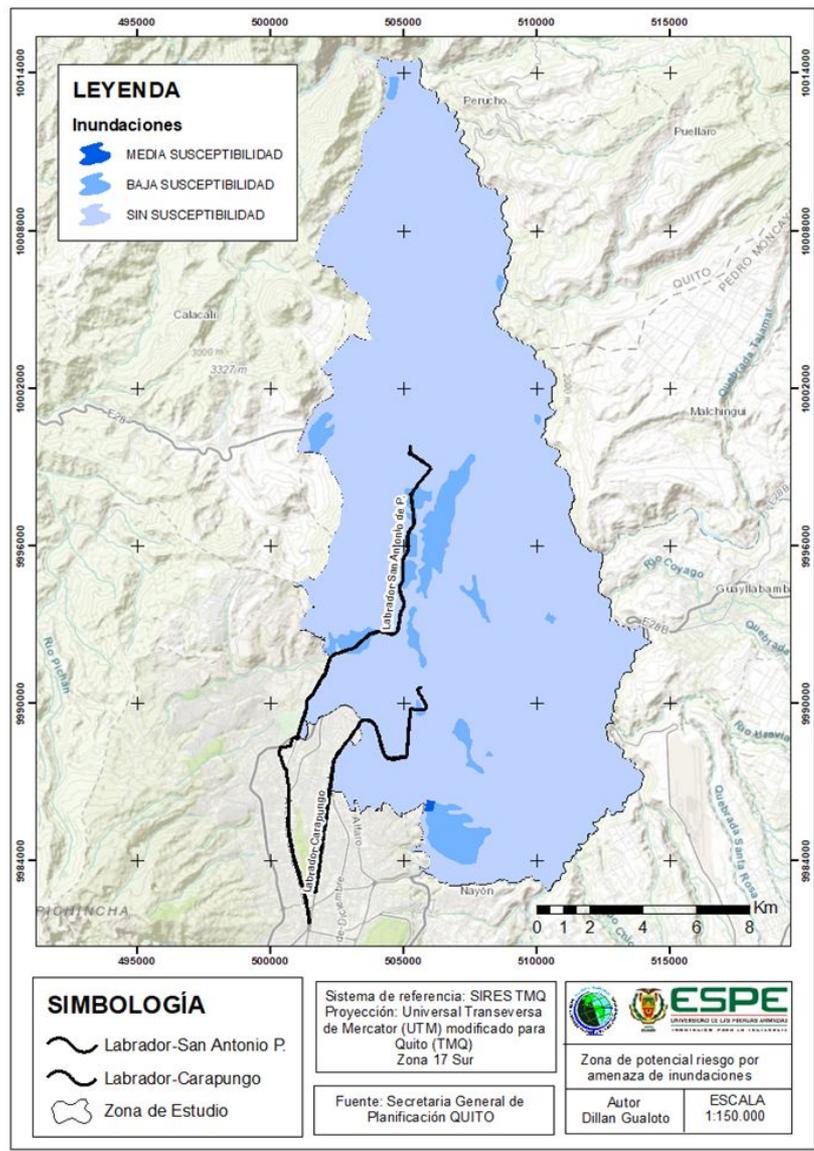
Peligro Volcánico (ponderación y normalización)

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



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

INUNDACIONES



Pendientes que se encuentran en nuestras zonas, las cuales oscilan entre: $0^{\circ} - 5^{\circ}$; $5^{\circ} - 12^{\circ}$, $12^{\circ} - 25^{\circ}$, $25^{\circ} - 50^{\circ}$, $50^{\circ} - 70^{\circ}$, 70° .



Se presentan lugares de inundaciones sin susceptibilidad, donde se considera un área de 229.98 Km², que representa el 94.19 %.



Baja susceptibilidad a inundaciones abarca un área de 14.05 Km², que representa el 5.75 %

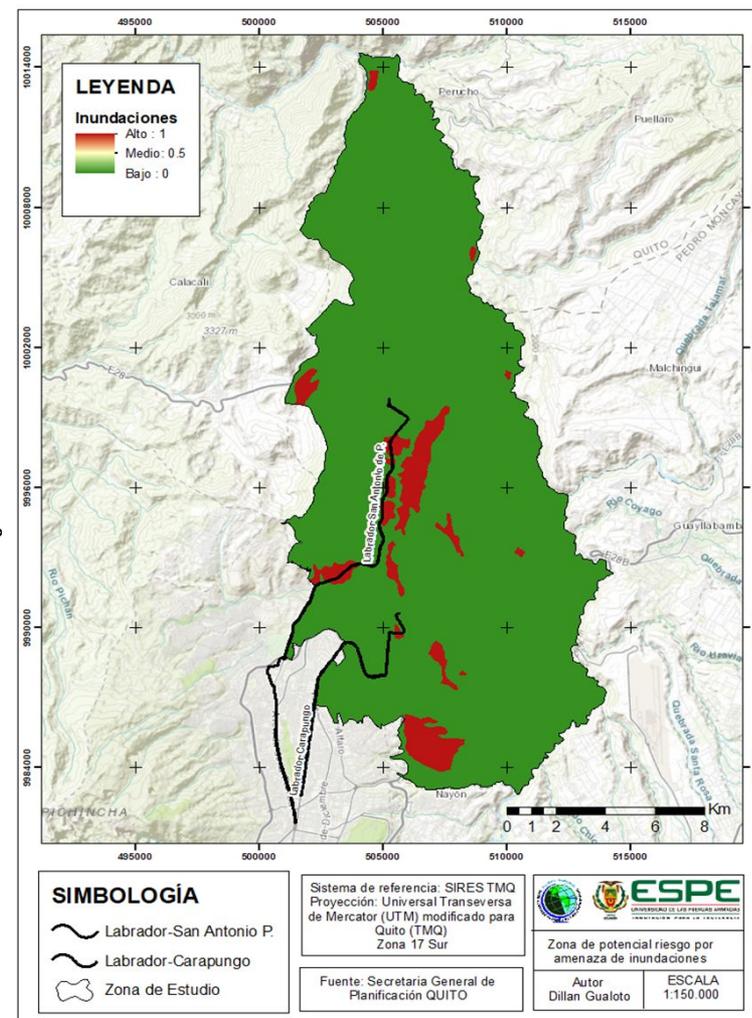
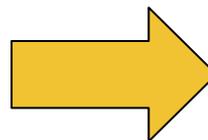


Media susceptibilidad a inundaciones abarca un área de 0.12 Km² que equivale al 0.05 % de nuestra zona de estudio.



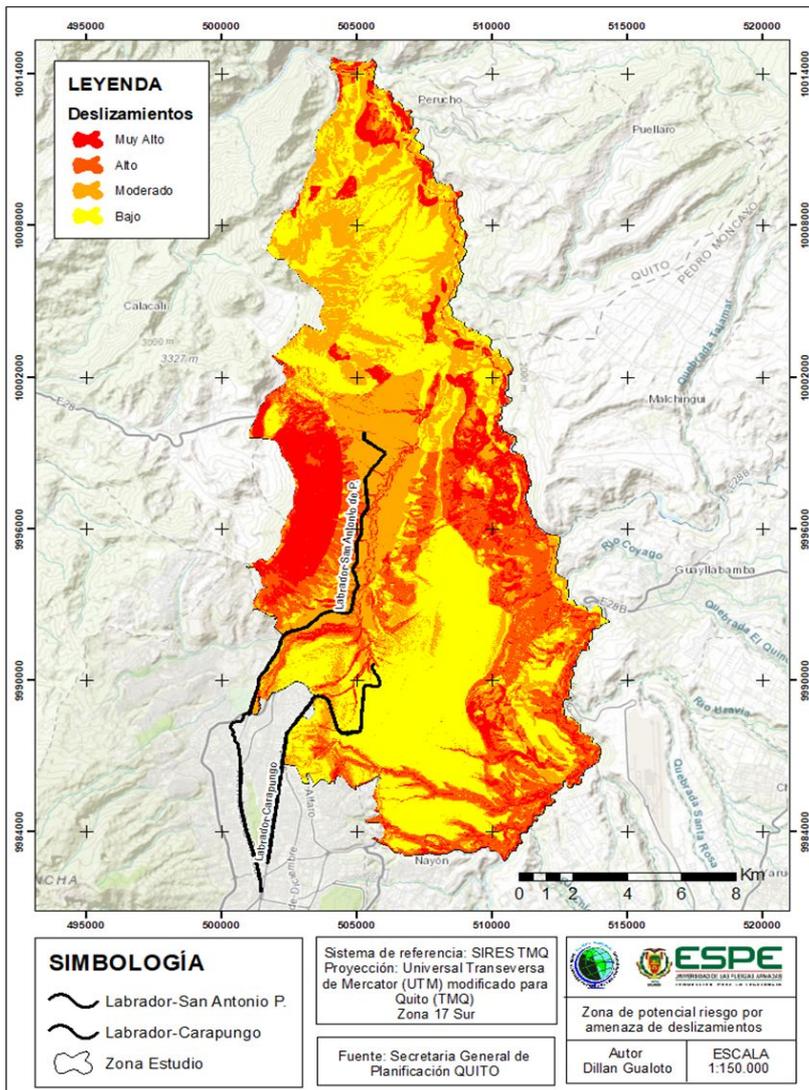
INUNDACIONES (ponderación y normalización)

Descripción	PONDERACIÓN
Media: zonas propensas a inundaciones pluviales como fluviales, que se generan por precipitaciones fuertes o extraordinarias, cubren terrazas medias, bancos, diques aluviales y llanura de antigua deposición, que se encuentran localizados en pendientes del 5 al 12%	3
Baja: áreas propensas a inundarse debido a los desbordamientos de ríos que son originados por eventos meteorológicos, que cubren terrazas altas, niveles medios y altos de la llanura, se encuentran en partes adyacentes a márgenes de ríos y en pendientes del 12% al 25%.	2
Sin susceptibilidad: Se presentan en áreas donde los niveles de la superficie del agua no producen daños, afectaciones y pérdida alguna, la pendiente se presenta de fuerte a abrupta y las clases texturales del suelo van de moderadamente gruesa a gruesa.	1



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

DESLIZAMIENTOS



Muy alta vulnerabilidad a movimientos en masa estos se encuentran en toda nuestra zona de estudio, y este grado abarca un área de 35.38 Km², que representa el 14.49 %.



Alta vulnerabilidad por movimientos en masa, donde se considera un área de 45.75 Km², que representa el 18.74 %.



Con moderada vulnerabilidad a movimientos en masa este abarca un área de 70.98 Km², que representa el 29.07 %

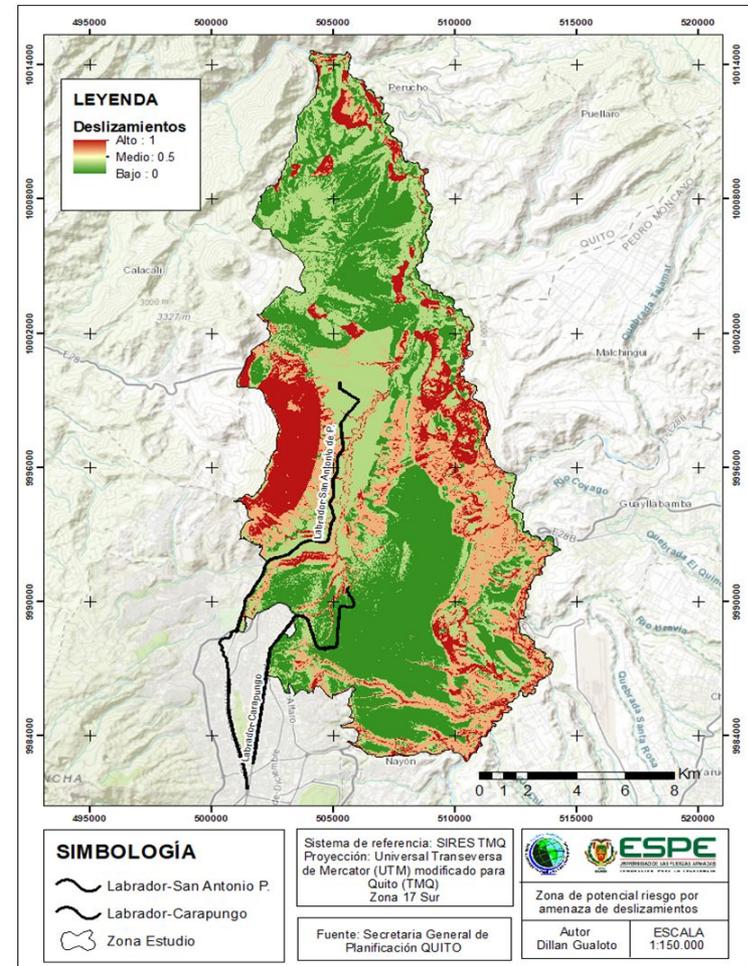
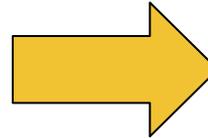


baja vulnerabilidad a movimientos en masa en donde se abarca un área de 91.85 Km² que equivale al 37.62 %.



Deslizamientos (ponderación y normalización)

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



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

Método de análisis jerárquico ahp (Saaty)

Ponderación de coberturas.

Variables	Pesos
Sismos	5
Peligro Volcánico	7
Inundaciones	1
Movimientos en masa	3

Matriz Saaty

	Sismos	Peligro Volcánico	Inundaciones	Movimientos en masa	Ci	Wi	li
Sismos	1,0000	0,7143	5,0000	1,6667	1,5620	0,3125	1,0000
Peligro Volcánico	1,4000	1,0000	7,0000	2,3333	2,1868	0,4375	1,0000
Inundaciones	0,2000	0,1429	1,0000	0,3333	0,3124	0,0625	1,0000
Movimientos en masa	0,6000	0,4286	3,0000	1,0000	0,9372	0,1875	1,0000

CI=	0
RCI=	0,99
CR=	0

Método de análisis jerárquico ahp (Saaty)

Pesos de las variables

Variables	Wi
Sismos	0,3125
Peligro Volcánico	0,4375
Inundaciones	0,0625
Movimientos en masa	0,1875

Suma lineal ponderada

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

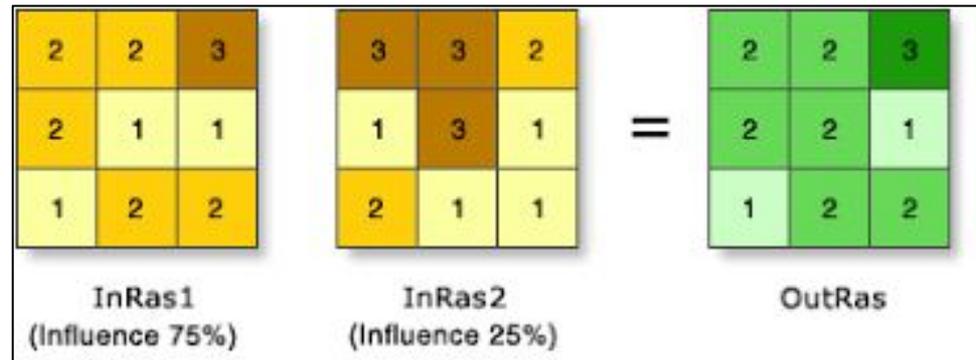
Donde cada X representa:

X1: Sismos

X2: Peligro volcánico

X3: Inundaciones

X4: Movimientos en masa



Superposición ponderada (Spatial Analyst)—ArcGIS Pro

Categorización

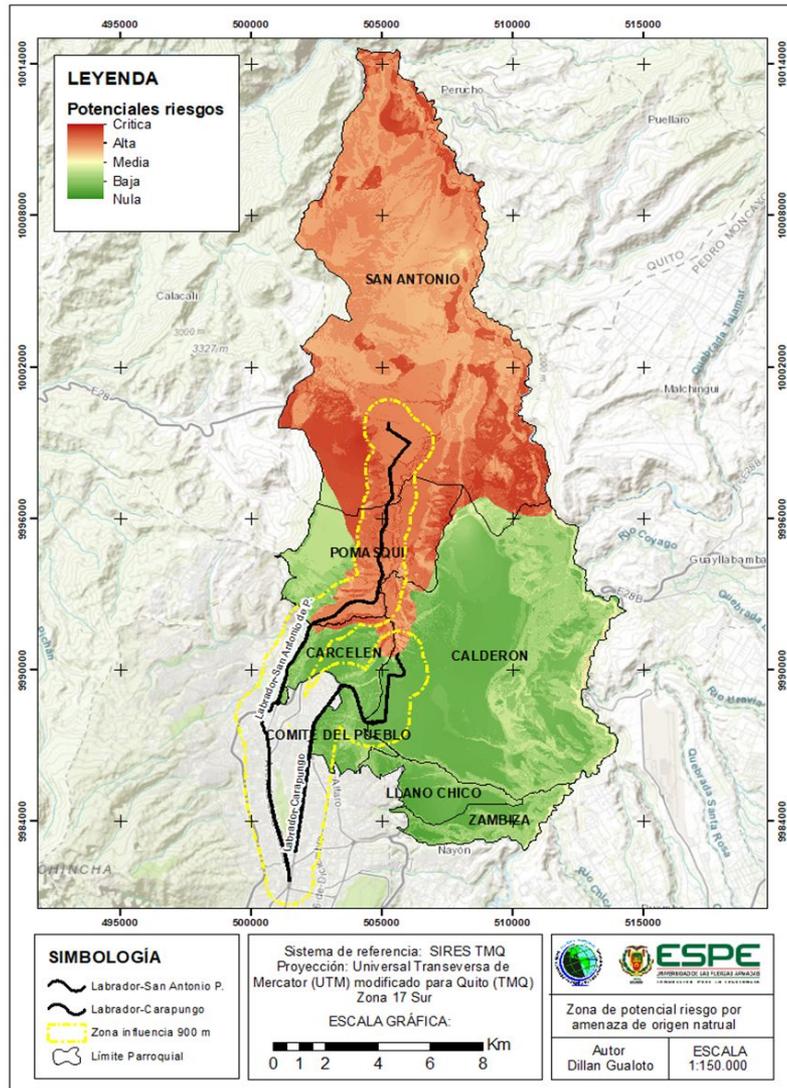
Zona	Rango de Valores	Descripción nivel de susceptibilidad	Escalas de Color
I	< 0,10	Nula	Verde Oscuro
II	0,10 – 0,40	Baja	Verde Claro
III	0,40 -0,60	Mediana	Amarillo - Miel
IV	0,60 – 0,75	Alta	Rojo Claro
V	> 0,75	Crítica	Rojo Oscuro

Categorización de susceptibilidad a peligro de amenaza de origen natural.

METODOLOGÍA

Análisis multicriterio

Análisis Tomando en cuenta el daño y la intensidad.



La amenaza de peligro volcánico es la que más sobresale, teniendo un peso mayor



Combinación de la amenaza de peligro sísmico y la de movimientos de masa, obteniendo un valor crítico.



En el corredor Labrador-San Antonio de Pichincha se identifica que gran parte de la ruta está expuesta a susceptibilidad de peligro volcánico y deslizamientos.

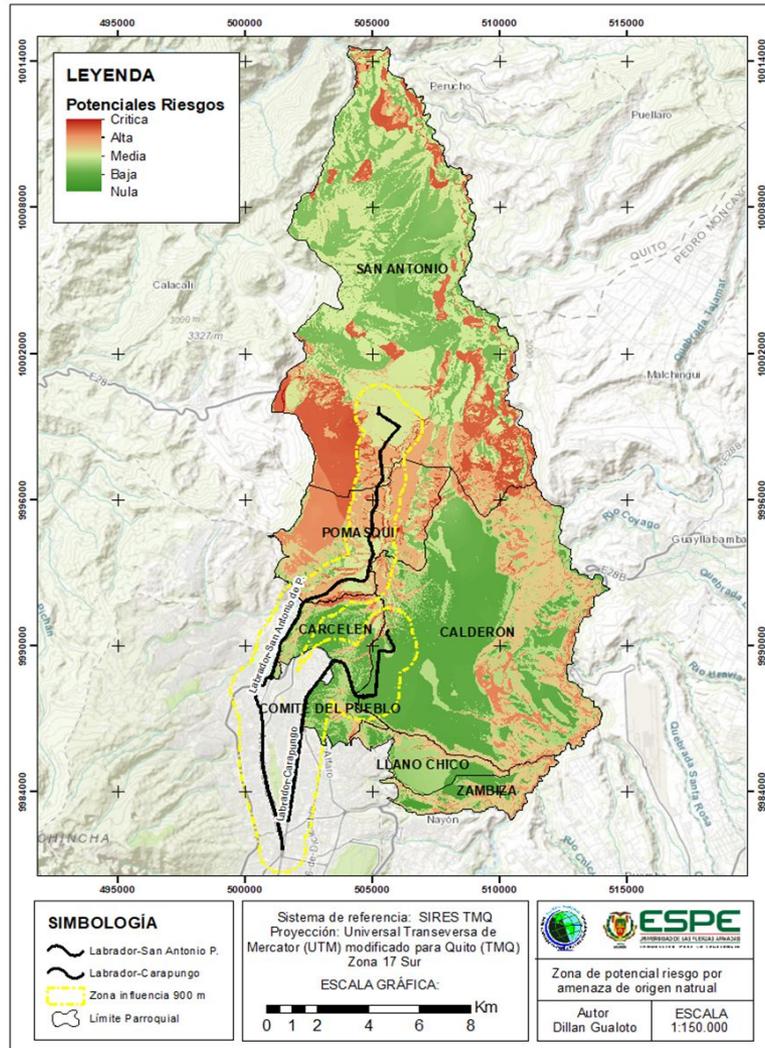


En el corredor Labrador-Carapungo se encuentra la mayoría de la ruta en zonas bajas y nulas a potenciales riesgos naturales

zona de influencia de 900 m .

Análisis multicriterio

Análisis Tomando en cuenta el tiempo de recurrencia del evento.



Se tomó a los movimientos de masa, sismicidad e inundación como factores importantes en el tiempo de frecuencia ya que en un año pueden ocurrir los 3 fenómenos.



En la parroquia de Pomasqui y de San Antonio existe la presencia de movimientos de masa e inundaciones



El corredor Labrador-San Antonio de pichincha tiene zonas con mayor susceptibilidad a que ocupara uno de estos riesgos naturales



El corredor Labrador-Carapungo tiene menos susceptibilidad a que ocurra una de estas amenazas

zona de influencia de 900 m .



Escenarios Prospectivos

- Población residente mayor de cuatro años según hubiera viajado o no el día de la encuesta

Macrozona	Viajó	%	No Viajó	%	Total	
Quitumbe - Sur Urbano	553.324	82,1%	120.384	17,9%	673.709	100,0%
Centro	181.371	83,2%	36.614	16,8%	217.986	100,0%
Norte	337.980	81,5%	76.474	18,5%	414.454	100,0%
La Delicia Urbano - Calderón	314.740	82,7%	65.854	17,3%	380.593	100,0%
Tumbaco - Aeropuerto	118.023	79,6%	30.292	20,4%	148.315	100,0%
Los Chillos	110.141	79,6%	28.275	20,4%	138.416	100,0%
Sur Rural - La Delicia Rural – Noroccidente - Norcentral	60.624	77,5%	17.646	22,5%	78.270	100,0%
Total DMQ	1.676.203	81,7%	375.539	18,3%	2.051.743	100,0%
Mejía	37.745	76,3%	11.704	23,7%	49.449	100,0%
Rumiñahui	56.027	79,8%	14.217	20,2%	70.244	100,0%
Total ámbito de estudio	1.769.975	81,5%	401.461	18,5%	2.171.436	100,0%

Fuente: EDM11 DMQ, 2012

NECESIDAD DE MOVILIDAD



Puntos de conexión Norte-Sur:

- Estación de transferencia de La Ofelia
- Terminal Terrestre de Carcelén



METODOLOGÍA

01	Alternativa cero	<ul style="list-style-type: none">• Continuar sistema actual• Insuficiente ante la demanda en un futuro• Colapso del sistema en unos años
02	Buses convencionales	<ul style="list-style-type: none">• Menor inversión inicial• Dificultad para incluirlos en un sistema centralizado• Baja capacidad (50 pasajeros por hora)
03	Buses rápidos sobre vías agregadas (BRT)	<ul style="list-style-type: none">• Alternativa actual• Buena relación costo beneficio• Exclusividad de vías• Operación entre 10000 y 20000 pasajeros por hora (12000 actualmente)
04	Trenes ligeros y tranvías (LRT)	<ul style="list-style-type: none">• Exclusividad de vías• Capacidad de entre 10000 y 20000 pasajeros por hora• Inversión superior a BRT
05	Sistema de tránsito rápido o tipo metro	<ul style="list-style-type: none">• Muy alta capacidad (80000 en el mejor caso)• Velocidad promedio 40 km/h (38 km/h Metro de Quito)• Inversión variable, 20 a 180 millones por km (91.8 millones Primera Línea Metro de Quito)

Fuente: Banco Mundial, 2012



METODOLOGÍA



Fuente: Metro de Madrid, 2012



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



METODOLOGÍA



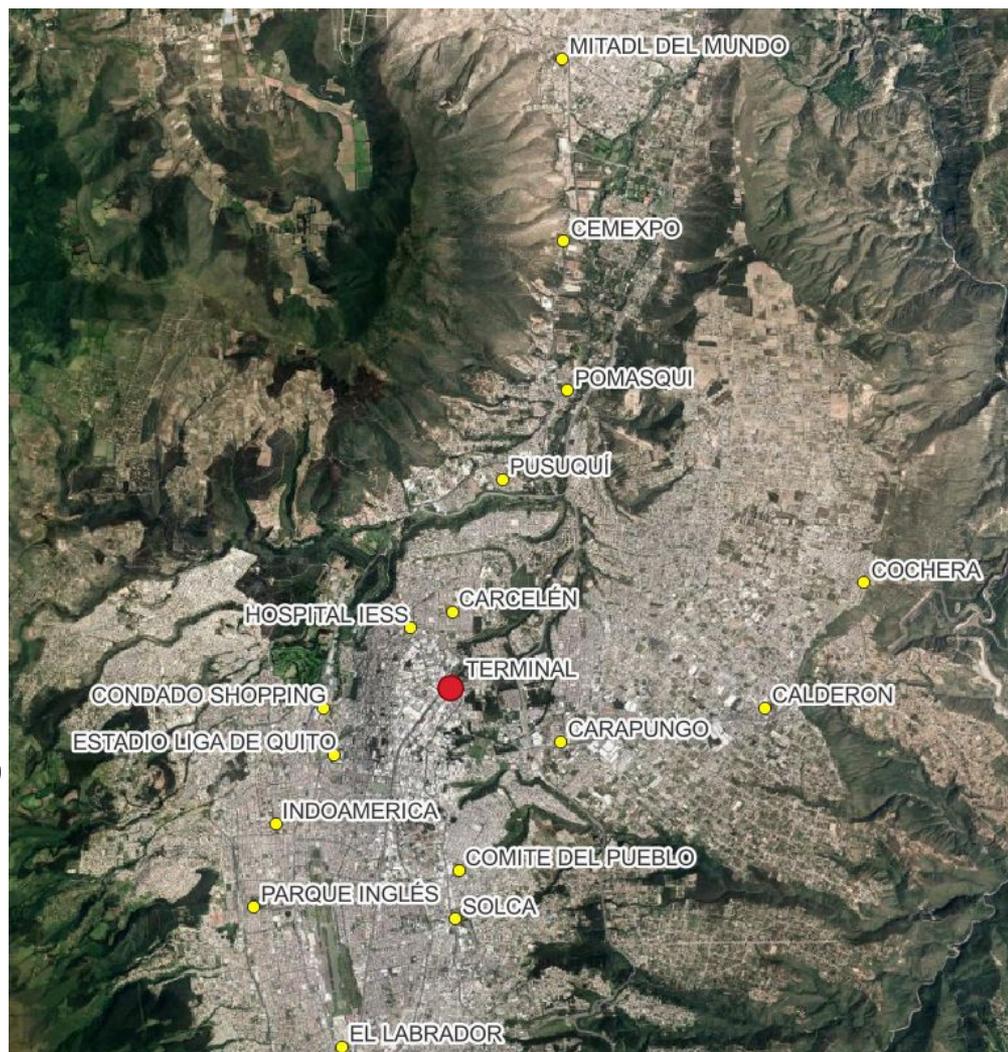
ÁREA	ACCESIBILIDAD	TIEMPO
< 300 m	Excelente	5 min
300 a 600 m	Muy buena	5 a 10 min
600 a 900 m	Dudas entre metro u otros medios	> 10 min



Fuente: Metro de Madrid, 2012

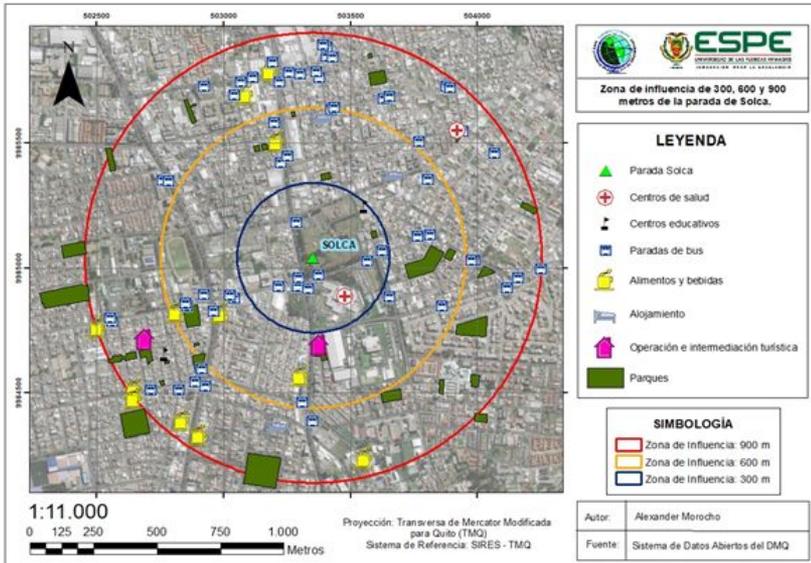
PARADAS

- Solca
- Comité del pueblo
- Carapungo
- Calderón
- Cochera
- Parque Inglés
- Indoamerica
- Estadio Liga de Quito
- Condado Shopping
- Terminal Terrestre Carcelén
- Carcelén
- Hospital San Francisco de Quito
- IESS
- Pusuquí
- Pomasqui
- CEMEXPO
- Mitad del Mundo



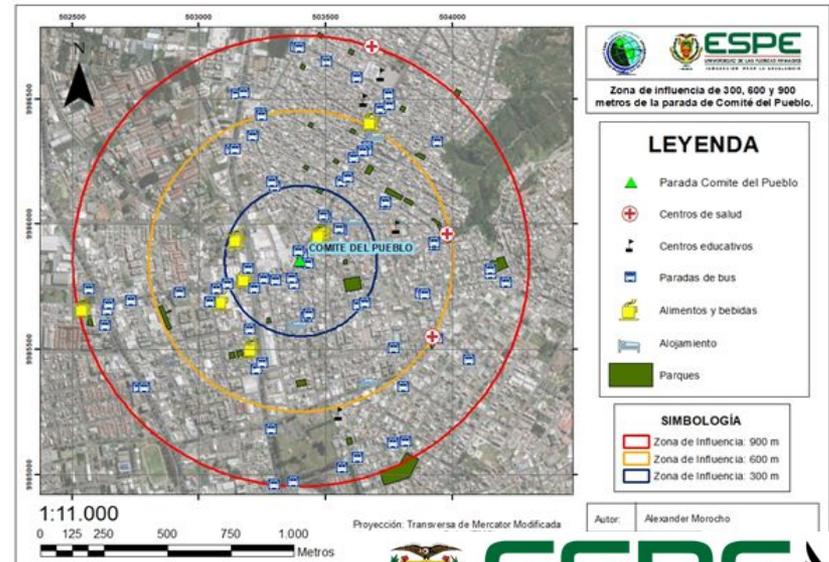
SOLCA

- Presencia de centros de salud
- Conexión con paradas de sistema de transporte privado
- Av. Eloy Alfaro



COMITÉ DEL PUEBLO

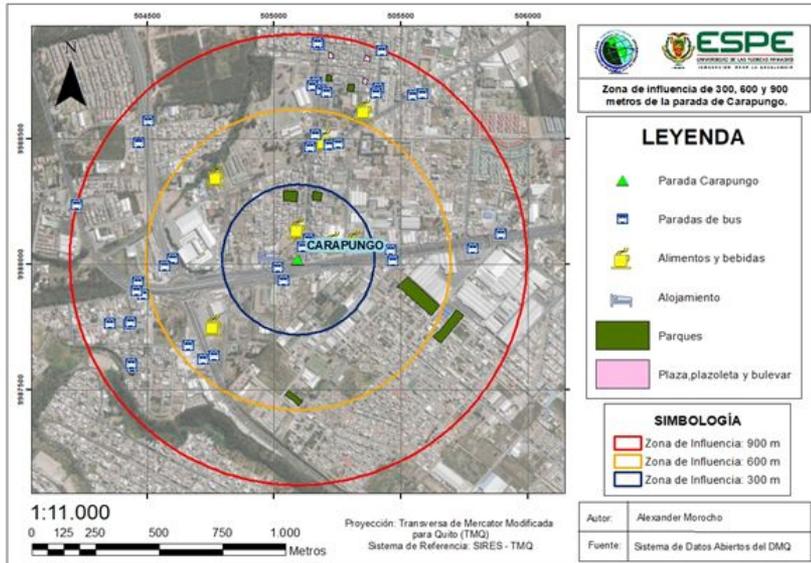
- 800 m a la parada Solca
- Concentración comercial y residencial
- Paradas de sistema de transporte privado
- Av. Jorge Garcés y Av. Eloy Alfaro



METODOLOGÍA

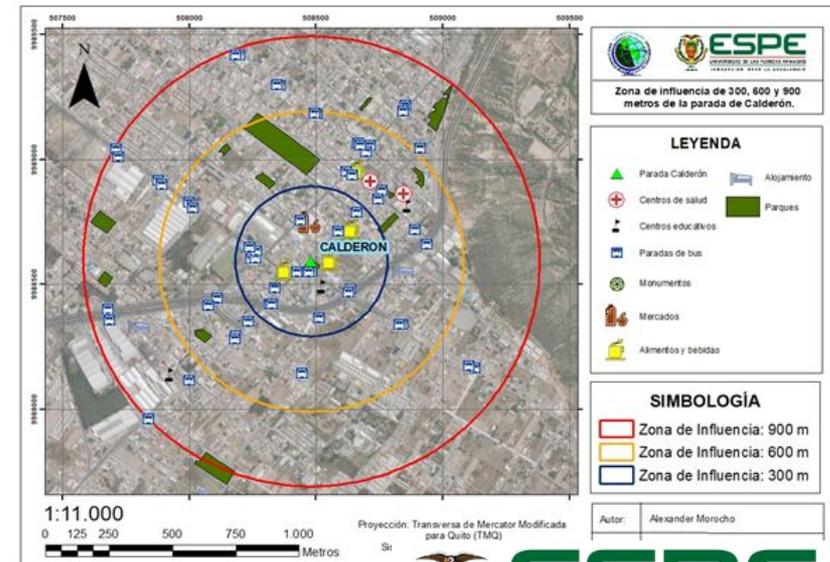
CARAPUNGO

- Entrada a Carapungo
- Gran crecimiento poblacional
- Actividad comercial y zonas residenciales
- 2.8 km a la parada Comité del Pueblo
- Panamericana Norte



CALDERÓN

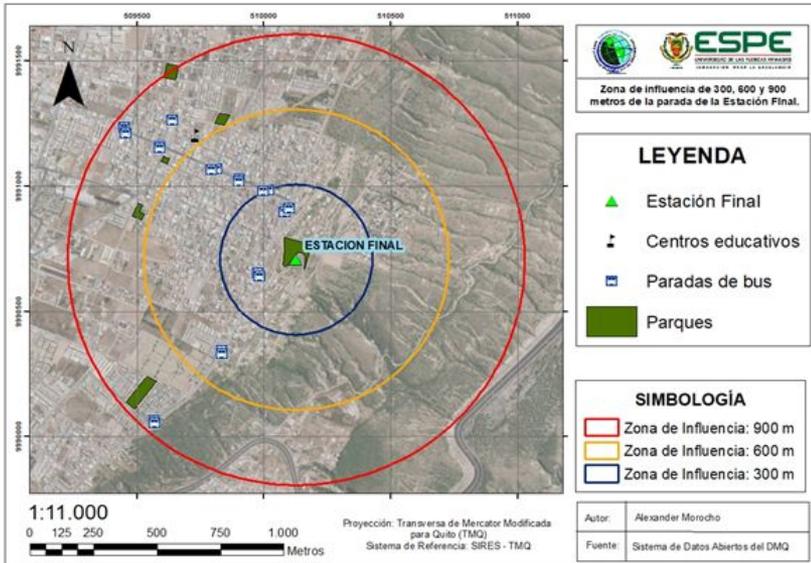
- Mercado de Calderón
- Concentración de paradas del sistema de transporte privado
- Panamericana Norte



METODOLOGÍA

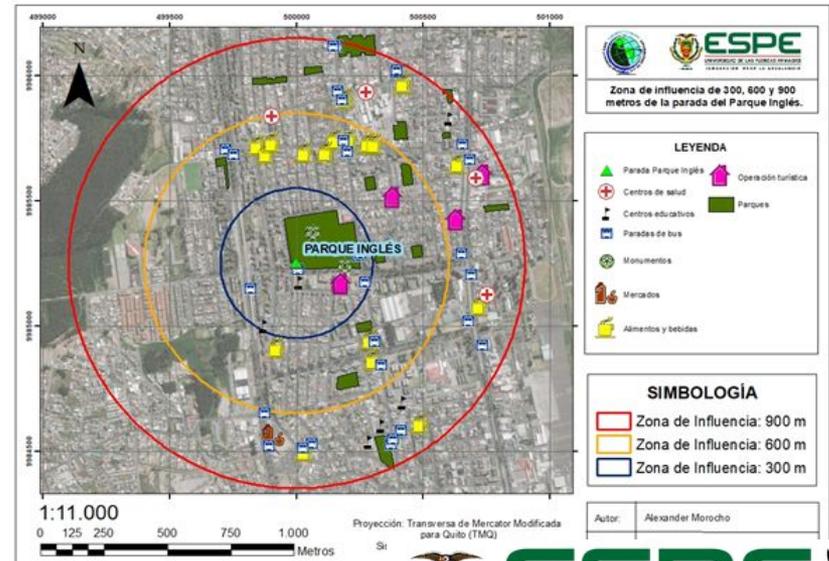
COCHERA

- Funciona como cochera y taller
- 2.7 km de la parada Calderón



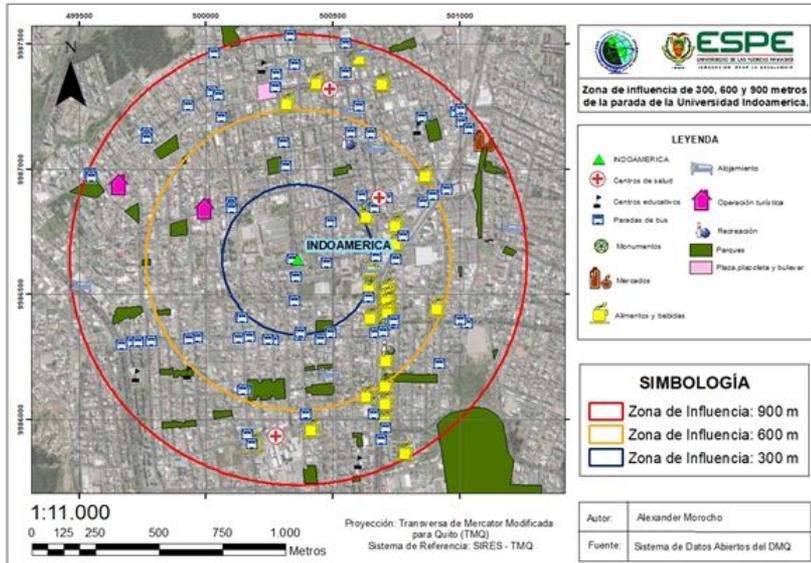
PARQUE INGLÉS

- Parada cercana al final del Parque Bicentenario
- Actividad comercial y de servicios



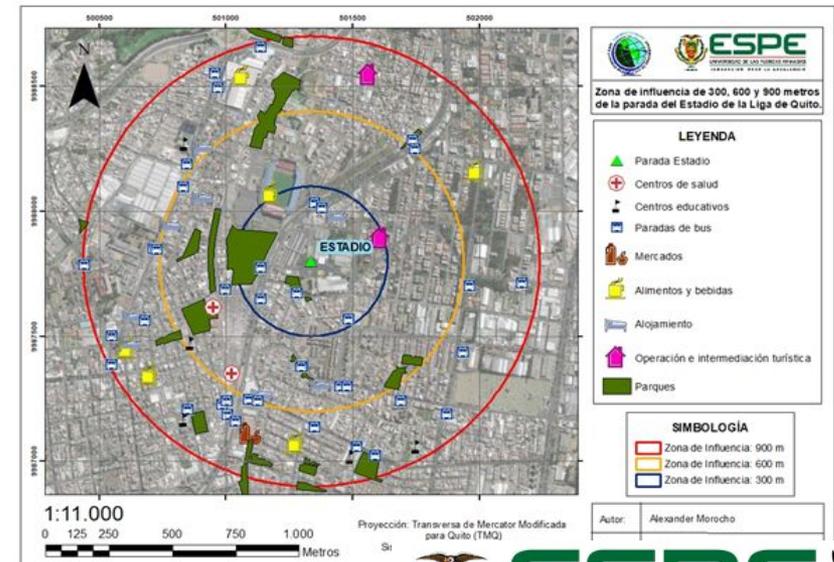
INDOAMERICA

- Cercanía a Universidad Indoamerica
- Gran actividad comercial
- Concentración de paradas de transporte privado
- Av. Diego Vásquez de Cepeda



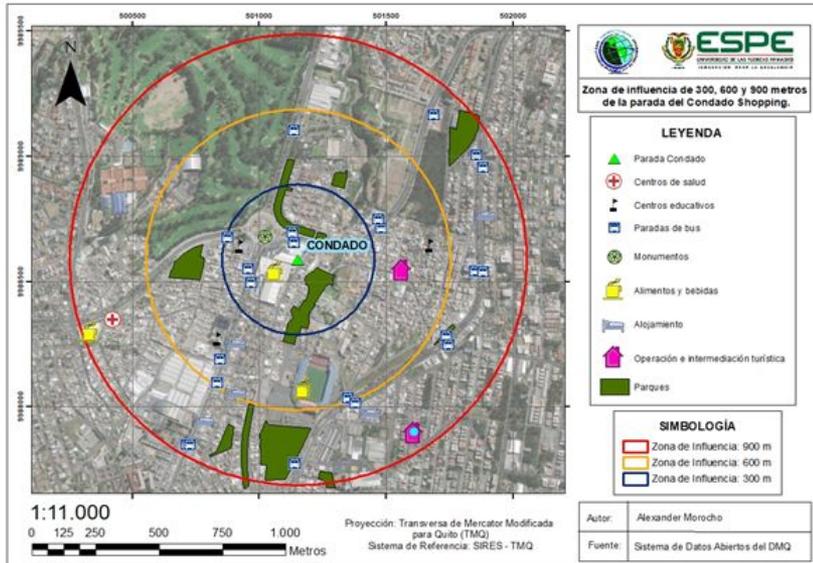
ESTADIO LIGA DE QUITO

- Estación del a Ofelia
- Mercados, parques y estadio
- Punto principal para ir a la Mitad del Mundo



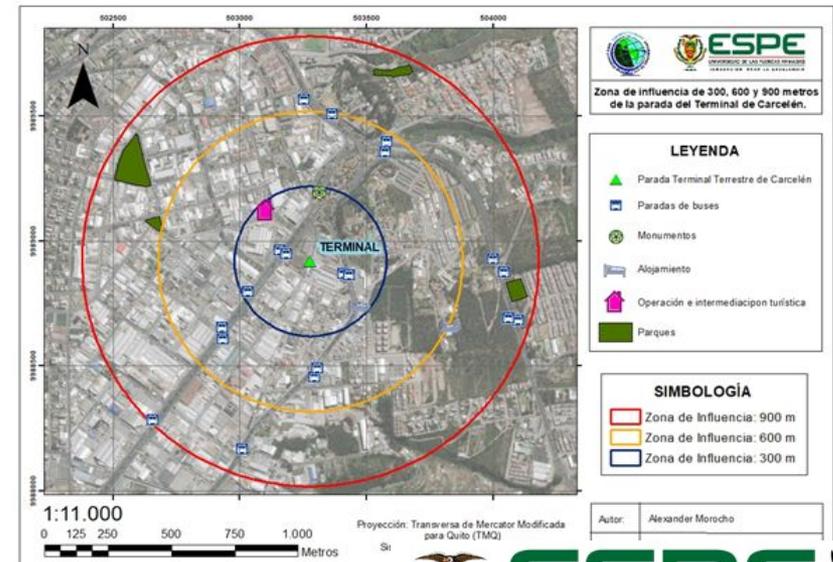
CONDADO SHOPPING

- Cercanía al Condado Shopping
- Gran actividad comercial
- A menos de 900 m de parada Estadio



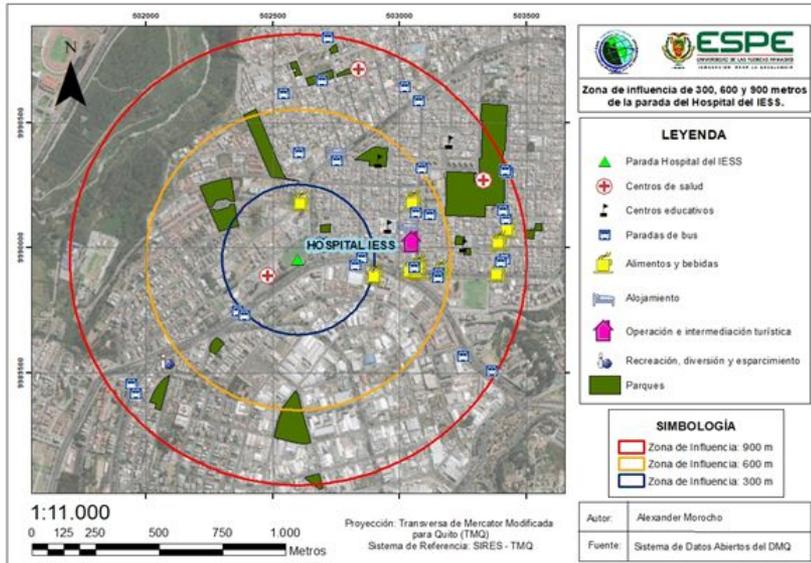
TERMINAL TERRESTRE

- Punto principal de las 3 rutas
- Transporte urbano, interparroquial, interprovincial y nacional



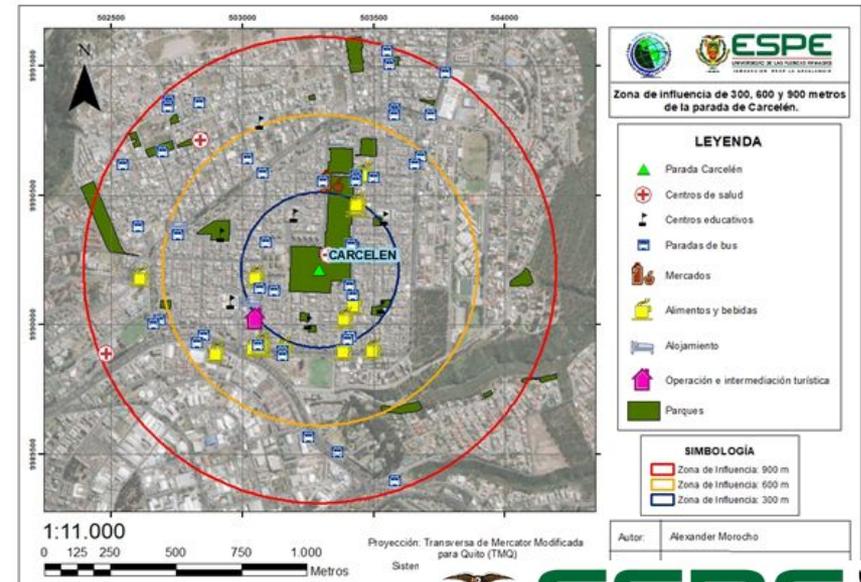
HOSPITAL IESS

- Hospital San Francisco de Quito IESS
- Conexión con transporte privado
- Actividad comercial



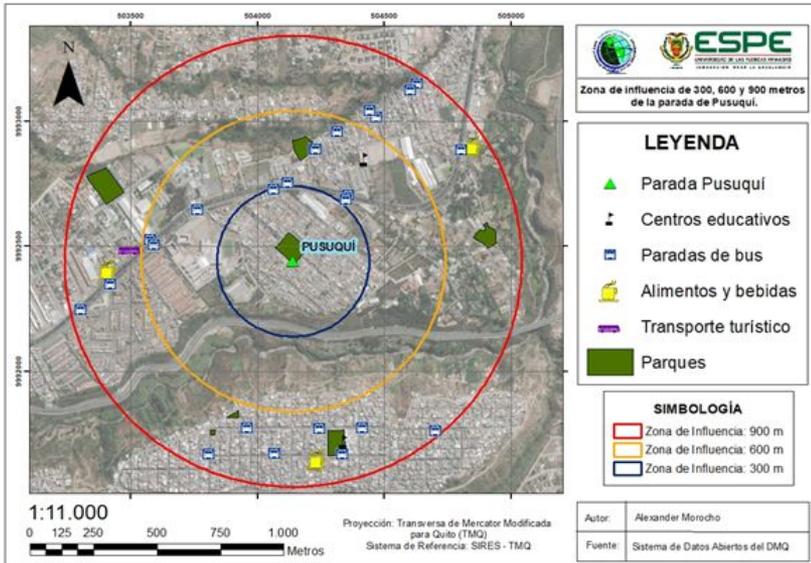
CARCELÉN

- Parque Central de Carcelén
- Actividad comercial y residencial (crecimiento)
- Cercana a Hospital IESS y Terminal
- Importancia del sector



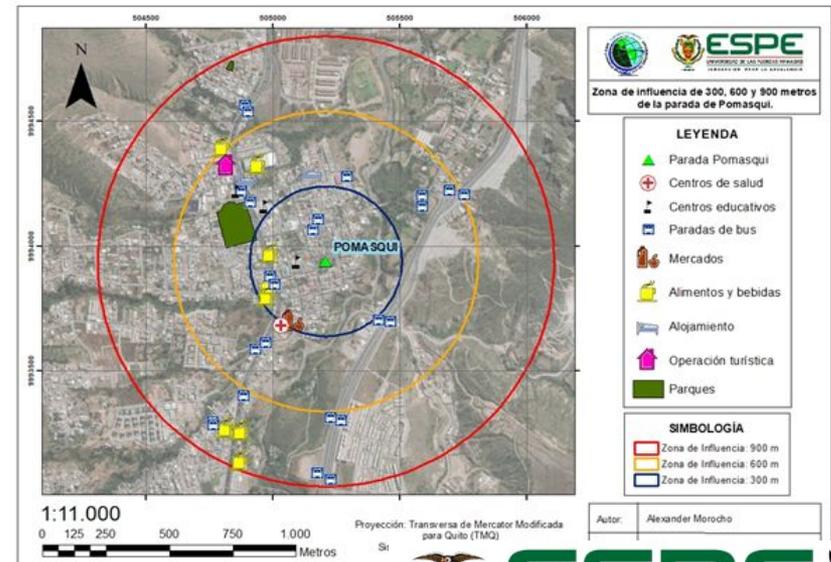
PUSUQUÍ

- Parada auxiliar (evitar riesgos)
- Conectar paradas lejanas
- Zona residencial
- Parque Central de Pusuquí
- Paradas transporte privado



POMASQUI

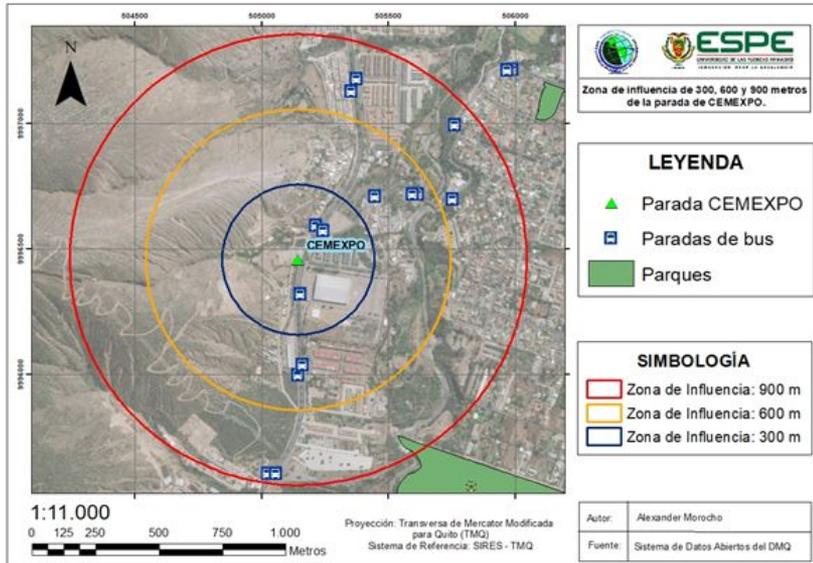
- Crecimiento comercial
- Zona residencial
- Mercados, centros de salud, Registro Civil, centros deportivos y coliseo



METODOLOGÍA

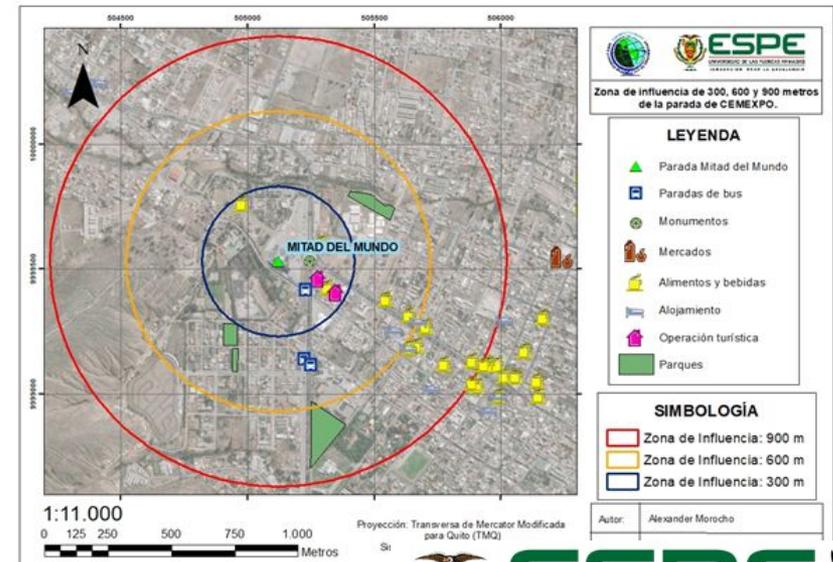
CEMEXPO

- Parada auxiliar
- Conectar paradas lejanas
- Centro de Exposiciones y Convenciones Mitad del Mundo



MITAD DEL MUNDO

- Ciudad Mitad del Mundo
- 3 formas de llegar (Av. Occidental, Ofelia y taxi)
- Atractivo turístico
- Edificio Néstor Kirchner (UNASUR)



METODOLOGÍA

Factores que se tomaron en cuenta:

Litología

Susceptibilidad de movimientos de masas

Susceptibilidad de inundaciones

Accidentes geográficos

Red hídrica



Fuente: CNN

METODOLOGÍA

	C1	C2	C3	C4	C5
C1	1.00	5	1/3	3	3
C2	1/5	1.00	1/5	2	2.00
C3	3	5	1.00	7	7.00
C4	1/3	1/2	1/7	1.00	2.00
C5	1/3	1/2	1/7	1/2	1.00

C1	LITOLOGIA			0.24
C2	MOVIMIENTO DE MASAS			0.10
C3	SUSCEPTIBILIDAD INUNDACIONES			0.53
C4	ACCIDENTES GEOGRÁFICOS			0.08
C5	RED HÍDRICA			0.06
			SUMATORIA	1.00

CR=	0.0432
-----	--------



LITOLOGÍA

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



Daniela Salcedo	Autores
1	9
1,5	8
1,75	7
2	6
3	5
4	4
5	3
6	1

METODOLOGÍA

SUS. MOVIMIENTOS DE MASA

<u>nvl_daz</u>	Ponderación
Bajo	1
Moderado	3
Alto	7
Muy Alto	9

SUS. INUNDACIONES

<u>nvl_daz</u>	Ponderación
Muy Bajo	1
Bajo	5
Medio	9

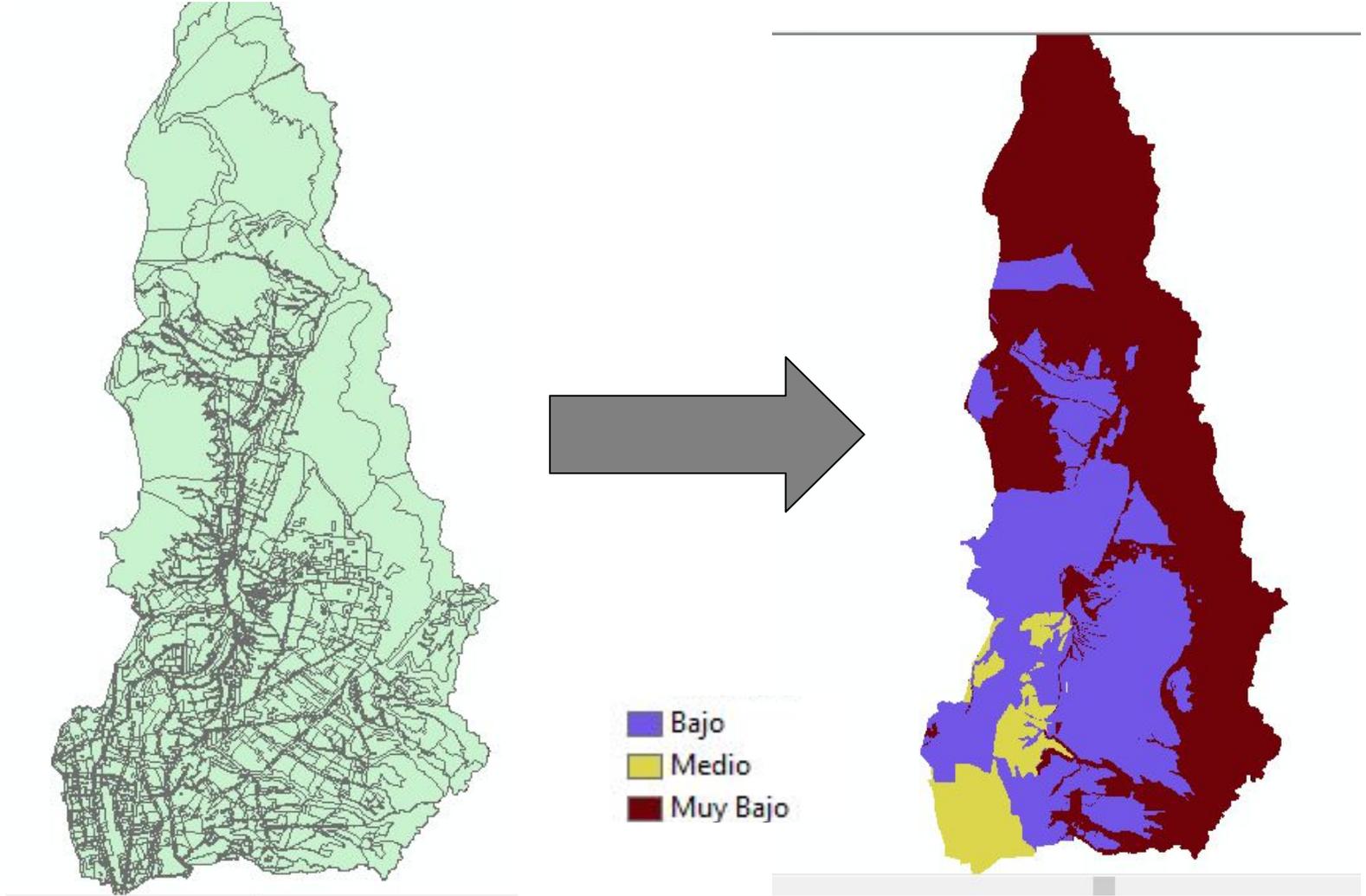


METODOLOGÍA



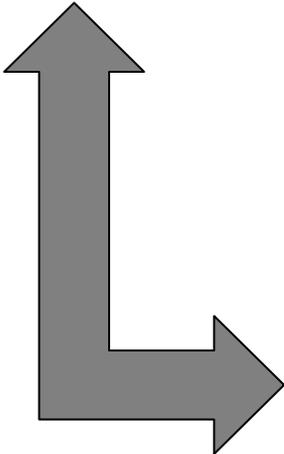
Zona	Ponderación
Dentro del buffer	9
Fuera del buffer	1

POLYGON TO RASTER



RECLASS

Rowid	VALUE	COUNT	NVL_DAZ
0	1	10480553	Bajo
1	2	18944666	Medio
2	3	15255723	Muy Bajo



Rowid	VALUE	COUNT	NVL_DAZ
0	1	152596705	Muy Bajo
1	3	104834040	Bajo
2	5	18950313	Medio

METODOLOGÍA

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

Weighted Overlay

Weighted overlay table

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

Sum of influence:

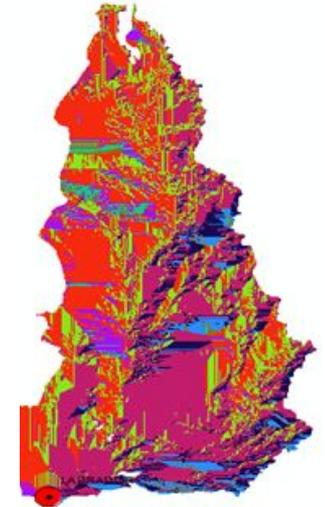
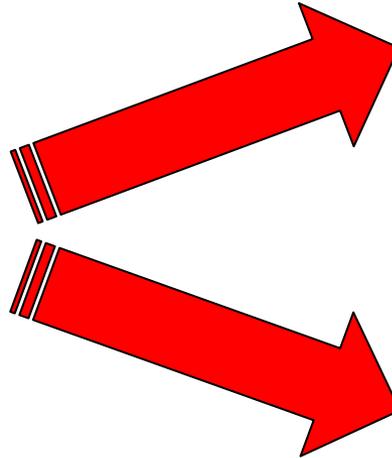
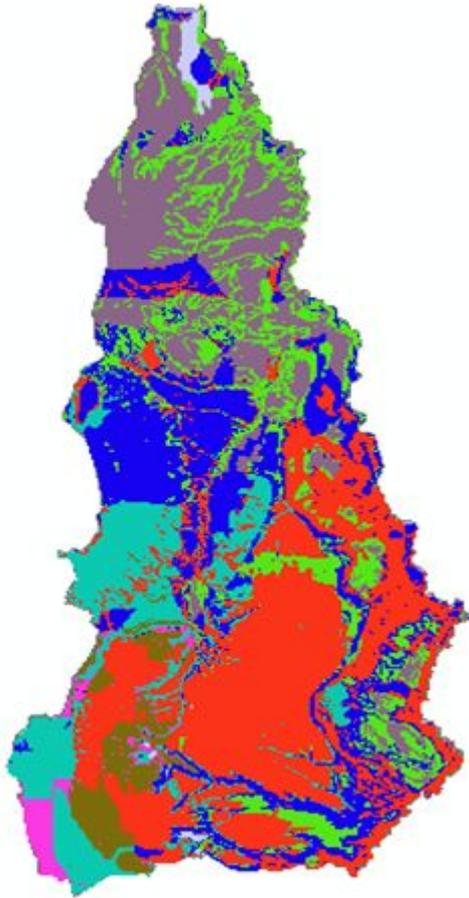
Evaluation scale: From: To: By:

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



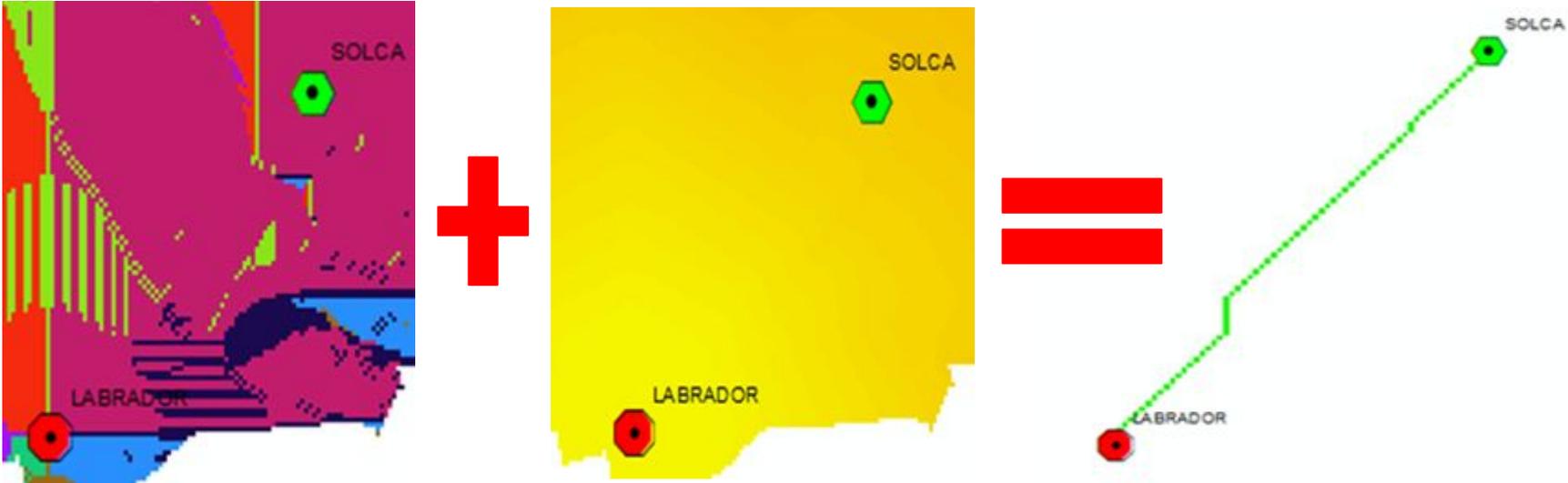
METODOLOGÍA

COST DISTANCE Y BACKLINK RASTER

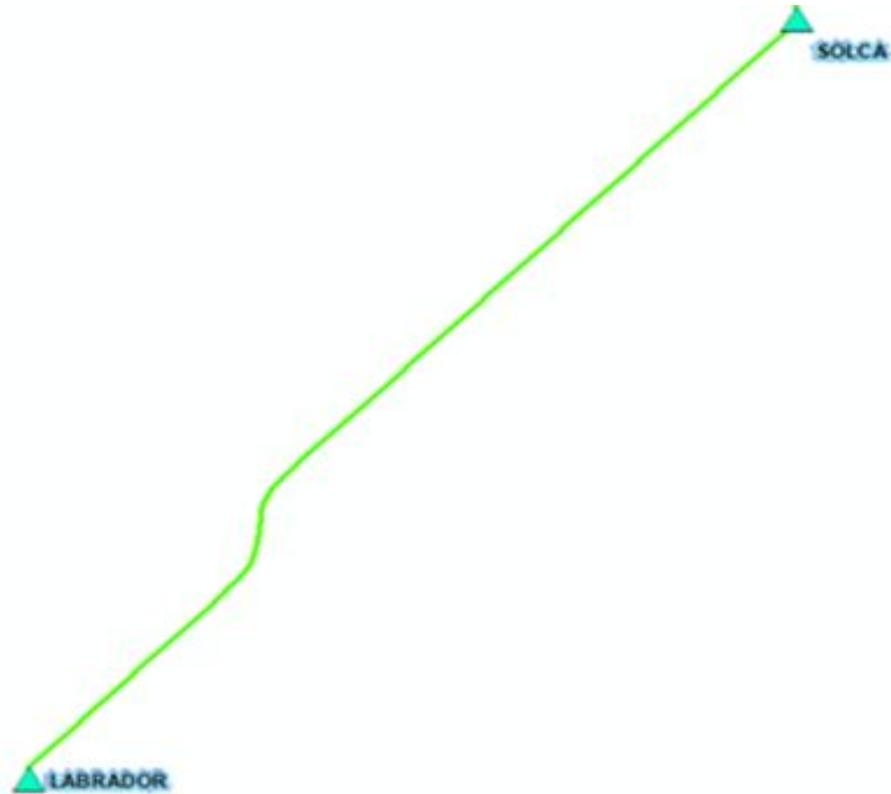


METODOLOGÍA

COST PATH



POLYLINE TO RASTER Y SMOOTH LINE



RESULTADOS

RESULTADOS

- RUTAS
- linea_1
- linea_2
- linea_3

-  PARADAS
Name
-  TERMINAL



RESULTADOS

- RUTAS
 - linea_1

 - linea_2

 - linea_3

-  PARADAS
Name
-  TERMINAL



RESULTADOS

La Línea 1 de la extensión del metro cuenta con 10 paradas incluyendo la parada del Labrador, se extiende por 19,183 km y atraviesa las parroquias de: Kennedy, Concepción, El Inca, Ponceano, Comité del Pueblo, Carcelén, San Antonio y Pomasqui.

LEYENDA

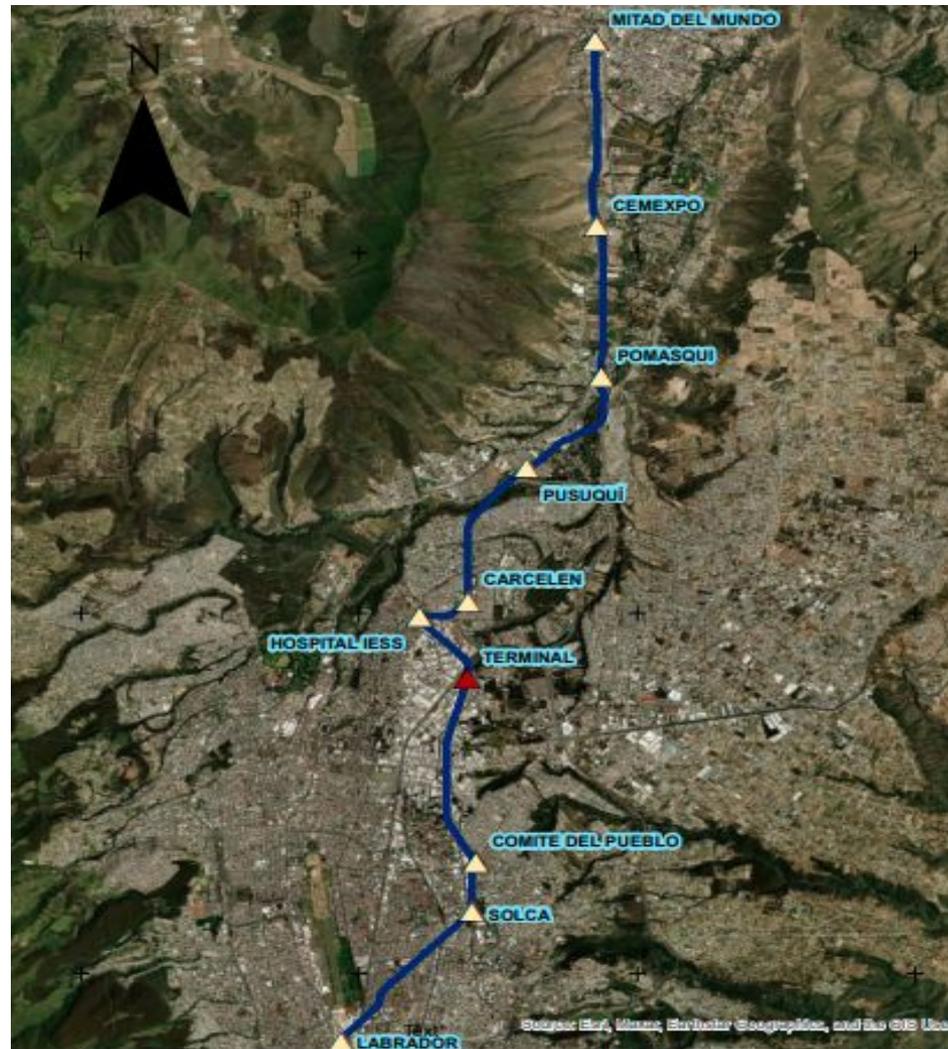
▲ PARADAS

Name

▲ TERMINAL

SIMBOLOGIA

— Línea 1

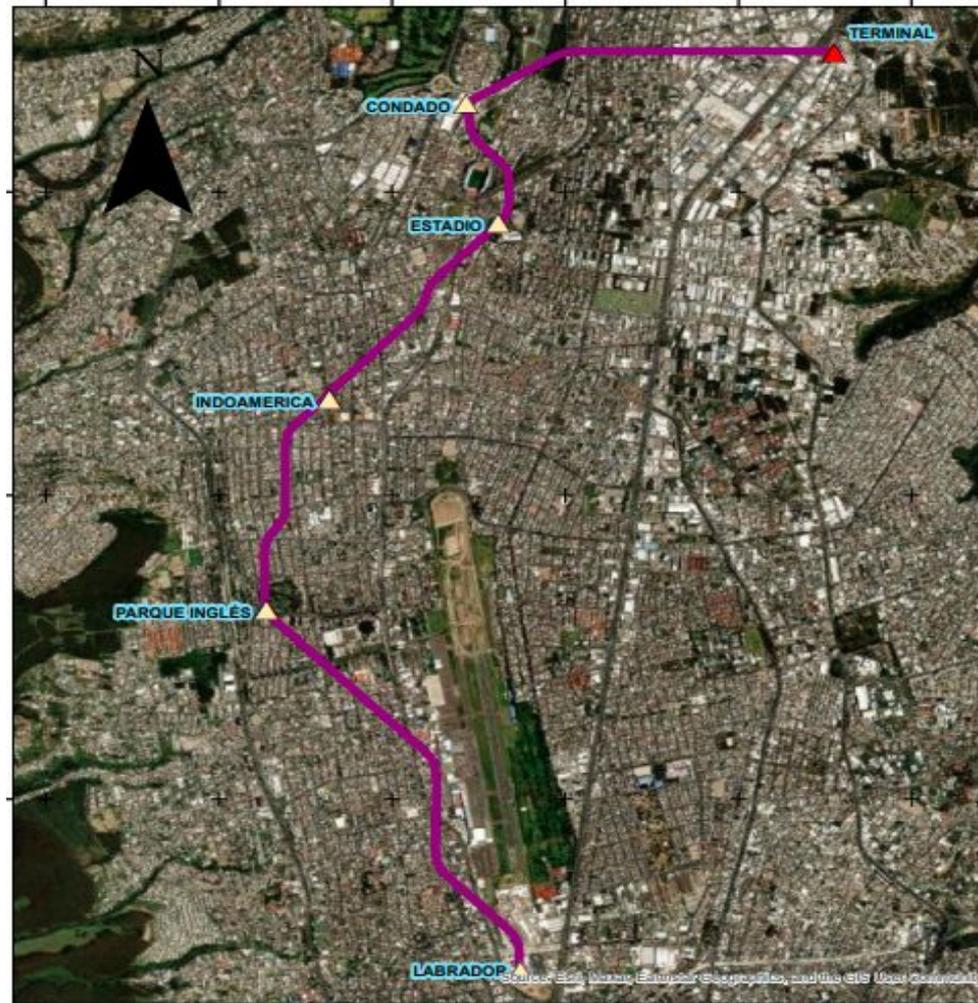


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



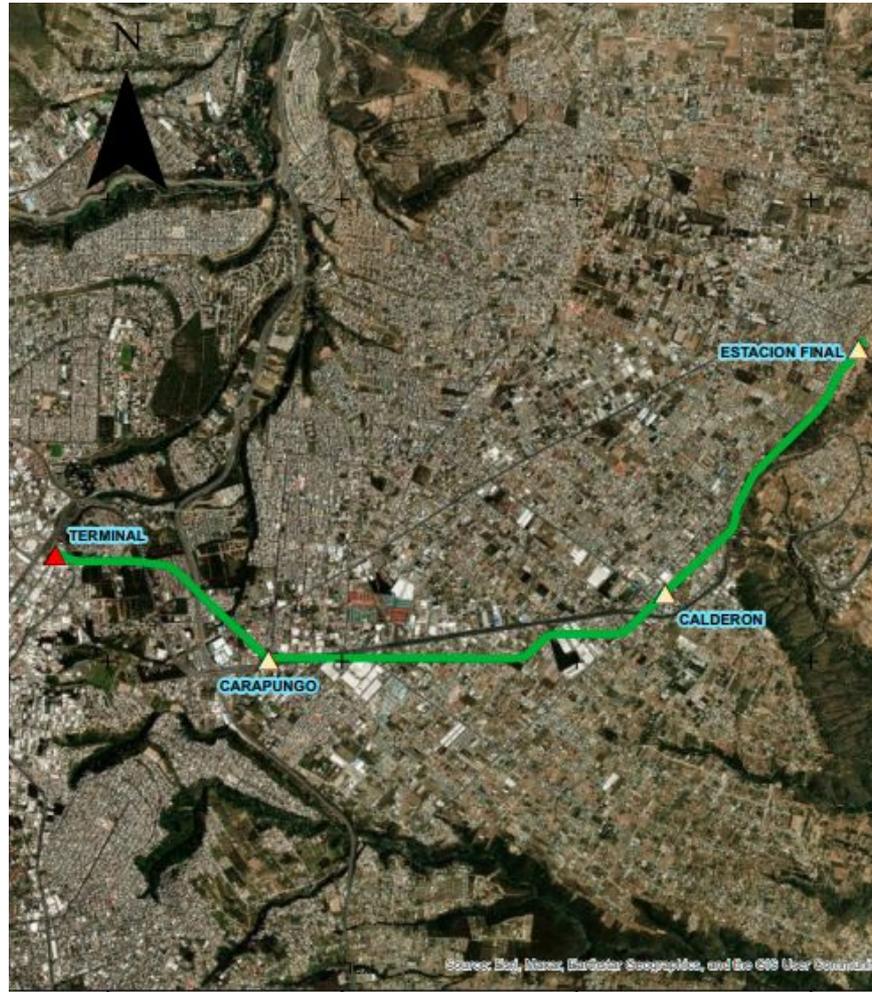
RESULTADOS

La Línea 2 de la extensión del metro cuenta con 6 paradas se extiende por 9,070 km y toma un sentido noroccidental Atraviesa las parroquias: La Concepción, Cotocollao, Ponceano y Carcelén.



RESULTADOS

La Línea 3 de la extensión del metro tiene su punto de partida en la estación del Terminal, incluyendo esta cuenta con 4 paradas, las 3 adicionales son: La estación de Carapungo, Calderón, se extiende por 8,46 km

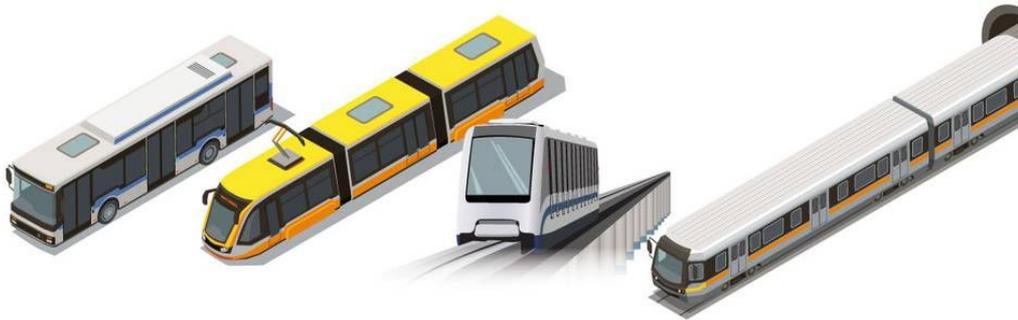


→ Costo por kilómetro



\$91,8
millones

- Troncal 4 de la Metrovía de Guayaquil 13.3 km a un costo de **1.8 millones/ km.** Transportará 300.000 usuarios. Tendrá 90 buses articulados nuevos y 90 alimentadores. costo total de 24 millones de USD.



COSTOS DE CONSTRUCCIÓN *

Metrobús
(BTR): de
\$ 1 a \$ 47
millones
por km

Tranvía: de
\$ 13 a \$ 38
millones
por km

Metro
elevado:
de \$ 50 a
\$ 72 millones
por km

Metro
subterráneo:
de \$ 38 a \$ 350
millones por km

(*) FUENTE: BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID)



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

Eficiencia Económica:

ESCENARIO NEGATIVO

- Menos y menos el metro es la opción que adoptan las ciudades. Más y más son los tranvías y los BRT (buses de carril exclusivo), estos últimos igual de eficientes que el metro y a una fracción del costo.
- El metro no atrae pasajeros que utilizan automóviles, el metro atrae usuarios de otros medios como son buses y peatones. El parque automotor seguirá creciendo como lo ha venido haciendo y su uso también por lo que el consumo de combustibles fósiles seguirá aumentando. Los metros tienen el apoyo de los conductores porque estos tienen la esperanza de que otros conductores se suban al metro para ellos tener vía libre y poder utilizar sus vehículos.
- Para que un sistema de transporte como el metro sea efectivo económicamente debemos por lo menos cumplir lo siguiente: Un corredor con por lo menos 700.000 viajes al día, Un tamaño de ciudad de por lo menos 5 millones. Un ingreso promedio de 1800 usd por cabeza.
- El metro es una opción en lugar de otras más baratas cuando: Volúmenes altos en corredores, Congestión es intensa. Nuevas inversiones para conectar las líneas de metro ya existentes, Impacto medioambiental de buses es alto
- En Argentina el 69% de usuarios del transporte público utilizan el BRT y colectivo y sólo un 38% utiliza el “subte”.
- Un metro nunca cubre sus costos de operación.
- Transmilenio moviliza más pasajeros por km/hora/sentido que el 90% de los metros en el mundo, a una velocidad muy similar, 1400000 pasajeros circulan por día en el sistema.
- 13.3 km a un costo de 1.8 millones/ km. Transportará 300.000 usuarios. Tendrá 90 buses articulados nuevos y 90 alimentadores. costo total de 24 millones de USD.

ESCENARIO ÓPTIMO

CULTURA DEL METRO

La Cultura METRO es entendida como el resultado del modelo de gestión social, educativo y cultural que el METRO ha construido, consolidado y entregado a la ciudad.

- Estaciones del Metro como centros culturales y de reactivación económica.
- Como potenciador turístico.
- Confianza de la ciudadanía en las obras de inversión pública.

Tabla 1. Proceso de expansión urbana hacia las parroquias rurales

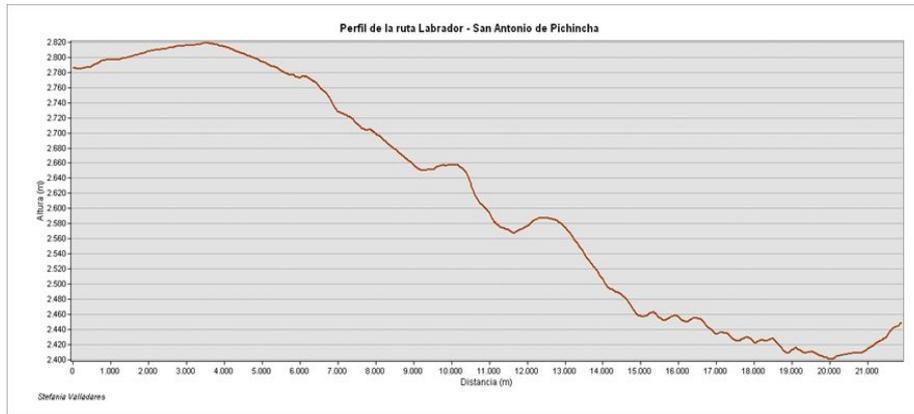
Proceso de expansión urbana hacia las parroquias rurales	
Parroquia	Porcentaje de expansión
Calderón	6.58
San Antonio	5.60
Nayón	5.46
Conocoto	4.95
Cumbayá	4.55
Pomasqui	3.98

Fuente: Dirección General de Calidad del Distrito Metropolitano de Quito - 2017

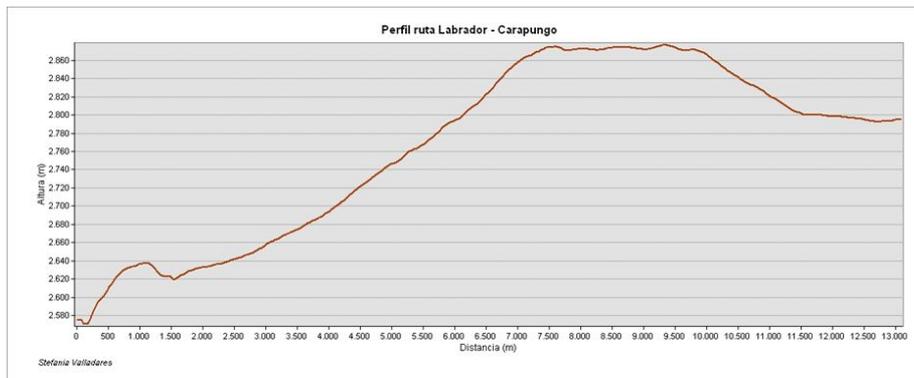
Fuente: INEC

CONCLUSIONES

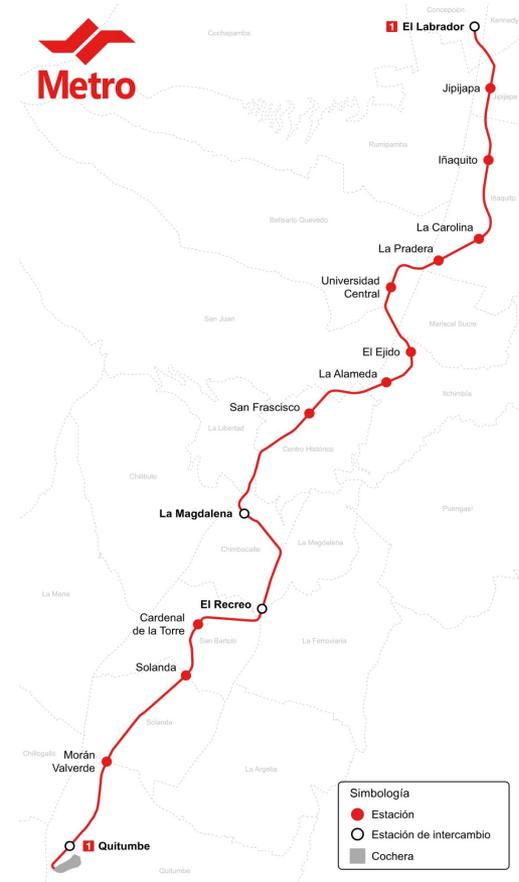
1. Pendiente:



2.69%

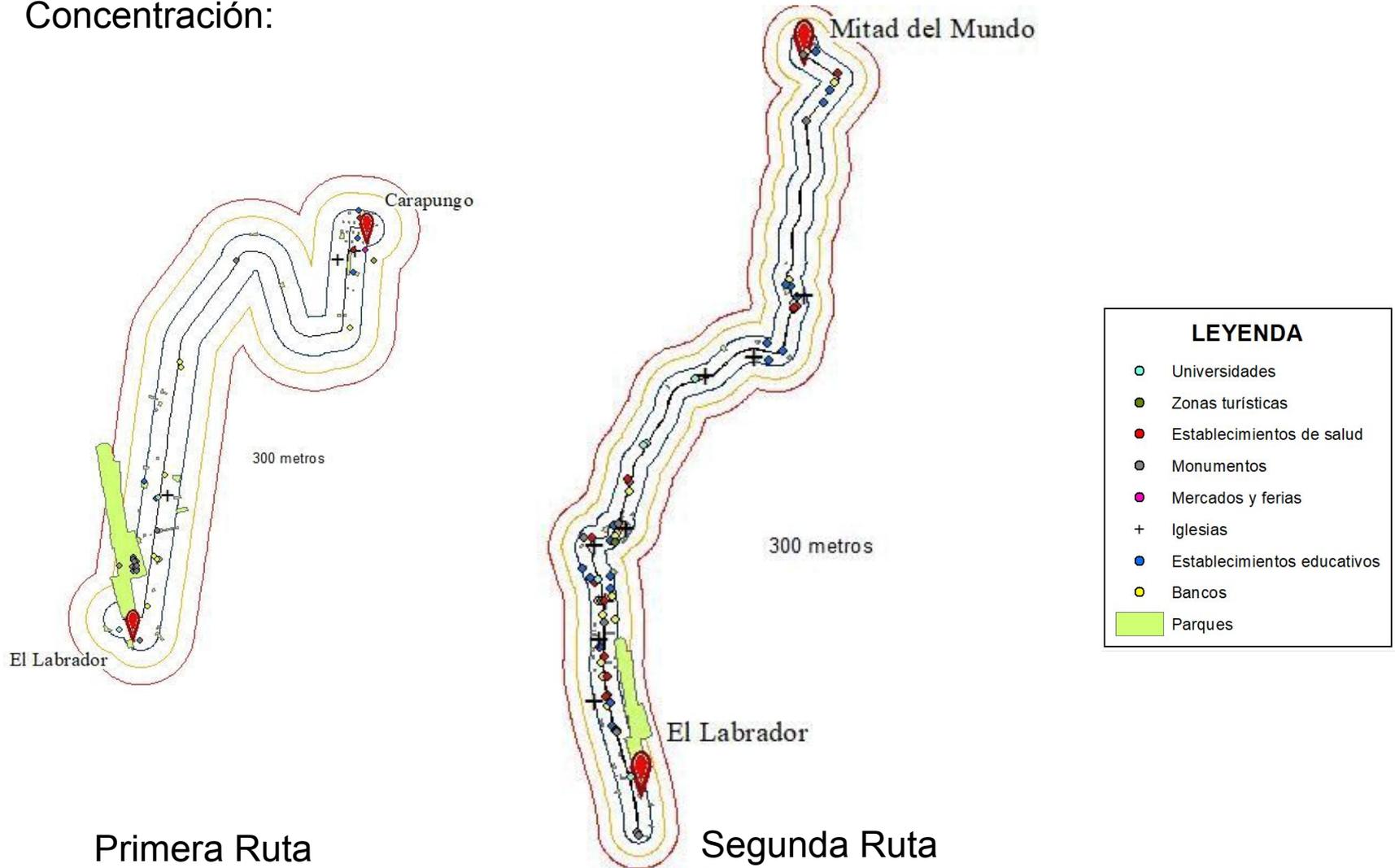


1.77%

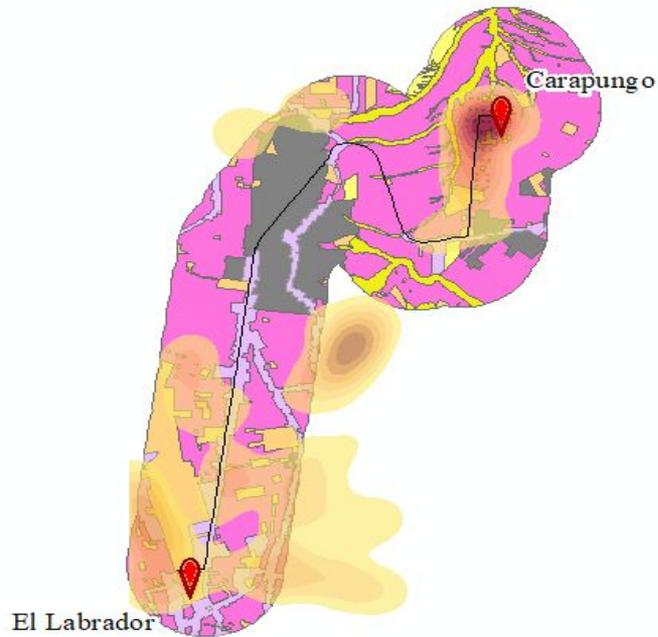


4%

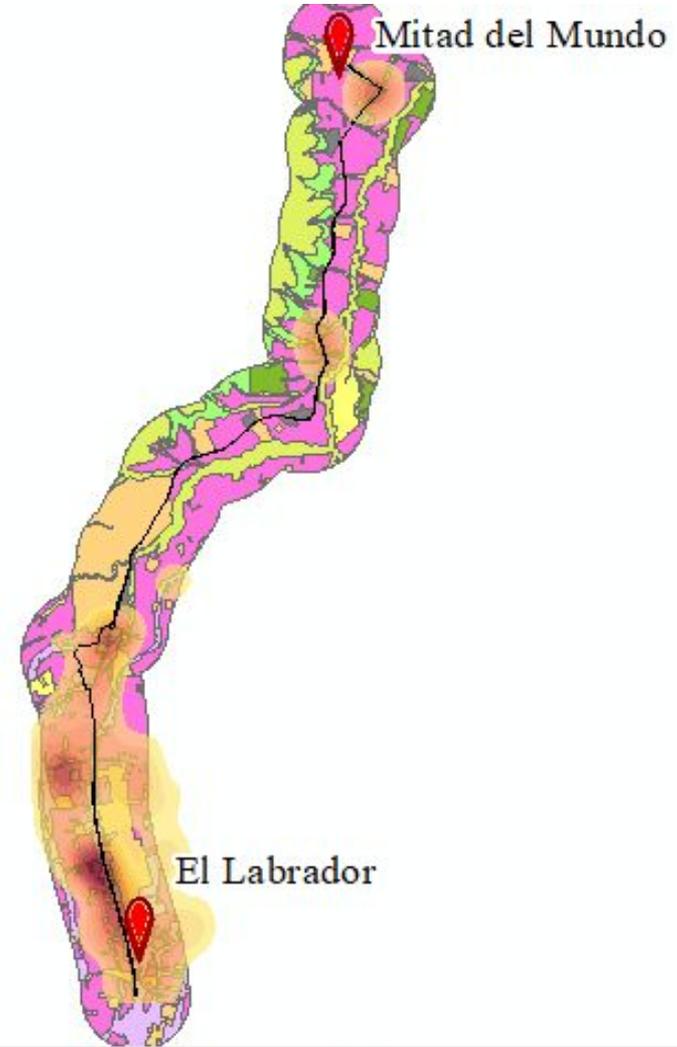
2. Concentración:



3. Zonas Comerciales vs PUOS:

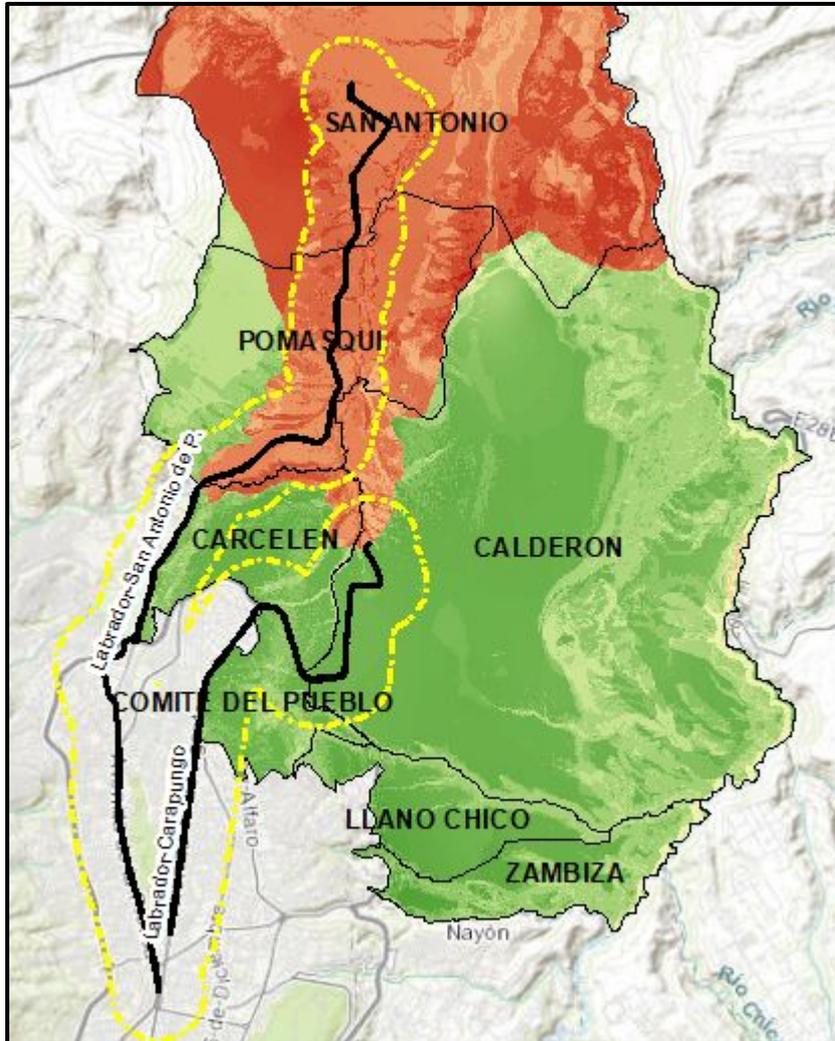


Primera Ruta



Segunda Ruta

4. Análisis de daño y intensidad



Zona de influencia de 900 m



Peligro Volcánico



Sismos



Movimientos en masa



Inundaciones



5. Recurrencia del evento



Movimientos en masa



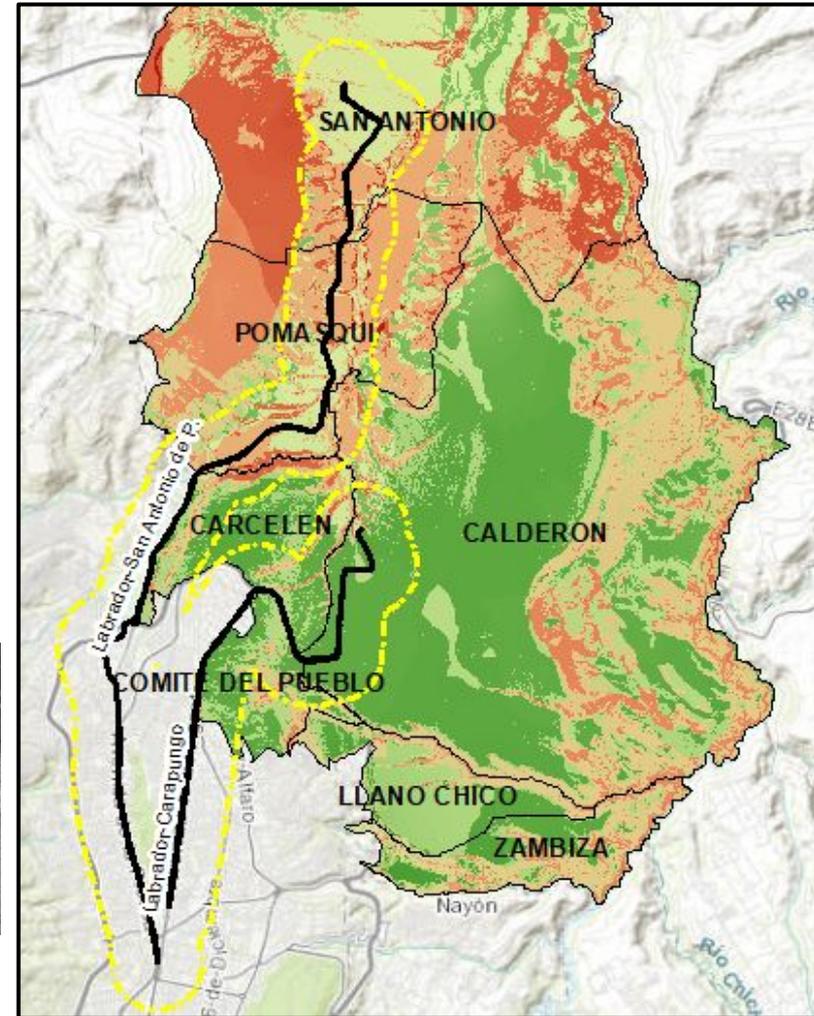
Sismos



Inundaciones

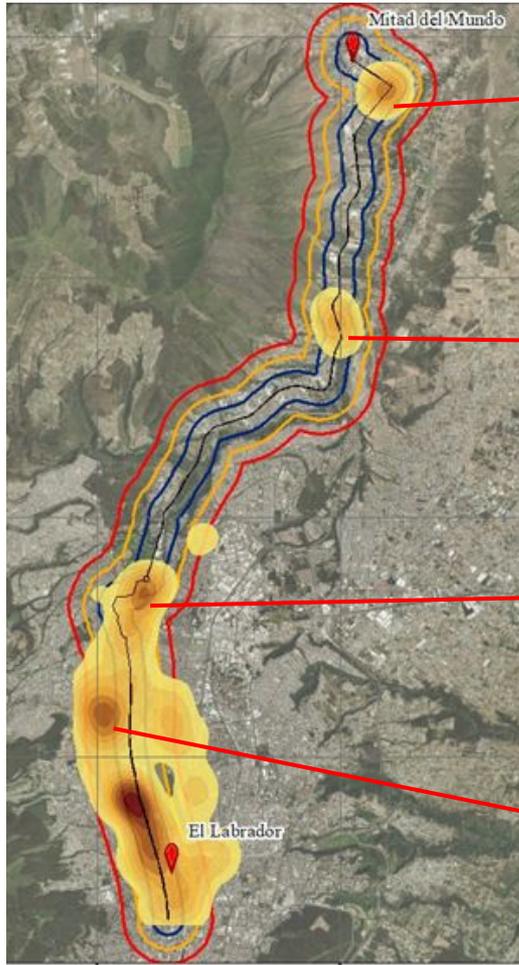


Zona de influencia de 900 m



CONCLUSIONES

- Paradas de gran importancia.



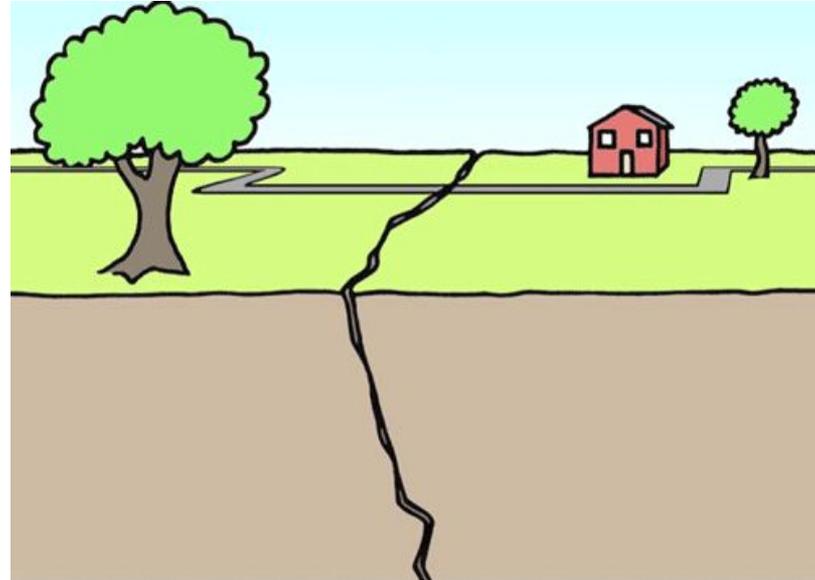
Mitad del Mundo

Pomasqui

Condado Shopping y Estadio

Parque Inglés

- Aspectos que no se tomarían en cuenta



Sismos: Más de 9

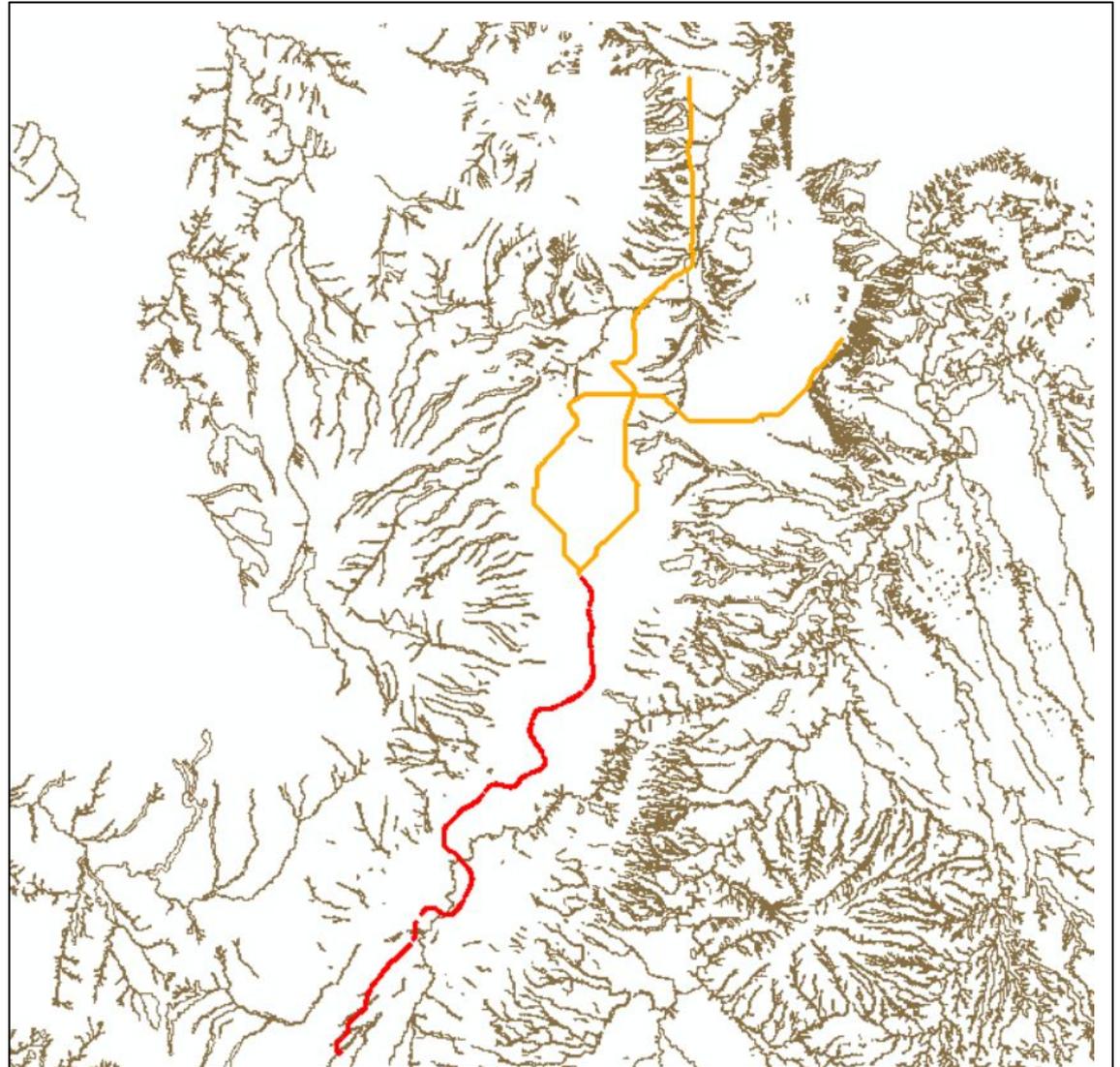
Inundaciones: Sistema de doble cámara



- Presencia de accidentes geográficos como (Cuerpos de agua, depresión abierta, quebrada abierta).

Leyenda

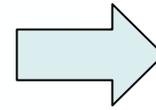
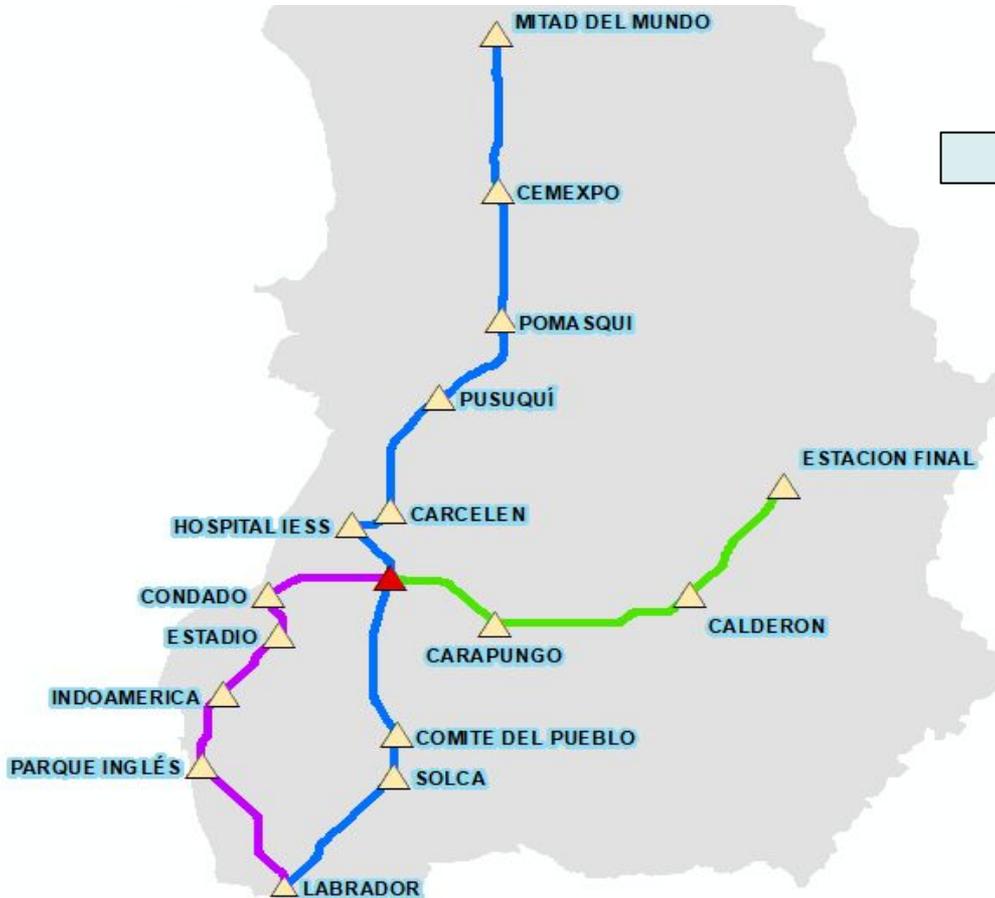
- Propuesta Extensión
- Primera Línea del Metro de Quito
- Accidentes Geográficos



RECOMENDACIONES

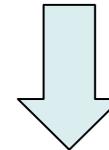
RECOMENDACIONES

1. Reforma del **PUOS**, se debe tomar en cuenta las zonas cercanas a las futuras paradas.



USO DE SUELO

#SEDUVI



2. Definición de Riesgos Naturales y sus elementos (Amenaza y Vulnerabilidad).

Conocer de **Gestión de Riesgos**.



shutterstock.com · 1947904729

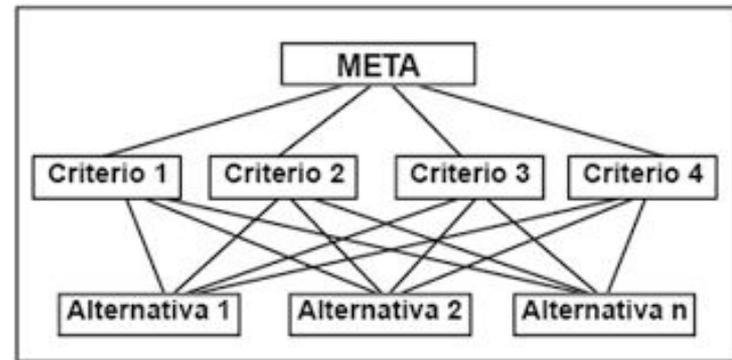


3. Datos e información actualizada. Control de calidad de datos geográficos. Registro

temporal de eventos.



4. **Expertos** del tema a estudiar. Para el proceso analítico jerárquico (**AHP**). Utilización del **análisis Multicriterio**. **Modelo** más acorde a la realidad de la zona de estudio.



RECOMENDACIONES

- Aprovechar las nuevas técnicas y métodos para la construcción de la línea del metro, permitiendo una construcción más lineal, como se ha visto en otros países, en lugar de esquivar obstáculos como quebradas y ríos, garantizando tiempos de viaje óptimos.
- Al crear la cobertura ráster “WEIGHTED”, podemos obviar riesgos insignificantes para un sistema subterráneo tal como la pendiente, movimientos de masa y aquellas variables que entraron al análisis como cercanía a accidentes geográfico y a la red hídrica tuvieron un peso pequeño en la ponderación final.

RECOMENDACIONES

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



GRACIAS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

