



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



**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE**  
*“ Propuesta de relocalización de un sitio poblado expuesto a deslizamientos de tierra mediante la aplicación de análisis multicriterio, caso cantón Chunchi-Alausí”*

**Autor:** Pérez Rodríguez Grace Gissele

**Director del proyecto**

Ing. Padilla Almeida, Oswaldo, PhD

**Director de Carrera**

Ing. Robayo Nieto, Alexander MSc

**Docente Evaluador**

Crnl. Rodolfo Salazar M.

**Secretaria Académica**



Antecedentes

Justificación

Planteamiento del problema

Objetivos

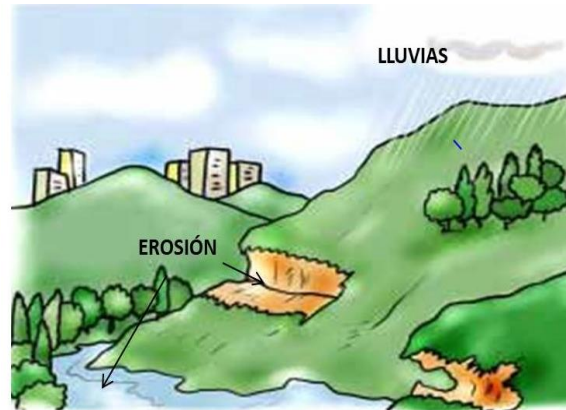
Metodología

Resultados

Conclusiones y Recomendaciones



## Criterios que influyen en los deslizamientos



## Sucesos importantes



© Dario Ordonez/AA/picture alliance

### AFECCIÓN DE PERSONAS

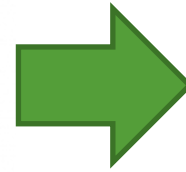


27,6 ha



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

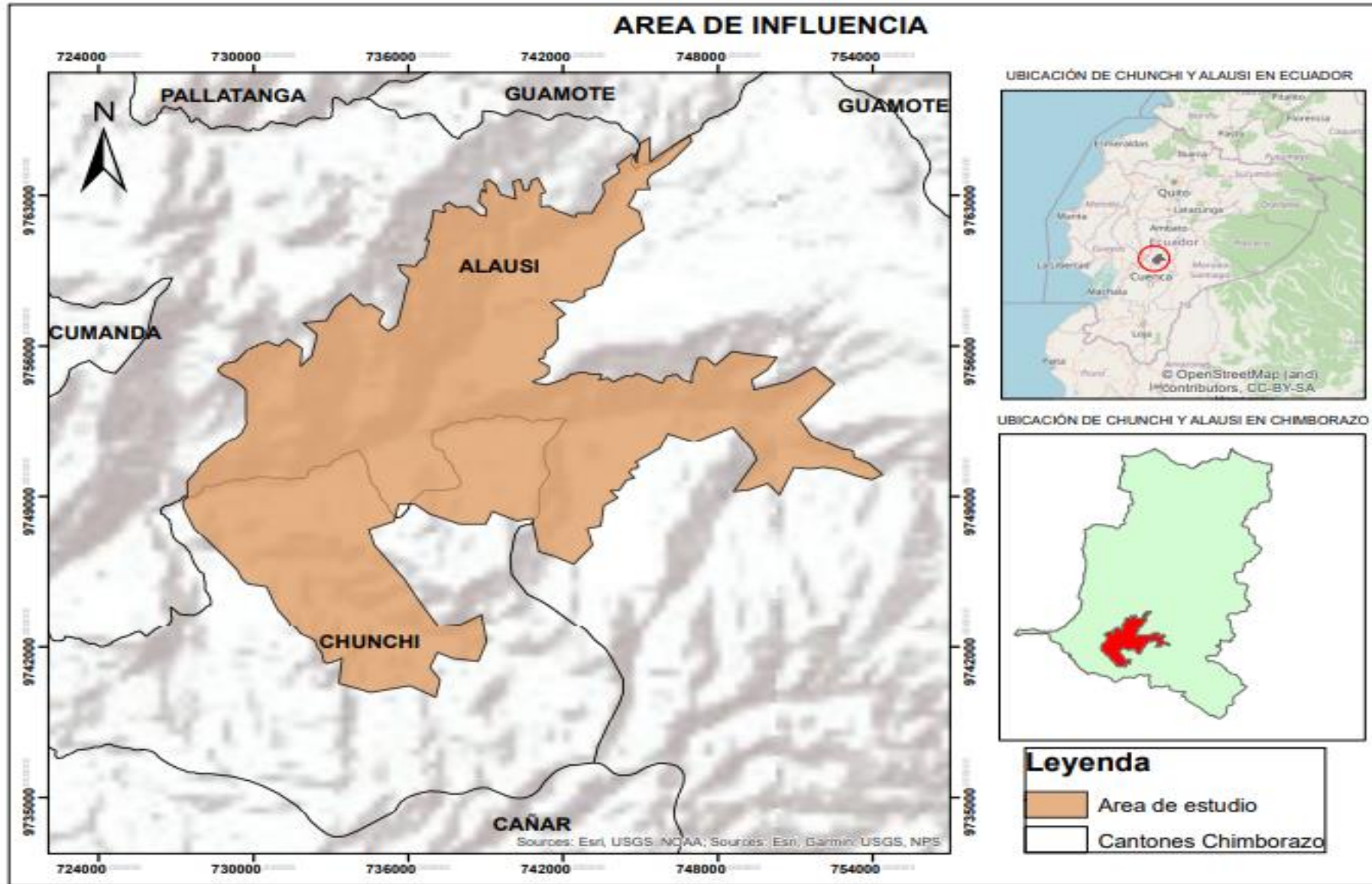
## OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



Plan de Creación de  
**OPORTUNIDADES**  
2021-2025



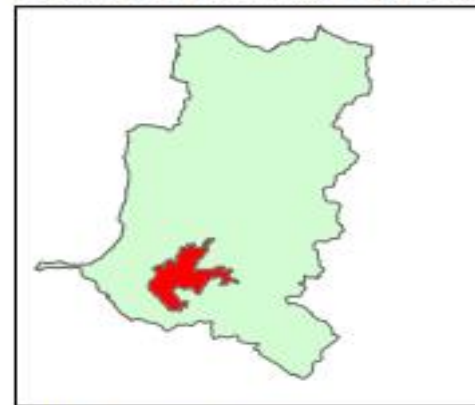
**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



UBICACIÓN DE CHUNCHI Y ALAUSI EN ECUADOR



UBICACIÓN DE CHUNCHI Y ALAUSI EN CHIMBORAZO



#### Leyenda

- Area de estudio
- Cantones Chimborazo



# Planteamiento del problema



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

## Objetivo General

Determinar la zona más adecuada para la relocalización de las poblaciones con susceptibilidad a deslizamientos de tierra ubicadas en los cantones Chunchi y Alausí, utilizando herramientas geo informáticas y evaluación multicriterio con el fin de evitar pérdidas humanas, económicas y materiales de la comunidad.

Realizar el diagnóstico de la situación actual de las poblaciones ubicadas dentro del área de estudio que puede verse afectada ante un posible deslizamiento de tierras en el sector.

Determinar criterios, factores y restricciones para el estudio de los sitios más adecuados de reubicación de la población, a ser utilizados en un modelo basado en evaluación multicriterio (EMC).

Modelar integralmente los factores y restricciones de cada una de las variables espaciales tomadas en cuenta para el modelamiento de ubicación de las zonas pobladas.





Evaluar los posibles sitios de relocalización mediante un modelo de ponderación lineal.

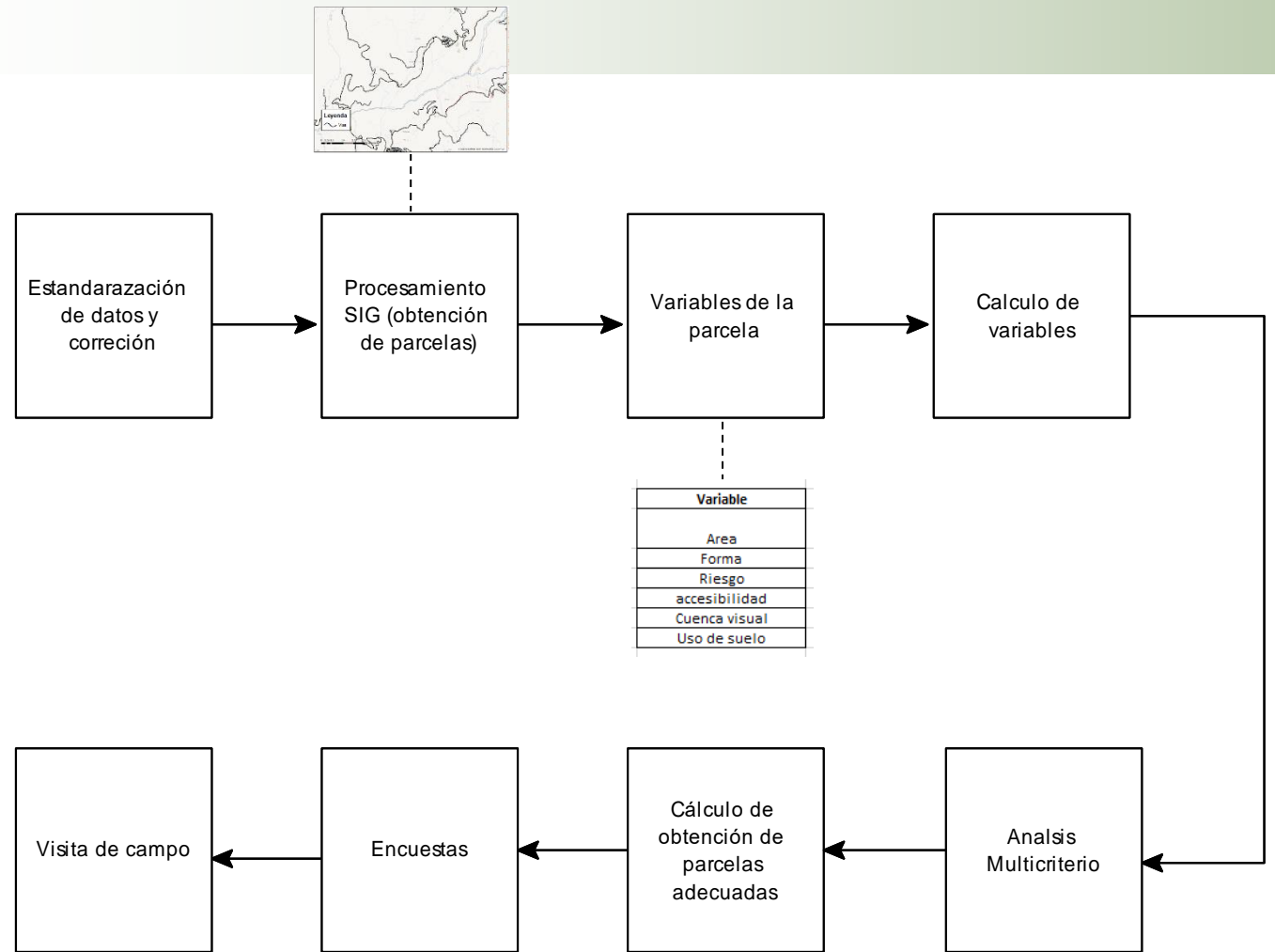
Determinar el modelo Geoespacial para la relocalización de las poblaciones ubicadas dentro del área de estudio.

Determinar la disponibilidad de la población a una posible relocalización



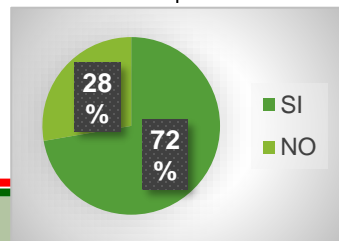
# ***METODOLOGÍA***





Variable
Area
Forma
Riesgo
accesibilidad
Cuenca visual
Uso de suelo

Resumen de la Metodología Aplicada



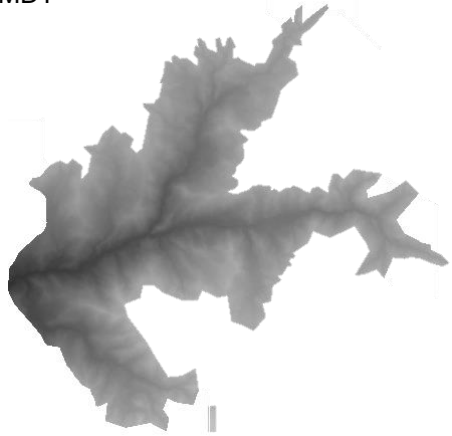
PROMEDIO	SEGUNDA APROXIMACION
0.0531	2.00
0.0426	7.00
0.0458	6.00
0.0532	1.00
0.0501	4.00
0.0510	3.00
0.0491	5.00

IDENTIFICACION	COORDENADAS	AREA	PERIMETRO	FORMA	RIESGO	ACCESIBILIDAD	CUENCA VISUAL	USO DE SUELO
001	10000	100	100	100	100	100	100	100
002	10000	100	100	100	100	100	100	100
003	10000	100	100	100	100	100	100	100
004	10000	100	100	100	100	100	100	100
005	10000	100	100	100	100	100	100	100
006	10000	100	100	100	100	100	100	100
007	10000	100	100	100	100	100	100	100
008	10000	100	100	100	100	100	100	100
009	10000	100	100	100	100	100	100	100
010	10000	100	100	100	100	100	100	100



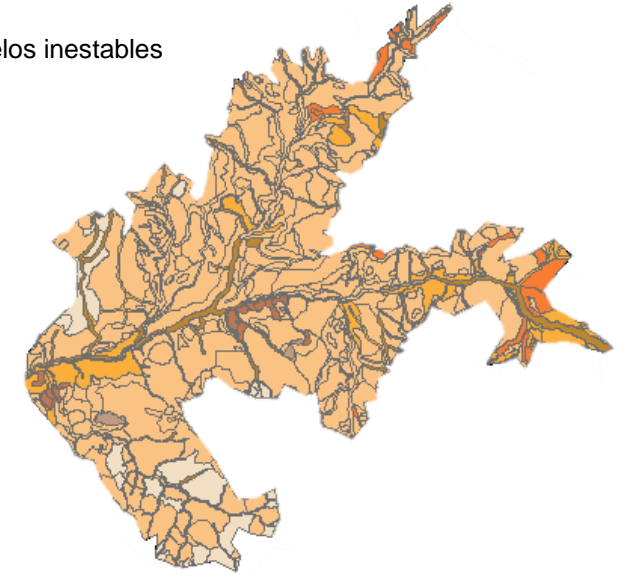
## Restricciones

MDT

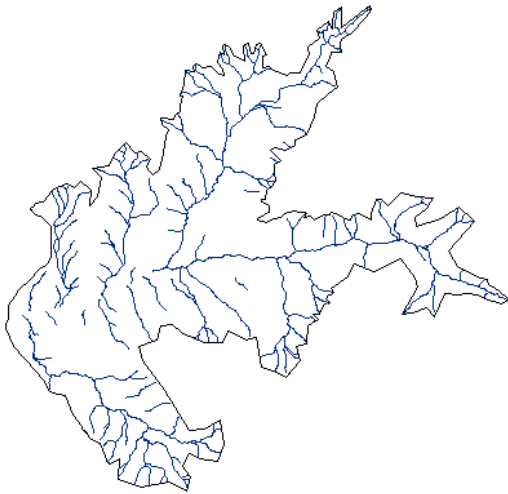


RESTRICCIONES		
Variable	Proceso	Criterio
MDT	Pendiente	0-12% → 1
		≥12% → 0
Ríos	Buffer	≤50m → 1
		≥50m → 0
Quebradas	Buffer	≤15m → 1
		≥15m → 0
Suelos inestables	Reclasificación	Adecuados molisol y entisol.
Uso y vegetación del suelo	Reclasificación	Cultivos de ciclo corto
		Pastos cultivados
		Bosque natural
		Paramo
		} 1
		} 0

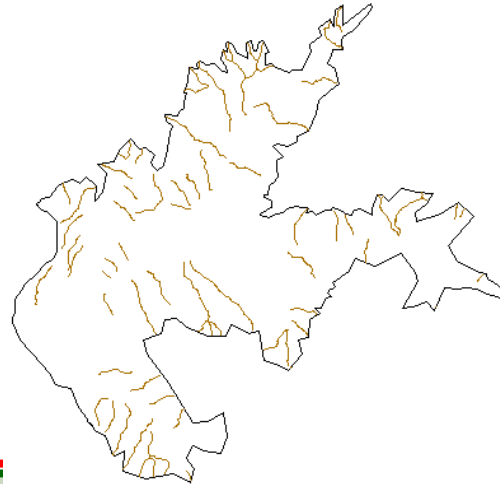
Suelos inestables



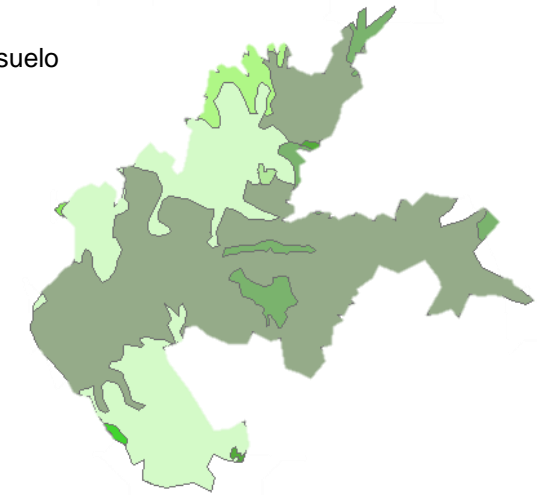
Ríos

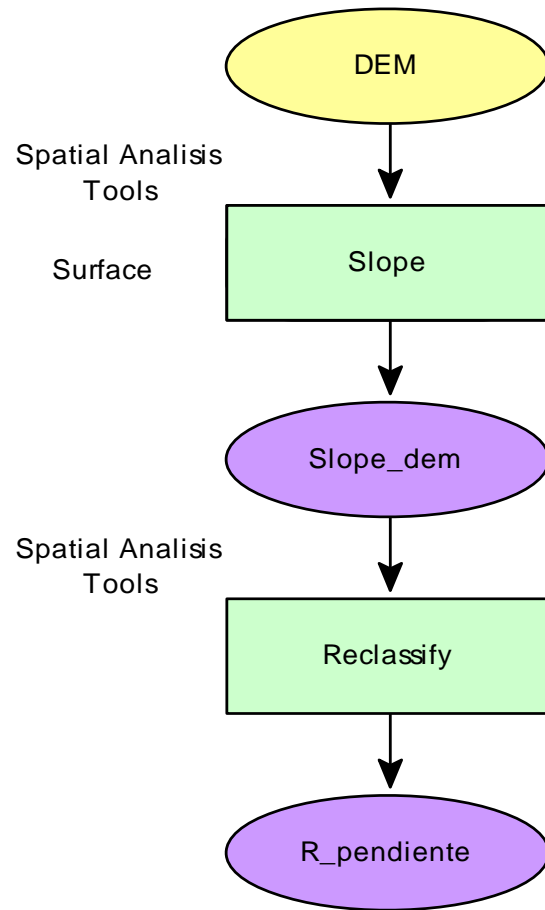


quebradas



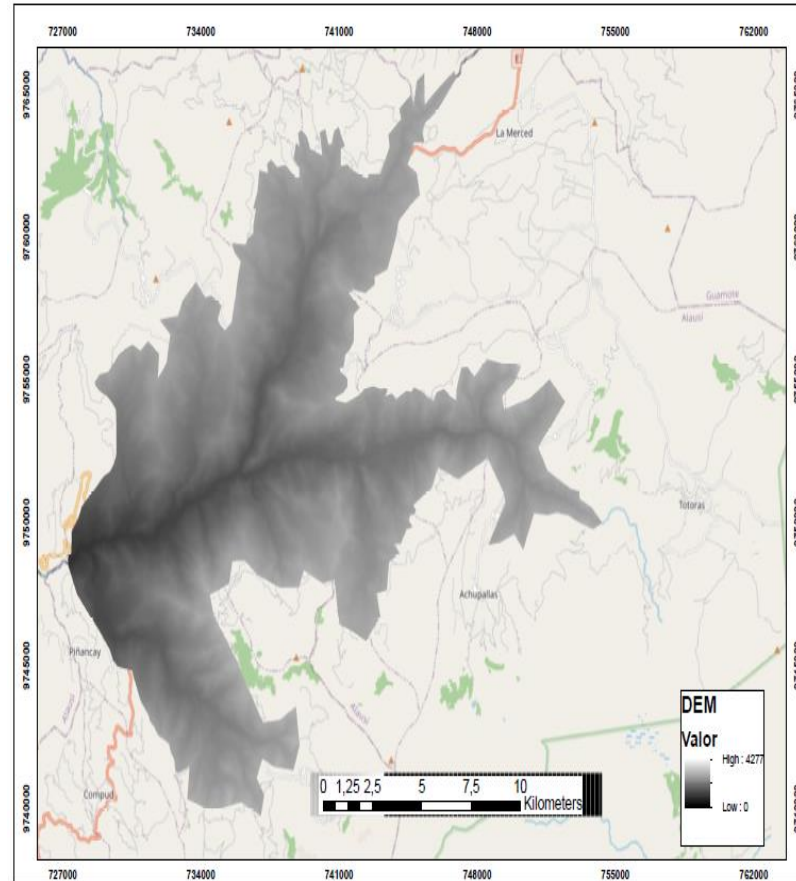
Uso del suelo



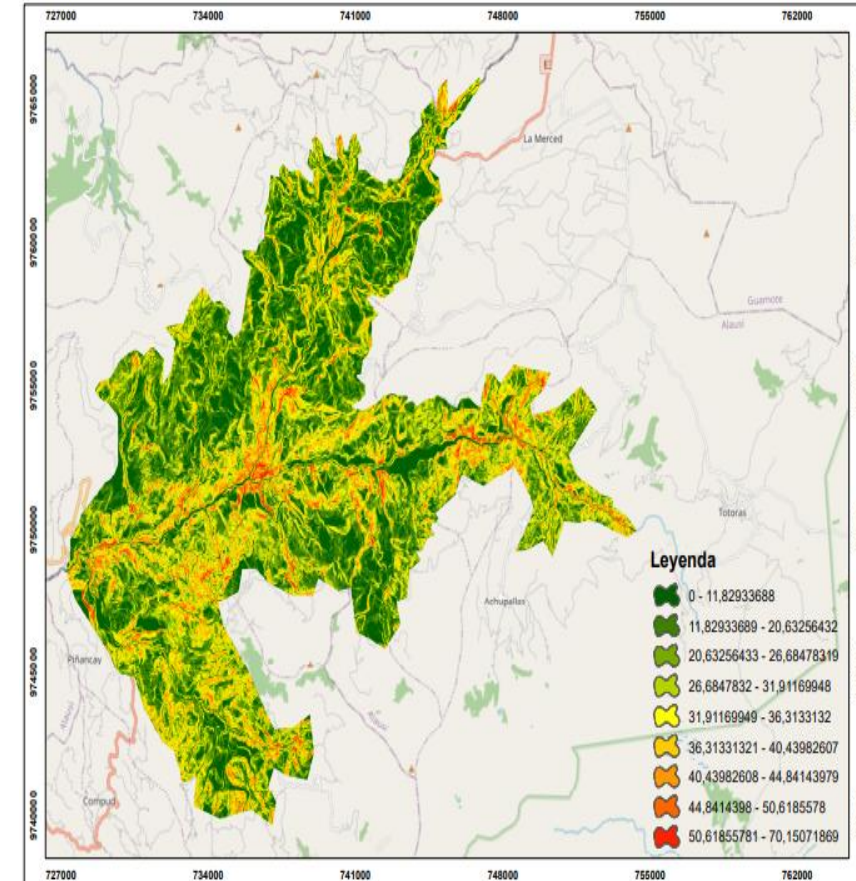


1 — [0 ...12]  
0 — [ >12]

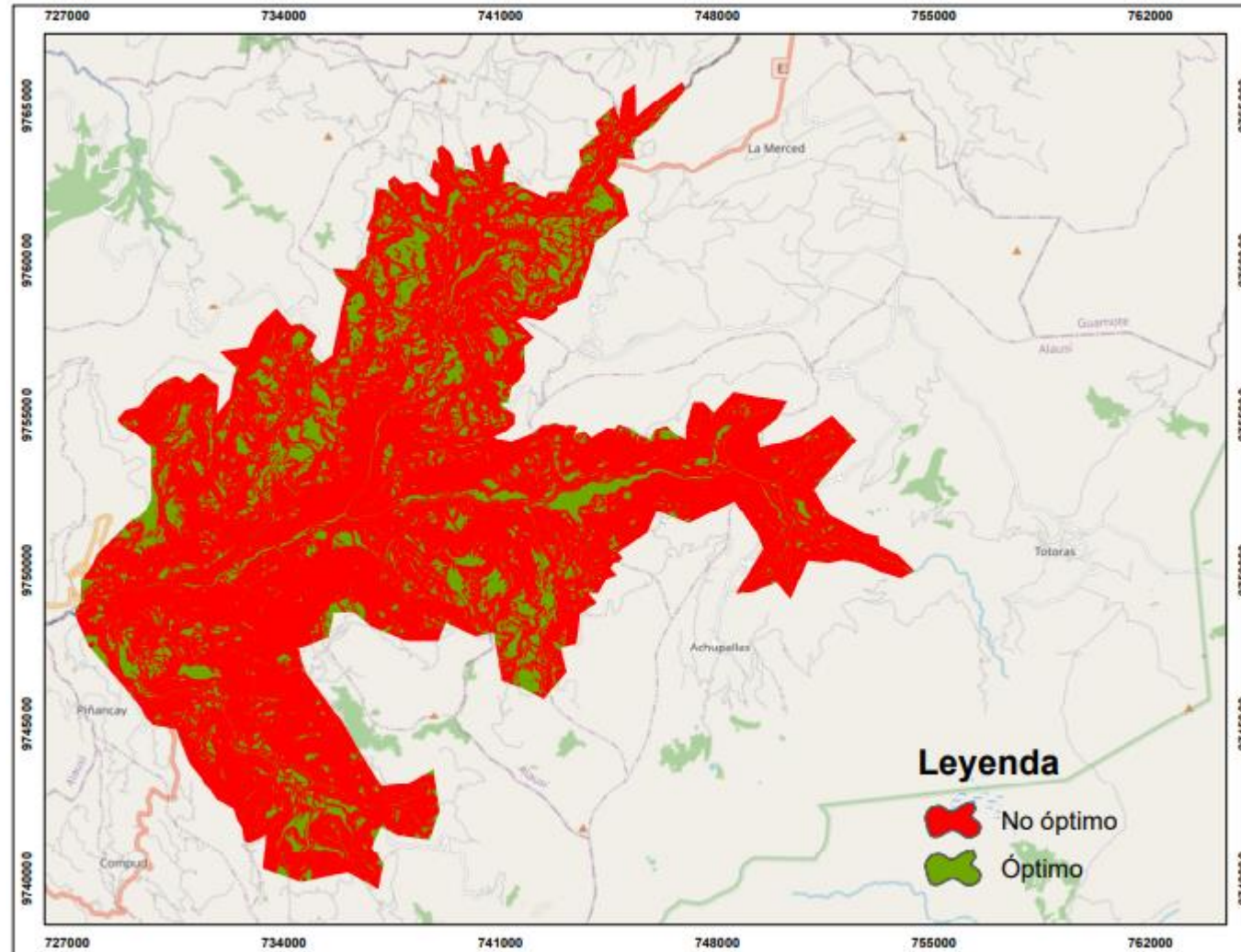
## Modelo Digital del Terreno

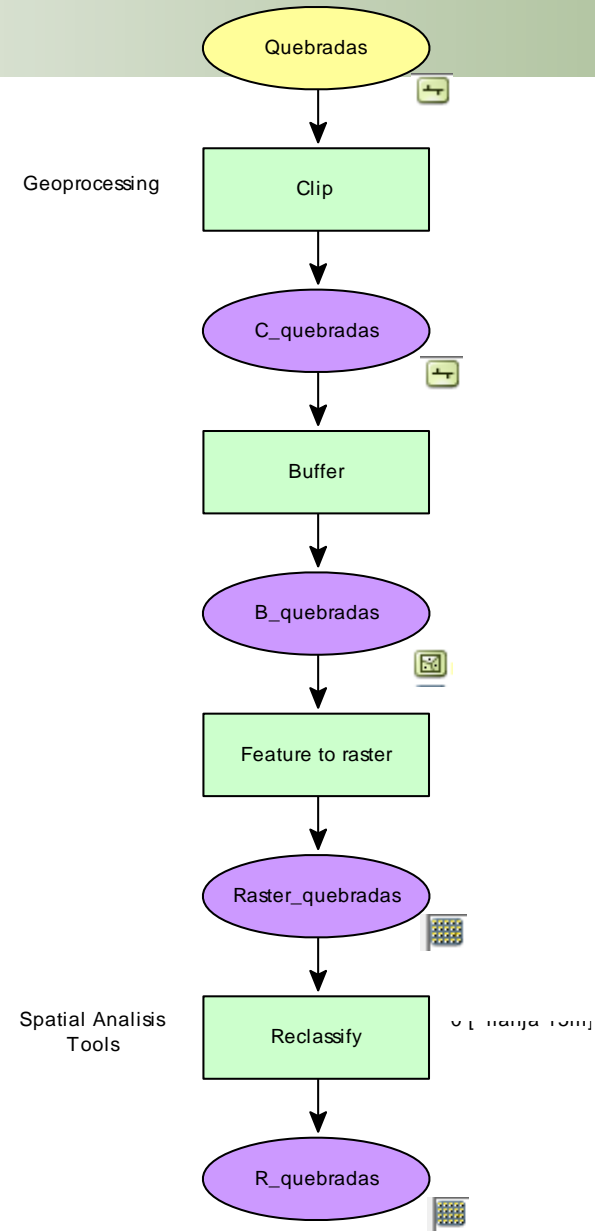
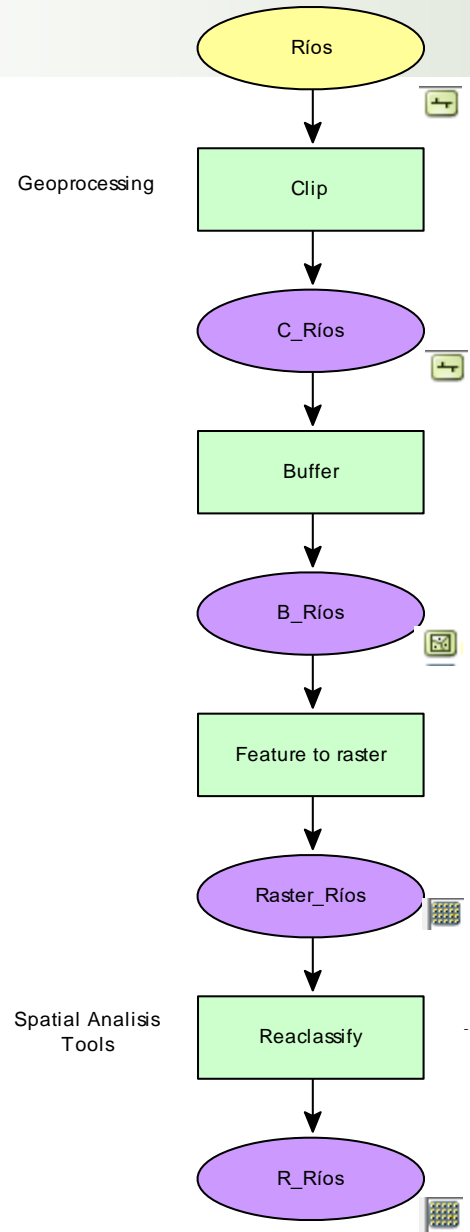


## Valores porcentuales de Pendiente

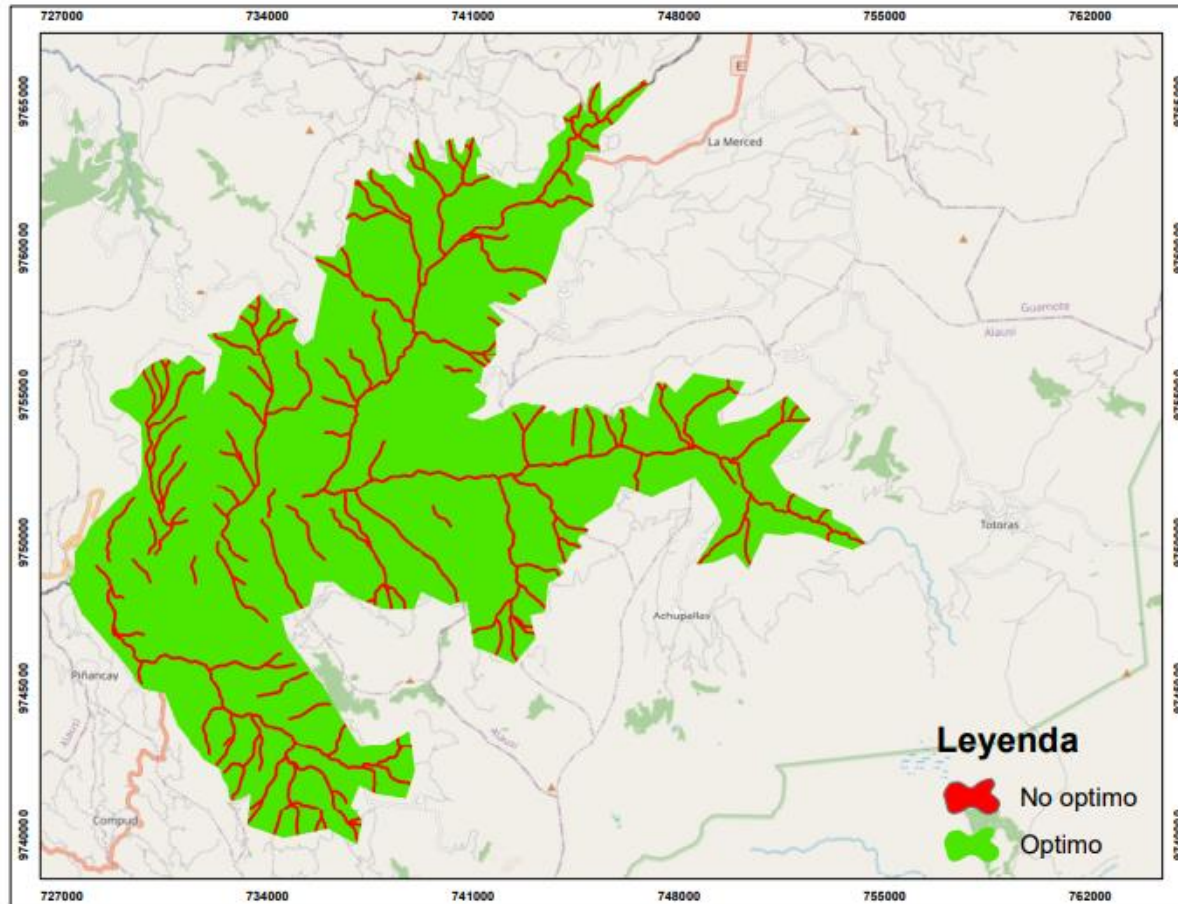


## Reclasificación de Pendiente

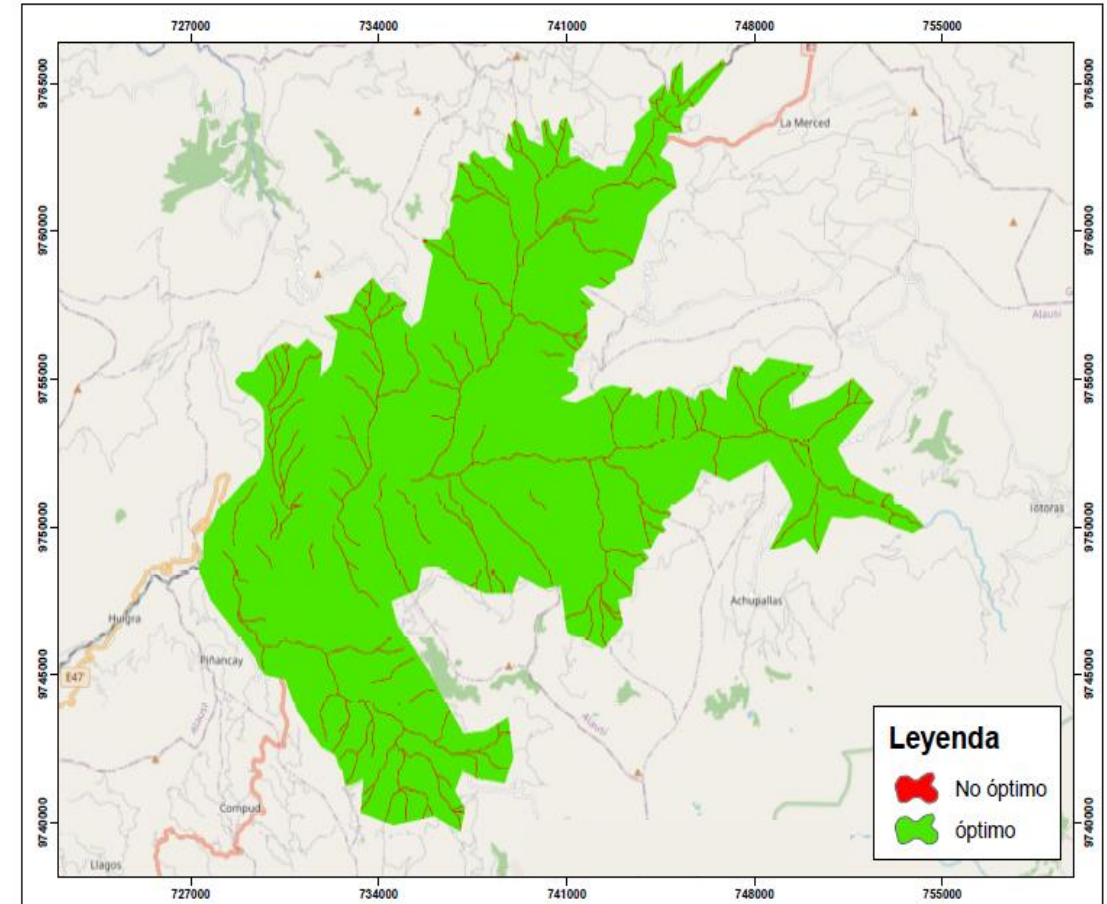




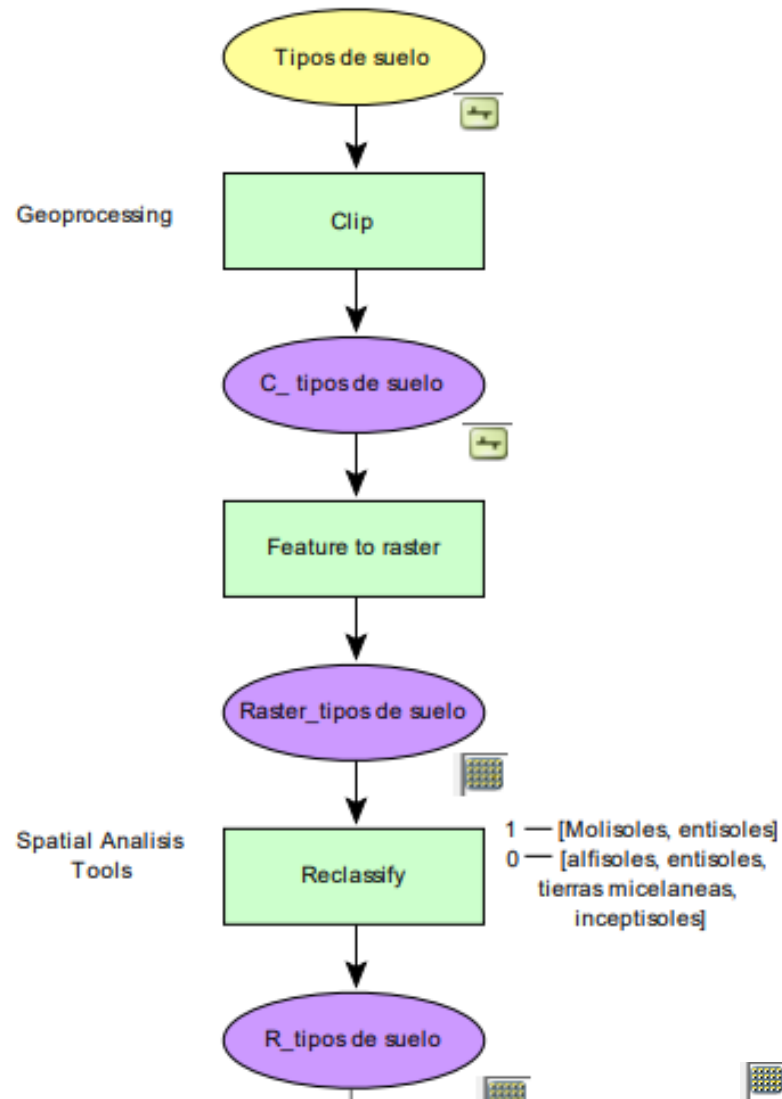
## Reclasificación Ríos



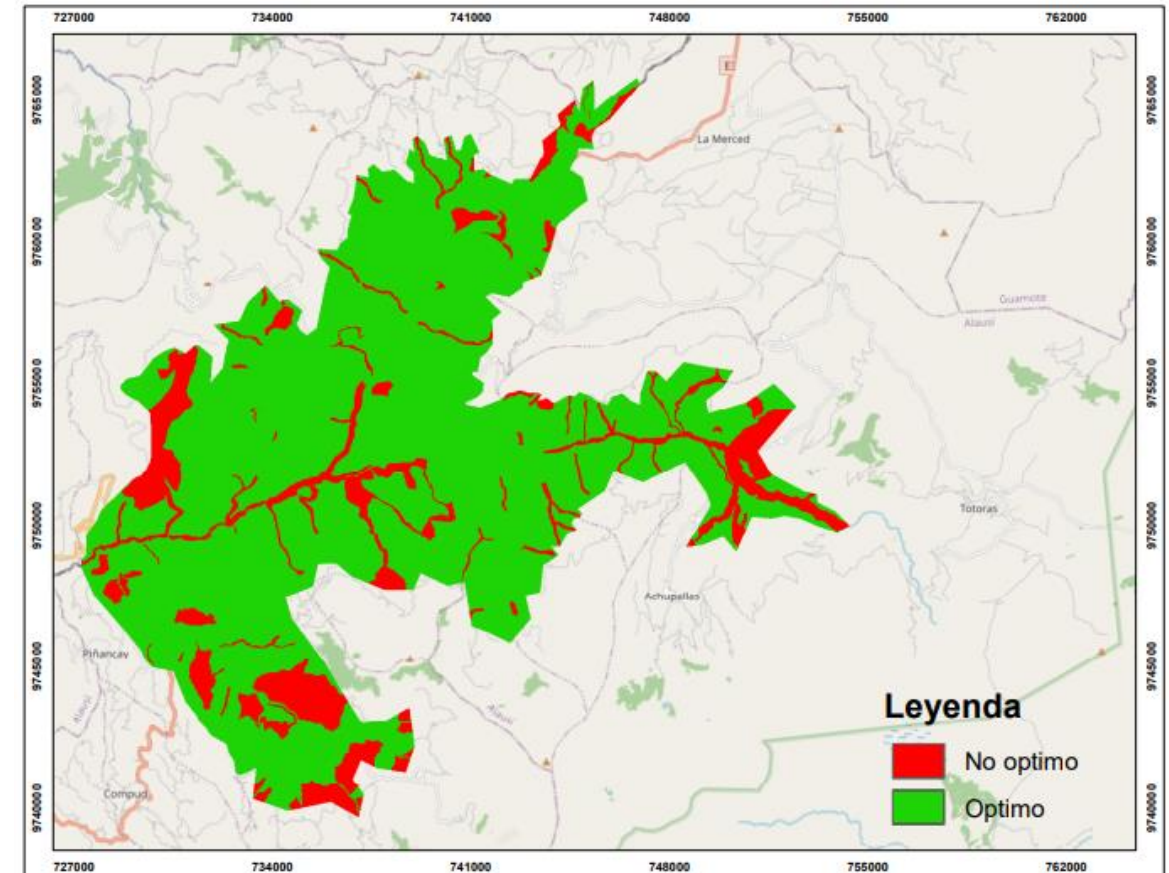
## Reclasificación quebradas



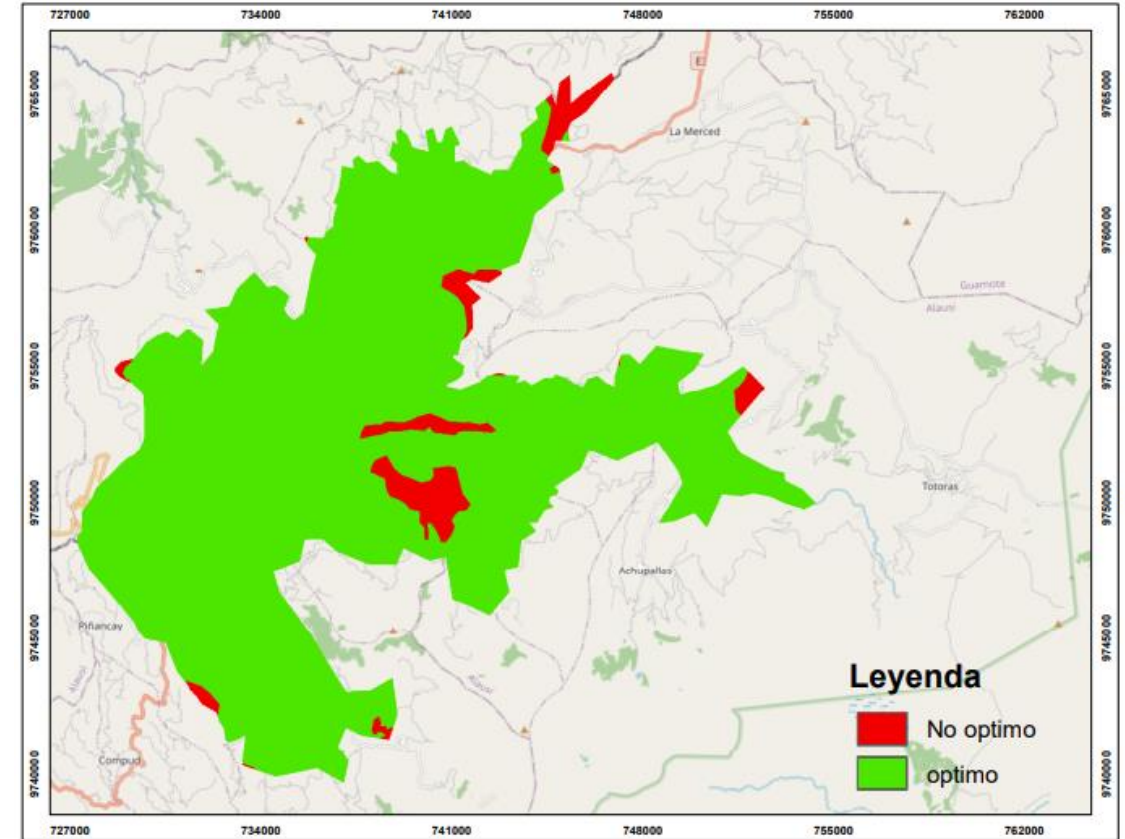
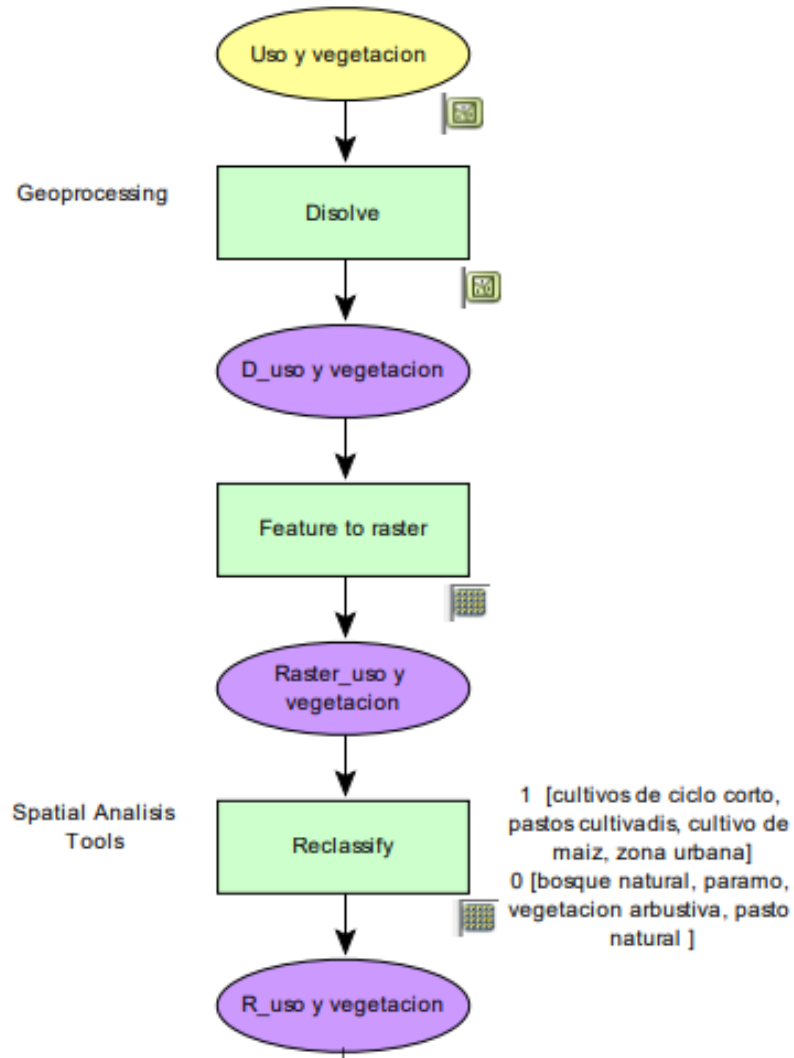


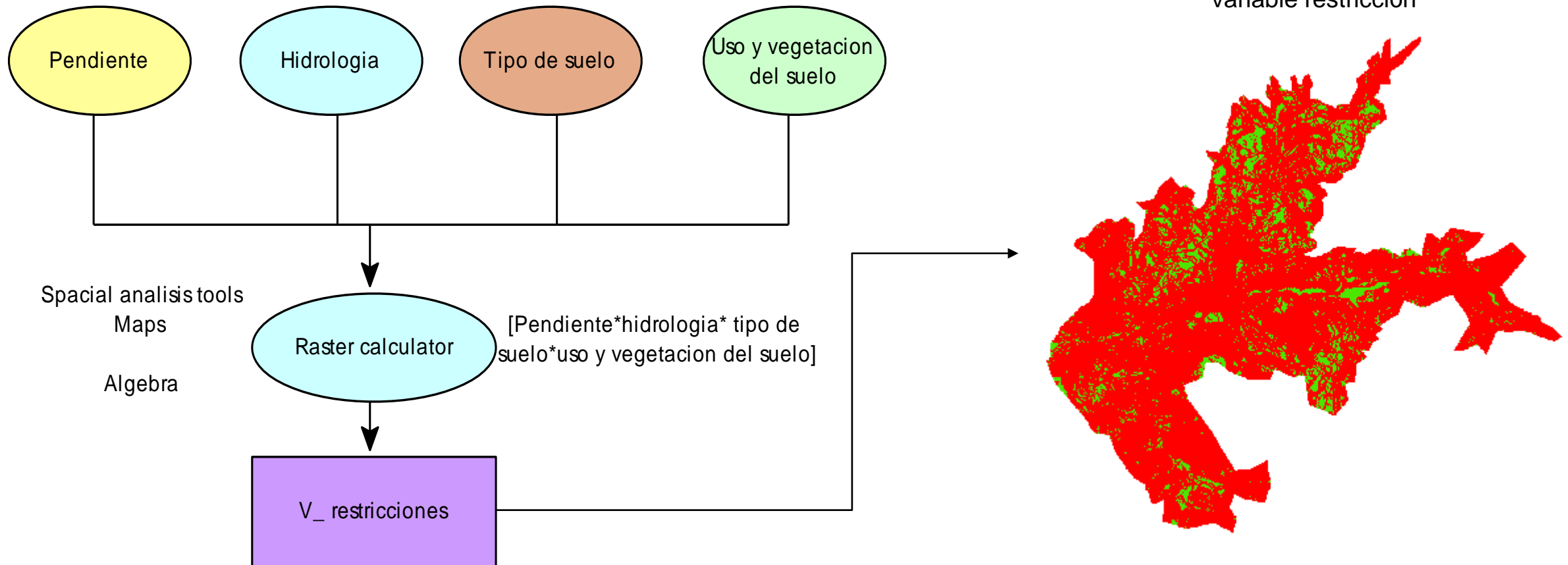


Reclasificación tipo de suelo



## Reclasificación uso suelo





Cálculo del área por cada habitante

*Fórmula = N° habitantes \* área que ocupa cada habitante*

Alausí

$$\text{edificabilidad} = 44.089 * 10\text{m}^2$$

$$\text{edificabilidad} = 440.890 \text{ m}^2$$

Chunchi

$$\text{edificabilidad} = 12.686 * 10\text{m}^2$$

$$\text{edificabilidad} = 126.860 \text{ m}^2$$

Guamote

$$\text{edificabilidad} = 45.153 * 10\text{m}^2$$

$$\text{edificabilidad} = 451.530 \text{ m}^2$$



*Fórmula = S.edificabilidad \* área que ocupa cada habitante*

Alausí

$$\text{áreas verdes} = 440.89 * 0.15 \text{ m}^2$$

$$\text{áreas verdes} = 661.335 \text{ m}^2$$

Chunchi

$$\text{áreas verdes} = 126.86 * 0.15 \text{ m}^2$$

$$\text{áreas verdes} = 190.29 \text{ m}^2$$

Guamote

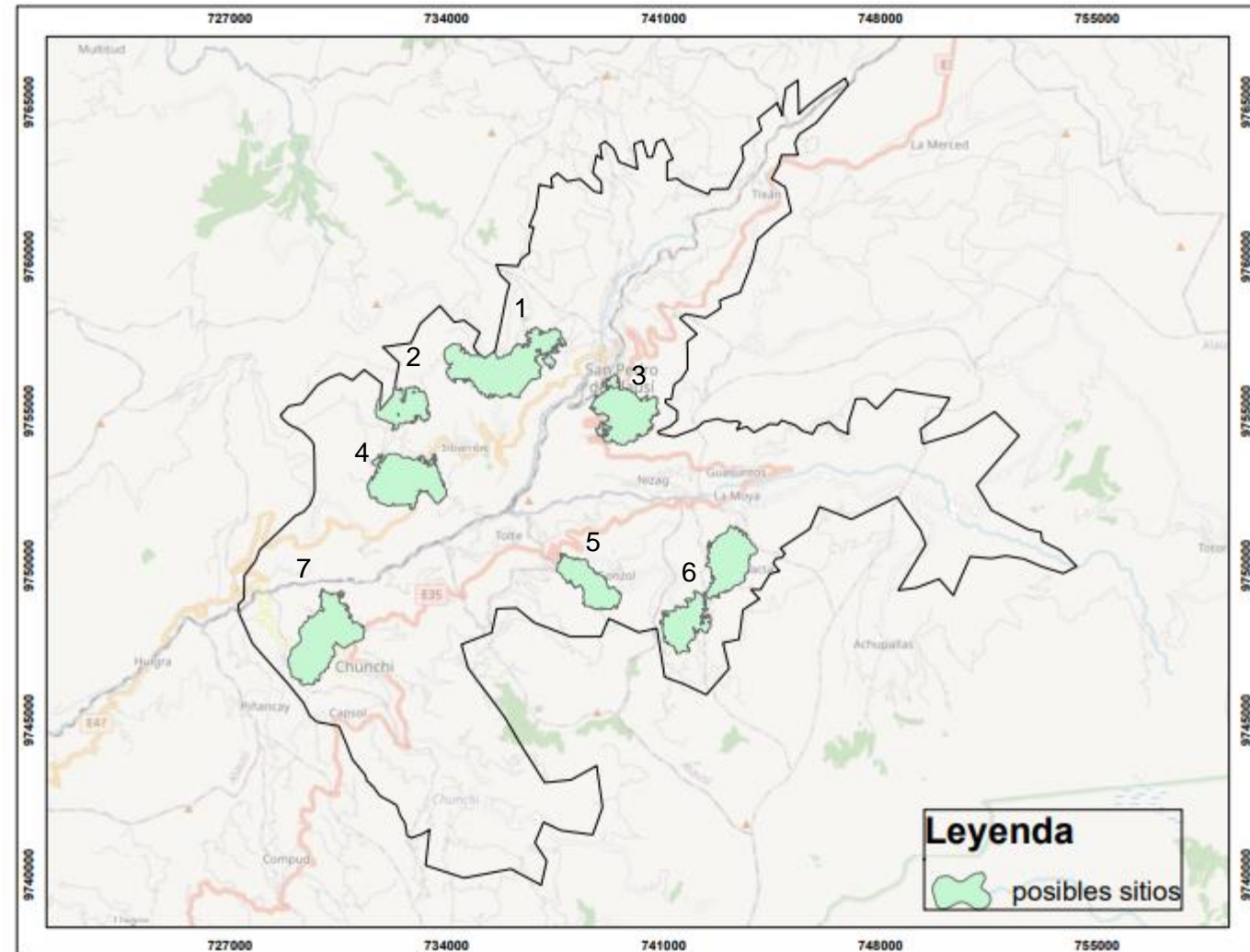
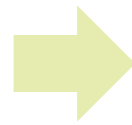
$$\text{áreas verdes} = 451.53 * 0.15 \text{ m}^2$$

$$\text{áreas verdes} = 677.295 \text{ m}^2$$

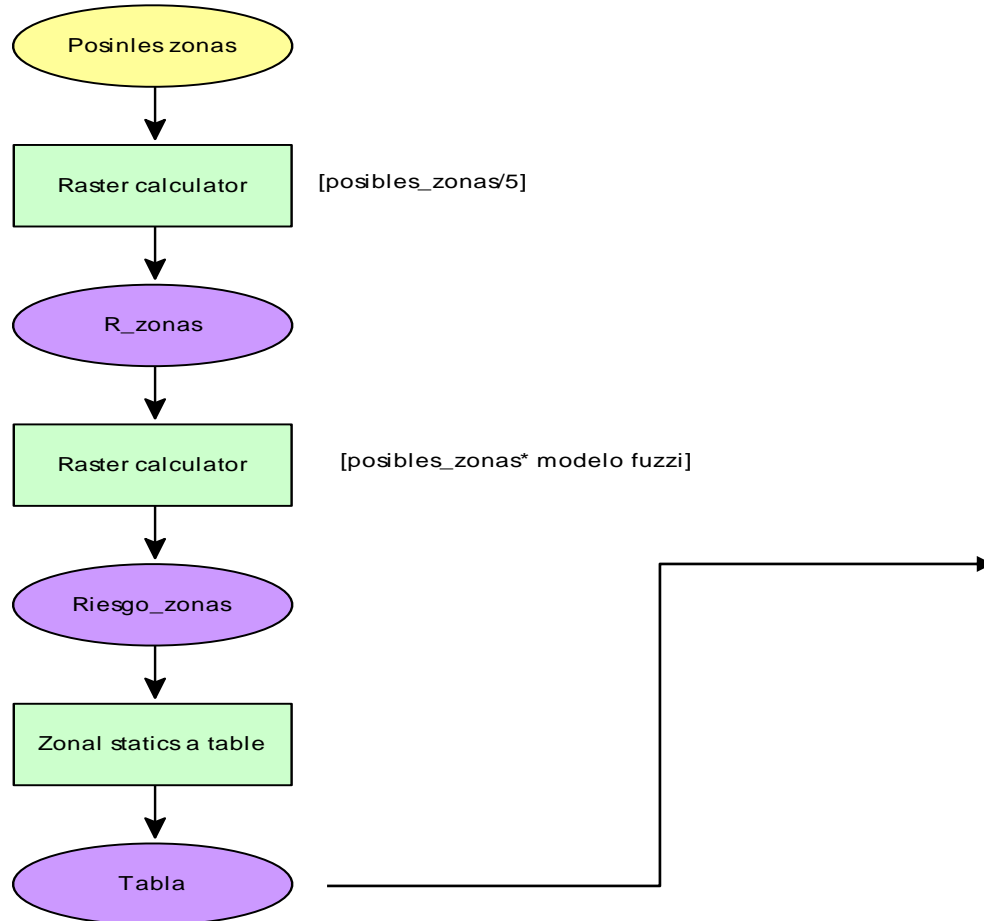
Cantones	Habitantes		Superficie en áreas verdes	Superficie en edificabilidad	Suma área
<b>Alausí</b>	44089	>20.000 <50.000	66133.5	440890	507023.5
<b>Chunchi</b>	12686	>5.000 <20.000	19029	126860	145889
<b>Guamote</b>	45153	>20.000 <50.000	67729.5	451530	519259.5
				TOTAL	<b>1172172</b>



Posibles parcelas



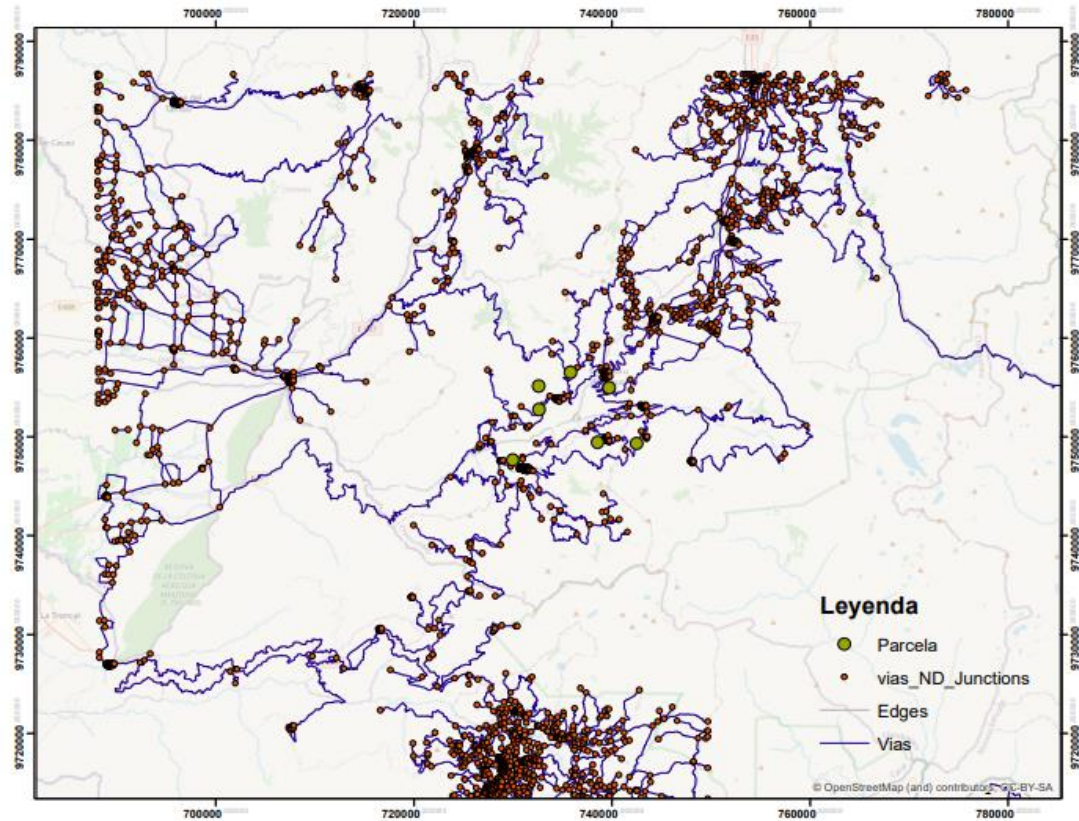
## Factor riesgo



Parcela	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM
Parcela 1	0.5439	0.7192	0.1752	0.6463	0.0308	255.298
Parcela 2	0.5188	0.6665	0.1476	0.5800	0.0324	75.9812
Parcela 3	0.5692	0.7293	0.1600	0.6316	0.0239	161.7125
Parcela 4	0.5508	0.7239	0.1731	0.6035	0.0338	173.8300
Parcela 5	0.6241	0.6962	0.0720	0.6531	0.0147	107.7654
Parcela 6	0.5272	0.7840	0.2568	0.5990	0.0426	224.0402
Parcela 7	0.5794	0.7668	0.1874	0.6342	0.0466	216.9067



## Accesibilidad



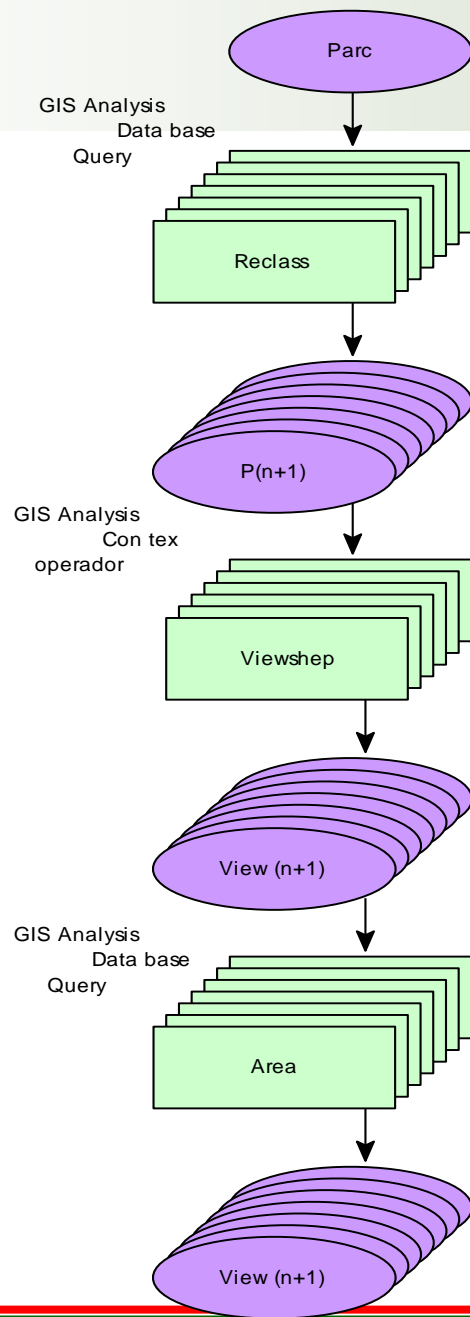
PARCELA	MINUTOS
1	63.0814
2	61.2366
3	63.0679
4	63.0069
5	66.6469
6	72.3247
7	62.7582

se necesita saber cuál es la factibilidad que tienen las poblaciones de moverse de un lugar a otro.

muestran el tiempo en minutos que existe para movilizarse, donde la parcela que tenga el menor tiempo es la más accesible y la más adecuada



# Cuenca visual



2KM	
PARCELA 1	343719
PARCELA 2	827235
PARCELA 3	377397
PARCELA 4	2057130
PARCELA 5	3037329
PARCELA 6	2572632
PARCELA 7	1903806

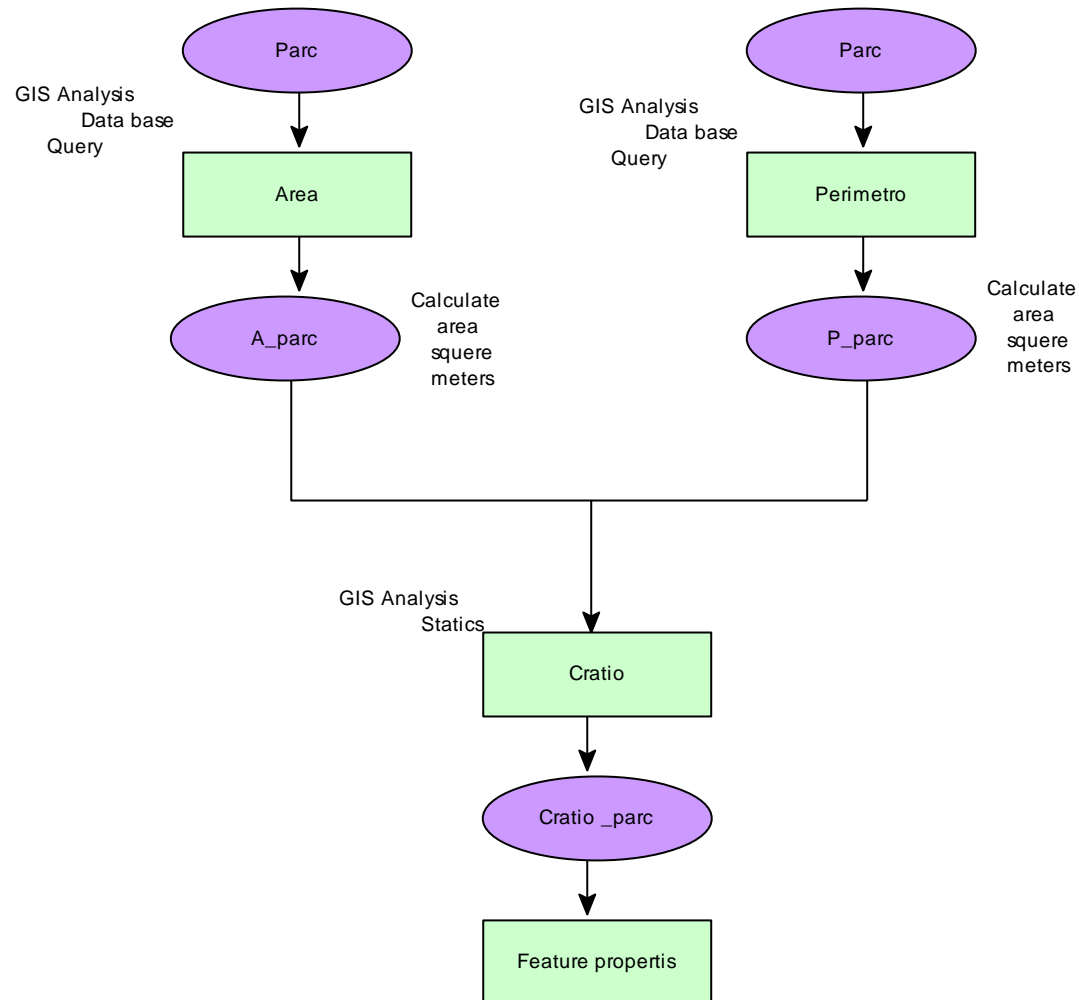
5KM	
PARCELA 1	8367435
PARCELA 2	4732317
PARCELA 3	9674568
PARCELA 4	11416113
PARCELA 5	7624503
PARCELA 6	5516919
PARCELA 7	7464933

10KM	
PARCELA 1	36449514
PARCELA 2	33470523
PARCELA 3	23380947
PARCELA 4	23883543
PARCELA 5	23841423
PARCELA 6	11336571
PARCELA 7	12770955

mientras mayor sea la cuenca visual más adecuada será la parcela ya que en asentamientos humanos el paisaje el importante



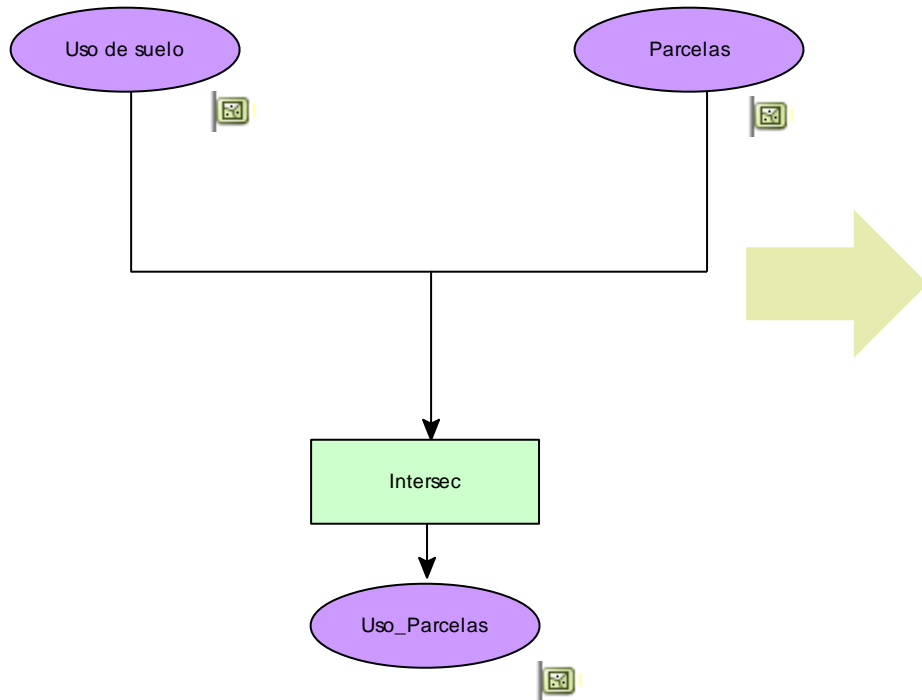
Forma  $Cratio = \sqrt{\frac{\text{Área de la parcela}}{\text{Área de la circunferencia (mismo perimetro de la parcela)}}}$



CRATIO	
PARCELA1	0.3692
PARCELA2	0.4379
PARCELA3	0.4230
PARCELA4	0.4720
PARCELA5	0.5247
PARCELA6	0.3297
PARCELA7	0.4990



## Suelo



	calificación de los expertos					promedio
	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5	
cultivo ciclo corto	70	75	70	70	70	71
pasto cultivado	30	25	30	30	30	29

PARCELA	
1	0.692
2	0.266
3	0.420
4	0.376
5	0.290
6	0.290
7	0.290

## Primera aproximación

PARCELAS	AREA	FORMA	RIESGO		ACCESIBILIDAD minutos	CUENCA VISUAL			SUELO	PROMEDIO	RANKING
			MAX	MEAN		2km	5km	10km			
	D	D	I	I	D	D	D	I			
1	1.00	0.70	0.08	0.01	0.87	0.11	0.73	1.00	0.69	0.5785	2.00
2	0.33	0.83	0.15	0.11	0.85	0.27	0.41	0.92	0.27	0.4608	7.00
3	0.64	0.81	0.07	0.03	0.87	0.12	0.85	0.64	0.42	0.4952	6.00
4	0.71	0.90	0.08	0.08	0.87	0.68	1.00	0.66	0.38	0.5934	1.00
5	0.41	1.00	0.11	0.00	0.92	1.00	0.67	0.65	0.29	0.5616	3.00
6	0.94	0.63	0.00	0.08	1.00	0.85	0.48	0.31	0.29	0.5093	5.00
7	0.85	0.95	0.02	0.03	0.87	0.63	0.65	0.35	0.29	0.5155	4.00



## Encuesta multicriterio Saaty

EXPERTO	AREA	FORMA	RIESGO		ACCESIBILIDAD	CUENCA VISUAL			SUELO
			MAX	MEAN		minutos	2km	5km	
Experto 1	7	7	8	9	9	3	2	1	6
Experto 2	4	1	9	9	5	3	2	1	7
Experto 3	8	1	9	9	6	4	2	1	6
Experto 4	7	6	9	9	8	3	2	1	7
Experto 5	1	7	6	7	8	4	3	2	6

EXPERTO	PROMEDIO
Área	5
Forma	4
Riesgo (max)	8
Riesgo (mean)	9
Accesibilidad	7
cuenca visual (2km)	3
cuenca visual (5km)	2
cuenca visual (10km)	1
Suelo	6



## Método multicriterio Saaty

	AREA	FORMA	RIESGO (MAX)	RIESGO (MEAN)	ACCESIBILIDAD	CUENCA VISUAL 2KM	CUENCA VISUAL 5KM	CUENCA VISUAL 10KM	SUELO
AREA	1.000	1.250	0.625	0.556	0.714	1.667	2.500	5.000	0.833
FORMA	0.800	1.000	0.500	0.444	0.571	1.333	2.000	4.000	0.667
RIESGO (MAX)	1.600	2.000	1.000	0.889	1.143	2.667	4.000	8.000	1.333
RIESGO (MEAN)	1.800	2.250	1.125	1.000	1.286	3.000	4.500	9.000	1.500
ACCESIBILIDAD	1.400	1.750	0.875	0.778	1.000	2.333	3.500	7.000	1.167
CUENCA VISUAL 2KM	0.600	0.750	0.375	0.333	0.429	1.000	1.500	7.000	0.500
CUENCA VISUAL 5KM	0.400	0.500	0.250	0.222	0.286	0.667	1.000	2.000	0.333
CUENCA VISUAL 10KM	0.200	0.250	0.125	0.111	0.143	0.333	0.500	1.000	0.167
SUELO	1.200	1.500	0.750	0.667	0.857	2.000	3.000	6.000	1.000
pi	9.000	11.250	5.625	5.000	6.429	15.000	22.500	49.000	7.500

$$Y = 0.1104 X_1 + 0.08831 X_2 + 0.1766 X_3 + 0.19869 X_4 + 0.15454 X_5 + 0.07277 X_6 + 0.04415 X_7 + 0.02208 X_8 + 0.13246 X_9$$



## Método multicriterio Saaty

Ci	wi	li	
1.206	0.110	0.993	
0.965	0.088	0.993	
1.929	0.176	0.993	
2.170	0.198	0.993	
1.688	0.154	0.993	
0.795	0.072	1.092	
0.482	0.044	0.993	
0.241	0.022	1.082	
1.447	0.132	0.993	
10.922	1.000	9.128	$\lambda$ max

VARIABLE	PESOS
AREA	0.1103
FORMA	0.0883
RIESGO (MAX)	0.1766
RIESGO (MEAN)	0.1986
ACCESIBILIDAD	0.1545
CUENCA VISUAL 2KM	0.0727
CUENCA VISUAL 5KM	0.0441
CUENCA VISUAL 10KM	0.0220
PROMEDIO PONDERADO	0.1324

CI =	0.015942
	1
RCI =	1.540
CR =	0.01035





## Segunda aproximación

PARCELAS	AREA	FORMA	RIESGO		ACCESIBILIDAD minutos	CUENCA VISUAL			SUELO	PROMEDIO	SEGUNDA APROXIMACION
			MAX	MEAN		2km	5km	10km			
	D	D	I	I	D	D	D	D	I		
1	0.11	0.06	0.01	0.00	0.13	0.01	0.03	0.02	0.09	0.0531	2.00
2	0.04	0.07	0.03	0.02	0.13	0.02	0.02	0.02	0.04	0.0426	7.00
3	0.07	0.07	0.01	0.01	0.13	0.01	0.04	0.01	0.06	0.0458	6.00
4	0.08	0.08	0.01	0.02	0.13	0.05	0.04	0.01	0.05	0.0532	1.00
5	0.05	0.09	0.02	0.00	0.14	0.07	0.03	0.01	0.04	0.0501	4.00
6	0.10	0.06	0.00	0.02	0.15	0.06	0.02	0.01	0.04	0.0510	3.00
7	0.09	0.08	0.00	0.01	0.13	0.05	0.03	0.01	0.04	0.0491	5.00



## Encuestas

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL  
ESCUELA UNIVERSITARIA DE POST GRADO República del Perú

**Tamaños de Muestras**

Considerando márgenes de error y confiabilidad. Tamaños de muestras para las poblaciones finitas para márgenes de error desde + -10%, + -1%, en la hipótesis de P=50% y con una confiabilidad del 95% (óptima).

% de error	Más menos	Más menos	Más menos	Más menos	Más menos	Más menos
Población	1%	2%	3%	4%	5%	10%
Np	N1	N2	N3	N4	N5	N10
500	-	-	-	-	222	83
1000	-	-	-	385	286	91
1500	-	-	638	441	316	94
2000	-	-	714	476	333	95
2500	-	1,250	769	500	345	96
3000	-	1,364	811	520	353	97
3500	-	1,458	843	530	359	98
4000	-	1,538	870	541	364	98
4500	-	1,607	891	546	367	98
5000	-	1,667	909	556	370	98
6000	-	1,765	938	565	375	99
7000	-	1,842	959	574	378	99
8000	-	1,905	976	580	381	99
9000	-	1,957	989	584	383	99
10000	5,000	2,000	1,000	588	385	99
15000	6,000	2,143	1,034	600	390	100
20000	6,667	2,222	1,053	606	392	100
25000	7,143	2,273	1,064	610	394	100
50000	8,333	2,381	1,087	617	397	100
100000	9,091	2,439	1,099	621	398	100
más de 100000	10,000	2,500	1,111	625	400	100



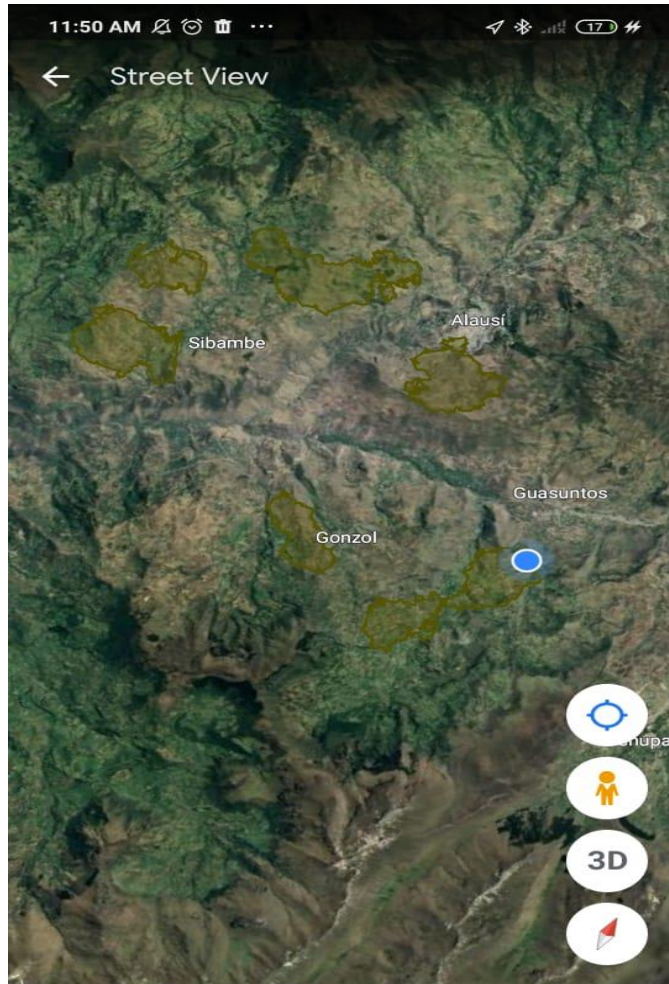
Tamaño de la muestra de 83 al 10% de error y una confiabilidad del 95%



## Encuestas



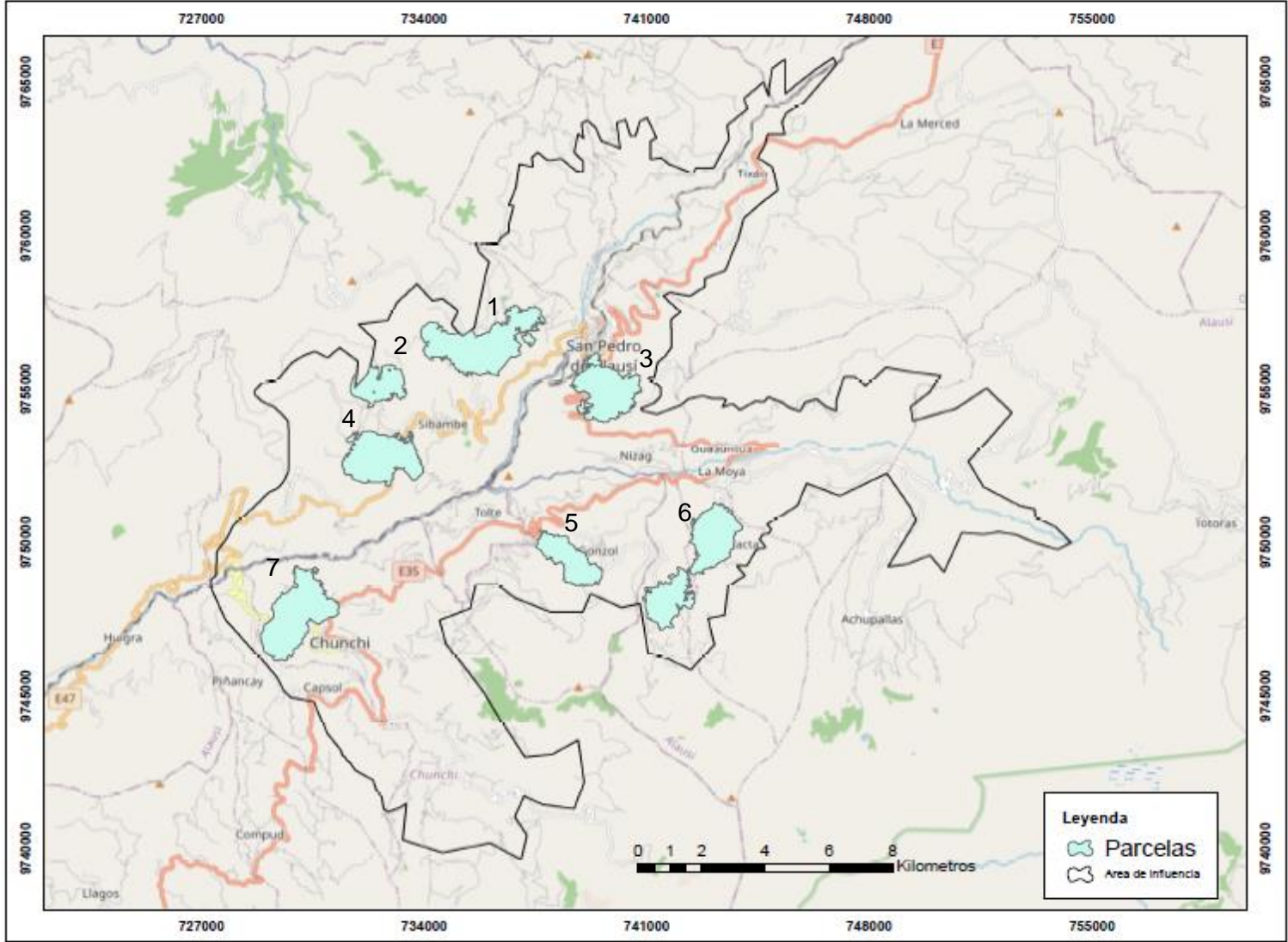
## Visita de campo



# RESULTADOS

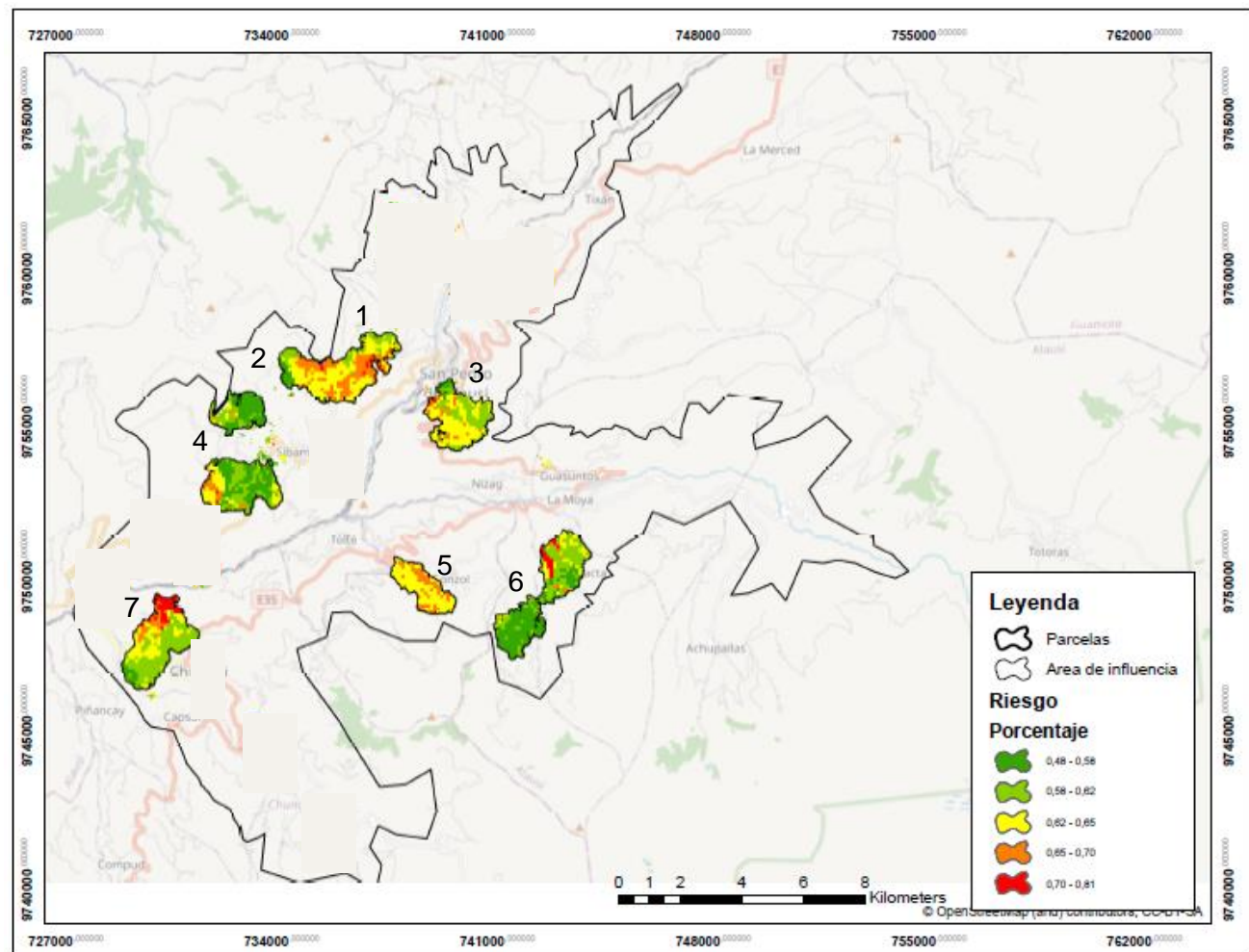


# Resultados



## Análisis de riesgo

PARCELA	%
Parcela 1	0.646
Parcela 2	0.580
Parcela 3	0.631
Parcela 4	0.603
Parcela 5	0.653
Parcela 6	0.599
Parcela 7	0.634



## Accesibilidad

PARCELA	MINUTOS
1	63.08
2	61.23
3	63.06
4	63.00
5	66.64
6	72.32
7	62.75

## Cuenca Visual

PARCELAS	CUENCA VISUAL		
	2km	5km	10km
1	0.11	0.73	1.00
2	0.27	0.41	0.92
3	0.12	0.85	0.64
4	0.68	1.00	0.66
5	1.00	0.67	0.65
6	0.85	0.48	0.31
7	0.63	0.65	0.35

muestran el tiempo en minutos que existe para movilizarse, donde la parcela que tenga el menor tiempo es la más accesible y la más adecuada





## Forma

FORMA	
PARCELA1	0.369288
PARCELA2	0.437955
PARCELA3	0.4230404
PARCELA4	0.472004
PARCELA5	0.524731
PARCELA6	0.329746
PARCELA7	0.499092

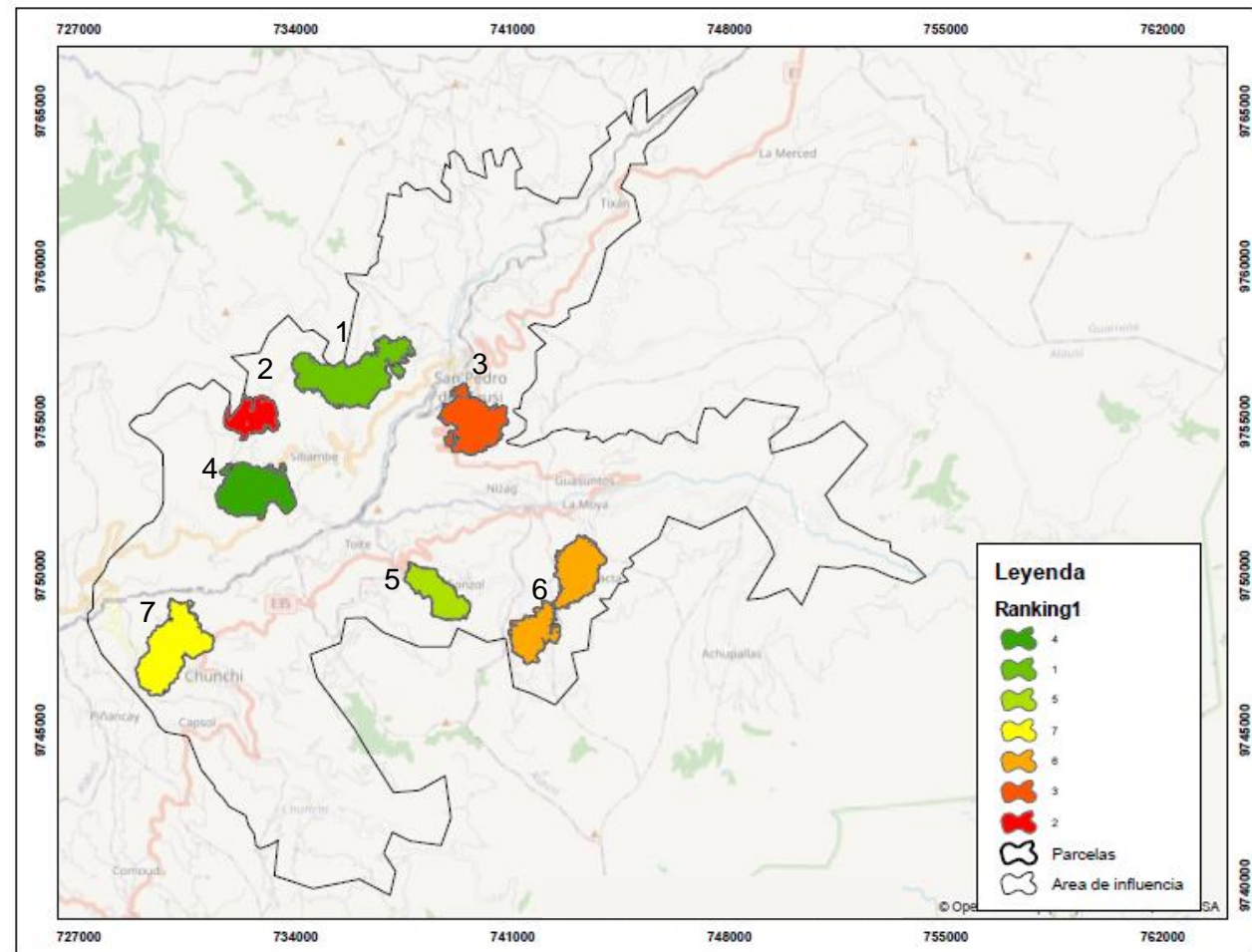
## Análisis Multicriterio

VARIABLE	PESOS
Área	0.110
Forma	0.088
Riesgo (max)	0.176
Riesgo (mean)	0.198
Accesibilidad	0.154
Cuenca visual 2km	0.072
Cuenca visual 5km	0.044
Cuenca visual 10km	0.022
Uso de suelo	0.132



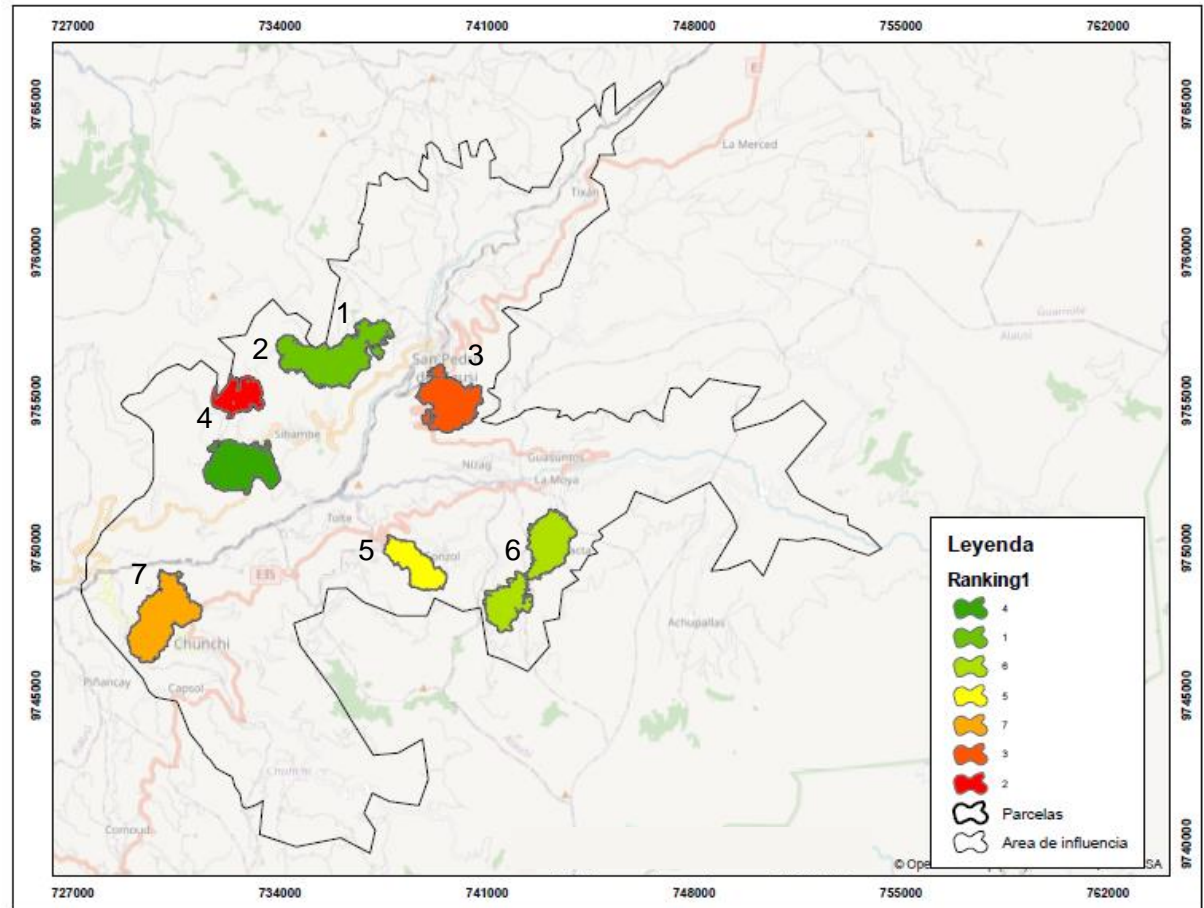
## Primera aproximación

PARCELAS	PROMEDIO	Ranking
1	0.5785	2.00
2	0.4608	7.00
3	0.4952	6.00
4	0.5934	1.00
5	0.5616	3.00
6	0.5093	5.00
7	0.5155	4.00



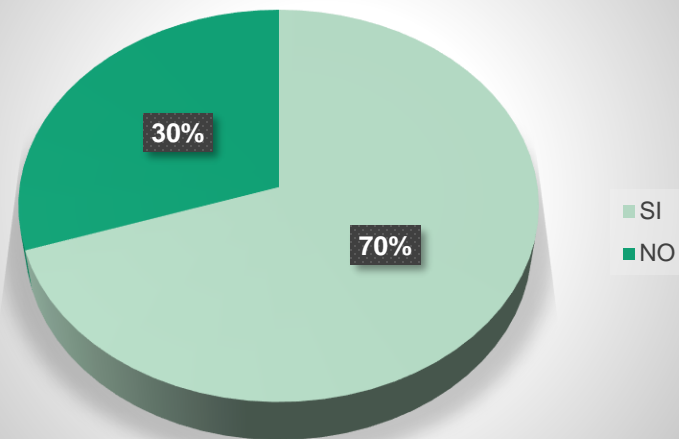
## Segunda aproximación

Parcela	Promedio	Segunda aproximación
1	0.0531	2
2	0.0426	7
3	0.0458	6
4	0.0532	1
5	0.0501	4
6	0.0510	3
7	0.0491	5

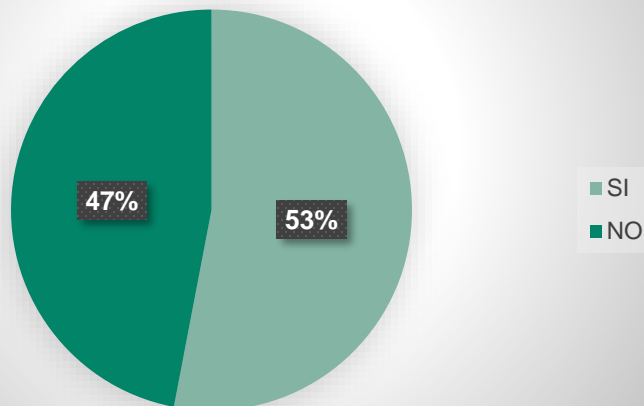


## Encuestas

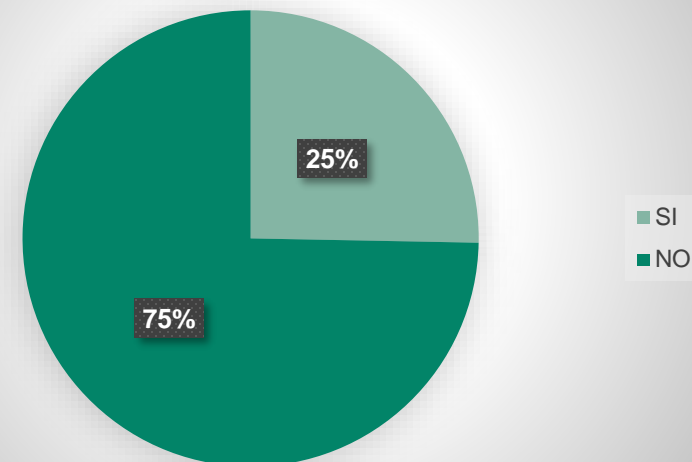
### Presencia



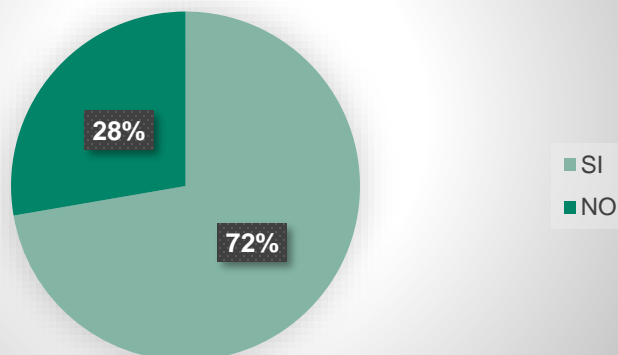
### Afectación por deslizamiento



### Recepción de Ayuda



### Disponibilidad a Relocalización



Parcela 1



Parcela 4



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

# Conclusiones

- Mediante la visita de campo se logró determinar la situación actual de la población,
- Para el presente estudio se determinó las siguientes restricciones, además se hizo el análisis de factores como: los cuales ayudaron para la construcción de la matriz de evaluación multicriterio.
- Con el uso de herramientas geoespaciales se modeló cada una de las restricciones e indicadores planteados, con el fin de obtener las áreas más adecuadas para relocalización, concluyendo que existen siete posibles parcelas para la relocalización de la población.
- A cada una de las siete parcelas se aplicó el análisis de cada indicador y posterior evaluación multicriterio, concluyendo que la parcela más adecuada es la denominada número 4 que cumple con la mejor valoración al aplicar la metodología planteada.



- El método de ponderación de variables aplicado en esta investigación es el denominado Saaty Modificado, el cual cumple con los criterios técnicos y metodológicos para realizar el análisis pareado de variables según las necesidades del estudio, garantizando una alta confiabilidad al momento de obtener los resultados.
- Mediante la aplicación de encuestas a la población detallada en el estudio, se concluye que el 72% de la población encuestada está dispuesta a una posible reubicación, mientras que el 28% de la población restante se opone al abandono de sus propiedades.



# Recomendaciones

- Una vez determinada la parcela más adecuada (parcela 4) se plantea que se realicen estudios integrales de ingeniería dentro de las mismas para complementar la investigación planteada en este documento.
- En la parcela más adecuada existe una diversidad de pendientes, se recomienda al momento de la relocalización y futura edificabilidad se realicen estudios complementarios de topografía, geotecnia y mecánica de suelos para la cimentación de las edificaciones.
- Se recomienda la socialización del proyecto de relocalización a la población ya que al existir un porcentaje que se opone es necesario que conozcan y sepan que pueden ubicarse en un lugar donde su seguridad este garantizada.
- Se recomienda usar las metodologías propuestas en este proyecto para la relocalización de la población que este expuesta a deslizamientos en otras zonas del Ecuador, debido que el país presenta un alto índice de susceptibilidad a este fenómeno y los resultados obtenidos de la metodología son fiables.







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



**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE**  
*“ Propuesta de relocalización de un sitio poblado expuesto a deslizamientos de tierra mediante la aplicación de análisis multicriterio, caso cantón Chunchi-Alausí”*

**Autor:** Pérez Rodríguez Grace Gissele

**Director del proyecto**

Ing. Padilla Almeida, Oswaldo, PhD

**Director de Carrera**

Ing. Robayo Nieto, Alexander MSc

**Docente Evaluador**

Crnl. Rodolfo Salazar M.

**Secretaria Académica**

