



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**



**INSTITUTO DE POSTGRADO**

**MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

**RIESGO DE DESLIZAMIENTOS, CAÍDAS DE BLOQUES Y MOVIMIENTOS EN  
MASA EN LAS VÍAS DE PRIMER ORDEN DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO  
APAQUÍ, TRAMO EL JUNCAL-BOLÍVAR**

**Trabajo de Investigación previo a la Obtención del Título de Magíster en Gestión  
Integral de Cuencas Hidrográficas**

**DIRECTOR:**

**Ing. OSCAR ARMANDO ROSALES, Msc.**

**AUTORA:**

**Ing. GRICEL ELIZABETH POZO DORADO**

**IBARRA - ECUADOR**

**ABRIL DE 2017**

### APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de Tutor del Trabajo de Grado, **RIESGO DE DESLIZAMIENTOS, CAÍDAS DE BLOQUES Y MOVIMIENTOS EN MASA EN LAS VÍAS DE PRIMER ORDEN DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO APAQUÍ, TRAMO EL JUNCAL-BOLÍVAR** presentado por la Ing. Gricel Elizabeth Pozo Dorado, para optar por grado de Magíster en “Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas”, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y meritos para ser sometido a presentación (pública o privada) y evaluación por parte del Jurado Examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 20 días del mes de junio de 2017



.....

Ing. Oscar Rosales Enríquez, Msc.

CI: 0400933529

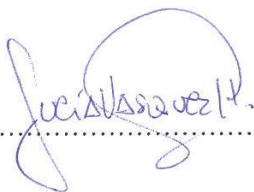
## APROBACIÓN DEL JURADO CALIFICADOR

**“RIESGO DE DESLIZAMIENTOS, CAÍDAS DE BLOQUES Y MOVIMIENTOS EN MASA EN LAS VÍAS DE PRIMER ORDEN DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO APAQUÍ, TRAMO EL JUNCAL-BOLÍVAR”**

**Autora:** Ing. Gricel E. Pozo D.

Trabajo de Grado Magíster, aprobado en nombre de la Universidad Técnica del Norte, por el siguiente Jurado, a los 20 días del mes de Junio del 2017.

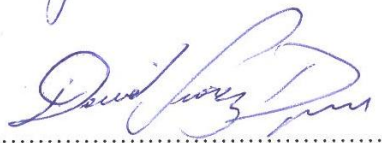
Msc. Lucía Vásquez  
CI: 100268272-0



Msc. Sania Ortega  
CI: 100263167-7



Msc. David Suárez  
CI: 171303428-6





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

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

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	0401312905		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Pozo Dorado Gricel Elizabeth		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Venecia OE5-116 y Nápoles		
<b>EMAIL:</b>	Gricelpozo29@gmail.com		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	022826883	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0985264633

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	Riesgo de Deslizamientos, Caídas De Bloques y Movimientos En Masa en las Vías de Primer Orden de la Cuenca Baja del Río Apaquí, Tramo El Juncal-Bolívar.
<b>AUTOR (ES):</b>	Pozo Dorado Gricel Elizabeth
<b>FECHA: AAAAMMDD</b>	2017/06/01
<b>SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO</b>	
<b>PROGRAMA:</b>	<input type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Magister en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	Ing. Oscar Rosales Enriquez, Msc

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Gricel Elizabeth Pozo Dorado, con cédula de identidad Nro. 0401312905, en calidad de autor (es) y titular (es) de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

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 01 días del mes de junio de 2017

**EL AUTOR:**



(Firma).....

Nombre: Ing. Gricel E. Pozo D.



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Gricel Elizabeth Pozo Dorado, con cédula de identidad Nro. 0401312905, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: RIESGO DE DESLIZAMIENTOS, CAÍDAS DE BLOQUES Y MOVIMIENTOS EN MASA EN LAS VÍAS DE PRIMER ORDEN DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO APAQUÍ, TRAMO EL JUNCAL-BOLÍVAR, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Magíster en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 01 días del mes de junio de 2017

(Firma).....

Nombre: Ing. Gricel E. Pozo D.

Cédula: 0401312905

## **DEDICATORIA**

*A mi Dios por darme la sabiduría y la voluntad para alcanzar una meta más en mi vida, sin el nada sería posible.*

*A mis padres Edwin y Elizabeth porque siempre han estado a mi lado brindándome su apoyo, amor y consejos para hacer de mí una mejor persona.*

*A mis hermanos Carla, Joana y David por ser mi soporte y mi compañía en muchos momentos de mi vida, a mis sobrinos Camila, Sarahi, Jhonny y Mateo por su amor incondicional.*

*A mi esposo Alexander por su amor, apoyo, confianza y por brindarme el tiempo necesario para realizarme profesionalmente. A todos ellos gracias de todo corazón.*

*.....Gricel*

## **RECONOCIMIENTO**

*Mi gran sincero y eterno agradecimiento al Msc. Oscar Rosales quien me brindo su tiempo y en especial su conocimiento para guiarme en la realización y culminación de este proyecto.*

*Mi reconocimiento a los miembros del tribunal Msc. David Suárez, Msc. Sania Ortega y Msc. Lucía Vásquez, por sus sugerencias y aportes, para el enriquecimiento de este documento.*

*Mi gratitud a mis amigos Juan, Fredy y Diana por su amistad sincera y por su ayuda en la realización de este trabajo.*

*.....Gricel*



## RESUMEN

La presente investigación se realizó en la cuenca baja del río Apaquí, que forma parte de la vertiente del Pacífico, se encuentra ubicada en la provincia del Carchi, en los cantones Bolívar y Montúfar respectivamente, tiene una superficie de 90,52 km<sup>2</sup> y se encuentra formada en un total de 24,600 km por la vía de primer orden. El objetivo de la investigación fue analizar el riesgo de movimientos en masa como deslizamientos y caída de bloques en el tramo El Juncal – Bolívar para identificar zonas altamente vulnerables. En el estudio se aplicó la metodología Mora-Vahrson para la determinación del grado de amenaza; en el cual se tomaron en cuenta variables condicionantes y detonantes. Para el grado de vulnerabilidad se generó un modelo cartográfico que incluyó variables físicas y sociales. Mediante el uso de los Sistemas de Información Geográfica se generaron mapas temáticos los cuales muestran que el uso del suelo en la zona es tierras agropecuarias y vegetación herbácea y arbustiva. Suelos de formación Volcánicos Indiferenciados con precipitaciones que no superan los 150mm de lluvia en 24 horas, con una densidad poblacional baja a excepción de aquellas zonas en donde se ubican los centros poblados. Los resultados obtenidos muestran que el tramo vial El Juncal-Bolívar tiene un grado de riesgo muy bajo tanto para deslizamientos y caída de bloques. En el caso de deslizamientos el riesgo muy bajo se localiza en los km 54+500, 55+200, 57+000, 59+000, 60+000, 61+000, 62+000, 63+000, 65+000 hasta el km 66+600 que corresponden a los sectores de Chulunguasa, La Cruz, Puntales Alto, Puntales Bajo, Los Andes y Bolívar. Para el movimiento en masa caída de bloques el riesgo muy bajo se ubica en los km 44+000, 47+000, 48+000, 49+000 y 50+000a la altura de los centros poblados Los Chorlines y Cunquer. Ocupa el 28,59% de la superficie del área en estudio. Del análisis de la fichas de verificación se observó la implementación de medidas de control como tendido y escalonado de taludes, canalización de aguas lluvias en zonas en donde la topografía supere el 40% de la pendiente. La presente investigación busca ser una herramienta para planificar y realizar un adecuado Plan de Ordenamiento Territorial y además q este tipo de estudio sea implementado en los proyectos de ampliación y mejoramiento vial.

## SUMARY

The following investigation was carried out in the lower basin of the Apaquí River, this is part of the Pacific slope, is located in the province of Carchi, in the cantons Bolivar and Montúfar respectively, It has an surface of 90.52 km<sup>2</sup> and is formed in a total of 24,600 km by the route of first order. The objective of the investigation was to analyze the risk of mass movements such as landslides and falling blocks in the section. The Juncal- Bolívar for to identify areas with a high level of vulnerability. In the study was used Mora-Vahrson methodology for to determine the degree of threat; in which have been taken into account table conditions and triggers. For the degree of vulnerability was generated a cartographic model that included physical and social variables. Through the use of Geographic Information Systems were generated thematic maps which show that the land use in the area is agricultural lands and herbaceous and shrub vegetation. Volcanic Training Grounds. Undifferentiated with precipitations that do not exceed 150mm of rain in 24 hours, with a low population density to except for those areas where are located the populated centers. The results obtained to show that. The Juncal-Bolívar road section has a very low degree of risk for both landslides and fall of blocks. In the case of landslides, the very low risk is located at km 54+500, 55+200, 57+000, 59+000, 60+000, 61+000, 62+000, 63+000, 65+000 until the km 66 + 600 that correspond to the sectors of Chulunguasa, La Cruz, Puntales Alto, Puntales Bajo, Los Andes and Bolivar. For mass movement to the fall of blocks the very low risk is located at km 44+000, 47+000, 48+000, 49+000 and 50+000 at the height of the populated centers Los Chorlines and Cunquer. It occupies 28.59% of the areas surface in study. From the analysis of the check cards, it was observed the implementation of control measures such as laying and staggering slopes, channeling grain water in areas where the topography to exceeds 40% of the slope. The present research seeks to be a tool to plan and carry out an appropriate Territorial Planning Plan and also that this type of study be implemented in the expansion and road improvement projects.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN

SUMMARY

### 1. CAPÍTULO I PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1	ANTECEDENTES.....	1
1.2	PLANTEAMIENTO EL PROBLEMA.....	2
1.3	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.4	OBJETIVOS.....	3
	1.4.1 Objetivo General.....	3
	1.4.2 Objetivos Específicos.....	4
1.5	PREGUNTA DIRECTRIZ.....	4

### 2. CAPÍTULO II MARCO DE REFERENCIA

2.1	DETERMINACIÓN DE LA AMENAZA A MOVIMIENTOS EN MASA.....	5
	2.1.1 Movimiento Caída de Bloques.....	6
	2.1.2 Movimiento Deslizamientos.....	7
2.2	EFFECTIVIDAD DEL MÉTODO MORA-VAHRSON.....	7
2.3	ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD.....	9
2.4	EVALUACIÓN DEL RIESGO.....	10
	2.4.1 Mitigación de Riesgos.....	11
	2.4.1.1 Medidas Activas de Mitigación.....	11
	2.4.1.2 Medidas Pasivas de Mitigación.....	12
	2.4.1.3 Mitigación con Base Comunitaria.....	12
2.5	RELACIÓN DE RIESGOS Y VULNERABILIDADES CON CUENCAS HIDROGRÁFICAS.....	12
2.6	MARCO LEGAL.....	13
	2.6.1 Plan Nacional del Buen Vivir.....	13
	2.6.2 Ley de Caminos.....	14
	2.6.3 Normativa Ecuatoriana Vial – MOP.....	14

<b>3.</b>	<b>CAPÍTULO II MATERIALES Y METODOLOGÍA</b>	
3.1	RECURSOS MATERIALES.....	16
3.2	METODOLOGÍA.....	17
3.2.1	Tipo de Investigación.....	17
3.2.2	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	17
3.2.3	Técnica de Procesamiento y Análisis de Datos.....	17
3.3	MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
3.3.1	Delimitación del Área de Estudio.....	18
3.3.1.1	Delimitación Niveles de Cuenca del Río Apaquí.....	18
3.3.1.2	Determinación Área de Influencia Tramo Vial El Juncal – Bolívar.....	19
3.3.2	Recopilación de Información.....	20
3.3.3	Generación de la Base de Datos.....	20
3.3.3.1	Depuración de Datos.....	21
3.3.3.2	Estandarización de Datos.....	21
3.3.4	Generación de Cartografía Base.....	21
3.3.4.1	Ubicación Político-Administrativa.....	21
3.3.4.2	Shapefile Utilizados para Cartografía Base.....	22
3.4	APLICACIÓN DE MODELO CARTOGRÁFICO MORA VAHRSON GRADO DE AMENAZA.....	23
3.4.1	Factores Condicionantes.....	23
3.4.1.1	Factor Pendiente.....	23
3.4.1.2	Factor Litológico.....	25
3.4.1.3	Factor Cobertura Vegetal.....	26
3.4.2	Factores Detonantes.....	27
3.4.2.1	Factor Disparo de Precipitación.....	27
3.4.2.2	Factor Disparo Sismos.....	29
3.4.3	Modelo Cartográfico Método Mora – Vahrson (modificado).....	30
3.4.3.1	Cuantificación de Ponderación de la Amenaza.....	31
3.4.3.2	Aplicación de la Fórmula Mora – Varhson (modificado).....	32
3.5	GENERACIÓN DE MODELO CARTOGRÁFICO GRADO DE VULNERABILIDAD.....	33
3.5.1	Indicadores Vulnerabilidad.....	34
3.5.1.1	Variable Densidad Poblacional.....	34

3.5.1.2	Variable Capacidad Uso de la Tierra.....	34
3.5.2	Cuantificación de Ponderación de la Vulnerabilidad.....	35
3.5.3	Algebra de Mapas.....	35
3.6	RIESGO DE MOVIMIENTOS EN MASA: DESLIZAMIENTOS Y CAÍDA DE BLOQUE.....	36
3.6.1	Cuantificación de Ponderación del Riesgo.....	38
3.7	ANÁLISIS MEDIDAS DE MITIGACIÓN.....	38
3.7.1	Aplicación Fichas de Verificación.....	38
3.7.1.1	Perfil Topográfico.....	40
<b>4.</b>	<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS</b>	
4.1	APLICACIÓN DE MODELO CARTOGRÁFICO MORA VAHRSON GRADO DE AMENAZA.....	42
4.1.1	Factores Condicionantes.....	42
4.1.1.1	Factor Pendiente (SM).....	42
4.1.1.2	Factor Litológico (SL).....	44
4.1.1.3	Factor Cobertura Vegetal (SC).....	47
4.1.2	Factores Detonantes.....	48
4.1.2.1	Factor Disparo Precipitaciones (Tp_p).....	48
4.1.2.2	Factor Disparo Sismos (Ts_p).....	50
4.1.3	Grado de Amenaza a Deslizamientos.....	51
4.1.3.1	Cuenca Baja del Río Apaquí.....	51
4.1.3.2	Área de Influencia Vial, Tramo El Juncal-Bolívar.....	51
4.1.4	Grado de Amenaza a Caída de Bloques.....	52
4.1.4.1	Cuenca Baja del Río Apaquí.....	52
4.1.4.2	Área de Influencia Vial, Tramo El Juncal-Bolívar.....	53
4.2	GENERACIÓN DE MODELO CARTOGRÁFICO GRADO DE VULNERABILIDAD.....	54
4.2.1	Vulnerabilidad Social.....	54
4.2.1.1	Variable Densidad Poblacional.....	55
4.2.2	Vulnerabilidad Física.....	56
4.2.2.1	Variable Capacidad Uso de la Tierra.....	56

4.2.3	Grado de Vulnerabilidad a Movimientos en Masa.....	58
4.2.3.1	Cuenca Baja del Río Apaquí.....	58
4.2.3.2	Área de Influencia Vial, Tramo El Juncal-Bolívar.....	59
4.3	RIESGO DE MOVIMIENTOS EN MASA: DESLIZAMIENTOS Y CAÍDA DE BLOQUES.....	60
4.3.1	Riesgos a Deslizamientos.....	60
4.3.1.1	Descripción del Riesgo Tramo Vial El Juncal Bolívar.....	62
4.3.2	Riesgos Caída de Bloques.....	64
4.3.2.1	Descripción del Riesgo Tramo Vial El Juncal-Bolívar.....	66
4.4	ANÁLISIS MEDIDAS DE MITIGACIÓN FICHAS DE VERIFICACIÓN.....	70
4.4.1	Características de la Amenaza.....	70
4.4.2	Características del Depósito.....	72
4.4.3	Geomorfología.....	74
4.4.4	Causas, Detonantes y Daños.....	74
4.4.5	Observaciones del Depósito Superficial.....	77
4.4.6	Características de Vulnerabilidad.....	78
4.4.7	Definición del Riesgo.....	79
4.5	CONCLUSIONES.....	82
4.6	RECOMENDACIONES.....	83
	BIBLIOGRAFÍA.....	84
	ANEXOS.....	90

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Escala de Velocidades según Cruden y Varnes.....	6
Tabla 2.	Clasificación de Susceptibilidad a Deslizamientos.....	8
Tabla 3.	Materiales y Equipos.....	16
Tabla 4.	Parámetros Cartográficos.....	21
Tabla 5.	Archivos Shapefile del Mapa de Ubicación.....	22
Tabla 6.	Archivos Shapefile del Mapa Base.....	22
Tabla 7.	Clasificación Pendientes (SM).....	24

Tabla 8. Clasificación Formación Geológica.....	25
Tabla 9. Clasificación Cobertura Vegetal.....	26
Tabla 10. Estaciones Meteorológicas.....	27
Tabla 11. Clasificación Precipitaciones.....	28
Tabla 12. Registro Sismos.....	29
Tabla 13. Clasificación Sismos.....	30
Tabla 14. Grado de Amenaza.....	33
Tabla 15. Clasificación Densidad Poblacional.....	34
Tabla 16. Capacidad Uso de la Tierra.....	35
Tabla 17. Pendientes Cuenca Bajo Río Apaquí.....	42
Tabla 18. Ponderación Factor Pendiente.....	44
Tabla 19. Litología Cuenca Baja Río Apaquí.....	45
Tabla 20. Ponderación Factor Litología.....	46
Tabla 21. Cobertura Vegetal Cuenca Baja Río Apaquí.....	47
Tabla 22. Ponderación Factor Cobertura Vegetal.....	48
Tabla 23. Precipitación Máxima Cuenca Baja Río Apaquí.....	49
Tabla 24. Ponderación Factor de Disparo por Precipitaciones.....	49
Tabla 25. Sismos Cuenca Baja Río Apaquí.....	50
Tabla 26. Ponderación Factor de Disparo por Sismos.....	50
Tabla 27. Grado de Amenaza Deslizamientos Cuenca Baja Río Apaquí.....	51
Tabla 28. Grado de Amenaza Deslizamientos Área Influencia Tramo El Juncal-Bolívar....	52
Tabla 29. Grado de Amenaza Caída de Bloques Cuenca Baja Río Apaquí.....	53
Tabla 30. Grado de Amenaza Caída Bloques Área Influencia Tramo El Juncal-Bolívar....	53
Tabla 31. Densidad Poblacional Cuenca Baja Río Apaquí.....	55
Tabla 32. Ponderación Factor Densidad Poblacional.....	56
Tabla 33. Capacidad Uso de la Tierra.....	57
Tabla 34. Ponderación Capacidad Uso de la Tierra.....	57
Tabla 35. Grado de Vulnerabilidad Cuenca Baja Río Apaquí.....	59
Tabla 36. Grado de Vulnerabilidad Área de Influencia Tramo vial El Juncal – Bolívar.....	59
Tabla 37. Riesgo a Deslizamientos Tramo Vial El Juncal – Bolívar.....	62
Tabla 38. Riesgo a Caída de Bloques Tramo vial El Juncal – Bolívar.....	66
Tabla 39. Observaciones Depósito Superficial.....	77

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Caída de Rocas.....	7
Gráfico 2. Deslizamiento Traslacional.....	7
Gráfico 3. División de Cuenca del Río Apaquí.....	19
Gráfico 4. Área de Influencia Tramo El Juncal –Bolívar.....	20
Gráfico 5. Visualización de Organización de Información ArcCatalog.....	23
Gráfico 6. Modelo Digital de Terreno (TIN).....	24
Gráfico 7. Modelo Cartográfico Grado de Amenaza.....	31
Gráfico 8. Modelo Cartográfico Grado de Vulnerabilidad.....	33
Gráfico 9. Modelo Cartográfico Riesgo Movimientos en Masa.....	37
Gráfico 10. Ponderación Riesgo Movimientos en Masa.....	38
Gráfico 11. Representación y Calificativo Grado de Riesgos.....	38
Gráfico 12. km verificados en la Vía de Primer Orden tramo El Juncal – Bolívar.....	39
Gráfico 13. Perfil Topográfico km 53+000.....	41
Gráfico 14. Ubicación de los Grados de Riesgo a Deslizamientos en el Tramo El Juncal – Bolívar.....	61
Gráfico 15. Riesgo Muy Bajo km 66+000, Sector Bolívar.....	63
Gráfico 16. Riesgo Bajo km 47+000, Sector Los Chorlines.....	63
Gráfico 17. Riesgo Moderado km 58+000, Puente sobre quebrada El Rosario.....	64
Gráfico 18. Ubicación de los Grados de Riesgo a Caída de Bloques en el Tramo El Juncal – Bolívar.....	65
Gráfico 19. Riesgo Muy Bajo km 65+000, Ingreso al centro poblado Bolívar.....	67
Gráfico 20. Riesgo Bajo km 48+000, sector Piquiucho.....	67
Gráfico 21. Riesgo Moderado km 54+700, sector San Francisco.....	68
Gráfico 22. Zonificación Territorial GAD Bolívar y Montúfar.....	69
Gráfico 23. Estado del Movimiento en Masa en el tramo vial.....	71
Gráfico 24. Magnitud del Movimiento en Masa en el tramo vial.....	71
Gráfico 25. Medidas de Control en el tramo vial.....	72
Gráfico 26. Tipo de Material en el tramo vial.....	73
Gráfico 27. Tipo de Composición en el tramo vial.....	73
Gráfico 28. Tipo Pendiente en el tramo vial.....	74
Gráfico 29. Causas del Movimiento en Masa en el tramo vial.....	75



Gráfico 30. Detonante del Movimiento en Masa en el tramo vial.....	76
Gráfico 31. Daños del Movimiento en Masa en el tramo vial.....	76
Gráfico 32. Densidad Poblacional.....	78
Gráfico 33. Capacidad Uso de la Tierra.....	79
Gráfico 34. Riesgo a Deslizamientos en el tramo vial.....	80
Gráfico 35. Riesgo Caída de Bloque en el tramo vial.....	80

## LISTA DE MAPAS

Mapa 1. Mapa de Ubicación.....	96
Mapa 2. Mapa Base.....	97
Mapa 3. Mapa de Pendientes.....	98
Mapa 4. Mapa Litológico.....	99
Mapa 5. Mapa Cobertura Vegetal.....	100
Mapa 6. Mapa de Precipitación.....	101
Mapa 7. Mapa de Sismos.....	102
Mapa 8. Mapa de Amenaza a Deslizamientos.....	103
Mapa 9. Mapa de amenaza a Caída de Bloques.....	104
Mapa 10. Mapa Densidad Poblacional.....	105
Mapa 11. Mapa Capacidad Uso de la Tierra.....	106
Mapa 12. Mapa de Vulnerabilidad.....	107
Mapa 13. Mapa de Riesgo a Deslizamientos.....	108
Mapa 14. Mapa de Riesgos a Caída de Bloques.....	109
Mapa 15. Mapa Amenaza, Vulnerabilidad y Riego a Deslizamientos.....	110
Mapa 16. Mapa Amenaza, Vulnerabilidad y Riego a Caída de Bloques.....	111

## 1. CAPÍTULO I PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

La cuenca baja del río Apaquí, forma parte de la vertiente del Pacífico, se encuentra ubicada en la provincia del Carchi, en los cantones Bolívar y Montúfar respectivamente, tiene una superficie de 90,52 km<sup>2</sup> y se encuentra formada en un total de 24,600 km por la vía de primer orden que forma parte del proyecto del Ministerio de Transporte y Obras Públicas denominado “*CARRETERA PANAMERICANA E-35, TRAMOS IBARRA – RUMICHACA, AMPLIACIÓN A 4 CARRILES, INCLUYENDO VARIANTES Y AMPLIACIÓN DE PUENTES*”(PANAVAL, 2009).

La vía Panamericana Norte en el tramo comprendido entre la ciudad de Ibarra y Tulcán se encuentra concesionada a la Compañía Panamericana Vial S.A. desde el 30 de octubre del año 1996. Debido a que la vía es importante en el ámbito comercial interregional – fronterizo, y en relación al crecimiento comercial y de transporte, se estableció la necesidad de la ampliación a 4 carriles (PANAVAL, 2009).

Ante la implementación de los proyectos para el mejoramiento de conectividad vial, ampliación del servicio de transporte privado – público, la disminución de costos y mantenimiento vehicular, se ha creado la necesidad de contar con información técnica que permita conocer el grado de susceptibilidad a deslizamientos y caídas en bloques del tramo vial El Juncal – Bolívar.

Una herramienta fundamental para la elaboración del presente trabajo, fueron los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que actualmente se han convertido en una herramienta clave en la generación de información cartográfica y en el análisis de riesgos naturales; proponiendo la aplicación de varias metodologías para obtener resultados aplicables a la realidad.

## 1.2 PLANTEAMIENTO EL PROBLEMA

En los últimos años el Ecuador se ha visto beneficiado por un gran número de proyectos viales, los cuales han mejorado las condiciones de vida de la población; es por ello que es necesario determinar zonas altamente vulnerables a movimientos en masa en las vías de primer orden, ya que se disminuyen pérdidas económicas y humanas. Las pérdidas que se presentan en una vía debido a un deslizamiento pueden ser de dos tipos directas (costos de remoción de los detritos u otras) o indirectas (Pérdidas de cargas perecederas, paralización de vehículos, entre otros de los ecosistemas) (PANAVIAL, 2009).

La fragilidad ecológica en la red vial del país, debe tomar en cuenta el análisis y evaluación de las características ambientales y la sensibilidad ambiental, por medio de la sobreposición de cartográfica temática a escala de semidetalle, determinando el riesgo para las obras y actividades del sistema vial, mostrando los problemas ambientales, que pueden incidir a corto, mediano y largo plazo (PANAVIAL, 2009).

Existen muchos factores que provocan deslizamientos como los son ubicación, pendientes, formación geológica, precipitación, temperatura, cobertura vegetal, entre otros.(Jimenez, 2005) El problema incide en que no se cuenta con información sobre riesgos de deslizamientos y movimientos en masa, o la poca información cartográfica que existe se encuentra a escalas a nivel nacional, las cuales no reflejan la realidad de la zona.

El incremento del flujo vehicular, ha superado la capacidad de uso de esta vía de primer orden, lo cual ha provocado el incremento de tiempo para trasladarse hacia el sector norte del país. Además con el desarrollo de los centros poblados se ha generado que ciertas zonas se vuelvan en sitios de alta inseguridad vial (Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Bolívar, 2011).

En la cuenca baja del río Apaquí a pesar de no tener un crecimiento demográfico local exagerado, el incremento del uso del suelo para actividades como la agricultura y ganadería han generado erosión y pérdida de cobertura vegetal. Las áreas más utilizadas para este tipo de actividades son aquellas cercanas a las vías sin importar que sean zonas planas o montañosas.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Los proyectos de ampliación y mejoramiento vial en el país se han convertido en ejes estratégicos dentro del Plan Nacional del Buen Vivir, los cuales no consideran dentro de los estudios previos la realización de análisis sobre riesgos de movimientos masa, inundaciones e incendios y considerando que dentro de la planificación territorial de los Gobiernos Autónomos Descentralizados no se toman en cuenta planes de gestión de riesgos con la finalidad de reducir y/o disminuir amenazas que pueden causar pérdidas económicas, humanas y daños materiales.

La presente investigación busca aplicar y generar metodología para determinar el grado de riesgo a deslizamientos y caída de bloques en el área de influencia de la vía tramo El Juncal-Bolívar, la información que se obtendrá se basa en información cartográfica que refleja las condiciones de la zona y la relación entre los fenómenos naturales con las actividades humanas.

De esta forma y con ayuda de los Sistemas de Información Geográfica se generará cartográfica temática a escala 1:25.000 que permitirá conocer los diversos parámetros que generan un riesgo además de las zonas con riesgo muy bajo, bajo, moderado, alto y muy alto en la zona de estudio.

### **1.4 OBJETIVOS**

#### **1.4.1 Objetivo General**

Analizar el riesgo de movimientos en masa como deslizamientos y caída de bloques en el tramo El Juncal – Bolívar de la cuenca baja del río Apaquí para identificar zonas altamente vulnerables.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Aplicar un modelo cartográfico empleando las variables condicionantes y detonantes, que inciden en el grado de amenaza de movimientos en masa como: deslizamientos y caída de bloques.
- Generar un modelo cartográfico para identificar zonas con vulnerabilidad alta y moderada, en el área de influencia de las vías de primer orden, tramo El Juncal - Bolívar.
- Analizar las medidas para mitigar riesgos de movimientos en masa como deslizamientos y caída de bloques planteados durante y después de la construcción y ampliación de la vía.

### **1.5 PREGUNTA DIRECTRIZ**

Existen zonas vulnerables a posibles riesgos de movimientos en masas como deslizamientos y caída de bloques en el tramo de vía El Juncal (43+000) –Bolívar (66+600).

## **2. CAPÍTULO II MARCO DE REFERENCIA**

La importancia del estudio de los procesos de remoción en masa radica en el interés de evitar la afectación de tales fenómenos en la sociedad. De aquí se deriva el siguiente paso que es la prevención; ésta pretende, en su forma más ambiciosa, evitar todo daño posible a la estructura social y, principalmente, a la vida humana. Esta finalidad tiene en consideración la inevitable interacción que actualmente se presenta entre la actividad humana y la presencia de fenómenos gravitacionales. El entendimiento más cercano a la realidad de la génesis de los procesos de remoción en masa es el primer paso para estructurar y aplicar medidas y técnicas que eviten en lo posible el deterioro en la estructura social por la acción de estos procesos (Borja, 2003).

### **2.1 DETERMINACIÓN DE LA AMENAZA A MOVIMIENTOS EN MASA**

Las Amenazas Naturales, pueden generar grandes repercusiones sobre cualquier grupo poblacional. Algunas definiciones caracterizan a las Amenazas Naturales como "aquellos elementos del medio ambiente que son peligrosos al hombre y que están causados por fuerzas extrañas a él". Las Amenazas Naturales hacen referencia específicamente, a todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos, de erosión o fenómenos de remoción en masa y a los incendios que por su ubicación, severidad y frecuencia, tienen el potencial de afectar adversamente al ser humano, a sus estructuras y a sus actividades (Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente, 1991).

Los movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos laderas debajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de gravedad (Cruden, 1991). Algunos movimientos en masa, como la reptación de suelos, son lentos, a veces imperceptibles y difusos, en tanto que otros, como algunos deslizamientos pueden desarrollar velocidades altas y pueden definirse con límites claros determinados por superficies de rotura (Crozier, 1999).

Para cada tipo de movimiento en masa se describe el rango de velocidades, parámetro importante ya que esta se relaciona con la intensidad de aquellos y la amenaza que pueden significar (Ver Tabla 1). Se menciona la relación del intervalo de velocidades típicas con la escala de velocidades propuesta por Cruden, D & Varnes D (1996).

Tabla 1

*Escala de Velocidades según Cruden y Varnes*

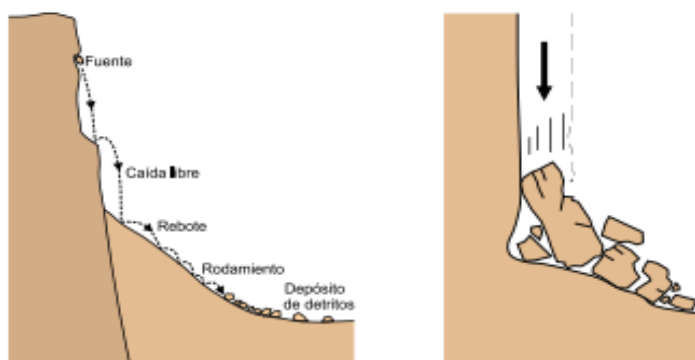
Clases de Velocidad	Descripción	Velocidad (mm/s)	Velocidad Típica
7	Extremadamente rápido	$5 \cdot 10^3$	5 m/s
6	Muy rápido	$5 \cdot 10^1$	3 m/s
5	Rápido	$5 \cdot 10^{-1}$	1,8 m/h
4	Moderada	$5 \cdot 10^{-3}$	13 m/mes
3	Lenta	$5 \cdot 10^{-5}$	1,6 m/año
2	Muy lenta	$5 \cdot 10^{-7}$	16 mm/año
1	Extremadamente lenta		

Fuente: Movimientos en Masa en la Región Andina, 2007

### 2.1.1 Movimiento Caída de Bloques

La caída ocurre cuando uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978).

Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden, D & Varnes D, 1996), es decir con velocidades mayores a  $5 \times 10^1$  mm/s. El estudio de casos históricos ha mostrado que las velocidades alcanzadas por las caídas de rocas pueden exceder los 100 m/s (Ver Gráfico 1).

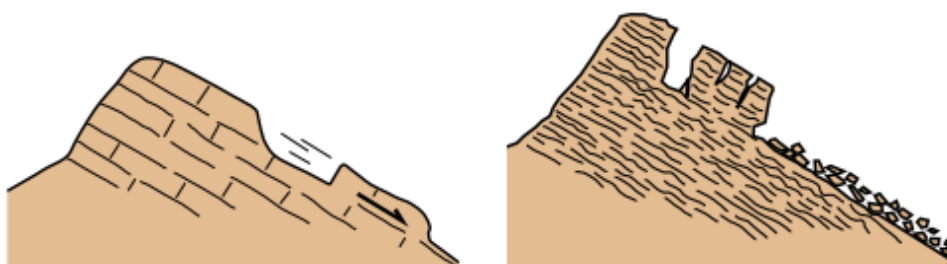


*Gráfico 1.* Caída de rocas  
Fuente: Movimientos en Masa en la Región Andina, 2007

### 2.1.2 Movimiento Deslizamientos

Es un movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante.

En el sistema de (Varnes, 1978), se clasifican los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. Los deslizamientos traslacionales a su vez pueden ser planares o en cuña (Ver Gráfico 2).



*Gráfico 2.* Deslizamiento Traslacional  
Fuente: Movimientos en Masa en la Región Andina, 2007

### 2.2 EFECTIVIDAD DEL MÉTODO MORA-VAHRSON

La combinación de los factores y parámetros se realiza considerando que los deslizamientos ocurren cuando en una ladera, compuesta por una litología determinada, con cierto grado de humedad y con cierta pendiente, se alcanza un grado de susceptibilidad (elementos pasivos). Bajo estas condiciones, los factores externos



y dinámicos, como son la sismicidad y las lluvias intensas (elementos activos), actúan como factores de disparo que perturban el equilibrio, la mayoría de las veces precario, que se mantiene en la ladera (Mora, S & Vahrson, W, 1992).

La clasificación de la amenaza potencialmente deslizable por este método se divide en varias clases que se describen (Ver Tabla 2), que va desde muy baja hasta muy alta (Mora, S & Vahrson, W, 1992).

Tabla 2  
*Clasificación de Susceptibilidad a Deslizamientos*

Clase	Calificativo de Susceptibilidad	Características
1	Muy Bajo	Sectores estables, no se requiere medidas correctivas. Se debe considerar la influencia de los sectores aledaños con susceptibilidad de moderada a muy alta, Sectores aptos para usos urbanos de alta densidad y ubicación de edificios indispensables como hospitales, centros educativos, estaciones de policía, bomberos, etc.
2	Bajo	Sectores estables que requieren medidas correctivas menores, solamente en caso de obras de infraestructura de gran envergadura. Se debe considerar la influencia de los sectores aledaños son de moderada a muy alta. Los sectores con rellenos más compactados son de especial cuidado.
3	Moderado	No se debe permitir la construcción de infraestructura sino se realizan estudios geotécnicos y se mejora la condición del sitio. Los sectores con rellenos mal compactados son de especial cuidado. Recomendado para usos urbanos de baja densidad.
4	Alto	Probabilidad de deslizamiento alta (<50%) en caso de lluvias de intensidad alta. Para su utilización se debe realizar estudios de estabilidad a detalle y la implementación de medidas correctivas que aseguren la estabilidad del sector, en caso contrario, deben mantenerse como áreas de protección.
5	Muy Alto	Probabilidad de deslizamiento muy alta (>50%) en caso de lluvias de intensidad alta. Prohibido su uso con fines urbanos, se recomienda usarlos como áreas de protección

Fuente: Tomado de Mora Vahrson, 1992

La mayor ventaja de esta metodología es su aporte en la toma de decisiones en procesos de planificación del uso del terreno, planificación urbana y de líneas vitales (Mora, S & Vahrson, W, 1992). Evaluaciones regionales de amenazas por deslizamientos y en planes de gestión de riesgo. Sin embargo, no sustituyen los estudios geotécnicos de campo y laboratorio, necesarios para el diseño de obras civiles y sus complementos de protección y mitigación correspondientes, tampoco es capaz de determinar el tipo de deslizamiento que podría presentarse (Mora, Vahrson & Mora, 1992).

### **2.3 ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD**

El riesgo asociado a un fenómeno natural está en función de dos condiciones: la magnitud del evento y la vulnerabilidad del entorno social donde se desarrolla. De tal manera que para entender el riesgo asociado a la inestabilidad de laderas es necesario no sólo contar con un análisis espacial de dicho fenómeno, sino también analizar la vulnerabilidad de la comunidad involucrada (Ayala, 2002).

Debido a la creciente importancia de los desastres, ha adquirido relevancia y actualidad el término vulnerabilidad. Desde el punto de vista general, puede definirse como la probabilidad de que una comunidad, expuesta a una amenaza natural, según el grado de fragilidad de sus elementos (infraestructura, vivienda, actividades productivas, grado de organización, sistemas de alerta, desarrollo político-institucional y otros), pueda sufrir daños humanos y materiales. La magnitud de esos daños, a su vez, también está relacionada con el grado de vulnerabilidad (Banco Interamericano de Desarrollo BID & Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL., 2000).

La vulnerabilidad en el concepto de gestión de riesgo de un elemento o grupo de elementos expuestos a una amenaza, correspondiente a su predisposición intrínseca o susceptibilidad física, económica, social y política que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que se manifieste un fenómeno peligroso de origen natural, socio natural o antropogénico(Cardona O. , 2003).

La vulnerabilidad puede definirse como la propensión de un elemento en peligro de extinción debido a cualquier tipo de peligros naturales a sufrir diferentes grados de pérdida o

cuantía de los daños en función de su particular situación social, debilidades económicas, culturales y políticos. La vulnerabilidad total es una función de los distintos tipos de vulnerabilidad actual en un área determinada. Esta vulnerabilidad determina la magnitud del desastre, el nivel de resistencia y el proceso de recuperación (Berrocal, 2008).

## **2.4 EVALUACIÓN DEL RIESGO**

La evaluación del riesgo pretende disponer de un conocimiento detallado de las características cuantitativas y cualitativas del riesgo, como también de los factores que lo determinan y de sus consecuencias físicas, sociales, económicas y ambientales. Esto es un primer paso necesario para cualquier estudio serio de las estrategias de reducción de desastres (Ayala, 2002).

“En América Latina la información disponible sobre las causas, variables y consecuencias del riesgo es deficiente y escasamente concuerda con las necesidades de sus evaluadores y de los tomadores de decisiones. En montos absolutos, las pérdidas anuales promedio causadas por las amenazas naturales en América Latina y el Caribe han sido estimadas en US\$ 3.200 millones entre 1975 y 2002” (Banco Interamericano de Desarrollo BID & Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL., 2000).

El riesgo se estima como la magnitud esperada de un daño, que presenta un elemento o sistema, en un lugar dado y durante un tiempo de exposición determinado. Se evalúa en términos de pérdidas y daños físicos, económicos, sociales y ambientales que podrían presentarse si ocurre el evento amenazante (Millán, J & González A, 2001).

Se obtiene de relacionar la amenaza, o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno con una intensidad específica, con la vulnerabilidad de los elementos expuestos. El riesgo puede ser de origen natural, geológico, hidrológico o atmosférico o, también, de origen tecnológico o provocado por el hombre. Para que exista un riesgo, debe haber tanto una amenaza, como una población vulnerable a sus impactos (Lavell, 1996).

### **2.4.1 Mitigación de Riesgos**

En este sentido, se reconoce la problemática de riesgos como un tema relacionado con la forma de uso, ocupación y transformación del espacio físico ambiental del territorio, y por tanto, su inclusión en la planificación determina en parte el éxito de los esfuerzos por lograr una prosperidad democrática.

La reducción del riesgo se logra con acciones que lo mitigan o lo previenen. Estas medidas se adoptan para reducir la amenaza, la exposición y disminuir la vulnerabilidad de las personas, los medios de subsistencia, los bienes, la infraestructura y los recursos ambientales; para evitar o minimizar los daños y las pérdidas, en caso de producirse los eventos físicos peligrosos.

En la mayoría de los riesgos asociados con amenazas naturales, existen limitadas oportunidades para reducir la amenaza. En estos casos, el objetivo de las políticas de mitigación debe ser la reducción de la vulnerabilidad de los elementos y actividades en riesgo.

Las medidas de parte de las autoridades a cargo de la planificación o desarrollo para reducir la vulnerabilidad pueden clasificarse de manera amplia en dos tipos: activas y pasivas (Jiménez, 2004).

#### ***2.4.1.1 Medidas Activas de Mitigación***

Promueven medidas convenientes ofreciendo incentivos, a menudo asociados con programas de desarrollo en áreas de bajos ingresos. Las medidas activas, aunque pueden ser más costosas al inicio, suelen producir mejores resultados en algunas comunidades porque tienden a promover una cultura de seguridad que se perpetua por sí misma, algunas de estas medidas son: planificación del control de distribución, capacitación y educación, subsidios para equipos seguros (material de construcción), diseminación de información al público, fomento de la toma de conciencia y creación de organizaciones comunitarias alerta temprana (Jiménez, 2004).

### ***2.4.1.2 Medidas Pasivas de Mitigación***

Promueven medidas no convenientes usando controles y multas; estas medidas son usualmente más apropiadas para autoridades locales bien establecidas en áreas de mayor ingreso entre ellas están: requisitos que se amolden a los códigos de diseño, verificación del cumplimiento de los controles en el lugar mismo, control de uso de la tierra, negación de servicios e infraestructura en las áreas donde el desarrollo es indeseable, seguros obligatorios (Borja, 2003).

### ***2.4.1.3 Mitigación con Base Comunitaria***

Se ha argumentado que los gobiernos y las principales agencias de desarrollo tienden a adoptar un enfoque piramidal en la planificación de la mitigación de desastres. Este enfoque lleva a que los beneficiarios reciban soluciones diseñadas para ellos por los planificadores, en vez de ser ellos mismos los que las seleccionen. Los programas de mitigación con base comunitaria tienen mayor probabilidad de resultar en acciones que son respuesta a las necesidades reales del pueblo y a contribuir con el desarrollo de la comunidad, de su conciencia de las amenazas que se enfrentan y a su capacidad de protegerse así mismo en el futuro (Jiménez, 2004).

## **2.5 RELACIÓN DE RIESGOS Y VULNERABILIDADES CON CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

Las cuencas hidrográficas por ser las unidades físicas en las cuales tienen lugar todos los procesos naturales, son así mismo la unidad natural y lógica para el desarrollo agrícola, ambiental y socioeconómico. Con el crecimiento demográfico y el aumento de las necesidades de urbanización, industrialización y producción de alimentos, los efectos de la actividad antropogénica ya no se limitan a zonas pequeñas ni a una comunidad en particular; deben examinarse en el contexto más amplio en el que ocurren.

Los recursos físicos y biológicos de las cuencas hidrográficas proporcionan bienes y servicios a las poblaciones humanas, incluida la protección de las fuentes hídricas, mitigación de los desastres naturales mediante la regulación de la escorrentía, la protección de los recursos costeros y la pesca, la protección de las zonas edificadas (vivienda,

transporte y demás infraestructura económica y social) y la protección de la agricultura en tierras bajas de alta productividad. La cantidad y calidad de estos servicios se ven afectadas por los desastres naturales, tales como inundaciones, huracanes, terremotos, sequías y erupciones volcánicas.

## 2.6 MARCO LEGAL

### 2.6.1 Plan Nacional del Buen Vivir

#### Objetivo 3: Mejorar la calidad de vida de la población

- **Gestión de riesgos:** Las vulnerabilidades están asociadas, por definición, a la exposición ante las amenazas de origen antrópico, natural o socio-natural y a la capacidad que las sociedades y personas desarrollan para proteger y hacer uso de los beneficios de las inversiones y esfuerzos que realizan a lo largo del tiempo en sus territorios. Uno de los mecanismos más poderosos para reducir sostenidamente la vulnerabilidad es la planificación del desarrollo y el ordenamiento de los usos del territorio; otro es la construcción del sistema de gestión de riesgos, a cuyo cargo está, entre otros desafíos, la preparación e implementación de los planes de desarrollo y ordenamiento territorial.
- **Movilidad sostenible:** Es necesario fortalecer la planificación urbana para la seguridad vial y la promoción de un transporte público digno y de medios de movilidad no motorizada. Las ciudades han concentrado en zonas centrales la infraestructura educativa, hospitalaria, institucional y administrativa, los espacios culturales, las universidades y los centros comerciales, con lo cual se genera un constante flujo de gran cantidad de personas que cotidianamente se ven obligadas a recorrer largas distancias. Por esto, es necesario fortalecer la generación de nuevas centralidades que garanticen el acceso a servicios y espacios públicos y productivos.
- La infraestructura urbana no resulta segura para la convivencia en el tránsito y favorece la circulación de vehículos motorizados, en detrimento de otras alternativas. El parque automotor sigue en crecimiento a nivel nacional, lo que provoca problemas

ambientales, de salud pública, de convivencia entre conductores con el resto de la población y de sobre ocupación del espacio público.

### **2.6.2 Ley de Caminos**

En el **CAPITULO I** de los Caminos Públicos **Art. 1.** Definición. Son caminos públicos todas las vías de tránsito terrestre construidas para el servicio público y las declaradas de uso público. Se consideran, además, como públicos los caminos privados que han sido usados desde hace más de quince años por los habitantes de una zona.

**Art. 2.** Control y aprobación de los trabajos. Todos los caminos estarán bajo el control del Ministerio de Obras Públicas, sin perjuicio de las obligaciones que, respecto de ellos, deban cumplir otras instituciones o los particulares.

Todo proyecto de construcción, ensanchamiento, mejoramiento o rectificación de caminos, formulado por cualquier entidad o persona, deberá someterse previamente a la aprobación del Ministerio de Obras Públicas, sin cuyo requisito no podrán realizarse los trabajos, salvo que se trate de caminos internos de una propiedad particular.

**Art. 4.** El Ministerio de Obras Públicas podrá ordenar la apertura de nuevos caminos que se necesiten en las diversas secciones del territorio nacional; y las instituciones llamadas a construirlos cumplirán los requisitos legales.

### **2.6.3 Normativa Ecuatoriana Vial - MOP**

El NEVI-12 está conformado por seis (6) volúmenes, cuyos contenidos fueron seleccionados estratégicamente para conformar unidades coherentes con los requerimientos tecnológicos para el desarrollo de los proyectos viales en las fases de estudios, construcción, mantenimiento y contratación, dentro de un marco legal consistente con el ordenamiento jurídico del Ecuador y los principios internacionales y locales para la protección del patrimonio ecológico.

los Volúmenes del NEVI-12, constituyen tres unidades para el desarrollo de un Proyecto Vial; de la siguiente manera:

- a)** Los Volúmenes 1, 2 A - B conforman una Unidad normativa que crea un marco científico suficiente para el planteamiento del Proyecto, los estudios ingenieriles y el diseño vial.
- b)** El Volumen 3 constituye una Unidad de Especificaciones Técnicas dirigida a establecer procedimientos aplicables y características de materiales requeridos en los proyectos viales.
- c)** El Volumen 4 constituye las especificaciones y normas ambientales.
- d)** Los Volúmenes 5 y 6 pertenecen a una unidad de procedimientos y especificaciones operacionales de seguridad y de mantenimiento vial.



### 3. CAPÍTULO II MATERIALES Y METODOLOGÍA

#### 3.1 RECURSOS MATERIALES

Dentro de los recursos materiales, se describen por separado los materiales y los equipos (Ver Tabla 3).

Tabla 2  
*Materiales y Equipos*

Materiales	Equipos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartas Topográficas digitales escala 1:50.000, OII-C3 Pimampiro y OII-C1 San Gabriel del IGM.</li> <li>• Ortofotos de los cantones Bolívar y Montúfar, escala 1:5.000 con una resolución espacial de 30 x 30 cm de SIGTIERRAS.</li> <li>• Cartografía base, escala 1:25.000 de los cantones Bolívar y Montúfar del IGM – IEE.</li> <li>• Cartografía temática, escala 1:25.000 de los cantones Bolívar y Montúfar del IEE – MAGAP.</li> <li>• Datos de precipitación máxima en 24 horas del INAMHI, desde el año 1993 - 2012 de las estaciones meteorológicas San Gabriel, Pimampiro, Ambuquí y Mira Granja FAO La Portada.</li> <li>• Registro de sismos, desde el año 1992 – 2016 de los cantones Bolívar y Montúfar del IGEPN.</li> <li>• Implantación vial tramo El Juncal-Bolívar formato DWG del MOP.</li> <li>• Modelo Digital de Terreno con resolución espacial de 30 x 30 cm. de los cantones Bolívar y Montúfar de SIGTIERRAS.</li> <li>• Ficha de verificación de movimientos en masa del IEE.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cámara Fotográfica</li> <li>• GPS Promark 120</li> <li>• Brújula Geológica</li> </ul>

## **3.2 METODOLOGÍA**

A continuación se detallan el tipo de investigación, técnicas e instrumentos de recolección, procesamiento y análisis de datos.

### **3.2.1 Tipo de Investigación**

El proyecto se enmarca en los siguientes tipos de investigación:

Documental y de campo: se desarrollara a través del estudio y análisis de libros, tesis, artículos científicos a nivel nacional e internacional; relacionados con el tema, además se tomaran datos y se planificará visitas de campo.

Descriptiva: en el fin de presentar información de forma clara y coherente, adicionalmente se describirán mapas temáticos, y se establecerán medidas para mitigar los riesgos en las zonas que se determinen como más vulnerables.

Experimental: con el fin de ponderar cada una de las variables o parámetros de interés, para implementar un modelo cartográfico de la zona en estudio.

### **3.2.2 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

Se realizó la identificación y georeferenciación de todos los sitios que presenten características con mayor riesgo a deslizamientos, movimientos en masa y caída de bloques, en el tramo de Juncal-Bolívar, mediante la utilización de equipo GPS de precisión PROMARK 120.

### **3.2.3 Técnica de Procesamiento y Análisis de Datos**

La información recolectada, fue procesada con el software ArcGIS, Civil CAD y GLOBAL MAPPER con licencias temporales, programas que permiten obtener información clara e interactiva, para mayor comprensión, análisis e interpretación de los resultados. (Dirección Provincial de Ordenamiento Urbano y Territorial, 2011)

**ArcGIS:** comprende una serie de aplicaciones, que utilizadas en conjunto, permitió realizar funciones que alimentan y administran un sistema de información geográfica (SIG), desde creación de mapas, manejo y análisis de información, edición de datos, metadatos y publicación de mapas en la Internet.

**CivilCAD:** es un software que ha sido creado por ARQCOM para cubrir las necesidades de la ingeniería civil y de topografía, las funciones que contiene son enfocadas a la ingeniería civil y topografía, desde el dibujo de un polígono, generación de cuadros de construcción, hasta las funciones básicas de altimetría como lo son la triangulación de un terreno, generación de curvas de nivel, perfiles y secciones entre otras.

**GLOBAL MAPPER:** es una potente y asequible aplicación que combina una gama completa de herramientas de tratamiento de datos espaciales con acceso a una variedad sin precedentes de formatos de datos.

### 3.3 MÉTODOLÓGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología a ser aplicada en esta investigación se dividió en: recopilación de información, trabajo de campo y análisis e interpretación de la información los cuales permitieron dar cumplimiento a cada uno de los objetivos planteados en esta investigación.

#### 3.3.1 Delimitación del Área de Estudio

##### 3.3.1.1 Delimitación Niveles de Cuenca del Río Apaquí

Se procedió con delimitación automática de la cuenca del Río Apaquí, mediante la generación de un TIN (Triangulated Irregular Network) mismo que se obtuvo a partir de las curvas de nivel, para luego convertir el TIN en un archivo raster y con la ayuda de varias herramientas como *Fill*, *Flow Direction*, *Flow Accumulation* y *Watershed* se obtuvo el polígono de la cuenca.

Además con la utilización de la herramienta *Reclassify*, se delimitó la cuenca baja, media y alta del río Apaquí, para luego ubicar espacialmente el tramo vial El Juncal – Bolívar (Ver Gráfico 3).

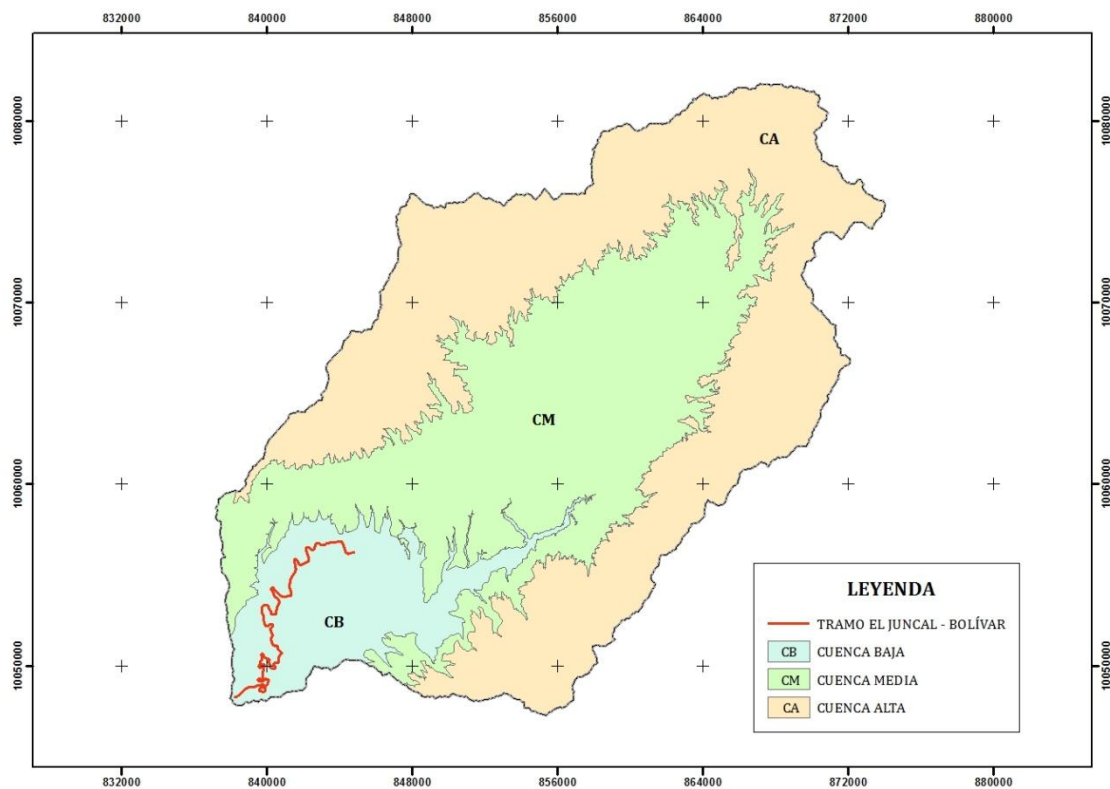


Gráfico 3. División de Cuenca del Río Apaquí

### 3.3.1.2 Determinación Área de Influencia Tramo Vial El Juncal - Bolívar

Una vez identificado el tramo vial El Juncal – Bolívar y de acuerdo a los parámetros establecidos dentro del Proyecto de Ampliación Vial en el sector, con la ayuda de la herramienta *Editor* se aplicó un *Buffer* de 400 m, en relación a la línea del eje vial. Para finalmente obtener el área de influencia (Ver Gráfico 4).

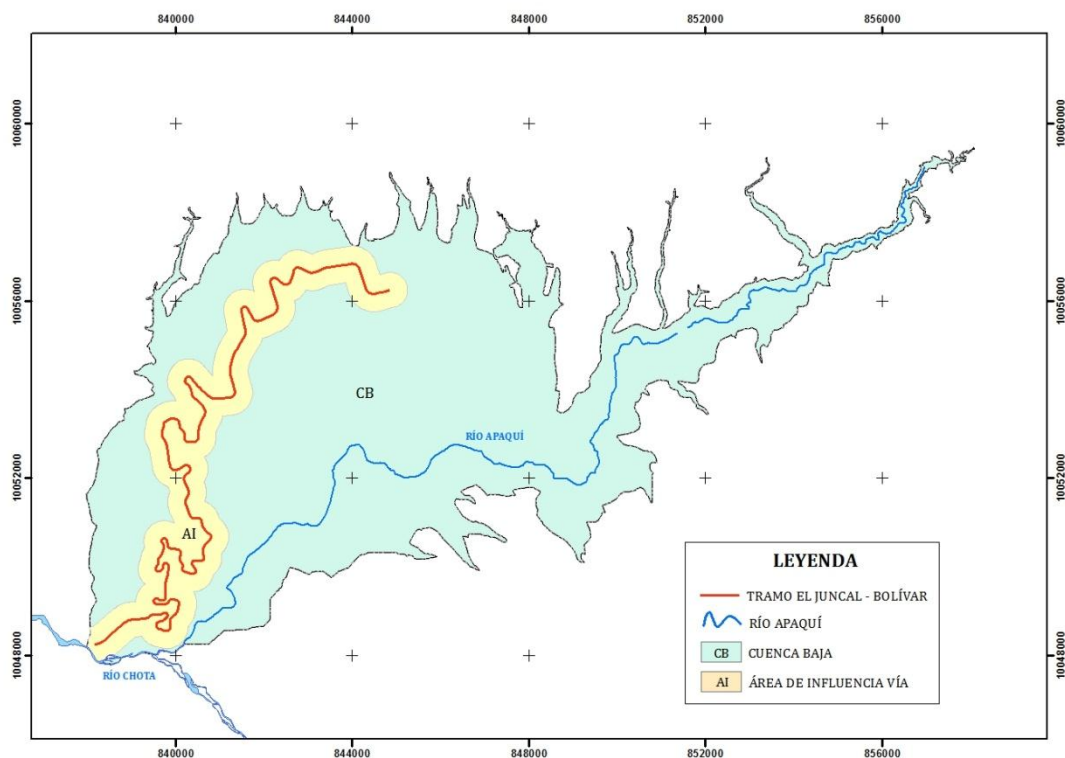


Gráfico 4. Área de Influencia Tramo El Juncal -Bolívar

### 3.3.2 Recopilación de Información

La información cartográfica analógica y digital recopilada es tipo de secundaria, ya que fue generada por otras instituciones como:

- Instituto Geográfico Militar (IGM)
- Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE)
- Instituto Geofísico de la Politécnica Nacional (IGEPN)
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP)
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas Carchi (MOP)
- SIGTIERRAS.

### 3.3.3 Generación de la Base de Datos

Dentro esta fase se encuentra la depuración de datos y estandarización de datos las cuales se describen a continuación:

### 3.3.3.1 Depuración de Datos

Una vez finalizada la fase de recolección de información analógica y digital se procedió con la corrección y edición de los datos en base a la utilidad y calidad de los mismos, para así estructurar la base de datos con información completamente depurada. La validación cartográfica se basó en la comparación de toda la información obtenida de diversas fuentes en formato shapefile y CAD, con la cartografía base del IGM - IEE a escala 1:25.000.

### 3.3.3.2 Estandarización de Datos

Toda la información cartográfica raster y vectorial fue georeferenciada y generada de acuerdo a los siguientes parámetros cartográficos: (Ver Tabla 4)

Tabla 3  
*Parámetros Cartográficos*

<b>Parámetros</b>	
Escala	1:25.000
Coordenadas	Coordenadas planas Este y Norte - metros
Proyección Cartográfica	Universal Transversal de Mercator UTM
Elipsoide	WGS 1984
Zona Cartográfica	Zona 17 Sur
Datum	WGS 1984
Formato	Digital ArcGis

### 3.3.4 Generación de Cartografía Base

#### 3.3.4.1 Ubicación Político-Administrativa

En el mapa se indica el sitio en el que se encuentra ubicada la cuenca baja del Rio Apaquí; además de la implantación vial tramo El Juncal – Bolívar, en los referente a división político – administrativa a nivel parroquial, cantonal y provincial (Ver Anexo 3- Mapa 1). Mediante la utilización de la herramienta Clip, se realizó los cortes a cada una de las capas vectoriales tipo polígono, que incluye a la provincia del Carchi, respectivamente a los cantones Bolívar y Montúfar (Ver Tabla 5).

Tabla 4  
*Archivos Shapefile del Mapa de Ubicación*

<b>Nombre de la Capa</b>	<b>Clase de Entidad</b>	<b>Información</b>	<b>Entidad</b>
División Político Administrativa	Polígono	Provincia Cantón Parroquia	Comité Nacional de Límites Internos (CONALI)
Implantación Vial	Línea	Ampliación Vial tramo El Juncal - Bolívar	Ministerio de Transporte y Obras Públicas Carchi
Límite Cuenca Baja	Polígono	Río Apaquí	La Autora

### 3.3.4.2 Shapefile Utilizados para Cartografía Base

En este mapa se realizó la implantación de información base referente a límite cantonal, curvas de nivel, ríos, vías, centros poblados, poblados, límite de cuenca baja, ampliación vial tramo El Juncal – Bolívar (Ver Anexo 3- Mapa 2).

A cada uno de los shapefile mencionados anteriormente se les realizó un Clip, en relación al layer de límite de la cuenca baja del Río Apaquí (Ver Tabla 6).

Tabla 5  
*Archivos Shapefile del Mapa Base*

<b>Capa</b>	<b>Clase De Entidad</b>	<b>Información</b>	<b>Entidad</b>
Límite Cantonal	Línea	Cantones	(CONALI)
Curvas de Nivel	Línea	Isolíneas con valores altitudinales	IGM - IEE
Ríos	Línea	Simple y Dobles con sus nombres	IGM - IEE
Vías	Línea	Tipo de Vías	IGM - IEE
Centros Poblados	Polígono	Cabeceras cantonales y parroquiales	IGM - IEE
Poblados	Punto	Nombres poblados	IGM - IEE
Implantación Vial	Línea	Ampliación Vial tramo El Juncal - Bolívar	MOP
Límite Cuenca Baja	Polígono	Río Apaquí	Elaboración propia

### 3.4 APLICACIÓN DE MODELO CARTOGRÁFICO MORA VAHRSON GRADO DE AMENAZA

Cada uno de los mapas obtenidos en esta fase, fueron elaborados a escala 1:25.000, mediante la utilización de la herramienta ArcGIS 10. Además la información se estructuró de una forma ordenada que incluye carpetas para cada mapa, en las cuales se detalla el nombre del archivo con la última fecha de modificación, con la finalidad de ubicar fácilmente la información (Ver Gráfico 5).

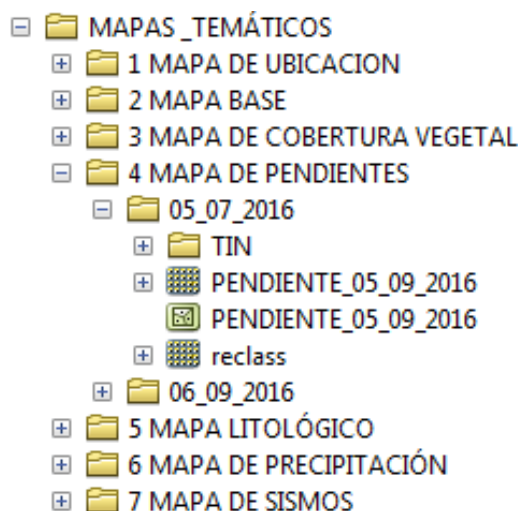


Gráfico 5: Visualización de Organización de Información ArcCatalog

#### 3.4.1 Factores Condicionantes

Dentro de las variables condicionantes analizadas se encuentran pendiente, litología y cobertura vegetal:

##### 3.4.1.1 Factor Pendiente

Se generaron curvas de nivel con intervalos de 40 m, para luego construir un TIN que es un modelo cuantitativo de la superficie del terreno, para luego convertir el TIN en un archivo raster, generar un Slope y aplicar un Reclassify utilizando la extensión 3D Analyst de ArcMap (Ver Gráfico 6).



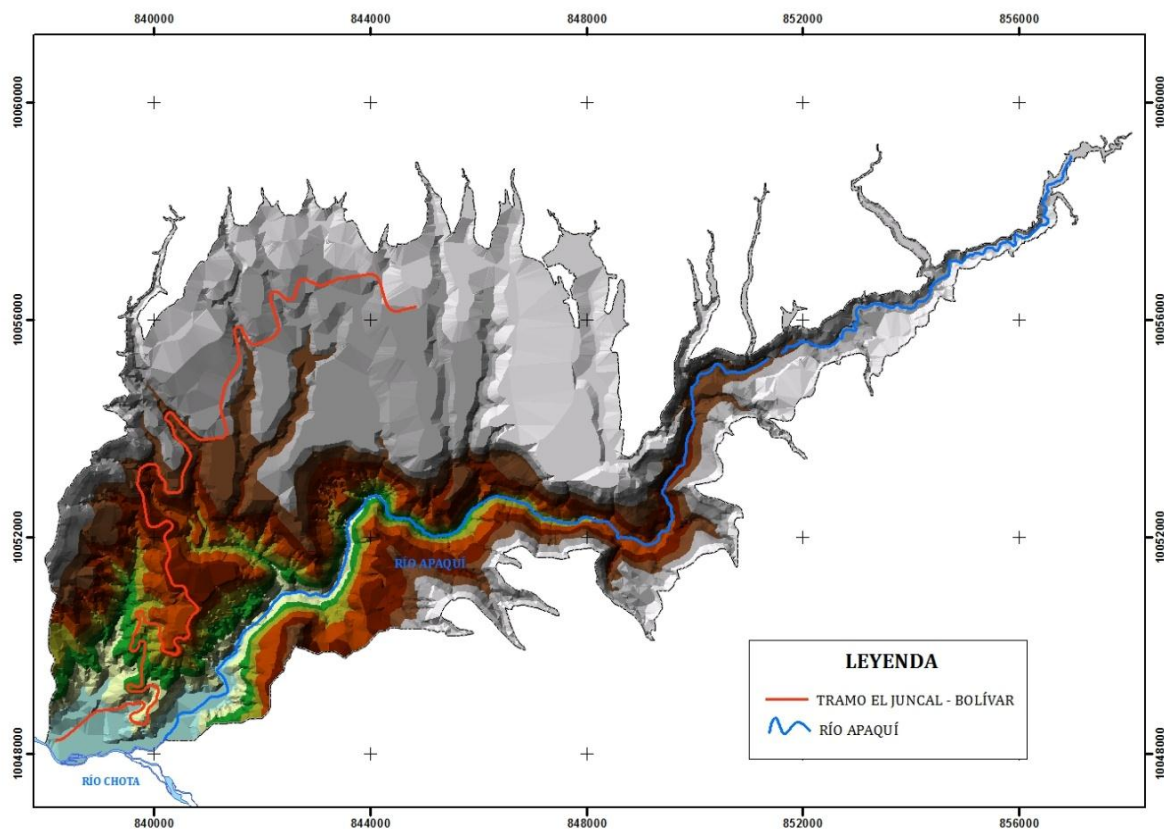


Gráfico 6. Modelo Digital de Terreno (TIN)

Se propone una clasificación de pendiente adaptada al método Mora – Vahrson, 2004. El cual clasifica a las pendientes en 8 clases (Ver Tabla 7).

Tabla 6  
Clasificación Pendientes (SM)

Clase	Rangos (%)	Descripción Relieve
1	0 - 12	Plano a Ligeramente Ondulado
2	12 -25	Medianamente Ondulados a Moderadamente Disectados
3	25 - 40	Medianos a Fuertemente Disectados
4	40 - 70	Fuertemente Disectados
5	70 - 100	Muy Fuertemente Disectados
6	100 - 150	Escarpado
7	150 - 200	Muy Escarpado
8	>200	Abrupto

Fuente: IEE-MAGAP, 2015 (Tomado de Mora, R, 2004)

### 3.4.1.2 Factor Litológico

Esta variable fue trabajado con el archivo shapefile geomorfología, en el cual se identifico el campo tipo de roca, para luego realizar un Add Field o agregar campo, de tipo texto llamado formación geológica en la tabla de atributos.

Para la identificación de la clasificación de este factor, se tomó en cuenta la categorización realizada por Mora-Vahrson (1993), la misma que se relaciona con las formaciones geológicas del Ecuador (Ver Tabla 8).

Tabla 7  
*Clasificación Formación Geológica*

Clase	Formación Geológica	Tipo De Roca
1	Depósitos aluviales	Gravas de grano fino a medio, arenas en matriz areno-arcilloso y limo-arcilloso.
2	Depósitos coluviales	Detritos angulosos en matriz areno-arcillosa, arenas de grano medio a grueso, gravas y bloques.
3	Depósitos glaciares	Tillitas, arenas, gravas y bloques de composición variable
4	Depósitos fluvio lacustres	Sedimentos de Grano Fino, limos, y arcillas
5	Depósitos coluvio aluviales	Arena de grano medio a grueso, gravas y cantos subangulares a angulares.
6	Metamórfico indiferenciado	Esquistos micáceos, cuarcitas y gneis
7	No aplica	N/A
8	Volcánicos indiferenciados	Ceniza Volcánica y lapilli, con fragmentos de cuarzo, plagioclasa, biotita, pómez, material piroclástico y tobas
9	Volcánicos de Mangus	Andesita gris oscura, constituida de feldespatos, piroxenos, olivinos y óxidos de hierro
10	Metamórficos indiferenciados	Esquistos Micaceos, cuarcitas y gnesis

Fuente: Tomado de IEE-MAGAP, 2015

### 3.4.1.3 Factor Cobertura Vegetal

Para la elaboración de este mapa, se utilizó la capa uso y cobertura vegetal, la cual fue adaptada a la leyenda temática generada por las instituciones públicas MAE – MAGAP – IEE.

Se realizó la identificación en la tabla de atributos del campo cobertura, para luego crear un nuevo campo denominado NIVEL I, y se realizó un Select by Attributes para proceder a identificar las diferentes áreas (Ver Tabla 9).

Tabla 8  
*Clasificación Cobertura Vegetal*

Clase	Nivel	Tipo
1	Bosque	Bosque húmedo muy alterado
		Bosque húmedo poco alterado
		Bosque seco medianamente alterado
		Bosque seco muy alterado
2	Vegetación Herbácea y Arbustiva	Matorral húmedo muy alterado
		Matorral húmedo poco alterado
		Matorral seco medianamente alterado
		Matorral seco muy alterado
		Vegetación herbácea de humedal muy alterada
		Vegetación herbácea seca muy alterada
3	Tierras Agropecuarias	Cultivos de Ciclo Corto
		Pasto Cultivado
		Invernaderos Frutales
4	Zona antrópica	Centros Poblados
5	Otras tierras	Afloramiento rocoso
		Área en proceso de erosión
		Área erosionada
6	Cuerpos de agua	Ríos Dobles

Fuente: Tomado de IEE-MAGAP, 2015

### 3.4.2 Factores Detonantes

Dentro de las variables detonantes analizadas se encuentran la precipitación y sismos.

#### 3.4.2.1 Factor Disparo de Precipitación

Para la elaboración del mapa de precipitación se realizó la recopilación de información referente al registro de precipitaciones máximas en 24 horas de los últimos 20 años de las estaciones meteorológicas (Ver Tabla 10).

Tabla 9  
*Estaciones Meteorológicas*

Estaciones		San Gabriel (M103)	Mira - FAO Granja La Portada (M104)	Pimampiro (M315)	Ambuquí (M314)
Nº AÑOS	AÑO				
1	1993	37,1	-	26,1	20,5
2	1994	41,1	-	-	-
3	1995	43,3	-	23,4	-
4	1996	48,4	-	28,1	24,4
5	1997	57,0	-	28,0	22,4
6	1998	103,5	-	-	-
7	1999	48,7	38,7	-	20,8
8	2000	53,4	42,7	-	-
9	2001	39,0	-	-	-
10	2002	34,8	-	43,4	40,5
11	2003	34,4	-	18,3	40,6
12	2004	28,3	-	21,3	25,8
13	2005	46,5	69,6	-	-
14	2006	-	-	-	26,9
15	2007	-	104,2	-	29,5
16	2008	-	-	-	-
17	2009	43,6	-	-	-
18	2010	30,9	28,7	40,2	17,5
19	2011	36,3	34,6	30,6	25,6
20	2012	27,0	40,4	-	30,4

Fuente: Anuario Meteorológico 1993 – 2012 INAMHI

Se procedió a calcular la intensidad de la precipitación en 24 horas con periodos de retorno de 100 años, mediante la aplicación de la formula ajuste de Gumbel.

La expresión básica es:

$$X_T = x + \frac{\sigma_x}{\sigma_n}(Y - Y_n)$$

En donde:

$X_T$  = Valor extremo (máxima en 24 horas) para un periodo de retorno.

$x$  = valor promedio de las máximas anuales, mm.

$\sigma_x$  = desviación estándar.

$Y_n$  y  $\sigma_n$  = Cantidades teóricas en función del tamaño de la muestra (Ver Anexo 2).

$Y$  = variable reducida y está en función del periodo de retorno, su ecuación de cálculo es:

$$Y = - \left[ 2,303 \log \left( \log \frac{Tr}{Tr - 1} \right) + 0,834 \right]$$

Una vez obtenidos los valores para cada una de las estaciones se procedió a ingresar la tabla Excel, al programa ArcGIS, mediante la aplicación de Display XY Data, para luego con la ayuda de la herramienta *Spline* de la extensión 3D Analyst obtener las isoyetas en estructura línea vectorial, la categorización para la variable precipitación (Ver Tabla 11).

Tabla 10  
*Clasificación Precipitaciones*

Clase	Precipitaciones Máximas 24 Horas, Tiempos De Retorno 100 Años (Mm)
1	< 100
2	100 - 150
3	150 - 200
4	200 - 250
5	>250

Fuente: IEE-MAGAP, 2015

### 3.4.2.2 Factor Disparo Sismos

Se realizó la recopilación de datos referentes a registro de sismos de los cantones Bolívar y Montúfar, desde el año 1992 – 2016 (Ver Tabla 12).

Tabla 11  
Registro Sismos

Año	X	Y	Magnitud Richter	Año	X	Y	Magnitud Richter
1992	852351	10058892	3,9	833924	10064568		2,6
1998	834964	10065082	3,1	852023	10078320		1,5
	839536	10057336	3,4	850965	10077674		2,1
2000	834518	10065082	3,3	842961	10076432		2,2
2001	821711	10053344	3,3	843612	10075197		2,3
	827175	10039733	3,4	843743	10073389		0,9
2002	867727	10065986	3,4	843280	10072171		0,6
2003	839975	10070619	3,4	834595	10060599		1,8
2004	851226	10076714	3,6	844968	10074736		1,6
2005	820487	10048584	3,1	839788	10073202		0,5
2005	820933	10047810	3,6	850825	10063043		1,5
2006	831290	10059214	3,4	2016 849219	10078023		1,5
2007	864937	10071742	3,4	867731	10052989		1,5
	836202	10035419	2,4	850868	10073746		0,7
2012	832859	10036525	2,1	851457	10065837		1,9
	827287	10039844	1,4	844013	10054604		1,9
2014	872970	10057575	4,3	848869	10062774		1,3
	869625	10059787	3,1	829902	10041761		1,5
	836145	10036898	3	833684	10037018		2,9
2016	836408	10038651	1,5	835896	10037672		1,7
	839479	10057998	1,5	841849	10035174		1,7
	837959	10033330	1,6	829343	10067873		2,2
	841865	10077354	0,8	835059	10060163		1,5
	848665	10072746	0,5				

Fuente: Registro Sismos Instituto Geofísico de la Politécnica Nacional, 2016

Una vez estructurada la información se procedió a ingresar la tabla Excel, al programa ArcGIS, mediante la aplicación de Display XY Data, para luego con la ayuda de la herramienta *Spline* de la extensión 3D Analyst obtener el mapa de sismos.

Para la elaboración del mapa de sismos se tomó en cuenta el cuadro de categorización de magnitud de los sismos de Mora – Vahrson 1993, (Ver Tabla 13).

Tabla 12  
*Clasificación Sismos*

Clase	Rangos (Magnitud Richter)
1	< 3,5
2	3,5 – 4,4
3	4,5 – 5,9
4	6,0 – 6,9
5	7,0 – 7,9
6	>8,00

Fuente: IEE-MAGAP, 2015

Una vez concluida la fase de elaboración de mapas temáticos es necesaria la descripción de cada uno de los parámetros principales de los mapas, detallando la superficie y el porcentaje que ocupan dentro la cuenca baja del río Apaquí.

### **3.4.3 Modelo Cartográfico Método Mora – Vahrson (modificado)**

El método a ser aplicado en el presente estudio considera cinco factores; entre ellos se encuentran: el relieve, la litología, la cobertura vegetal, la precipitación y la sismicidad; es por ello que las tres primeras variables serán consideradas como factores condicionantes, más la sismicidad y la precipitación serán considerados como factores detonantes.

Para la aplicación del Método Mora – Vahrson modificado se realizó un Modelo Cartográfico, en donde se detalla la información utilizada y la forma de relación de cada uno de los factores; entre ellos se encuentran los condicionantes y detonantes (Ver Gráfico 7).

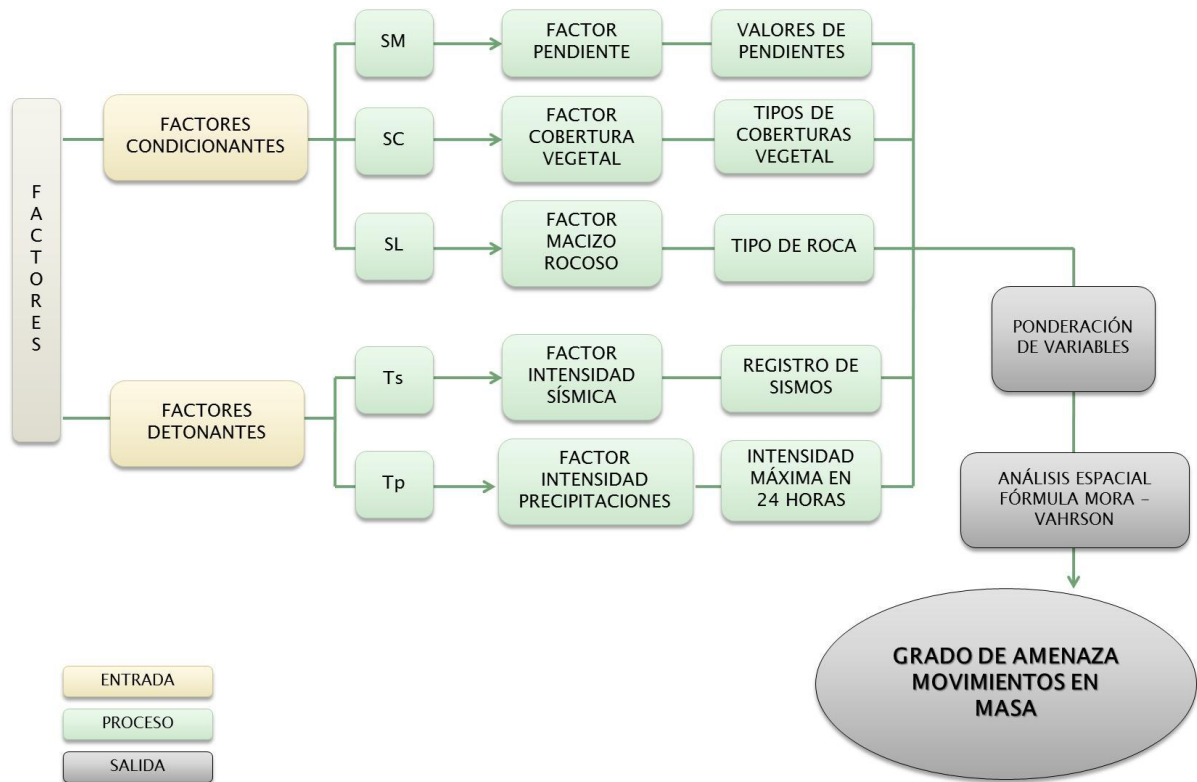


Gráfico7. Modelo Cartográfico Grado de Amenaza

Fuente: IEE-MAGAP, 2015 (Tomado de Mora, R, 2004)

### 3.4.3.1 Cuantificación de Ponderación de la Amenaza

Para la aplicación del modelo Mora - Vahrson modificada se consideró los dos tipos de movimientos en masa, como lo son deslizamientos y caídas; luego se realizó la ponderación de los factores condicionantes no así para los detonantes, que cuentan con calificaciones establecidas.

La calificación o designación de peso se realizó de acuerdo a cada una de las tablas de clasificación y ponderación de la metodología Mora – Vahrson determinada para cada variable, para el caso de pendientes y litología se pondero tanto a los deslizamientos como a las caídas; pero para el caso de cobertura vegetal se utilizaron las mismas ponderaciones para caídas y deslizamientos.



### 3.4.3.2 Aplicación de la Fórmula Mora – Varhson (modificado)

Una vez realizadas cada una de las ponderaciones de las variables, se procedió a convertir los polígonos de cada una de las variables en un archivo raster tanto para caídas como para deslizamientos, con ayuda de la herramienta *Raster to Polygon*.

Luego de obtener los archivos raster se utilizó la extensión Spatial Analyst – Raster Calculator en donde se aplicó la siguiente expresión:

$$\mathbf{H} = (\mathbf{S} * \mathbf{FC})$$

$$\mathbf{S} = (\mathbf{SM} * \mathbf{SC} * \mathbf{SL})$$

$$\mathbf{FC} = (\mathbf{Ts\_p} + \mathbf{Tp\_p})$$

Fórmula General:  $\mathbf{H} = (\mathbf{SM} * \mathbf{SC} * \mathbf{SL}) * (\mathbf{Ts\_p} + \mathbf{Tp\_p})$

Dónde:

**H** = Grado de amenaza de las unidades geomorfológicas

**S** = Grado de susceptibilidad

**FC** = Factores detonantes

**SM** = Factor pendiente

**SC** = Factor de cobertura vegetal

**SL** = Factor litológico

**Ts\_p** = Factor de disparo por sismos

**Tp\_p** = Factor disparo de lluvias

Para finalmente con la ayuda de la herramienta *Reclassifyde3D Analyst*, se procedió a reclasificar en cinco categorías el raster de amenaza de deslizamientos y caídas de bloques de acuerdo a la clasificación para movimientos en masa (Ver Tabla 14):

Tabla 13  
Grado de Amenaza

Clase	Potencial	Grado De Amenaza
I	0 - 6	Muy Baja
II	7 - 32	Baja
III	33 - 512	Moderado
IV	513 - 1251	Alto
V	<1251	Muy Alta

Fuente: Mora Vahrson, 1991

### 3.5 GENERACIÓN DE MODELO CARTOGRÁFICO GRADO DE VULNERABILIDAD

A nivel de la Cuenca Baja del río Apaquí se tomó en cuenta dos parámetros críticos que pueden incrementar la vulnerabilidad a movimientos en masa en el área de estudio; las variables son la vulnerabilidad física (capacidad de uso de la tierra) y la vulnerabilidad social (densidad poblacional), partir de estas variables se generó el modelo cartográfico: (Ver Gráfico 8)

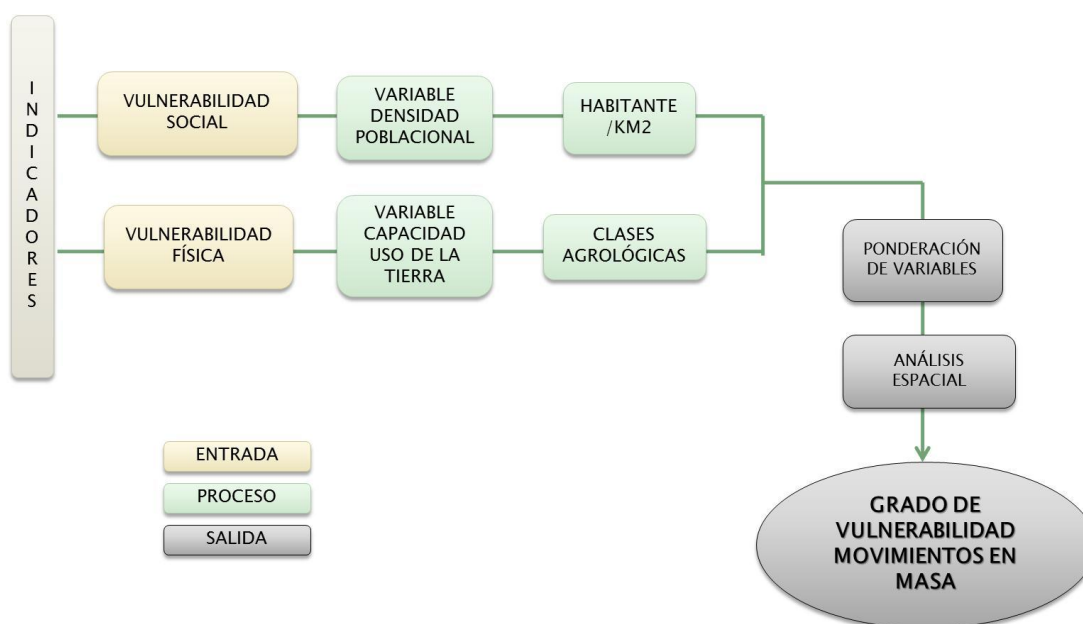


Gráfico 8. Modelo Cartográfico Grado de Vulnerabilidad

### 3.5.1 Indicadores Vulnerabilidad

Los indicadores tomados en cuenta para determinar la vulnerabilidad social y física fueron densidad poblacional y capacidad de uso de la tierra.

#### 3.5.1.1 Variable Densidad Poblacional

Con la información sobre Sistema Socio-Económico se procedió a realizar un *Clip* con el límite de la Cuenca Baja del Apaquí, para proceder con la depuración de la tabla de atributos.

Con la información obtenida se realizó un *Dissolve* por el campo habitante por km<sup>2</sup>, mas tarde se creó el campo densidad Poblacional definiendo la categoría baja, media, alta y muy alta (Ver Tabla 15).

Tabla 14  
*Clasificación Densidad Poblacional*

Nº	Densidad Poblacional	Habitante/ km <sup>2</sup>
1	Baja	3 - 20
2	Media	21 - 80
3	Alta	81 - 160
4	Muy Alta	>160

Fuente: Sistema Socio – Económico IEE, 2015

#### 3.5.1.2 Variable Capacidad Uso de la Tierra

Con la cobertura capacidad uso de la tierra, se realizó un *Clip* de acuerdo al límite de la cuenca, una vez depurada la tabla de atributos se aplicó un *Dissolve* por el campo clases agrológicas; que indica las limitaciones que tiene el suelo para la realización de actividades agrícolas y pecuarias.

La categoría tierras misceláneas se refiere aquellas áreas de tierra son o poco suelo que tienen poco o nula vegetación, en donde los afloramientos rocosos son los de mayor presencia (Ver Tabla 16).

Tabla 15  
*Capacidad Uso de la Tierra*

Clase	Clases Agrológicas
1	Limitaciones Moderadas (II)
2	Limitaciones Moderadas (III)
3	Limitaciones Permanentes (IV)
4	Limitaciones Severas (V)
5	Limitaciones Severas (VI)
6	Limitaciones Muy Severas (VII)
7	Limitaciones Muy Severas (VIII)
8	Tierras Misceláneas
9	No Aplica

Fuente: Cobertura Uso de la Tierra IEE, 2015

### 3.5.2 Cuantificación de Ponderación de la Vulnerabilidad

Durante la generación del modelo cartográfico, se consideró la aplicación de una sola calificación para deslizamientos y caída de bloques; luego se realizó la ponderación de las variables capacidad uso de la tierra y densidad poblacional.

Para cada indicador de vulnerabilidad y cada variable, se asignó un valor cuantitativo asignándole un valor de 1 a 5, en la cual uno es el grado muy bajo y cinco es el grado muy alto.

### 3.5.3 Algebra de Mapas

Una vez obtenidas las variables de vulnerabilidad y con la ayuda de la herramienta *Polygon to Raster*, se convirtieron los archivos vector capacidad uso de la tierra y densidad poblacional en archivos raster.

Para luego con la ayuda de la extensión *Spatial Analyst*, herramienta *Raster Calculator* aplicar la siguiente expresión:

$$V = (DP * UT)$$

Donde:

**V** = Grado de Vulnerabilidad

**DP** = Variable Densidad Poblacional

**UT** = Variable Capacidad Uso de la Tierra

Luego con la ayuda de la herramienta *Reclassify* de 3D Analyst, se procedió a reclasificar en cinco categorías el raster de vulnerabilidad para deslizamientos y caída de bloques.

### **3.6 RIESGO DE MOVIMIENTOS EN MASA: DESLIZAMIENTOS Y CAÍDA DE BLOQUES**

Una vez obtenido el grado de amenaza y el grado de vulnerabilidad para la cuenca baja del río Apaquí, se aplicó el modelo cartográfico generado para riesgo (Ver Gráfico 9), en base a la siguiente expresión:

$$R = (H + V)$$

Donde:

**R** = Riesgo

**H** = Grado de Amenaza

**V** = Grado de Vulnerabilidad

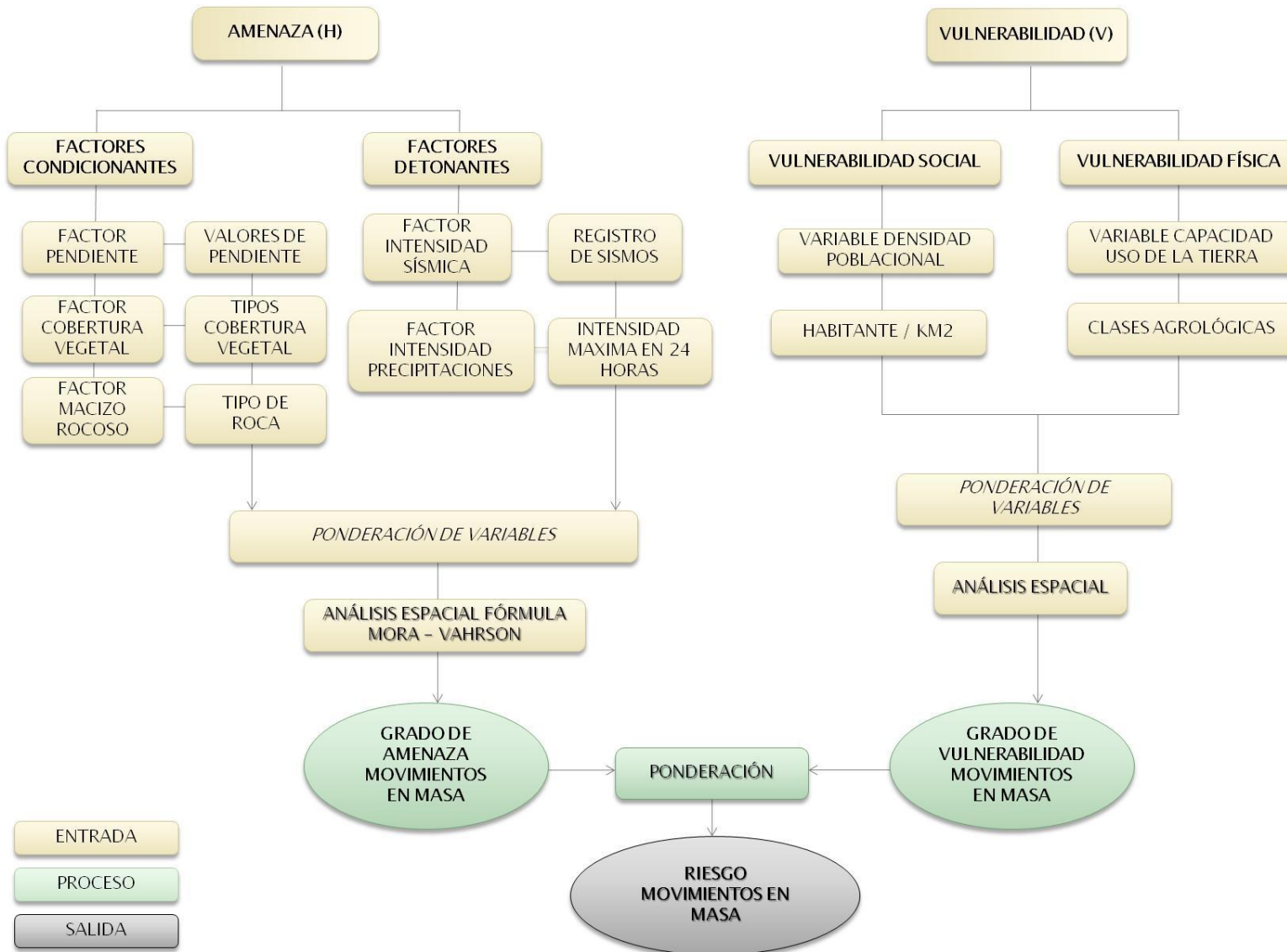


Gráfico 93. Modelo Cartográfico Riesgo Movimientos en Masa

### 3.6.1 Cuantificación de Ponderación del Riesgo

El cálculo del riesgo para la ocurrencia de movimientos en masa, para deslizamientos y caída de bloques, se realizó mediante una matriz de doble entrada, la cual permitió obtener una calificación en base a la amenaza y vulnerabilidad (Ver Gráfico 10).

	<b>Vulnerabilidad</b>				
<b>Amenaza</b>	Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto
Muy Bajo	1	1	1	1	1
Bajo	1	2	2	2	2
Moderado	1	2	3	3	3
Alto	1	2	3	4	4
Muy Alto	1	2	3	4	5

Gráfico 104. Ponderación Riesgo Movimientos en Masa

El grado de riesgo se obtuvo en valores del uno al cinco, los mismos que fueron agrupados en riesgo muy bajo, bajo, moderado, alto y muy alto, con la finalidad de dar continuidad a la información generada para amenaza y vulnerabilidad (Ver Gráfico 11).

<b>GRADO RIESGO</b>	<b>CALIFICATIVO GRADO DE RIESGO</b>
1	Muy Bajo
2	Bajo
3	Moderado
4	Alto
5	Muy Alto

Gráfico 11. Representación y Calificativo Grado de Riesgos

## 3.7 ANÁLISIS MEDIDAS DE MITIGACIÓN

### 3.7.1 Aplicación Fichas de Verificación

Luego de generar información sobre riesgos tanto para deslizamientos como caída de bloques, se realizó varias salidas de campo con la finalidad de aplicar la ficha de “Verificación a movimientos en masa”.

Para la validación se tomo en cuenta 24 puntos con un intervalo de 1 km como se muestra en la (Ver Gráfico 16); los puntos (km) fueron elegidos de acuerdo a la nomenclatura y número de km de la implantación vial del Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

Con la información obtenida en campo se realizó un análisis porcentual para determinar qué tipo de movimiento en masa podría darse en la vía de primer orden tramo El Juncal-Bolívar, además se tomaron en cuenta características del movimiento, características del depósito, unidades geomorfológicas, las cuales podrían influir para provocar un movimiento en masa (Ver Gráfico 12).

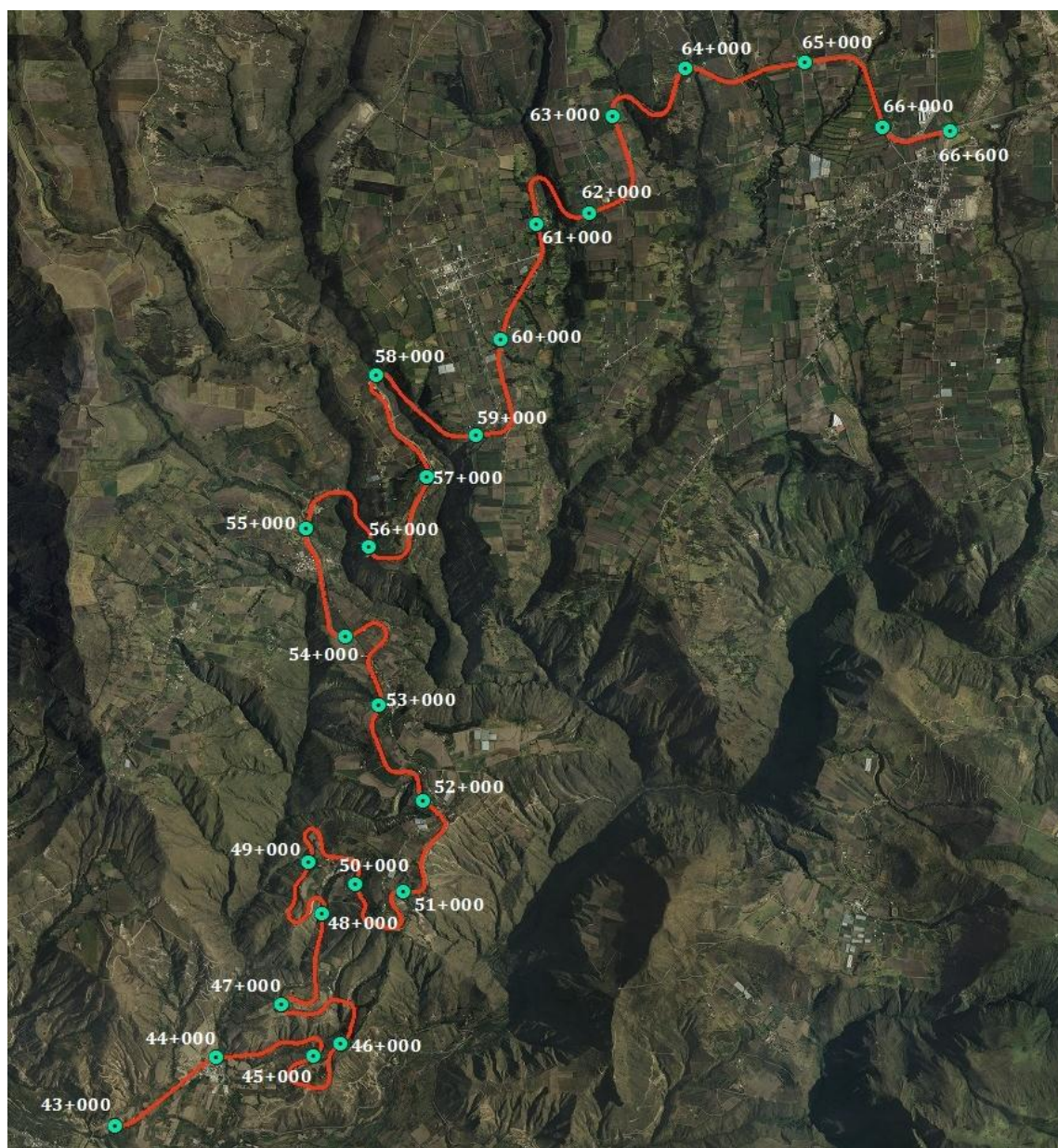


Gráfico 12. km verificados en la Vía de Primer Orden tramo El Juncal – Bolívar



### **3.7.1.1 Perfil Topográfico**

Cada una de las fichas de validación incluye un perfil topográfico, el cual permitió conocer la forma del relieve existente a lo largo del recorrido.

Con el software CivilCAD, se obtuvieron perfiles topográficos de cada uno del km en estudio, los cuales se obtuvieron con la ayuda de la herramienta *Altimetría*, luego se realizó una triangulación de terreno, sobre la línea de cada uno de los tramos (eje de proyecto), se marcaron las estaciones cada 100 m. Para finalmente dibujar el perfil terreno (Ver Gráfico 13).

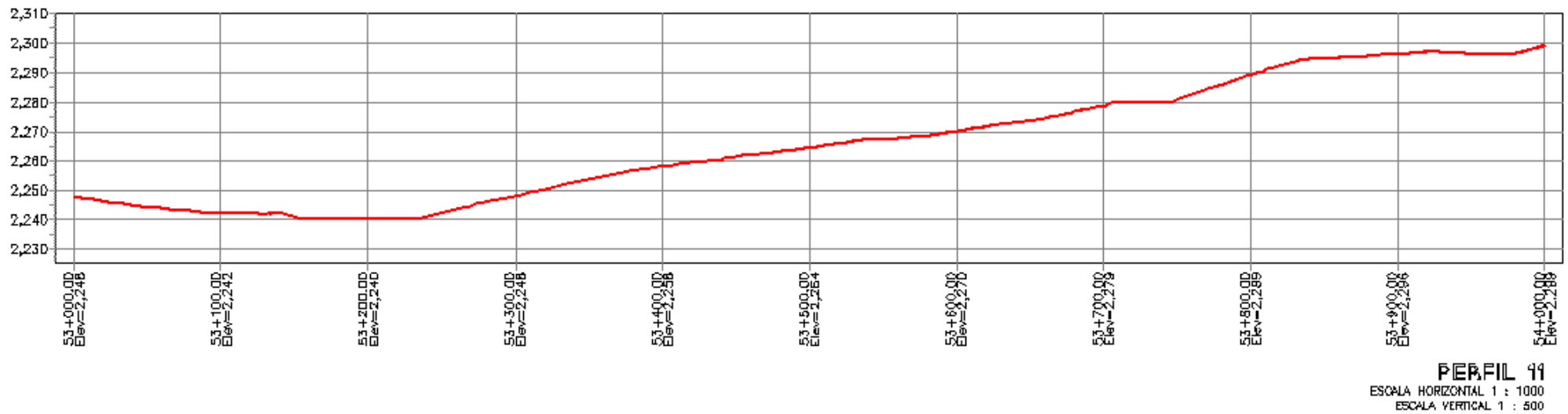


Gráfico 13. Perfil Topográfico km 53+000.

Fuente: Fichas de verificación, 2016

## 4. CAPÍTULO IV RESULTADOS

### 4.1 APLICACIÓN DE MODELO CARTOGRÁFICO MORA VAHRSON GRADO DE AMENAZA

#### 4.1.1 Factores Condicionantes

Los factores condicionantes son aquellos elementos que determinan una condición potencialmente “inestable”, estos actúan controlando la susceptibilidad de una zona para generar los procesos de remoción en masa (Sepulveda, 1998). Los factores analizados son: pendiente, litología y cobertura vegetal.

##### 4.1.1.1 Factor Pendiente (SM)

El factor pendiente (Ver Anexo 3- Mapa 3) es un elemento que corresponde a las características morfométricas de las unidades geomorfológicas del terreno (Ver Tabla 17).

Tabla 16  
*Pendientes Cuenca Bajo Río Apaquí*

Clase	Descripción Relieve	Superficie ha	Superficie %
1	Plano a Ligeramente Ondulado	2.934,59	32,4
2	Medianamente Ondulados a Moderadamente Disectados	1.075,69	11,9
3	Medianos a Fuertemente Disectados	904,91	10,0
4	Fuertemente Disectados	1.981,85	21,9
5	Muy Fuertemente Disectados	1.412,74	15,6
6	Escarpado	625,87	6,9
7	Muy Escarpado	109,51	1,2
8	Abrupto	6,84	0,1
	<b>TOTAL</b>	<b>9.052,00</b>	<b>100</b>

Fuente: Mapa de Pendientes, 2016

- **Relieve Plano a Ligeramente Ondulado:** Dentro del área de estudio corresponde a un 32,4% de la superficie total, con pendientes de 0 a 12 % distribuido en la parte norte de la cuenca baja del Río Apaquí en los centros poblado como Puntales Bajo, Puntales Alto, Bolívar y Los Andes; siendo este el relieve predominante.
- **Medianamente Ondulados a Moderadamente Disectados:** Corresponde a un total de 1.075,69 ha, presentando pendientes de 12 – 25 % que se distribuyen uniformemente por toda la cuenca baja.
- **Medianos a Fuertemente Disectados:** Este relieve tiene pendientes de 25 – 40%, distribuidos uniformemente por toda el área de estudio, pero con mayor presencia en áreas cercanas al cauce del río Apaquí.
- **Fuertemente Disectados:** Este tipo de relieve tiene una superficie de 1.981,85 ha, el cual se encuentra ubicado en la parte sur de la cuenca baja, en centros poblados como Cunquer, Los Chorlines y Piquiucho.
- **Muy Fuertemente Disectados:** Corresponden al 15,6% de la superficie, con una ocupación de 1.412,74 ha ubicadas principalmente en la parte sur del área en estudio.
- **Escarpado:** Este tipo de relieve se encuentra ubicado en áreas que rodean al cauce principal del río Apaquí, correspondiendo a pendientes de 100 a 150%.
- **Muy Escarpado:** Dentro del área de estudio este relieve ocupa 109,51 ha, que corresponden al 1,2% de la superficie, ubicándose principalmente en zonas que rodean el río Apaquí.
- **Abrupto:** Este relieve es el de menor presencia en el área de estudio, ocupando un total de 6,84 ha que corresponden a un 0,1% de la superficie.

La ponderación para el factor pendiente en deslizamientos se baso en que a mayor pendiente es mayor la probabilidad que ocurra un movimiento en masa de este tipo, siendo nula la ocurrencia en pendientes menores al 12 %.

Para el caso de caídas existen más probabilidades de ocurrencia de este evento en pendientes que se encuentren en un rango mayor al 40% de pendiente (Ver Tabla 18).

Tabla 17  
*Ponderación Factor Pendiente*

Clase	Rangos	Valor Ponderado Deslizamiento (Sm)	Valor Ponderado Caídas (Sm-C)	Calificativo
1	0 - 12	0	0	Nulo
2	12 -25	1	0	Nulo
3	25 - 40	2	0	Nulo
4	40 - 70	3	1	Muy Bajo
5	70 - 100	4	2	Bajo
6	100 - 150	5	3	Moderado
7	150 - 200	5	4	Alto
8	>200	5	5	Muy Alto

IEE-MAGAP, 2015 (Tomado de Mora Vahrson, 2004)

#### **4.1.1.2 Factor Litológico (SL)**

Se refiere a la composición de las unidades geomorfológicas específicamente al sustrato rocoso y a los depósitos superficiales (Ver Anexo 3 – Mapa 4). De acuerdo a la carta geológica Hoja 97, editada por Dirección General de Geología y Minas del año 1980; la zona norte del país se encuentra formada por grandes estratos de volcanes de la edad pliocuaternaria (Ver Tabla 19).

Tabla 18  
*Litología Cuenca Baja Río Apaquí*

Clase	Formación Geológica	Superficie ha	Superficie %
1	Depósitos Aluviales	179,79	2,0
2	Depósitos Coluviales	238,46	2,6
3	Depósitos Coluvio Aluviales	463,26	5,1
4	Metamórfico Indiferenciado	71,03	0,8
5	No Aplica	151,90	1,7
6	Volcánicos Indiferenciados	7.133,63	78,8
7	Volcánicos de Mangus	813,92	9,0
	<b>TOTAL</b>	<b>9.052,00</b>	<b>100</b>

Fuente: Mapa Litológico, 2016

- **Depósitos Aluviales:** Los depósitos aluviales se encuentran formando playas, terrazas bajas y conos de deyección a lo largo del río Apaquí. La formación geológica ocupa un total de 179,79 Ha de la superficie en estudio.
- **Depósitos Coluviales:** Cubren una superficie de 238,46 ha, que corresponde a un 2,6 % del total del área en estudio; se encuentran principalmente sobre rocas metamórficas, generalmente en las cabeceras de las quebradas, junto a los filos de cumbre. Ubicados en las cercanías del cauce principal del río Apaquí.
- **Depósitos Coluvio Aluviales:** Se encuentran ubicados en los poblados Gruta de La Paz y La Calera respectivamente, ocupando un total 463,26 ha.
- **Metamórfico Indiferenciado:** Esta formación geológica ocupa 71,03 halas cuales se encuentran distribuidas en la zona este, en las cercanías del poblado La Calera. En donde predominan el tipo de roca esquistos micáceos, cuarcitas y gneis.

- **Volcánicos Indiferenciados:** Se encuentran formados por rocas de tipo Ceniza Volcánica y lapilli, con fragmentos de cuarzo, plagioclasa, biotita, pómez, material piroclástico y tobas, que se encuentran distribuidas en la mayor parte de la cuenca baja del río Apaquí, ocupando un porcentaje de 78,80 %, siendo así los representativos de la zona de estudio.
- **Volcánicos de Mangus:** Formación que se caracteriza por los productos lávicos que se componen de andesitas basálticas de color gris oscuro a rojizo agrupados principalmente en la zona sur, es decir en las riveras del río Apaquí, ocupan una superficie de 813,92 ha.

Varias características del tipo de roca influyen en el grado de estabilidad e inestabilidad de las laderas; entre ellas se encuentran la composición mineralógica, el grado de meteorización y la capacidad de retención de agua. De acuerdo al tipo de roca que fue identificada en el área de estudio se realizó la valoración tanto para caídas como para deslizamientos, interpretando que el menor valor tiene una susceptibilidad baja, no así el valor más alto es el de mayor susceptibilidad (Ver Tabla 20).

Tabla 19  
*Ponderación Factor Litología*

Clase	Formación Geológica	Valor Ponderado Deslizamiento (SI)	Valor Ponderado Caídas (SI_C)	Calificativo
1	Depósitos Aluviales	5	1	Muy Bajo
2	Depósitos Coluviales	5	1	Muy Bajo
3	Depósitos Coluvio Aluviales	3	1	Muy Bajo
4	Metamórfico Indiferenciado	3	3	Moderado
5	No Aplica	0	0	Nulo
6	Volcánicos Indiferenciados	2	2	Bajo
7	Volcánicos de Mangus	2	2	Bajo

Fuente: IEE-MAGAP, 2015 (Tomado de Mora Vahrson, 2004)

#### 4.1.1.3 Factor Cobertura Vegetal (SC)

Se identificaron 6 tipos de cobertura vegetal (Ver Anexo 3, Mapa 5) de los cuales el representativo es Tierras Agropecuarias con una superficie de 4.123,23 ha respectivamente; distribuidos uniformemente por toda el área de estudio, principalmente en la poblaciones de Bolívar, Cunquer, Puntales, Los Guabos, la Calera y Gruta de la Paz.

Otro tipo de nivel predominante es la Vegetación Herbácea y Arbustiva que ocupa un 45,53 % de superficie, que se distribuye uniformemente por toda la cuenca baja del río Apaquí.

Dentro del nivel Otras Tierras, se encuentran zonas en procesos en erosión, afloramientos rocosos que se ubican principalmente en la zona norte del área de estudio, ocupando una superficie de 156,55 ha (Ver Tabla 21).

Tabla 20

*Cobertura Vegetal Cuenca Baja Río Apaquí*

Clase	Nivel I	Superficie ha	Superficie %
1	Bosque	485,04	5,36
2	Vegetación Herbácea y Arbustiva	4.121,23	45,53
3	Tierras Agropecuarias	4.123,23	45,55
4	Zona Antrópica	113,05	1,25
5	Otras Tierras	156,55	1,73
6	Cuerpos De Agua	52,90	0,58
<b>TOTAL</b>		<b>9.052,00</b>	<b>100</b>

Fuente: Mapa Cobertura Vegetal, 2016

La vegetación con mayor densidad de follaje amortigua eficientemente el golpe de la lluvia y disminuye la erosión. En hierbas y pastos el volumen de follaje actúa como un colchón protector contra los efectos erosivos del agua de escorrentía (Suarez, 1998).

La ponderación para este factor fue la misma tanto para caídas como para deslizamientos, y en base a la cobertura vegetal y al tipo de uso encontrada se califico de 0 a 5 de acuerdo a la Metodología Mora – Vahrson (Ver Tabla 22).



Tabla 21  
*Ponderación Factor Cobertura Vegetal*

Clase	Nivel I	Tipo	Ponderación SC	Calificativo
1	Bosque	Bosque húmedo muy alterado	2	Bajo
		Bosque húmedo poco alterado	2	Bajo
		Bosque seco medianamente alterado	4	Alto
		Bosque seco muy alterado	4	Alto
2	Vegetación Herbácea y Arbustiva	Matorral húmedo muy alterado	3	Moderado
		Matorral húmedo poco alterado	3	Moderado
		Matorral seco medianamente alterado	4	Alto
		Matorral seco muy alterado	4	Alto
		Vegetación herbácea de humedal muy alterada	3	Moderado
		Vegetación herbácea seca muy alterada	4	Alto
		Vegetación herbácea seca poco alterada	4	Alto
3	Tierras Agropecuarias	Cultivos de Ciclo Corto	5	Muy Alto
		Pasto Cultivado	4	Alto
		Invernaderos	5	Muy Alto
		Frutales	2	Bajo
4	Zona Antrópica	Centros Poblados	0	Nulo
5	Otras Tierras	Afloramiento rocoso	5	Muy Alto
		Área en proceso de erosión	5	Muy Alto
		Área erosionada	5	Muy Alto
6	Cuerpos De Agua	Ríos Dobles	0	Nulo

Fuente: IEE-MAGAP, 2015 (Tomado de Mora Vahrson, 2004)

#### 4.1.2 Factores Detonantes

Las variables detonantes se refieren a un factor externo que genera respuesta traducida en remoción en masa mediante el rápido incremento de esfuerzos o la reducción de la resistencia del material de una ladera. (Wieczorek, 1996)

##### 4.1.2.1 Factor Disparo Precipitaciones ( $Tp_p$ )

De acuerdo al mapa de precipitación máxima en 24 horas con tiempos de retorno de 100 años (Ver Anexo 3, Mapa 6), la precipitación máxima en la cuenca baja del Apaquí es de

100 a 150 mm, ocupando una superficie de 5.631,64 ha ubicándose desde el centro poblado Los Andes en dirección este, es decir el cantón Montúfar.

En las 3.420,35 ha sobrantes existe una precipitación máxima menor a 100 mm, ubicándose desde el puente El Juncal hasta el sector de Puntales (Ver Tabla 23).

Tabla 22  
*Precipitación Máxima Cuenca Baja Río Apaquí*

Clase	Precipitaciones Máximas 24		Superficie ha	Superficie %
	Horas, Periodos De Retorno	100 Años (Mm)		
1	< 100		5.631,65	62,21
2	100 - 150		3.420,35	37,79
<b>TOTAL</b>			<b>9.052,00</b>	<b>100</b>

Fuente: Mapa Precipitación Máxima, 2016

En el análisis de susceptibilidad de esta variable se obtuvieron calificativos de muy bajo y bajo de acuerdo al cuadro de categorización de disparo de precipitaciones elaborado por el INAMHI en el año 1999.

A partir de la aplicación de la metodología Mora – Vahrson en 1993, se determino que a nivel nacional existe una precipitación máxima en 24 horas de 245 mm en un periodo de retorno de 100 años (Ver Tabla 24).

Tabla 23  
*Ponderación Factor de Disparo por Precipitaciones*

Clase	Precipitaciones Máximas 24		Calificativo	Ponderación
	Horas, Periodos De Retorno	100 Años (Mm)		
1	< 100		Muy Bajo	1
2	100 - 150		Bajo	2

Fuente: INAMHI, 1999.

#### 4.1.2.2 Factor Disparo Sismos ( $Ts_p$ )

Para el factor por disparos de sismo (Ver Anexo 3, Mapa 7) se determinaron dos rangos de intensidad, con magnitudes menores a 3,5 ocupan un 47,89 % de la superficie, se ubican Puntales Bajo y Alto, Los Guabos, San Francisco de Chutan y Bolívar.

Dentro de la cuenca baja del Río Apaquí, un total de 4.716,75 ha corresponden a sismos de magnitudes que fluctúan entre 3,5 y 4,4 en la escala de Richter, siendo así las predominantes. Se encuentran distribuidas desde El Juncal hasta el centro poblado Los Andes, Gruta de la Paz y La Calera (Ver Tabla 25).

Tabla 24  
*Sismos Cuenca Baja Río Apaquí*

Clase	Rangos (Magnitud Richter)	Superficie ha	Superficie %
1	<3,5	4.335,25	47,89
2	3,5 – 4,4	4.716,75	52,11
<b>TOTAL</b>		<b>9.052,00</b>	<b>100</b>

Fuente: Mapa Sismos, 2016

En el calificativo para este factor se identificaron dos rangos entre ellos Nulo y Bajo, ya que los valores registrados por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional para la cuenca Baja del río Apaquí muestran movimientos sísmicos con magnitudes máximas de 4,4 en la escala de Richter (Ver Tabla 26).

Tabla 25  
*Ponderación Factor de Disparo por Sismos*

Clase	Rangos (Magnitud Richter)	Calificativo	Ponderación
1	<3,5	Nulo	0
2	3,5 – 4,4	Muy Bajo	1

Fuente: IEE-MAGAP, 2015 (Tomado de Mora Vahrson, 2004)

### 4.1.3 Grado de Amenaza a Deslizamientos

La descripción para el grado de amenaza a deslizamientos que se detalla a continuación, es para la cuenca baja del río Apaquí y para el área de influencia del tramo El Juncal – Bolívar (Ver Anexo 3, Mapa 8).

#### 4.1.3.1 Cuenca Baja del Río Apaquí

El grado de amenaza dentro de la cuenca baja del río Apaquí es moderado, con una superficie de 4.893,16 ha que se ubica cerca de los centros poblados Los Chorlines, Cunquer, Chulungusa, Gruta de la Paz, El Izal, San Francisco de Villacis. Y con predominancia en las zonas cercanas al cauce del río Apaquí o Rumichaca, quebrada San Blas, Yail, El Rosario, Pueraquer y Almuchin, en donde las pendientes son escarpadas, muy escarpadas y abruptas (Ver Tabla 27).

El grado de amenaza bajo y muy bajo, ocupan un porcentaje de 14,57% y 31,37% respectivamente, se distribuyen desde el sector La Cruz, Bolívar, Pistud y Cuesaca en dirección hacia Tulcán.

Tabla 26  
*Grado de Amenaza Deslizamientos Cuenca Baja Río Apaquí*

Clase	Grado de Amenaza	Superficie ha	Superficie %
1	Muy Bajo	2.839,85	31,37
2	Bajo	1.318,99	14,57
3	Moderado	4.893,16	54,06
<b>TOTAL</b>		<b>9.052,00</b>	<b>100</b>

Fuente: Mapa Amenaza de Deslizamientos, 2016

#### 4.1.3.2 Área de Influencia Vial, Tramo El Juncal-Bolívar

La susceptibilidad del terreno a deslizamientos, permitió identificar tres grados de amenaza en el área de influencia del tramo El Juncal – Bolívar siendo la representativa el grado de amenaza moderado con un 47,89% que se ubica desde el km 44+000 sector Piquiucho hasta el km 59+000 sector La Cruz, guardando así relación con las características como la pendiente que oscila entre 40% y 100% que corresponde a terrenos fuertemente disectados a

muy fuertemente disectados, el uso de suelo en donde predominan tierras agropecuarias, vegetación herbácea y arbustiva con suelos de origen volcánico, fragmentos de cuarzo, plagioclasa, biotita, pómez, material piroclástico y tobas. Además de mencionar que los factores detonantes presentan rangos de precipitación máxima en 24 horas menores a los 100mm (Ver Tabla 28).

Tabla 27  
*Grado de Amenaza Deslizamientos Área de Influencia Tramo El Juncal-Bolívar*

Clase	Grado de Amenaza	Superficie ha	Superficie %
1	Muy Baja	494,44	20,30
2	Baja	315,58	31,81
3	Moderado	744,53	47,89
<b>TOTAL</b>		<b>1.554,55</b>	<b>100</b>

Fuente: Mapa Amenaza de Deslizamientos, 2016

El grado de amenaza Muy Baja y Baja en la en el área de influencia ocupa una superficie de 494,44 ha y 315,58 ha respectivamente. En el tramo vial El Juncal – Bolívar se ubica consecutivamente en el km 43+000 antes de llegar al centro poblado Piquiucho y desde el km 59+000 hasta el km 66+600 correspondiente a los sectores Los Andes y Bolívar.

En donde la pendiente oscila entre el 0% y 40%, es decir terrenos planos a medianos a fuertemente disectados, con uso de suelo como tierras agropecuarias y precipitaciones máximas en 24 horas de entre 100 y 150 mm, con sismos menores a 3,5 en la escala de Richter.

#### **4.1.4 Grado de Amenaza a Caída de Bloques**

La descripción para el grado de amenaza a caída de bloques que se detalla a continuación, es para la cuenca baja del río Apaquí y para el área de influencia del tramo El Juncal – Bolívar (Ver Anexo 3, Mapa 9).

##### **4.1.4.1 Cuenca Baja del Río Apaquí**

El grado de amenaza muy bajo con un porcentaje de 54,64 % se ubica en zonas con pendientes planas, onduladas como Cunquer, Bolívar, Los Andes, Tuquer, La Calera y Pisan (Ver Tabla 29).

En el caso del grado de amenaza bajo presente con un porcentaje de 37,07 % ubicado en la zona central y sur de la cuenca baja es el grado de amenaza moderado que se ubica en las zonas altas cercanas al río Apaquí en un porcentaje de 8,33%.

Tabla 28

*Grado de Amenaza Caída de Bloques Cuenca Baja del Río Apaquí*

Clase	Grado de Amenaza	Superficie ha	Superficie %
1	Muy Bajo	4.945,64	54,64
2	Bajo	3.351,90	37,07
3	Moderado	754,46	8,33
<b>TOTAL</b>		<b>9.052,00</b>	<b>100</b>

Fuente: Mapa Amenazas Caída de Bloques, 2016

**4.1.4.2 Área de Influencia Vial, Tramo El Juncal-Bolívar**

De acuerdo al modelo cartográfico aplicado en la zona del estudio, se identificaron tres grados de amenaza. El grado de amenaza predominante en el área de influencia del tramo El Juncal - Bolívar es muy bajo el cual ocupa un 61,37% de superficie que corresponde a 954,00 ha (Ver Tabla 30).

Tabla 29

*Grado de Amenaza Caída de Bloques Área Influencia Tramo El Juncal-Bolívar*

Clase	Grado De Amenaza	Superficie ha	Superficie %
1	Muy Bajo	954,00	61,37
2	Bajo	584,59	37,61
3	Moderado	15,94	1,03
<b>TOTAL</b>		<b>1.544,55</b>	<b>100</b>

Fuente: Mapa Amenazas Caída de Bloques, 2016

La ubicación del grado de amenaza muy bajo en el tramo vial El Juncal - Bolívar, se encuentra en el km 43+000 hasta el km 46+000 correspondiente al centro poblado Piquiucho, además se ubica desde el km 51+000 hasta el km 54+700 en el sector Los Chorlines, Cunquer y San Francisco de Villacis.

El grado de amenaza antes mencionado es uniforme a partir del km 59+000 se ubica en el sector La Cruz, Los Andes, Puntales y Bolívar. En los tramos antes mencionados existen pendientes no mayores al 40% con tierras agropecuarias en su mayoría, en donde predomina la formación Volcánicos Indiferenciados y la existencia de precipitaciones máximas en 24 horas de hasta 150 mm.

Otro grado de amenaza que se ubica a lo largo del tramo vial en estudio es de tipo bajo; disperso en los km 46+000, 48+000, 49+000, 50+000, 55+000, 57+000 y 58+000 ubicados en la variante puente sobre la quebrada El Rosario, Quebrada Almuchin y Puerquer.

En el grado de amenaza bajo la vegetación es de tipo herbácea y arbustiva, con pendientes de hasta 100% que corresponden a la categoría muy fuertemente disectadas. El grado de amenaza moderado, afecta en mínima proporción a zonas cercanas al km 56+000 y 54+000, en una superficie de 15,94 ha.

La metodología Mora y Vahrson (1992) toma en cuenta factores condicionantes y detonantes que incluye algunas variables para determinar el grado de amenaza como condicionante humedad del suelo y cobertura vegetal. A diferencia de este autor, en el presente trabajo se descarto el factor humedad de suelo ya que al momento de generar el mapa de amenazas con esta variable el resultado obtenido fueron áreas muy dispersas. En cuanto al factor cobertura vegetal, se obtuvieron zonas homogéneas no dispersas.

## **4.2 GENERACIÓN DE MODELO CARTOGRÁFICO GRADO DE VULNERABILIDAD**

En la generación del modelo cartográfico se detallan la vulnerabilidad social y la vulnerabilidad física.

### **4.2.1 Vulnerabilidad Social**

Dentro de la vulnerabilidad social se encuentra la variable densidad poblacional (Ver Anexo 3, Mapa 10).

#### 4.2.1.1 Variable Densidad Poblacional

En la variable densidad poblacional se determinaron cuatro rangos de distribución de la población de acuerdo al número de habitantes por km<sup>2</sup>, la densidad baja con un porcentaje de 69,08% ubicada en los sectores puente El Juncal, Piquiucho, Gruta de La Paz y Cuesaca.

La densidad media ocupa una superficie de 1.940,54 ha ubicada en Puntales, Cunquer, La Calera, quebrada Cuesaca. La densidad alta y muy alta con un porcentaje de 6,56 % y 2,92% respectivamente.

La densidad Alta se ubica en el lado izquierdo de la vía El Juncal - Bolívar sectores Cunquer, Los Chorlines y la densidad Muy Alta en los centros poblados y áreas de influencia de Bolívar, Los Andes, La Esperanza y San Joaquín(Ver Tabla 31).

Tabla 30  
*Densidad Poblacional Cuenca Baja Río Apaquí*

Clase	Densidad Poblacional	Superficie ha	Superficie %
1	Baja	6.253,55	69,08
2	Media	1.940,54	21,44
3	Alta	593,47	6,56
4	Muy alta	264,44	2,92
	<b>TOTAL</b>	<b>9.052,00</b>	<b>100</b>

Fuente: Mapa Densidad Poblacional, 2016

Aquellas zonas en donde la densidad poblacional es alta, se convierten zonas con una vulnerabilidad alta y con mayor exposición en el caso que ocurra un desastre natural. En el calificativo para este factor se identificaron cuatro rangos de ponderación entre ellos Bajo, Moderado, Alto y Muy Alto (Ver Tabla 32).



Tabla 31  
*Ponderación Factor Densidad Poblacional*

Clase	Densidad Poblacional	Calificativo	Ponderación
1	Baja	Bajo	2
2	Media	Moderado	3
3	Alta	Alto	4
4	Muy Alta	Muy Alto	5

#### 4.2.2 Vulnerabilidad Física

Dentro de la vulnerabilidad social se encuentra la variable capacidad uso de la tierra (Ver Anexo 3, Mapa 11).

##### 4.2.2.1 Variable Capacidad Uso de la Tierra

En la cuenca Baja del Río Apaquí, se identificaron ocho clases agrológicas, de las cuales con representatividad se encuentra la Clase VII, se hallan sujetos a limitaciones permanentes, ocupan 2.701,29 ha distribuidos en el sector Piquiucho, y zonas aledañas a los cursos de agua del Río Apaquí, quebrada San Joaquín, San Blas, El Rosario y Pueriquer.

La clase VIII ocupa un 18,33% de superficie, caracterizada por ser suelos que no son aptos para realizar agricultura y pastoreo. Se ubican en lugares cercanos a los cursos de agua. La clase V con 1.344,67 ha ubicada principalmente en los poblados Bolívar, Los Andes, La Cruz y San Joaquín, en donde los suelos son adecuados para vegetación permanente, y no son apropiados para cultivos.

La clase III ocupa un área de 1.188,99 ha localizados en el área de influencia del tramo vial El Juncal – Bolívar en los sectores Los Chorlines, Cunquer, Chulunguasa. Siendo suelos que tienen importantes limitaciones, con fertilidad baja y con un alto riesgo de erosión. Los suelos de clase II, IV, VI, Tierras Misceláneas (Ver Tabla 33).

Tabla 32  
*Capacidad Uso de la Tierra*

Clase	Clases Agrológicas	Superficie ha	Superficie %
1	Limitaciones Moderadas (II)	837,47	9,25
2	Limitaciones Moderadas (III)	1188,99	13,14
3	Limitaciones Permanentes (IV)	684,99	7,57
4	Limitaciones Severas (V)	1344,67	14,85
5	Limitaciones Severas (VI)	122,84	1,36
6	Limitaciones Muy Severas (VII)	2701,29	29,84
7	Limitaciones Muy Severas (VIII)	1659,64	18,33
8	Tierras Misceláneas	355,42	3,93
9	No Aplica	156,69	1,73
<b>TOTAL</b>		<b>9.052,00</b>	<b>100</b>

Fuente: Mapa Capacidad Uso de la Tierra, 2016

La capacidad de uso del suelo, muestra parámetros de limitación e interpretación de las características para el uso del suelo encaminadas a actividades agrícolas, pecuarias o de conservación, observándose que aquellas clases que tienen limitaciones de actividades tienen grados de vulnerabilidad bajo y muy bajo (Ver Tabla 34).

Tabla 33  
*Ponderación Capacidad Uso de la Tierra*

Clase	Clases Agrológicas	Calificativo	Ponderación
1	Limitaciones Moderadas (II)	Muy Alto	5
2	Limitaciones Moderadas (III)	Alto	4
3	Limitaciones Permanentes (IV)	Alto	4
4	Limitaciones Severas (V)	Moderado	3
5	Limitaciones Severas (VI)	Bajo	2
6	Limitaciones Muy Severas (VII)	Bajo	2
7	Limitaciones Muy Severas (VIII)	Muy Bajo	1
8	Tierras Misceláneas	No Aplica	0
9	No Aplica	No Aplica	0

### **4.2.3 Grado de Vulnerabilidad a Movimientos en Masa**

La descripción para el grado de vulnerabilidad a movimientos en masa que se detalla a continuación, es para la cuenca baja del río Apaquí y para el área de influencia del tramo El Juncal – Bolívar (Ver Anexo 3, Mapa 12).

#### ***4.2.3.1 Cuenca Baja del Río Apaquí***

El grado de vulnerabilidad con predominancia en la cuenca baja del río Apaquí es de tipo bajo con un porcentaje de 60,65 % el cual se distribuye uniformemente por toda la cuenca baja y que corresponden aquellas áreas en donde la densidad poblacional es baja es decir la población tiene un promedio de 3 a 20 hab/km<sup>2</sup>.

La vulnerabilidad de tipo muy bajo ocupa un total de 2.658,55 ha que corresponden a 29,37 % de la superficie de la cuenca baja, en donde la capacidad de uso de la tierra es V, VI, VII y VIII es decir suelos con limitaciones y restricciones a varias actividades; se ubican principalmente en la zona norte de la cuenca y en varios lugares cercanos a sectores como Puntales, San Francisco de Chutan, Los Guabos, Gruta de La Paz.

En los sectores de Cunquer, Los Chorlines, La Calera y Cuesaca se observa un grado de vulnerabilidad moderado que corresponde al 8,33% de la superficie, en donde la densidad poblacional tiene un promedio de 21 a 80 hab/km<sup>2</sup>, es decir son zonas en donde existe mayor intervención.

Los grados Alto y Muy Alto con un porcentaje de 0,86 y 0,79 respectivamente, se ubican en el sector de Cunquer y La Cruz donde las densidades poblacionales son muy altas y la capacidad de uso de suelo son de tipo II y III, es decir zonas aptas para actividades como agricultura y ganadería (Ver Tabla 35).

Tabla 34  
*Grado de Vulnerabilidad Cuenca Baja Río Apaquí*

Clase	Grado de Vulnerabilidad	Superficie ha	Superficie %
1	Muy Bajo	2.658,55	29,37
2	Bajo	5489,93	60,65
3	Moderado	753,94	8,33
4	Alto	78,02	0,86
5	Muy Alto	71,56	0,79
	<b>TOTAL</b>	<b>9.052,00</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Mapa Vulnerabilidad a Movimientos en Masa, 2016

#### **4.2.3.2 Área de Influencia Vial, Tramo El Juncal-Bolívar**

Con un 54,63% el grado de vulnerabilidad bajo se ubica desde los km 44+000 hasta el km 51+000 perteneciente al poblado Piquiucho que se encuentra en una zona con densidad poblacional baja, con suelos VII sujetos a limitaciones permanentes. Los km 59, 60,64, 65 y 66 con suelo II y III que tienen características buenas para realizar actividades pecuarias y agrícolas se ubican en Los Andes y Bolívar.

La vulnerabilidad de tipo muy bajo ocupa un total de 466,42 ha correspondiente a suelos V con vegetación permanente, pueden realizar actividades de pastoreo y bosques con ciertas limitaciones, se ubica en los kilómetros 43, 56, 57, 61, 62 y 63 que se ubican en el puente sobre el río Juncal, Puntales Alto Puntales Bajo y quebrada Cuarantún (Ver Tabla 36).

Tabla 35  
*Grado de Vulnerabilidad Área de Influencia Tramo vial El Juncal – Bolívar*

Clase	Grado de Vulnerabilidad	Superficie ha	Superficie %
1	Muy Bajo	466,42	30,00
2	Bajo	849,19	54,63
3	Moderado	143,44	9,23
4	Alto	59,86	3,85
5	Muy Alto	35,66	2,29
	<b>TOTAL</b>	<b>1554,57</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Mapa Vulnerabilidad a Movimientos en Masa, 2016

El grado de vulnerabilidad moderado ocupa una superficie de 143,44 ha correspondiente a 9,23% de la superficie, en donde la densidad poblacional es media y alta. Se ubican en el margen derecho de la vía en el km 52 y 53.

Los grados de vulnerabilidad alto y muy alto se localizan en los kilómetros 54, 60 y 61 sobre el margen izquierdo de la vía sector Cunquer con una superficie de 3,85% y 2,29 % respectivamente. Cabe mencionar que aquellas zonas en las que existe mayor densidad poblacional, existe grado de vulnerabilidad considerables ya que en estas zonas se realizan actividades de tipo agrícola y pecuarias, en suelos con limitaciones.

Para el análisis de grado de vulnerabilidad en la metodología establecida por Wilmer Reyes y Otàrola Jiménez (2006) se evalúa los factores críticos y la vulnerabilidad global, misma que encierra varios tipos de vulnerabilidades como: física, social, económica, política, ideológica, cultural, entre otras. El trabajo de investigación en cuestión, tomo en cuenta la vulnerabilidad física y social, ya que esta información se encontraba actualizada al 2015 para el cantón Bolívar y la escala se adapta a la superficie del área de estudio, obteniendo resultados ajustados a la realidad del lugar, que integra los indicadores de densidad poblacional y clases agrológicas.

#### **4.3 RIESGO DE MOVIMIENTOS EN MASA: DESLIZAMIENTOS Y CAÍDA DE BLOQUES**

##### **4.3.1 Riesgos a Deslizamientos**

El grado de riesgo para deslizamientos en el tramo vial el Juncal – Bolívar se ubica geográficamente (Ver Gráfico 14).

En el área de influencia del tramo vial El Juncal - Bolívar se identificaron tres grados de riesgo para el movimiento en masa deslizamientos, que permiten tener un panorama claro de las consecuencias que se podría generar en caso de ocurrir un evento, como son: pérdida de vidas, pérdida de viviendas aledañas, afectación de infraestructura crítica y actividades económicas (Ver Anexo 3, Mapa13).

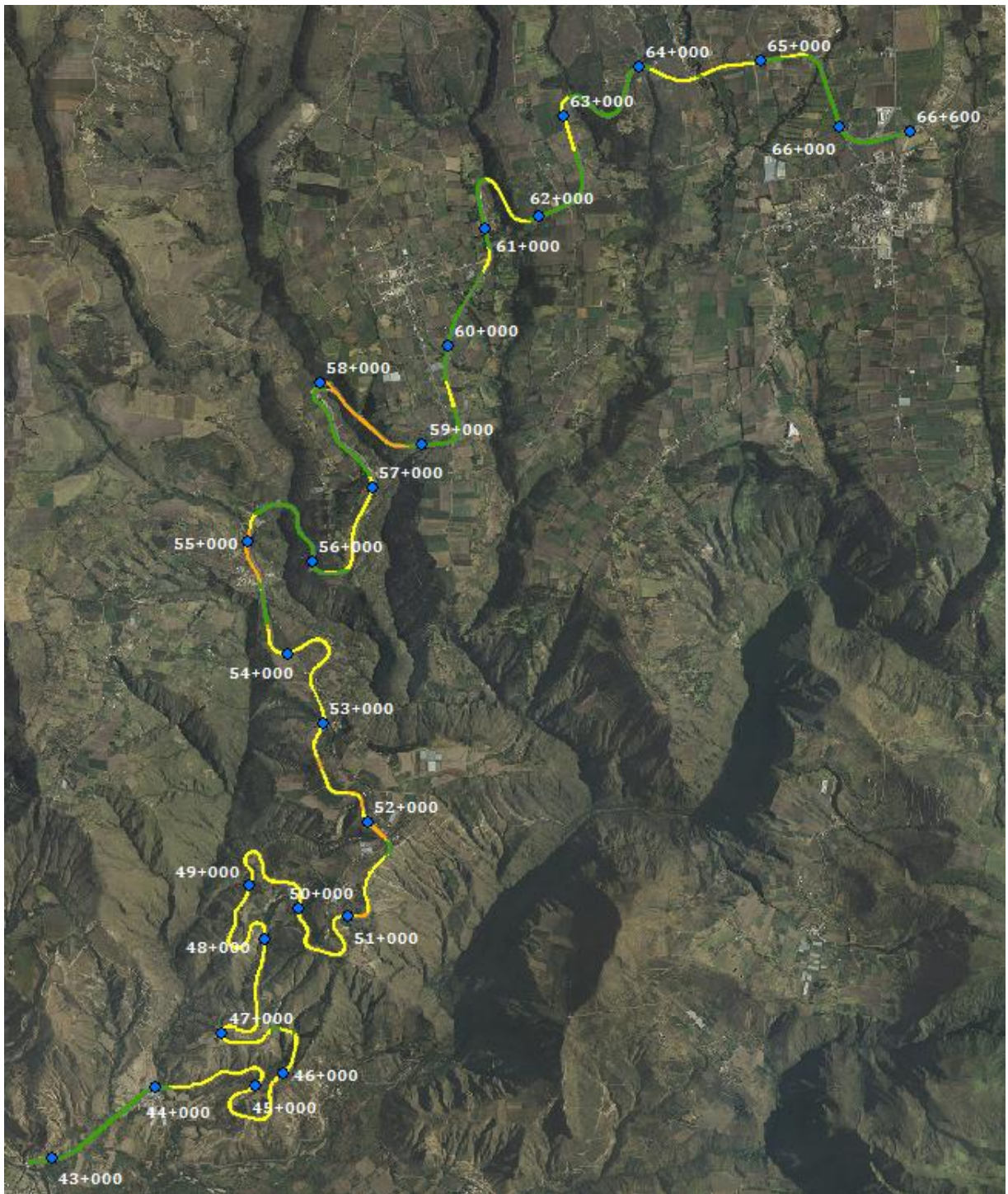







Gráfico14. Ubicación de los Grados de Riesgo a Deslizamientos Muy Bajo, Bajo, Moderado en el Tramo El Juncal – Bolívar  
Fuente: Mapa Riesgos a Deslizamientos, 2016

De la generación del modelo cartográfico se obtuvieron los grados de riesgo (Ver Tabla 37).

Tabla 36  
*Riesgo a Deslizamientos Tramo Vial El Juncal – Bolívar*

	Grado Riesgo	Superficie ha	Superficie %
	Muy Bajo	775,49	49,88
	Bajo	565,08	36,35
	Moderado	214,00	13,77
	Alto	0,00	0,00
	Muy Alto	0,00	0,00
	<b>TOTAL</b>	<b>1554,57</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Mapa Riesgos a Deslizamientos, 2016

#### 4.3.1.1 Descripción del Riesgo Tramo Vial El Juncal Bolívar

Los grados de riesgo que a deslizamientos que a continuación se detallan son grado muy bajo, bajo, moderado.

- **Grado Muy Bajo**

**Características:** Se encuentra localizado en el km 54+500, 55+200, 57+000, 59+000, 60+000,61+000, 62+000, 63+000, 65+000 hasta el km 66+600 que corresponden a los sectores de Chulunguasa, La Cruz, Puntales Alto, Puntales Bajo, Los Andes y Bolívar. En el km 43+000 a partir del puente El Juncal hasta Piquiucho, se caracterizan por tener pendientes de entre 0 y 25%, con una topografía plano a ondulada, en donde el uso de suelo es destinado para tierras agropecuarias. La densidad poblacional varía desde baja, media y alta. Esta zona cubre una superficie de 775,49 ha del total del área de influencia del tramo vial (Ver Gráfico 15).



*Gráfico 15.* Riesgo Muy Bajo km 66+000, Sector Bolívar

- **Grado Bajo**

**Características:** Se encuentra ubicado principalmente en los sectores de Piquiucho y Cunquer en 565,08 ha que corresponden al 36,35% de la superficie. (Ver anexo, mapa)

Tiene pendientes que fluctúan entre 25 y 40%, siendo este un relieve mediano a fuertemente disectado, caracterizado por ser suelos de formación volcánicos indiferenciados con capacidad de uso del suelo de tipo VI y VII, es decir suelos con limitaciones para actividades agrícolas. Además presentan rangos de precipitación máxima en 24 horas de 150mm, y en donde a pesar de las condiciones existe gran actividad antrópica (Ver Gráfico 16).



*Gráfico 16.* Riesgo Bajo km 47+000, Sector Los Chorlines



- **Grado Moderado**

**Características:** se sitúa con mayor presencia en los km 51+000, 54+000 y 58+000 que corresponden al sector Piquiucho, ocupa un 13,77% de la superficie.

Con un relieve muy fuertemente disectado, con pendientes que varían entre 70 y 100%, suelos de formación volcánicos indiferenciados con zonas de vegetación herbácea, arbustiva y tierras agropecuarias. En esta zona existe gran cantidad de causes de quebradas y drenajes menores como la quebrada de Pueraquer. La densidad poblacional es baja con un promedio de 3 a 20 hab/km<sup>2</sup> y con precipitaciones menores a 100 mm (Ver Gráfico 17).



*Gráfico 17.* Riesgo Moderado km 58+000, Puente sobre quebrada El Rosario

#### **4.3.2 Riesgos Caída de Bloques**

Se identificaron tres grados de riesgo para el movimiento en masa conocido como caída de bloques en el tramo vial El Juncal - Bolívar, mediante el cual se puede identificar zonas con mayor y/o menor riesgo (Ver Anexo 3, Mapa 14).

El grado de riesgo para caída de bloques en el tramo vial el Juncal – Bolívar se ubica geográficamente (Ver Gráfico 18):

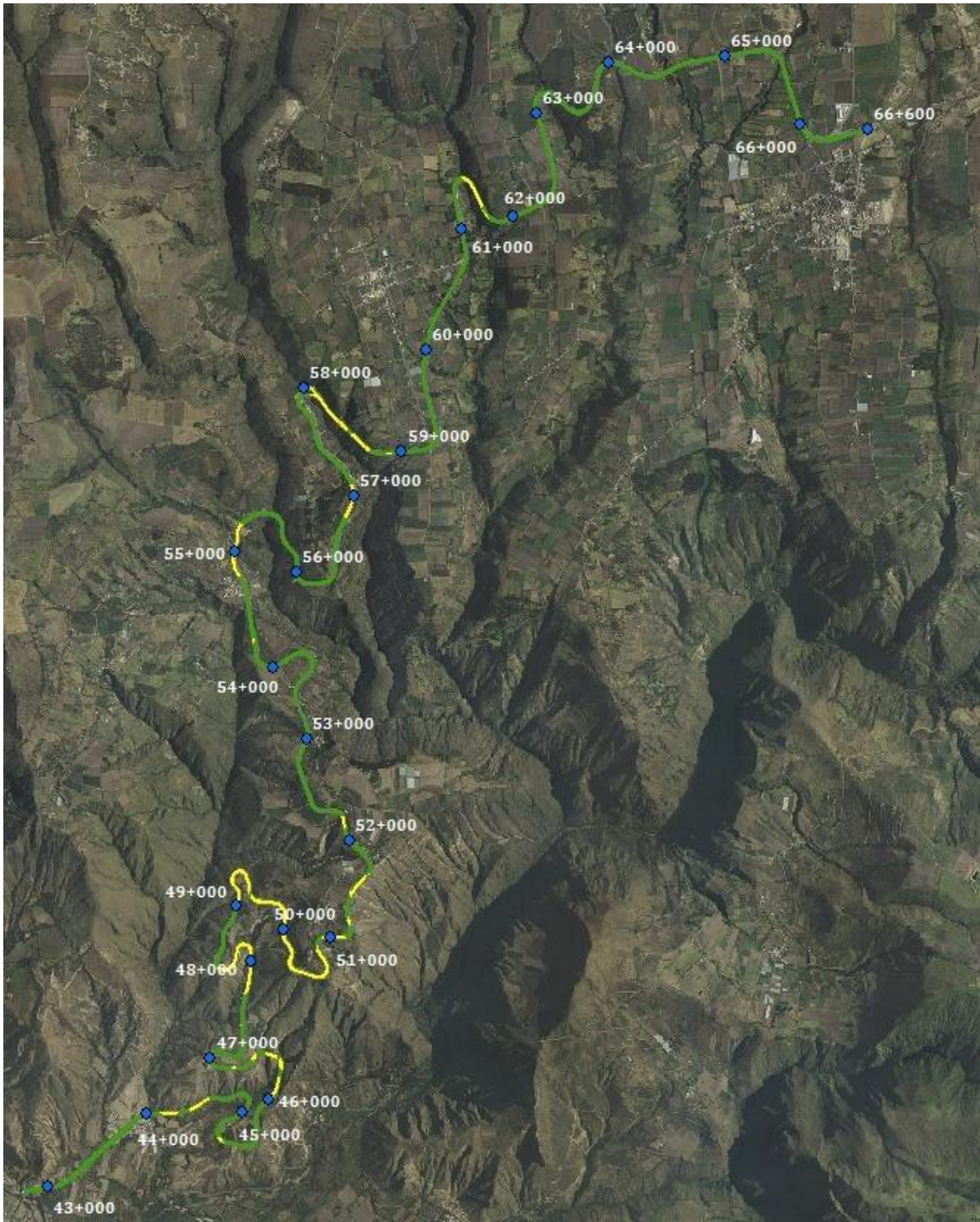







Gráfico18. Ubicación de los Grados de Riesgo a Caída de Bloques Muy Bajo, Bajo, Moderado en el Tramo El Juncal – Bolívar

Fuente: Mapa Riesgos a Deslizamientos, 2016

De la generación del modelo cartográfico se obtuvieron los grados de riesgo (Ver Tabla 38).

Tabla 37  
Riesgo a Caída de Bloques Tramo vial El Juncal – Bolívar

	Grado Riesgo	Superficie ha	Superficie %
	Muy Bajo	1.101,90	70,88
	Bajo	444,44	28,59
	Moderado	8,23	0,59
	Alto	0,00	0,00
	Muy Alto	0,00	0,00
	<b>TOTAL</b>	<b>1.554,57</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Mapa Riesgos a Caídas de Bloques, 2016

#### 4.3.2.1 Descripción del Riesgo Tramo Vial El Juncal-Bolívar

Los grados de riesgo que a caída de bloques que a continuación se detallan son grado muy bajo, bajo, moderado.

- **Grado Muy Bajo**

**Características:** ocupa un total de 1101,90 ha que corresponde al 70,88% del área total, las pendientes de topografía plana y medianamente ondulada con suelos con suelos de clases agrológicas tipo III, IV y V; encontrando suelos derivados de cenizas volcánicas, con presencia de cultivos de ciclo corto, cultivos bajo invernadero y frutales. La densidad poblacional varía entre baja, media y alta. Se ubican con mayor frecuencia a partir del km 59+000 en dirección hacia Tulcán.

Con menor predominancia se ubican en el margen derecho de la vía en el km 52+000 y 54+000, 55+000, 56+000 y 57+000 en los sectores Cunquer y los Chorlines (Ver Gráfico 19).

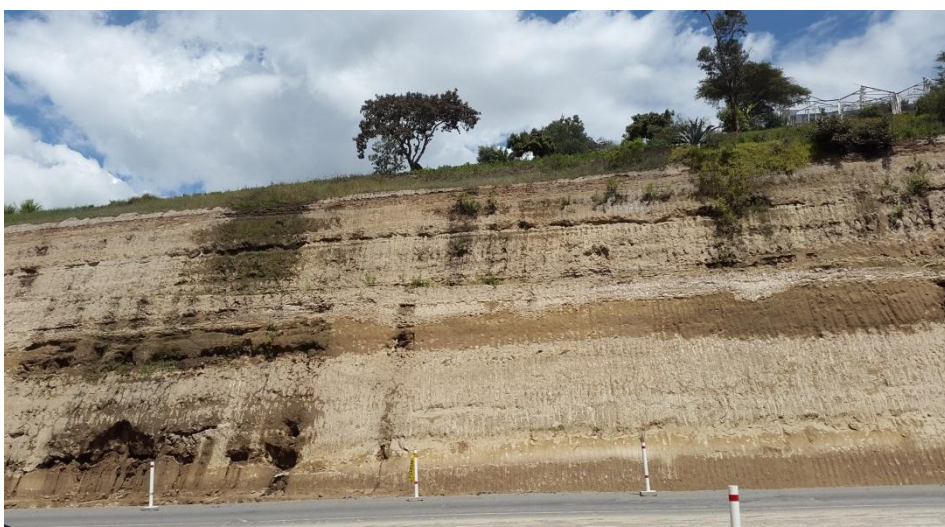


*Gráfico 19.* Riesgo Muy Bajo km 65+000, Ingreso al centro poblado Bolívar

- **Grado Bajo**

**Características:** Se distribuye uniformemente en los km 44+000, 47+000, 48+000, 49+000 y 50+000 altura de los centros poblados Los Chorlines y Cunquer. Ocupa el 28,59% de la superficie del área en estudio.

En esta zona existe actividad agrícola, lo que provocado que el agua de riego produzca erosión en taludes y varias zonas con vegetación herbácea y arbustiva, con pendientes de 0 a 40% que corresponde a topografías planas, onduladas y moderadamente disectadas con suelos que contienen rocas de tipo andesitas, basaltos y lavas. Los rangos de precipitación máxima en 24 horas son menores a 100mm, con densidades poblacionales medias y bajas (Ver Gráfico 20).



*Gráfico 20.* Riesgo Bajo km 48+000, sector Piquiucho

- **Grado Moderado**

**Características:** Se ubica en los km 54+700 en el margen derecho de la vía a la altura del poblado San Francisco de Villacis y en áreas cercanas a la quebrada El Duende. La capacidad de uso de suelo es de tipo VII, es decir áreas con severas limitaciones y que deben ser consideradas como zonas de conservación, las pendientes son fuertemente disectadas con depósitos mixtos y roca suave.

Corresponde a un 0,59% del área en estudio, y presenta una densidad poblacional media y alta (Ver Gráfico 21).



*Gráfico 21.* Riesgo Moderado km 54+700, sector San Francisco

En el plan de ordenamiento territorial del cantón Bolívar se contempla una Zonificación de Uso Ocupación del Suelo y Categorías de Ordenamiento Territorial, en el cual se incluyen varias zonas, entre ellas zona de desarrollo productivo y económico. Los grados de riesgo obtenidos fueron cotejados con la zonificación y aquellas zonas con grado de riesgo moderado, están siendo consideradas como zonas de desarrollo productivo y económico, sin tomar en cuenta el tipo de vegetación que está presente en el lugar y la topografía del terreno. A pesar que dentro del PD y OT del cantón Bolívar en esta zona se promuevan buenas prácticas agrícolas, estas actividades con el paso de tiempo y el cambio climático generaran que aumente el grado de riesgo en la zona (Ver Gráfico 22).

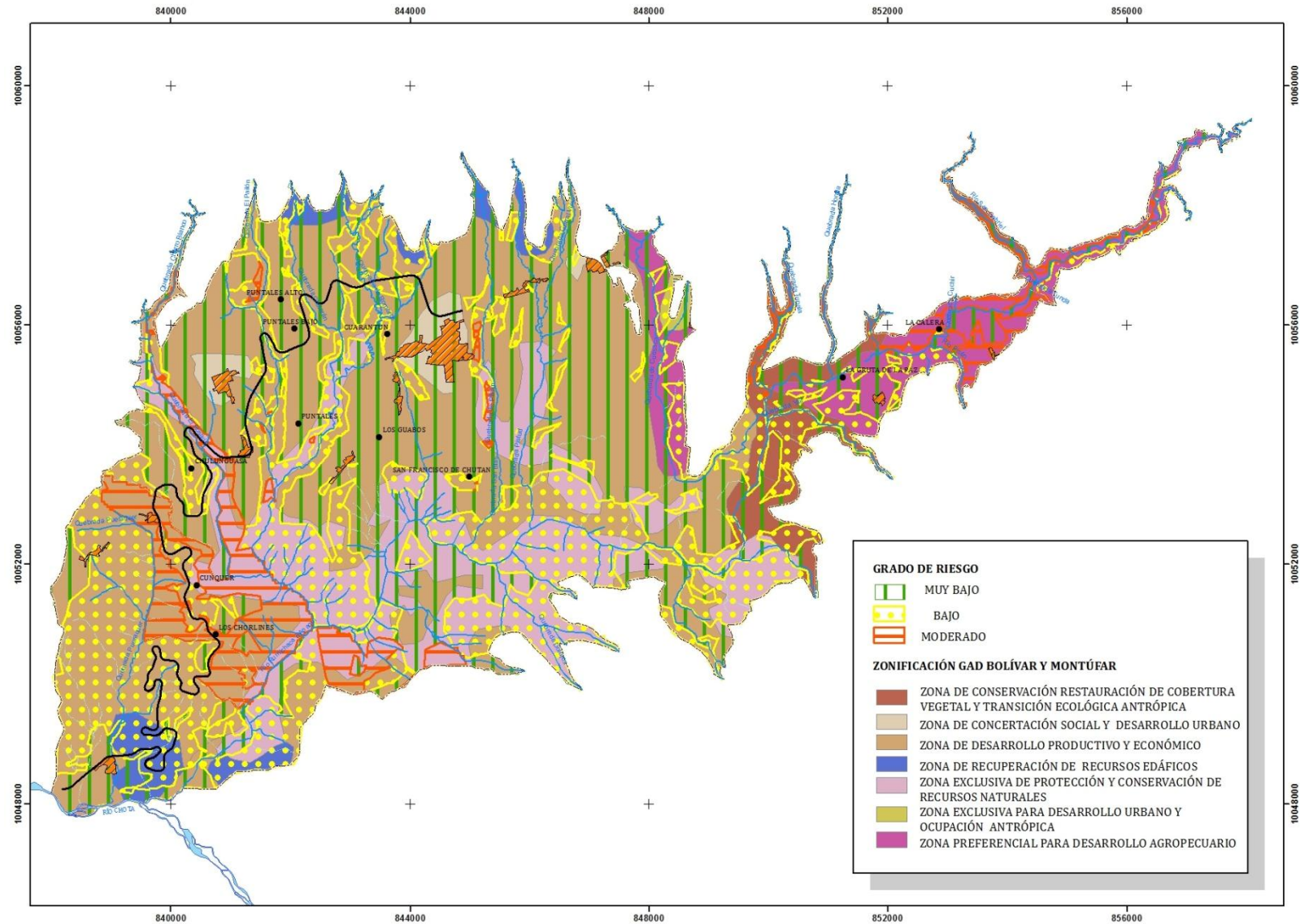


Gráfico 22. Zonificación Territorial GAD Montúfar-Bolívar vs Grado de Riesgo Movimientos en Masa

Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial GAD Montúfar-Bolívar, Mapa de Riesgos 2016

#### **4.4 ANÁLISIS MEDIDAS DE MITIGACIÓN FICHAS DE VERIFICACIÓN**

Los datos obtenidos en las fichas de verificación muestran las características predominantes de las zonas cercanas a la vía de primer orden, tramo El Juncal – Bolívar; entre ellas se encuentran medidas de control, uso de suelo, características del depósito, causas y daños que puede provocar los movimientos en masa (Ver Anexo 4).

##### **4.4.1 Características de la Amenaza**

En lo referente a las características de la amenaza se evidenció la aplicación de técnicas de estabilización de laderas que están siendo ejecutadas durante el proceso de ampliación en cumplimiento con la normativa vial vigente, las técnicas observadas son barreras de retención de sedimentos, entre ellas trincheras de sedimentación, vallas de madera, sacos de arena y gaviones, medidas aplicadas en aquellas zonas en donde existen actividades de tipo agrícola, cultivos bajo invernadero y viviendas principalmente. Además de la implementación de medidas de control como tendido y escalonado de taludes, canalización de aguas lluvias en zonas en donde la topografía supere el 40% de la pendiente, este tipo de medida pudo observarse con mayor frecuencia a lo largo de tramo vial.

- **Estado**

El 45,83% de los tramos observados corresponden al estado de tipo estabilizado, el 37.5% se refiere al tipo no aplica y el 8,33% se presenta tanto para el tipo activo como para el latente (Ver Gráfico 23).

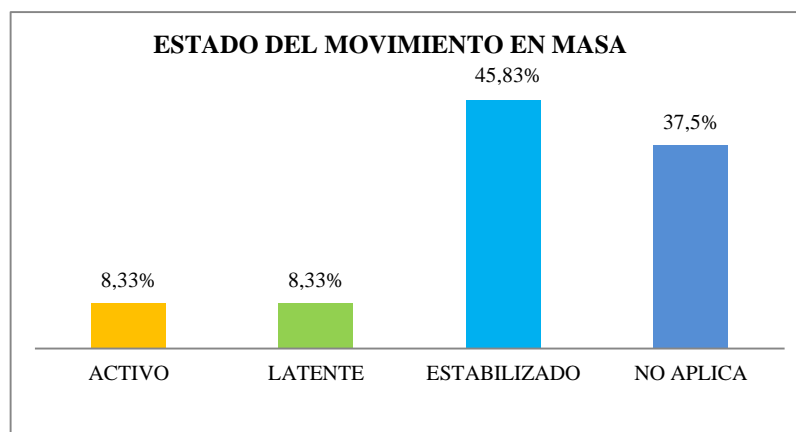


Gráfico 23. Estado del Movimiento en Masa en el tramo vial  
Fuente: Ficha de verificación, 2016

- **Magnitud**

El 37,50% de los km observados presentan un riesgo de magnitud pequeño, el 33,33% corresponde al tipo no aplica, el 25,00% corresponde a magnitud de tipo mediano y la magnitud grande en un 4,17% (Ver Gráfico 24).

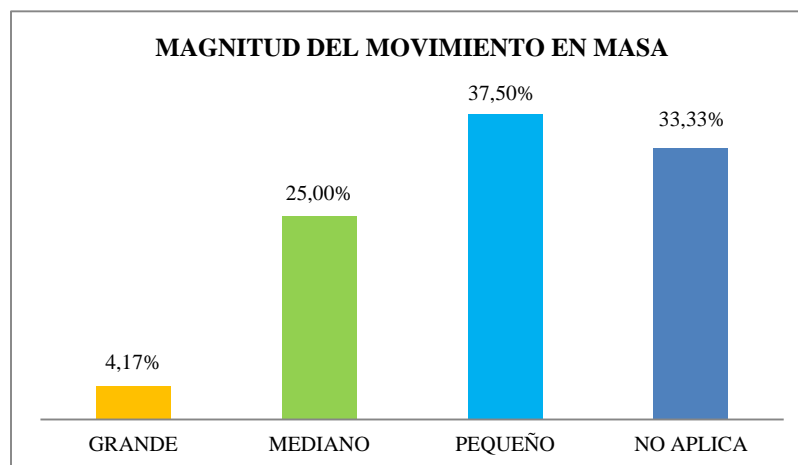


Gráfico 24. Magnitud del Movimiento en Masa en el tramo vial  
Fuente: Ficha de verificación, 2016



- **Medidas de Control**

El 45,83% de km observados si cuentan con medidas de control, el 35,70% corresponde a la característica no aplica y el 16,67% de km del tramo vial El Juncal – Bolívar, no cuenta con medidas de control en el caso de presentarse un movimiento en masa (Ver Gráfico 25).

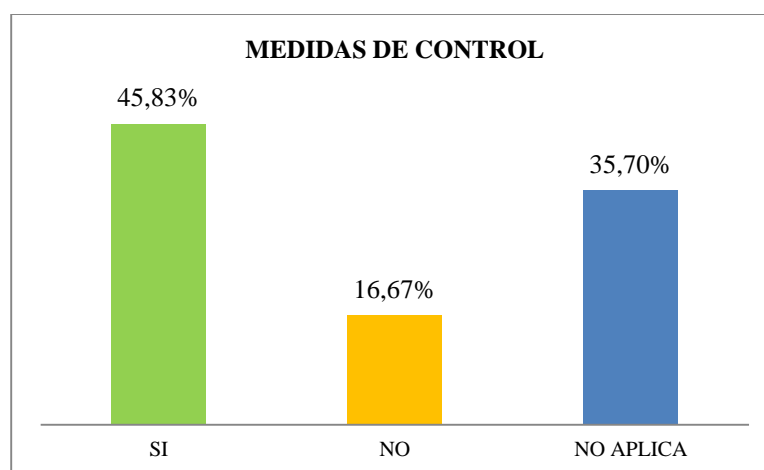


Gráfico 25. Medidas de Control en el tramo vial  
Fuente: Ficha de verificación, 2016

#### 4.4.2 Características del Depósito

En la zona de estudio las características del depósito en cuanto al tipo de material y la composición se refieren a matriz la cual está compuesta por roca meteorizada, dura, semisuave, arenas y gravas en menor proporción, que se ve influenciada en caso de un movimiento en masa por el grado de meteorización y la capacidad de retención de agua. En el caso de otros se refiere a suelos aptos para agricultura con una capa arable mayor a un metro y con presencia de paleosuelo.

- **Tipo de Material**

Un 44,83 % de los km observados corresponden a depósitos con tipo de material matriz, el 31,03% corresponde a otros, y un 24,14% que correspondería a material tipo roca(Ver Gráfico 26).

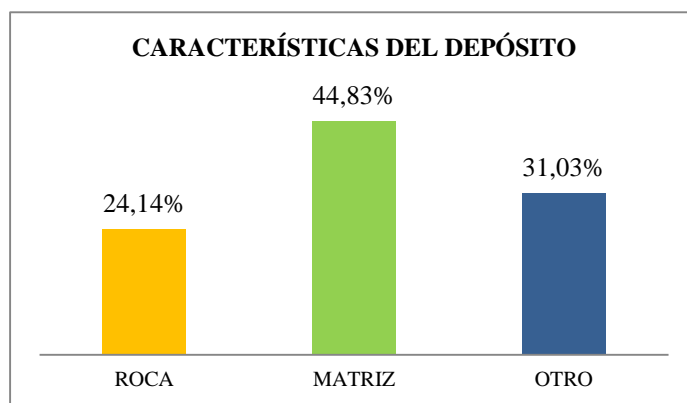


Gráfico 26. Tipo de Material en el tramo vial

Fuente: Ficha de verificación, 2016

- **Composición**

La composición de tipo arenosa con un porcentaje de 26,98%, luego la composición tipo grava con un 23,91% y la presencia de limo con un porcentaje de 15,22% (Ver Gráfico 27).

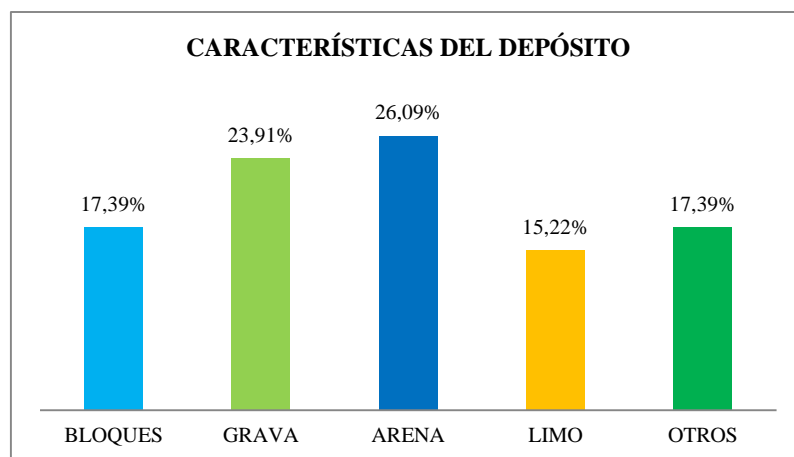


Gráfico 27. Tipo de Composición en el tramo vial

Fuente: Ficha de verificación, 2016

### 4.4.3 Geomorfología

En geomorfología se incluye el análisis de la pendiente, el cual se describe a continuación:

- **Pendiente**

La pendiente observada en el tramo vial se caracteriza por tener un relieve muy fuertemente disectado que ocupa un porcentaje de 41,67%, en donde existe la presencia de vegetación xerofítica, escasa cobertura vegetal y suelos con un solo horizonte superficial; la cual podría verse sumamente afectada si los rangos de precipitación incrementan. Un 33,33% de los tramos muestran la existencia de relieve plano a ligeramente ondulado en donde se evidencio la realización de actividades agrícolas y cultivos bajo invernadero (Ver Gráfico 28).

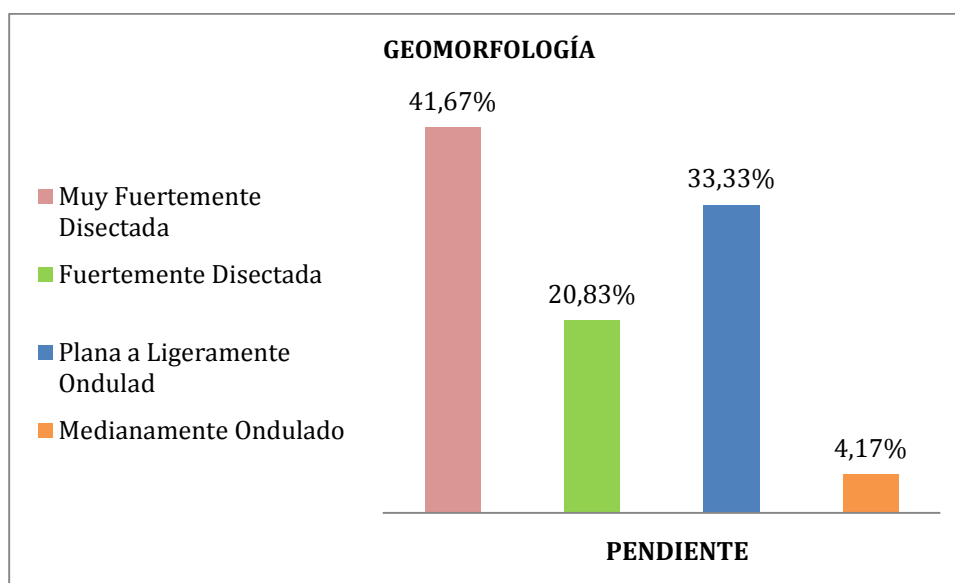


Gráfico 28. Tipo Pendiente en el tramo vial  
Fuente: Ficha de verificación, 2016

### 4.4.4 Causas, Detonantes y Daños

Las causas, detonantes y daños identificados en el recorrido del tramo tienen que ver con las condiciones de la pendiente favorable y la composición del depósito que muestran correspondencia con los mapas litológicos y de pendientes obtenidos. Los principales detonantes como sismos y precipitación que en caso de incrementar cambiarían

radicalmente el nivel de riesgo en las vías de comunicación y que también afectarían a causas y drenajes menores, canal de riego cercanos a la vía de primer orden El Juncal - Bolívar.

- **Causas**

La pendiente favorable está presente en un 20,69% de km observados, luego el material meteorizado representa un 18,97%, la composición del depósito corresponde a un 17,24%, luego se encuentra el rango no aplica con un 13,79%; las causas longitud de la vertiente, deforestación o ausencia de vegetación con 6,90% cada una y la de menor presencia el material no consolidado con 3,45% (Ver Gráfico 29).

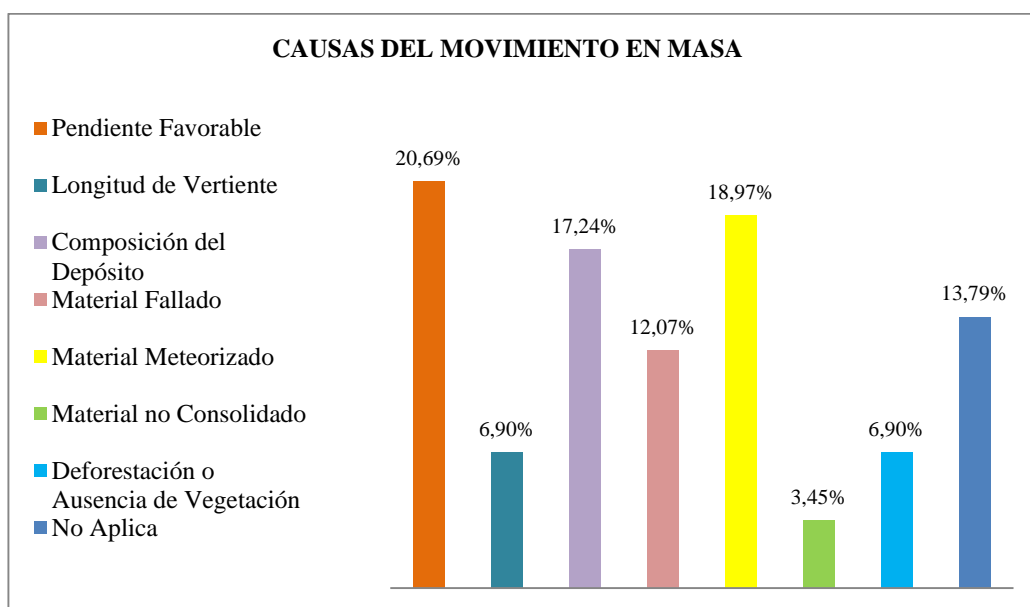


Gráfico 29. Causas del Movimiento en Masa en el tramo vial  
Fuente: Ficha de verificación, 2016

- **Detonante**

Los factores detonantes como la precipitación y los sismos se presentan en un 36,59% cada uno de ellos, la categoría no aplica con un 21,95% y el detonante actividades antrópicas con 4,88% (Ver Gráfico 30).

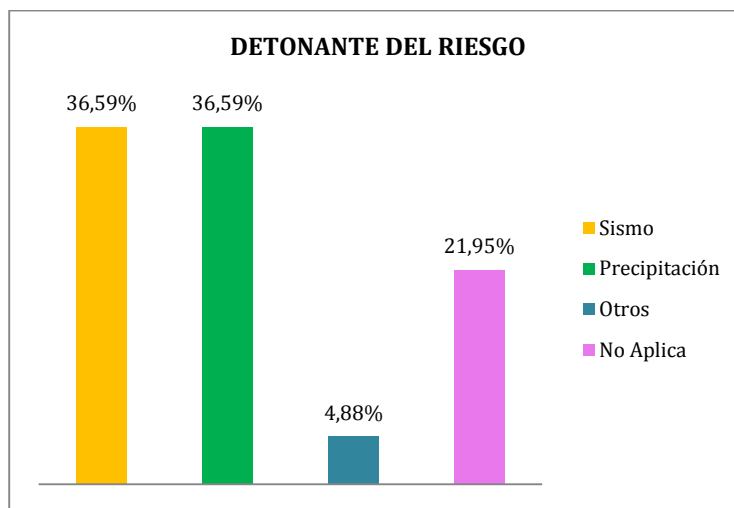


Gráfico 30. Detonante del Movimiento en Masa en el tramo vial  
Fuente: Ficha de verificación 2016

- **Daños**

Las vías de comunicación en un 31,82% de km, el término no aplica se presenta en un 22,73% refiriéndose a zonas en las cuales existen relieve plano a ondulado, con ocupación de suelo destinado a la agricultura y daños ambientales en un porcentaje de 13,64% (Ver Gráfico 31).

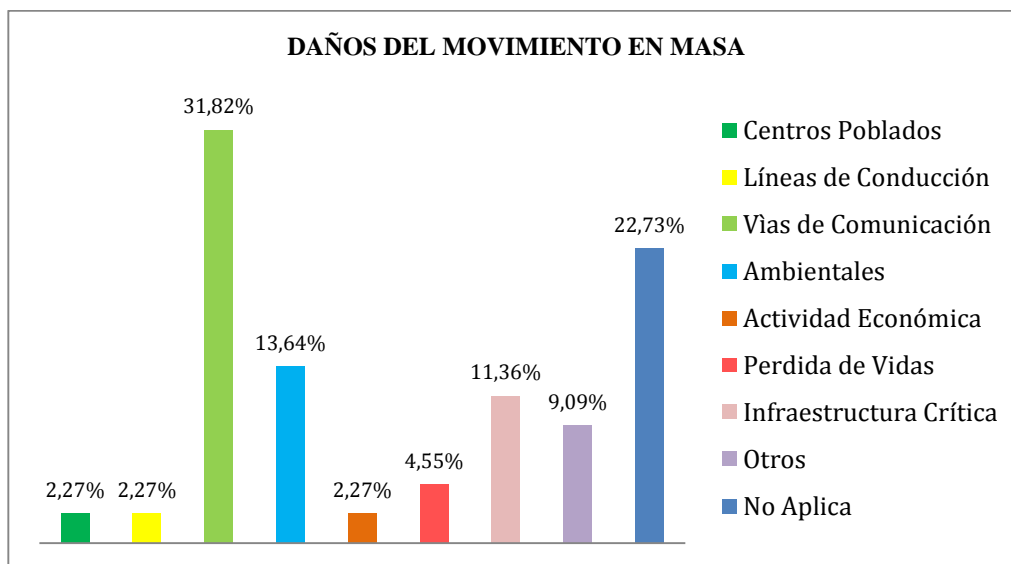


Gráfico 31. Daños del Movimiento en Masa en el tramo vial  
Fuente: Ficha de verificación, 2016

#### 4.4.5 Observaciones del Depósito Superficial

Las características observadas, en cada uno de los kilómetros que conforman el tramo vial El Juncal – Bolívar (Ver Tabla 39).

Tabla 38  
*Observaciones del Depósito Superficial*

Numero	km	Observaciones
1	43+000	✓ Presencia de vegetación xerofítica ✓ Canales de escurrimiento ✓ Erosión Laminar
2	44+000	✓ Escasa Cobertura Vegetal ✓ Erosión Laminar
3	45+000	✓ Presencia de estratos Superior-material fino, inferior material (Bloques) ✓ Presencia de vegetación xerofítica
4	46+000	✓ Estrato superficial e inferior con varios minerales y roca meteorizada.
5	47+000	✓ Estratos bien definidos, alternados entre capa de roca meteorizada y arenas finas.
6	48+000	✓ Capas estratigráficas sin definición (andesitas, basaltos y lavas).
7	49+000	✓ Material misceláneo, compuesto por roca dura, suave y meteorizada. ✓ Suelo con un solo horizonte superficial.
8	50+000	✓ Material mixto (bloques redondeados, roca meteorizada y arenas finas).
9	51+000	✓ Presencia de dos estratos (roca meteorizada y arena fina).
10	52+000	✓ Capas horizontales de rocas meteorizadas.
11	53+000	✓ Escurrimiento de agua de riego.
12	54+000	✓ Capa arable mayor a 1 metro. ✓ Horizonte inferior con roca meteorizada.
13	55+000	✓ Depósito superficial mixto (bloques, roca meteorizada, arena gruesa y fina).
14	56+000	✓ Depósito cubierto por roca dura, semisuave y meteorizada.
15	57+000	✓ Deposito Coluvial.
16	58+000	✓ Depósito mixto roca meteorizada y arenas
17	59+000	✓ Suelo con cultivos de ciclo corto y bajo riego. ✓ Asentamientos rurales.
18	60+000	✓ Presencia de paleosuelo.
19	61+000	✓ Roca meteorizada, arenas formando capas inclinadas.
20	62+000	✓ Presencia de paleosuelo. ✓ Suelos derivados de ceniza volcánica
21	63+000	✓ Roca meteorizada y arena mediana en menor proporción.
22	64+000	✓ Suelo erosionado
23	65+000	✓ Suelo con presencia de cultivos
24	66+000	✓ Presencia de paleosuelo. ✓ Suelos derivados de ceniza volcánica

Fuente: Ficha de verificación, 2016

#### 4.4.6 Características de Vulnerabilidad

Las principales características observadas se refieren a densidad poblacional baja ya que las principales concentraciones de personas se dan en zonas como centros poblados, barrios y sectores que su ocupación tienen que ver con las condiciones del lugar es decir accesibilidad, aptitud del suelo, relieve. Sin dejar de mencionar que existe actividad en zonas en donde el suelo tiene limitaciones y podría convertirse en áreas con un grado de riesgo alto.

- **Densidad Poblacional**

El 54,17% del área en estudio presenta una densidad poblacional baja, el 16,67% corresponde a densidades media y muy alta; y el 12,50% pertenece a densidad alta (Ver Gráfico 32).

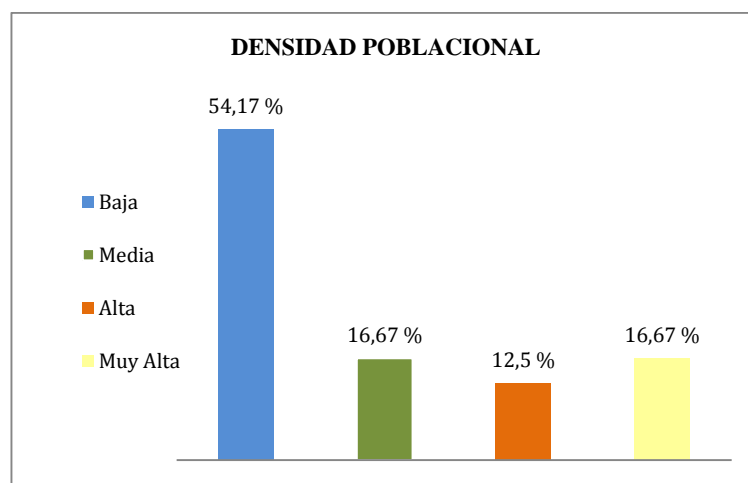


Gráfico 32. Densidad Poblacional  
Fuente: Ficha de verificación, 2016

- **Capacidad Uso del Suelo**

Existe predominancia de suelos con clases agrológicas de tipo III y VII, que ocupan un 27,27% y 29,55% respectivamente. La clase V con 18,18% y la clase VIII con 15,91% (Ver Gráfico 33).

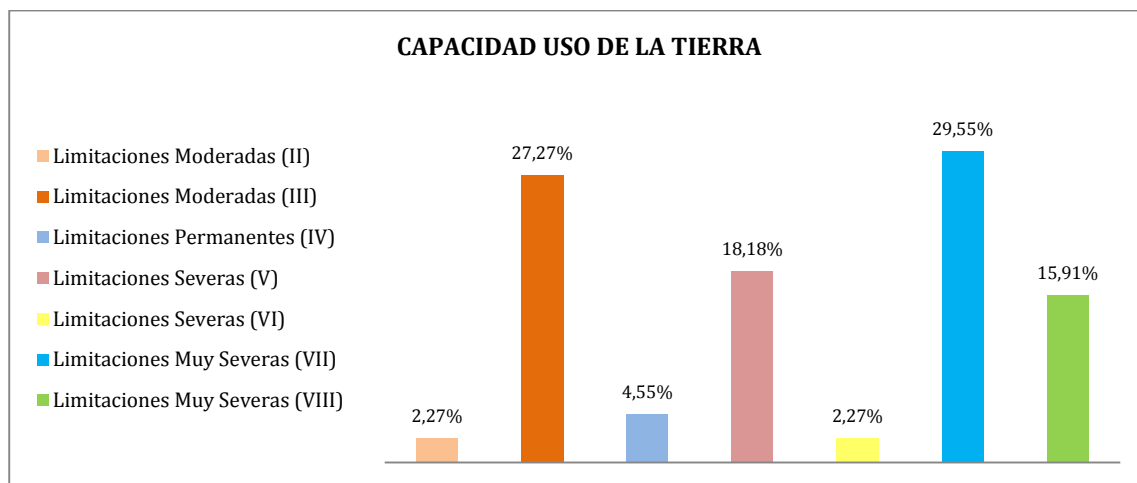


Gráfico 33. Capacidad Uso de la Tierra

Fuente: Ficha de validación

#### 4.4.7 Definición del Riesgo

- **Deslizamientos**

Los grados de riesgo a deslizamientos observados en campo, corresponde al riesgo muy bajo, bajo y moderado. El grado de riesgo muy bajo caracterizado por ubicarse en zonas donde la pendiente no supera un 25%, los asentamientos rurales son predominantes. Debido a que el área tiene condiciones óptimas para realizar actividades agrícolas y cuentan con sistema de riego. Por otro lado el riesgo moderado presenta características como suelo con depósitos mixtos es decir roca meteorizada, arenas y con pendientes que superan el 40% tiene severas limitaciones y a pesar de ello se observó la presencia de actividades antrópicas.

El riesgo de tipo muy bajo con un 41,67%, luego se ubica el de tipo moderado con 33,33% y el bajo con 25,00%. (Ver Gráfico 34).



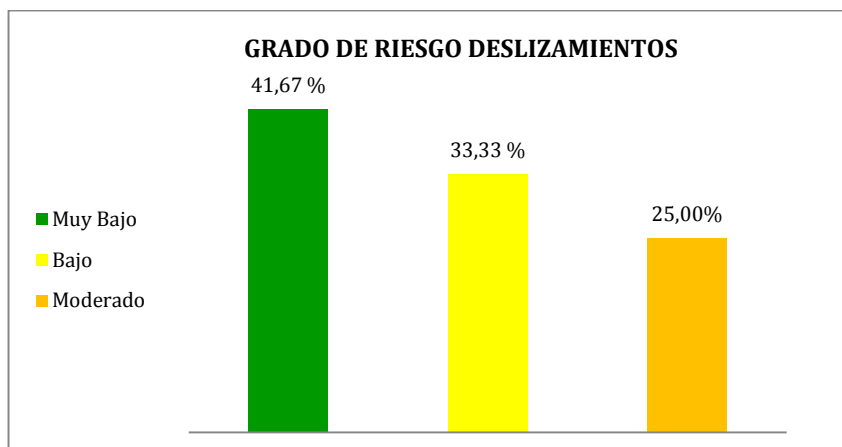


Gráfico 34. Riesgo a Deslizamientos en el tramo vial  
Fuente: Ficha de verificación, 2016

- **Caída de Bloques**

Los grados identificados en la verificación de campo muestran la presencia del riesgo muy bajo, bajo, moderado. El grado muy bajo distribuido en zonas con relieve plano y suelos derivados de ceniza volcánica destinados para actividades agrícolas, construcción de viviendas. El grado bajo ubicado en aquellas zonas en donde se pudo observar que existe aplicación de medidas de control como taludes y el grado moderado en donde las pendientes superan el 70% y existe escasa cobertura vegetal.

El grado muy bajo con un porcentaje de 54,17%, seguido por grado bajo que representa el 37,50% y el grado moderado con un 8,33% (Ver Gráfico 35).

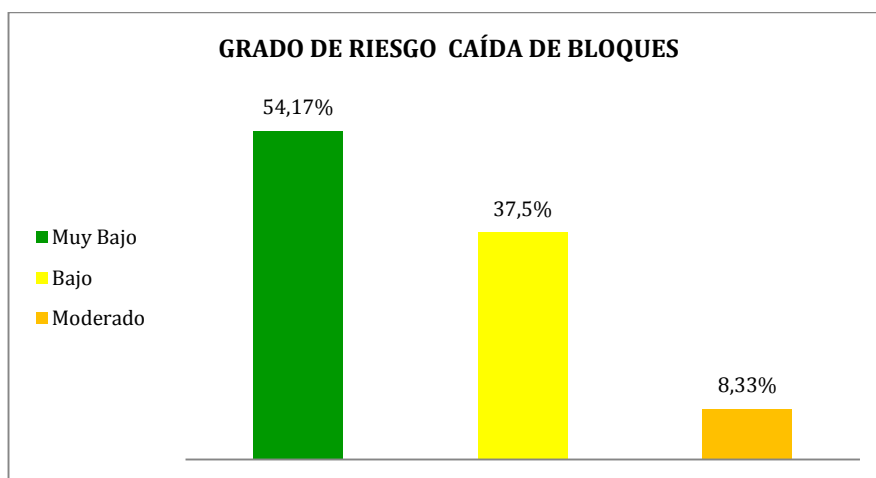


Gráfico 35. Riesgo Caída de Bloque en el tramo vial  
Fuente: Ficha de validación

De la aplicación de las fichas de verificación, en los 24 km observados se determina que existen medidas de control que se están aplicando durante el trabajo de ampliación vial y además se observa el avance existente en la construcción de taludes y bermas. El riesgo a movimiento masa como caídas de bloques y deslizamientos es de tipo muy bajo, evidenciando así que el modelo cartográfico y los mapas obtenidos tienen correspondencia con los tramos observados en campo.

El riesgo en la vía disminuye sustancialmente ya que el proyecto de ampliación vial en zonas en donde la topografía del terreno supera el 70% de pendiente, tiene contemplado aplicar medidas de control para evitar y/o disminuir el riesgo.

## 4.5 CONCLUSIONES

- El modelo cartográfico aplicado para determinar el grado de amenaza tomo en cuenta factores condicionantes y detonantes, los cuales presentaron características de susceptibilidad de tipo nulo, muy bajo, bajo y moderado; obteniendo así que el grado de amenaza a movimientos en masa no superan el rango moderado es decir que no existe desestabilización excesiva de materiales en las laderas.
- El grado de vulnerabilidad a movimientos en masa identificado en el tramo El Juncal – Bolívar es de tipo bajo, ya que la variable densidad poblacional obtenida es de 3 – 20 hab/km<sup>2</sup> y la capacidad uso de la tierra presenta suelos con limitaciones severas que deben ser destinadas para protección, volviéndolas así en zonas con menor vulnerabilidad.
- El modelo generado para obtener el grado de riesgo a movimientos en masa, permitió identificar tres niveles de riesgo para deslizamientos y caída de bloques, siendo el de tipo muy bajo el de mayor superficie en el área de estudio.
- Del análisis de las medidas de mitigación para la reducción y/o disminución a movimientos en masa, se observó que el 46% de los taludes y laderas que forman parte de la ampliación vial se encuentran estabilizados, y en caso de ocurrencia de un movimiento en masa este sería de magnitud pequeña.

#### 4.6 RECOMENDACIONES

- Los proyectos de reconstrucción, mejoramiento, rehabilitación y ampliación vial deben considerar dentro del diseño y construcción de caminos y carreteras no solo aspectos como planes de manejo ambiental, evaluación de impactos ambientales y trazados topográficos, sino también contemplar estudios sobre riesgos a deslizamientos desde las etapas iniciales del proyecto, mediante la identificación de vulnerabilidades, amenazas geológicas y climáticas con la finalidad de aplicar medidas de mitigación que estén acorde con las condiciones del lugar.
- Difundir la información obtenida sobre el riesgo a movimientos en masa en los GAD cantonales, para que sea implementada en el Plan de Ordenamiento Territorial, con la finalidad de servir como un insumo para realizar la zonificación territorial, en donde con una adecuada planificación se pueden disminuir o evitar el riesgo ante este tipo de eventos como es la amenaza a movimientos en masa.
- La participación de los usuarios de la vía debe ser enfocada al fortalecimiento y capacitación de la comunidad en temas como prácticas adecuadas de agricultura, planes de prevención y actividades de preparación ante riesgos de movimientos en masa, en coordinación con el gobierno local y de ser necesario buscar el apoyo de instituciones privadas.

## BIBLIOGRAFÍA

Consortio Evaluación de Riesgos Naturales América Latina, ERN. (2009). *Modelos de Evaluación de Amenazas Naturales y Selección*. Recuperado el 03 de Marzo de 2016, de <https://www.yumpu.com/es/document/view/14335951/modelos-de-evaluacion-de-amenazas-capra/34>.

Ministerio de Coordinación de la Política y Gobiernos Descentralizados,. (2011). *Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización COOTAD*. Quito.

Asamblea Constituyente de la República del Ecuador. (2008). *Contitución de la República del Ecuador*. Montecristi: Registro Oficial 449.

Ayala, F. (2002). *Análisis de Riesgos por Movimiento de Ladera*. España.

Banco Interamericano de Desarrollo BID & Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL. (2000). *La Reducción de la Vulnerabilidad Frente a los Desastres*. Nueva Orleans- Estados Unidos.

Berrocal Vargas, M. (2008). *Análisis y evaluación de la vulnerabilidad de la población de La Fortuna de San Carlos a la actividad volcánica del Volcán Arenal, Costa Rica*. Costa Rica: Universidad de Girona.

Berrocal, M. (2008). *Análisis y evaluación de la vulnerabilidad de la población de La Fortuna de San Carlos a la actividad volcánica del Volcán Arenal, Costa Rica*. Costa Rica: Universidad de Girona.

Borja, R. (2003). *Análisis de susceptibilidad y riesgos asociados a procesos de remoción en masa en Zacapoaxtla, Puebla,*. Recuperado el 2016, de <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n53/n53a2.pdf>.

Camacho, F. (2012). *Evaluación de la Inestabilidad de Laderas en el cantón Santa Barbara*. Costa Rica: Universidad Nacional.

Candeaut, D. (2007). Recuperado el 2017, de Metodología para el análisis e interpretación de mapas: [http://ru.ffyl.unam.mx/bitstream/handle/10391/781/08\\_ABEI\\_Molina\\_107-117.pdf?sequence=1](http://ru.ffyl.unam.mx/bitstream/handle/10391/781/08_ABEI_Molina_107-117.pdf?sequence=1).

Cardona, O. (Agosto de 2003). Indicadores para la Gestión de Riesgos, Ejecución del Componente II. *Programa de Información e Indicadores de Gestión de Riesgos IADB-ECLAC-IDEA*. Manizales, Colombia.

Cardona, O. (2001). *La necesidad de repensar de manera holística, los conceptos de vulnerabilidad y riesgo*. Recuperado el 3 de marzo de 2016, de <http://www.desenredando.org>

Crozier, M. (1999). Recuperado el 2016, de [https://www.researchgate.net/publication/229610098\\_Prediction\\_of\\_rainfall-triggered\\_landslides\\_a\\_test\\_of\\_the\\_Antecedent\\_Water\\_Status\\_Model](https://www.researchgate.net/publication/229610098_Prediction_of_rainfall-triggered_landslides_a_test_of_the_Antecedent_Water_Status_Model).

Cruden, D & Varnes D. (1996). Recuperado el 2016, de [https://www.researchgate.net/publication/269710355\\_CrudenDM\\_Varnes\\_DJ\\_1996\\_Landslide\\_Types\\_and\\_Processes\\_Special\\_Report\\_Transportation\\_Research\\_Board\\_National\\_Academy\\_of\\_Sciences\\_24736-75](https://www.researchgate.net/publication/269710355_CrudenDM_Varnes_DJ_1996_Landslide_Types_and_Processes_Special_Report_Transportation_Research_Board_National_Academy_of_Sciences_24736-75).

Cruden, D. (1991). *USGS*. Recuperado el 2016, de Science for a changing world: <https://www2.usgs.gov/faq/node/2605>.

D, C. D. (1996). *ResearchGate*. Recuperado el 2016, de [https://www.researchgate.net/publication/269710355\\_CrudenDM\\_Varnes\\_DJ\\_1996\\_Landslide\\_Types\\_and\\_Processes\\_Special\\_Report\\_Transportation\\_Research\\_Board\\_National\\_Academy\\_of\\_Sciences\\_24736-75](https://www.researchgate.net/publication/269710355_CrudenDM_Varnes_DJ_1996_Landslide_Types_and_Processes_Special_Report_Transportation_Research_Board_National_Academy_of_Sciences_24736-75).

Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente. (1991). *Oficina de Asistencia para Desastres en el Extranjero Agencia de los Estados*. Recuperado el 18 de Abril de 2017, de <http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea57s/ch005.htm>.

Dirección Provincial de Ordenamiento Urbano y Territorial. (2011). *Sistemas de Información Geográfica para el Ordenamiento Territorial*. Recuperado el 4 de Abril de 2016, de [http://www.mosp.gba.gov.ar/sitios/urbanoter/sig/Manual\\_SIG\\_UT.pdf](http://www.mosp.gba.gov.ar/sitios/urbanoter/sig/Manual_SIG_UT.pdf).

Evaluación de Riesgos Naturales. (2013). *Amenaza por Deslizamientos en la Cuenca Grande de Matagalpa*. Nicaragua.

Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Bolívar. (2011). *Plan De Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2011- 2031 del Cantón Bolívar*. Bolívar, Carchi.

Guamán, G. (2012). *Aplicación de SIG para el Manejo de Riesgos Naturales en el área Urbana de la ciudad de Loja. Tesis de grado previo a la obtención Maestría en Sistemas de Información Geográfica*. Quito, Ecuador: Universidad San Francisco de Quito.

Jimenez, J. D. (2005). *Análisis de la Susceptibilidad a los Movimietos de Ladera mediante un SIG en la cuenca vertiente al embalse de Rules, Granada*. Recuperado el 25 de 4 de 2016, de Memoria de Doctorado: [http://www.ugr.es/~ren03366/DEA/TEMAS/memoria/DEA\\_J.Jimenez.pdf](http://www.ugr.es/~ren03366/DEA/TEMAS/memoria/DEA_J.Jimenez.pdf)

Jiménez, N. (2004). *La Gestión de Riesgos en el Ordenamiento Territorial: Inundaciones en Cali, La C.V. y el Fenómeno ENSO*. Recuperado el 20 de Marzo de 2016, de [http://www.cambioglobal.org/enso/public/downloads/lgroctic\\_enso\\_2004.pdf](http://www.cambioglobal.org/enso/public/downloads/lgroctic_enso_2004.pdf)

Jiménez, N. (2004). *La Gestión de Riesgos en el Ordenamiento Territorial: Inundaciones en Cali, La C.V. y el Fenómeno ENSO*. Recuperado el 20 de Marzo de 2016, de [http://www.cambioglobal.org/enso/public/downloads/lgroctic\\_enso\\_2004.pdf](http://www.cambioglobal.org/enso/public/downloads/lgroctic_enso_2004.pdf)

Lavell, A. (1996). *Ciudades en Riesgo, Degradación Ambiental, riesgos Urbanos y Desastres. Compilado por María Augusta Fernández*. Lima, Perú.

Leonelli, M. (Diciembre de 2000). *Prevención, atención y mitigación de desastres, un enfoque global*. San Pedro Osula, Honduras.

Millán, J & Gonzalez A. (2001). Evaluación de la acción del hombre en los estudios de amenaza y riesgo por deslizamientos. *Presentado en el II Simposio Panamerica de Deslizamientos* . Colombia.

Millán, J & González A. (2001). Evaluación de la acción del hombre en los estudios de amenaza y riesgo por deslizamientos. *Presentado en el II Simposio Panamerica de Deslizamientos* . Colombia.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas, MTOP. (2013). Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12. Quito, Ecuador.

Ministerio del Ambiente, MAE. (2015). *Análisis de Vulnerabilidad ante Riesgos Naturales Hidrometeorológicos en las Áreas Protegidas del Ecuador Continental*. Quito.

Mora, S & Vahrson, W. (1991). Determinación Apriori de la Amenaza de Deslizamientos sobre Grandes Areas, utilizando Indicadores Morfodinámicos. *Memoria primer Simposio Bogota Colombia* , 259-273.

Mora, S & Vahrson, W. (1992). Determinación Apriori de la Amenaza de Deslizamientos sobre Grandes Areas, utilizando Indicadores Morfodinámicos. *Memoria primer Simposio Bogota Colombia* , 259-273.

PANAVIAL. (2009). *INFORME DEFINITIVO DISEÑO DEFINITIVOS DE LA CARRETERA PANAMERICANA E35, TRAMO IBARRA RUMICHACA. CAMINOSCA CAMINOS Y CANALES*.

Prieto, C. (2011). Metodología para la Evaluación de Riesgos por Deslizamientos en Líneas de Conducción de Hidrocarburos. *Tesis previo a la obtención del título Ingeniería en Geotécnia* . Bogota: Universidad Nacional de Colombia.

PRODESAMH. (2000). Taller de mitigación de desastres. San Pedro, Honduras.

Proyecto RAP-CA . (2003). Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica para el Análisis de Amenazas y Riesgos Naturales. Informe Final. Tegucigalpa, Honduras.



Reyes Wilmer & Jiménez Otárola, F. (2006). Vulnerabilidad y áreas críticas a deslizamientos en la microcuenca del río Talgua, Honduras. *Recursos Naturales Y Ambiente* , 103-110.

Saborío, J. (enero de 2003). *Estudio Riesgo Integral en la Cuenca del Río Savegre*. Recuperado el abril de 2017, de <http://www2.inbio.ac.cr/araucaria/riesgo.pdf>

Salgado, R. (2005). Análisis Integral del Riesgo a Deslizamientos e Inundaciones en la Microcuenca del Río Gila. *Tesis de grado previo a la obtención del título Magister Scientiae en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas* . Copán, Honduras: Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

Secretaria de Gestión de Riesgo SNGR. (2015). Factores y su Valoración de la Metodología Preiliminar de Elaboración de Mapas por Amenaza Movimientos en Masa Escala 1:50.000. Ecuador.

Selpulveda, S. &. (2008). Remociones en Masa. Chile.

Sepulveda, S. (1998). *Metodología para Evaluar el Peligro de Flujos de Detritos en Ambientes Montañosos*. (U. D. CHILE, Ed.)

SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA. (2007). *movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas*.

Servicio Nacional de Estudios Territoriales . (2004). Memoria Técnica para el Mapa de Susceptibilidad de Deslizamientos de Tierra en El Savador. El Salvador.

Varnes, D. (1978). *Slope movements types processes*. Recuperado el septiembre de 2016, de [http://www.geology.cz/projekt681900/vyukove-materialy/2\\_Varnes\\_landslide\\_classification.pdf](http://www.geology.cz/projekt681900/vyukove-materialy/2_Varnes_landslide_classification.pdf)

Wieczorek, G. (1996). Landslide triggering mechanisms. *Landslides: investigation and mitigation* . Washington: National Academy Press.

Wilches-Chaux, G. (1993). *Los Desastres no son Naturales*. Recuperado el 25 de Marzo de 2016, de Compilado por Andrew Maskrey, La RED: [http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2562/Analisis\\_integral.pdf?sequence=1](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2562/Analisis_integral.pdf?sequence=1)

## ANEXOS

### ANEXO 1

#### **Constitución de la República del Ecuador**

Constitución de la República del Ecuador, aprobada por la Asamblea Nacional Constituyente y el Referéndum aprobatorio, que se encuentra publicado en el Registro Oficial No.449 del día lunes 20 de octubre del 2008 en el Ecuador.

En el **CAPÍTULO V**; Sectores Estratégicos, Servicios y Empresas Públicas del a **SECCIÓN XII** Transporte en el **Art. 394** “El Estado, garantizará la libertad de transporte terrestre, aéreo, marítimo y fluvial, dentro del territorio nacional, sin privilegios de ninguna naturaleza. La promoción del transporte público masivo y la adopción de una política de tarifas diferenciadas de transporte serán prioritarias”. El Estado, regulará el transporte terrestre, aéreo y acuático y las actividades aeroportuarias y portuarias, para lo cual es necesario que el país cuente con infraestructura adecuada en todos los modos de transporte, que interconecten entre sí lugares de interés (económico, productivo, turístico, social), permitiendo la movilidad sustentable de las personas y bienes entre los diferentes puntos.

#### **Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente**

En el **TÍTULO III** del Sistema Único de Manejo Ambiental **CAPÍTULO I** Régimen Institucional en su **Art. 6** Obligaciones Generales.- Toda obra, actividad o proyecto nuevo y toda ampliación o modificación de los mismos que pueda causar impacto ambiental, deberá someterse al Sistema Único de Manejo Ambiental, de acuerdo con lo que establece la legislación aplicable, este Libro y la normativa administrativa y técnica expedida para el efecto.

## **Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)**

En el **CAPÍTULO I** Gobierno Autónomo Descentralizado Regional, Sección Primera Naturaleza Jurídica, Sede y Funciones **Artículo 31.**Funciones.

Son funciones del gobierno autónomo descentralizado regionales:

- a) Promover el desarrollo sustentable de su circunscripción territorial regional, para garantizar la realización del buen vivir a través de la implementación de políticas públicas regionales, en el marco de sus competencias establecidas en la Constitución y la ley;
- b) Elaborar y ejecutar el plan regional de desarrollo, el de ordenamiento territorial y las políticas públicas en el ámbito de sus competencias y en su circunscripción territorial; de manera coordinada con la planificación nacional, provincial, cantonal y parroquial; y realizar en forma permanente, el seguimiento y rendición de cuentas sobre el cumplimiento de las metas establecidas;
- c) Ejecutar las competencias exclusivas y concurrentes reconocidas por la Constitución y la ley; y, en dicho marco, prestar los servicios públicos y construir la obra pública regional correspondiente con criterios de calidad, eficacia y eficiencia, observando los principios de universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad, solidaridad, subsidiaridad, participación y equidad;

**Artículo 32.-** Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado regional.- Los gobiernos autónomos descentralizados regionales tendrán las siguientes competencias exclusivas, sin perjuicio de otras que se determinen:

- a) Planificar, con otras instituciones del sector público y actores de la sociedad, el desarrollo regional y formular los correspondientes planes de ordenamiento territorial, de manera articulada con la planificación nacional, provincial, cantonal y parroquial, en el marco de la interculturalidad y plurinacionalidad y el respeto a la diversidad;

- b) Planificar, regular y controlar el tránsito y el transporte terrestre regional y cantonal en tanto no lo asuman las municipalidades;
- c) Planificar, construir y mantener el sistema vial de ámbito regional;

### **Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Bolívar**

Propuesta de Imagen Objetivo, Lineamientos y Objetivos Estratégicos.

El lineamiento estratégico surge como conjuntos temáticos y proposiciones que expresan en términos globales cómo se pretende lograr, revertir la situación de deterioro que presenta el cantón. Es a través de los lineamientos y objetivos estratégicos que proyectamos una serie de iniciativas necesarias para alcanzar niveles de desarrollo óptimos que permitan el buen vivir de los habitantes.

**El sistema Movilidad, Energía y Conectividad:** busca la Implementación y mejoramiento de la cobertura de la tecnología de información y comunicación (TIC`s) de todo el territorio cantonal; aperturando, manteniendo y mejorando la infraestructura vial con un eficiente servicio de transporte público, y asegurando la dotación de insumos energéticos, promoviendo el uso de fuentes de energía alternativa.

### **Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Montúfar**

Dentro del eje general, se contempla la Infraestructura y Desarrollo Social

Ya que hay una inexistencia de Plan Vial, se busca priorizar la ejecución de proyectos de obra física social, en función de las prioridades y factibilidad del Plan Estratégico Participativo, bajo criterios de cogestión y autogestión, avalizada con participación ciudadana.

Se manejará criterios técnicos, basados en valores de solidaridad, equidad y contenido social, contemplados en la visión y líneas estratégicas del Plan Estratégico Participativo, acordadas en la I Asamblea de Unidad Cantonal.

ANEXO 2

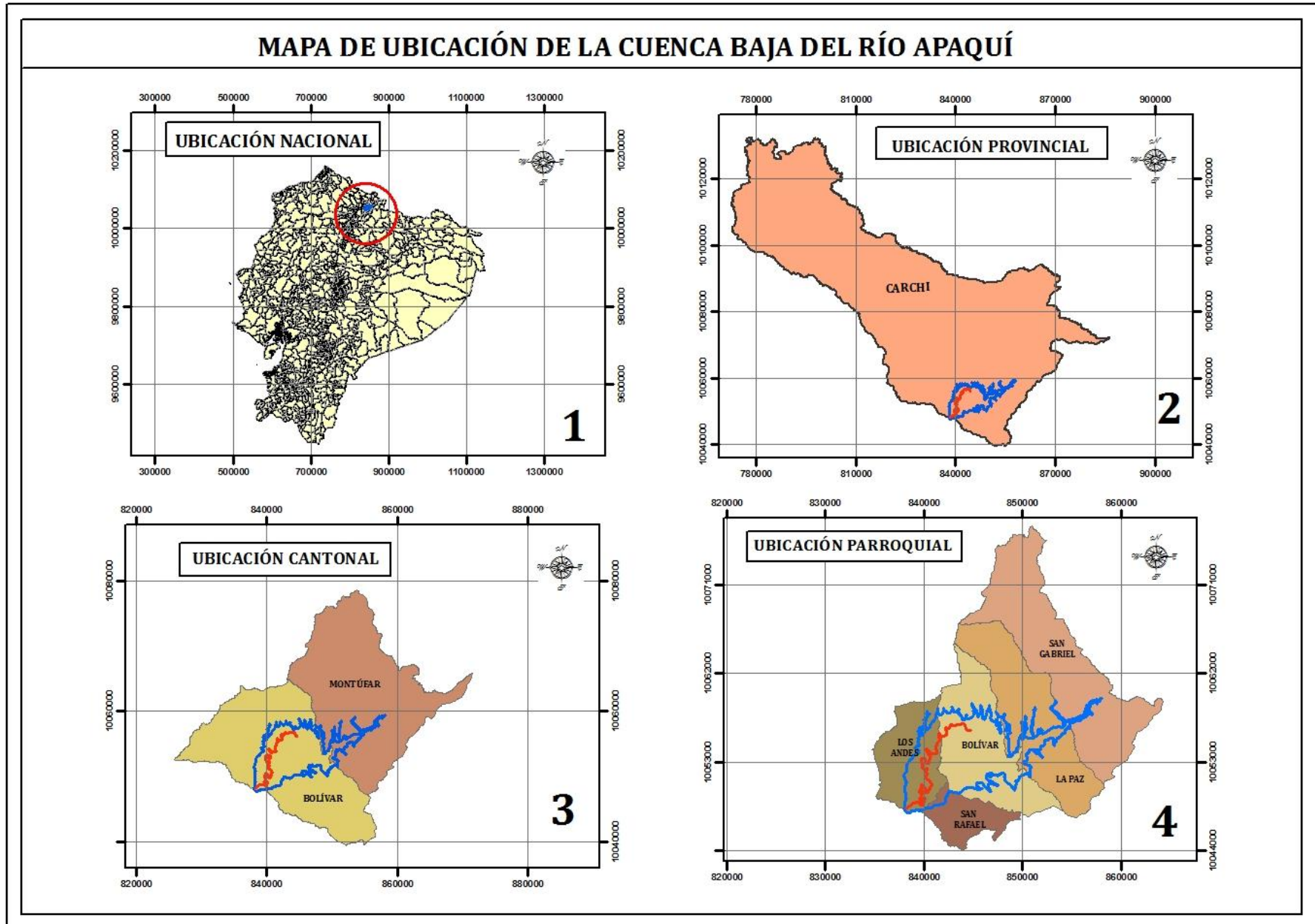
TABLA DE CANTIDADES TEÓRICAS EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA (MÉTODO GUMBEL).

Nºdatos	yn	Sn	Nºdatos	yn	Sn	Nºdatos	yn	Sn
1	0,36651	0,00000	35	0,54034	1,12847	69	0,55453	1,18440
2	0,40434	0,49838	36	0,54105	1,13126	70	0,55477	1,18535
3	0,42859	0,64348	37	0,54174	1,13394	71	0,55500	1,18629
4	0,44580	0,73147	38	0,54239	1,13650	72	0,55523	1,18720
5	0,45879	0,79278	39	0,54302	1,13896	73	0,55546	1,18809
6	0,46903	0,83877	40	0,54362	1,14131	74	0,55567	1,18896
7	0,47735	0,87493	41	0,54420	1,14358	75	0,55589	1,18982
8	0,48428	0,90432	42	0,54475	1,14576	76	0,55610	1,19065
9	0,49015	0,92882	43	0,54529	1,14787	77	0,55630	1,19147
10	0,49521	0,94963	44	0,54580	1,14989	78	0,55650	1,19227
11	0,49961	0,96758	45	0,54630	1,15184	79	0,55669	1,19306
12	0,50350	0,98327	46	0,54678	1,15373	80	0,55689	1,19382
13	0,50695	0,99713	47	0,54724	1,15555	81	0,55707	1,19458
14	0,51004	1,00948	48	0,54769	1,15731	82	0,55726	1,19531
15	0,51284	1,02057	49	0,54812	1,15901	83	0,55744	1,19604
16	0,51537	1,03060	50	0,54854	1,16066	84	0,55761	1,19675
17	0,51768	1,03973	51	0,54895	1,16226	85	0,55779	1,19744
18	0,51980	1,04808	52	0,54934	1,16380	86	0,55796	1,19813
19	0,52175	1,05575	53	0,54972	1,16530	87	0,55812	1,19880
20	0,52355	1,06282	54	0,55009	1,16676	88	0,55828	1,19945
21	0,52522	1,06938	55	0,55044	1,16817	89	0,55844	1,20010
22	0,52678	1,07547	56	0,55079	1,16955	90	0,55860	1,20073
23	0,52823	1,08115	57	0,55113	1,17088	91	0,55876	1,20135
24	0,52959	1,08646	58	0,55146	1,17218	92	0,55891	1,20196
25	0,53086	1,09145	59	0,55177	1,17344	93	0,55905	1,20256
26	0,53206	1,09613	60	0,55208	1,17467	94	0,55920	1,20315
27	0,53319	1,10054	61	0,55238	1,17586	95	0,55934	1,20373
28	0,53426	1,10470	62	0,55268	1,17702	96	0,55948	1,20430
29	0,53527	1,10864	63	0,55296	1,17816	97	0,55962	1,20486
30	0,53622	1,11237	64	0,55324	1,17926	98	0,55976	1,20541
31	0,53713	1,11592	65	0,55351	1,18034	99	0,55989	1,20596
32	0,53799	1,11929	66	0,55378	1,18139	100	0,56002	1,20649
33	0,53881	1,12249	67	0,55403	1,18242	101	0,56015	1,20701
34	0,53959	1,12555	68	0,55429	1,18342			

## **ANEXO 3**

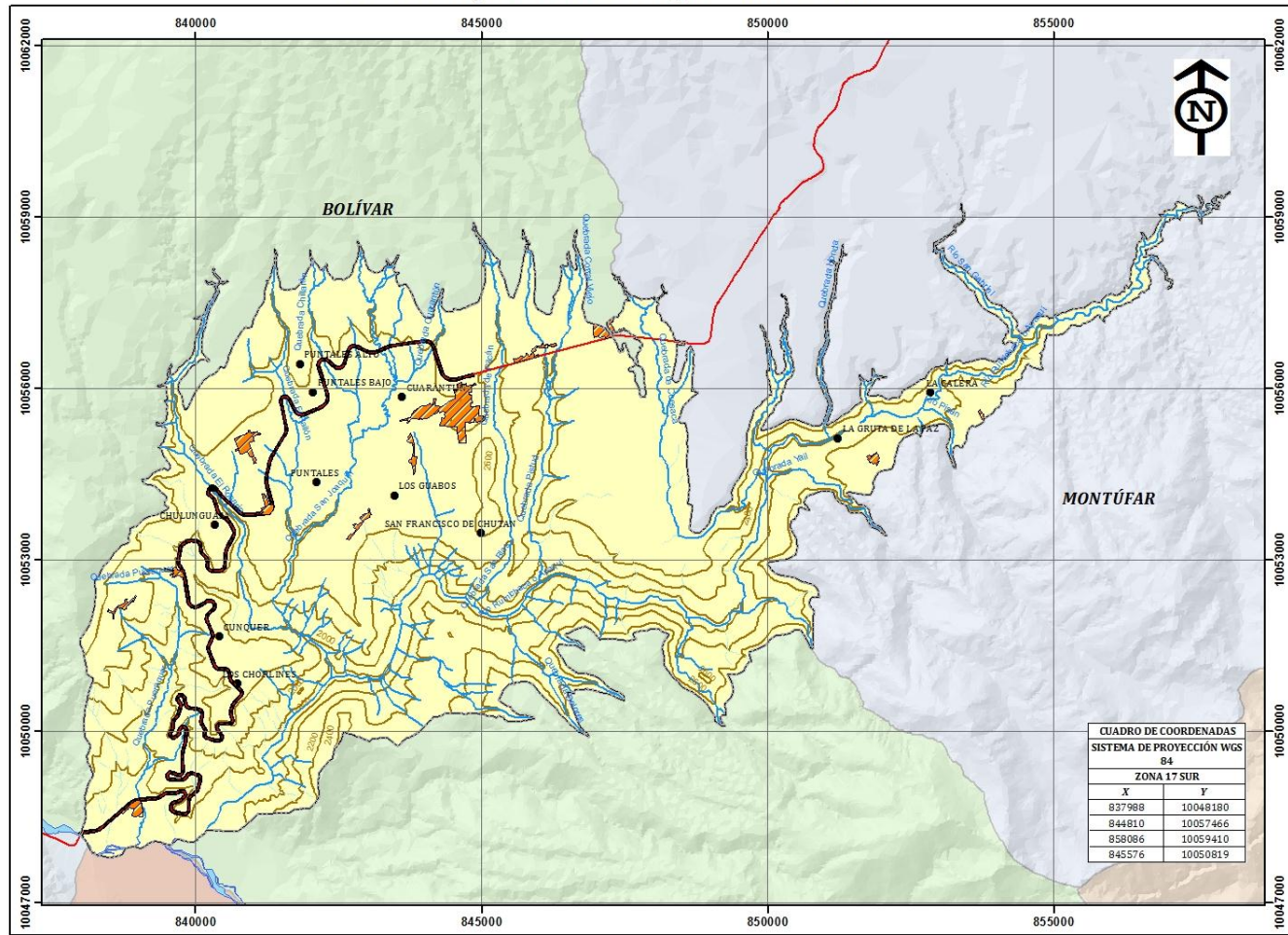
### **MAPAS TEMÁTICOS**

- 1. Mapa de Ubicación**
- 2. Mapa Base**
- 3. Mapa de Pendientes**
- 4. Mapa Litológico**
- 5. Mapa Cobertura VEGETAL**
- 6. Mapa de Precipitación**
- 7. Mapa de Sismos**
- 8. Mapa de Amenaza a Deslizamientos**
- 9. Mapa de amenaza a Caída de Bloques**
- 10. Mapa Densidad Poblacional**
- 11. Mapa Capacidad Uso de la Tierra**
- 12. Mapa de Vulnerabilidad**
- 13. Mapa de Riesgo a Deslizamientos**
- 14. Mapa de Riesgos a Caída de Bloques**
- 15. Mapa Amenaza, Vulnerabilidad y Riego a Deslizamientos**
- 16. Mapa Amenaza, Vulnerabilidad y Riego a Caída de Bloques**

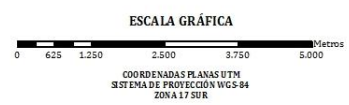
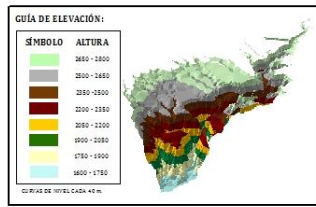
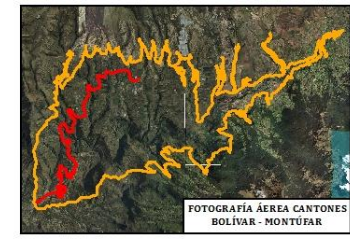




**CUENCA BAJA DEL RÍO APAQUÍ - MAPA BASE**



- LEYENDA**
- POBLADOS
  - VÍAS
    - PAVIMENTADA O ASFALTADA DOS O MAS VÍAS
    - AMPLIACIÓN VÍAL EL JUNCAL - BOLÍVAR
  - RÍOS
    - PERENNE
    - INTERMITENTE
    - RÍO DOBLE
  - CURVAS DE NIVEL
    - CURVAS ÍNDICE
    - CENTROS POBLADOS
    - CUENCA BAJA



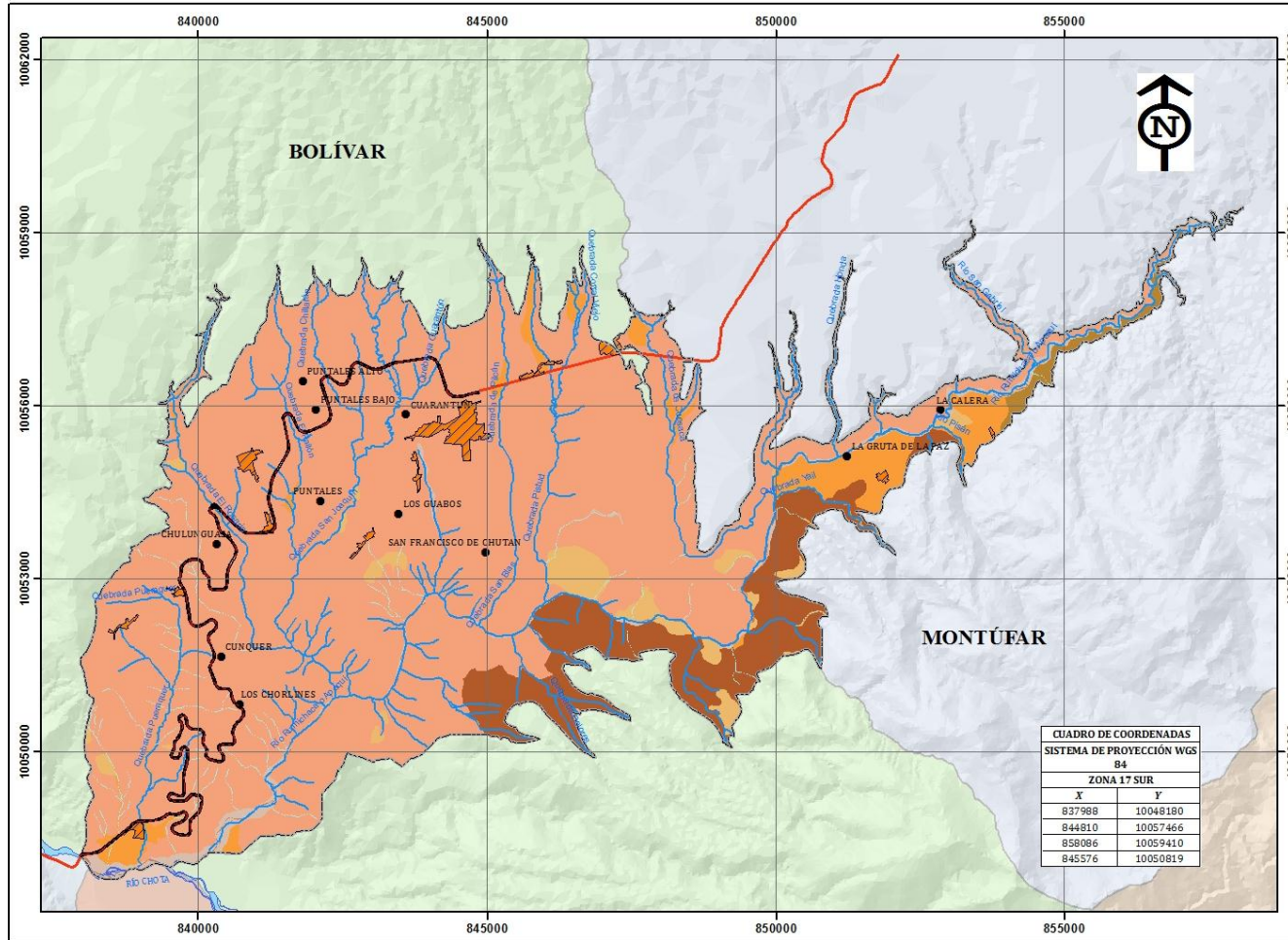
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**INSTITUTO DE POSGRADO**  
MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

**MAPA BASE - CUENCA BAJA DEL RÍO APAQUÍ**

ELABORADO POR: Ing. CRICEL POZO OROZCO	TUTOR: Msc. OSCAR ARMANDO ROSALES
SUPERFICIE: 90,82 Km <sup>2</sup>	PROVINCIA: GARCÍA
FECHA: 01 DE ENERO DEL 2017	CANTÓN: MONTÚFAR BOLÍVAR
	PARROQUIA: SAN CARLOS DE LA PEÑA BOLÍVAR
	ESCALA DE TRAZADO: 1:25,000
	ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:75,000
	SERIE: 1 DE 15



CUENCA BAJA DEL RÍO APAQUÍ - MAPA DE LITOLOGÍA



**LEYENDA**

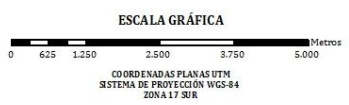
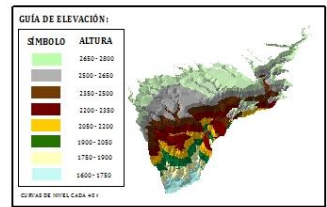
- POBLADOS
- VÍAS DE PRIMER ORDEN
- ▭ AMPLIACIÓN VIAL TRAMO EL JUNCAL - BOLÍVAR
- RÍOS
- PERENNE
- INTERMITENTE
- ▭ RÍO DOBLE
- ▭ CENTROS POBLADOS
- ▭ LÍMITE CUENCA BAJA APAQUÍ

**SIMBOLOGÍA**

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE ha
[Orange]	VOLCÁNICOS INDIFFERENCIADOS	7.193,63
[Dark Orange]	VOLCÁNICOS MANCUS	813,92
[Light Orange]	DEPÓSITOS COLUVIO ALUVIALES	463,26
[Yellow-Orange]	DEPÓSITOS COLUVIALES	238,46
[Light Yellow]	DEPÓSITOS ALUVIALES	179,79
[Light Brown]	NO APLICABLE	151,90
[Dark Brown]	METAMÓRFICOS INDIFFERENCIADOS	71,03
<b>TOTAL</b>		<b>9.652,00 ha</b>
		<b>96,52 km<sup>2</sup></b>

**CUADRO DE COORDENADAS**  
SISTEMA DE PROYECCIÓN WGS 84  
ZONA 17 SUR

X	Y
837988	10048180
844810	10057466
858086	10059410
845576	10050819

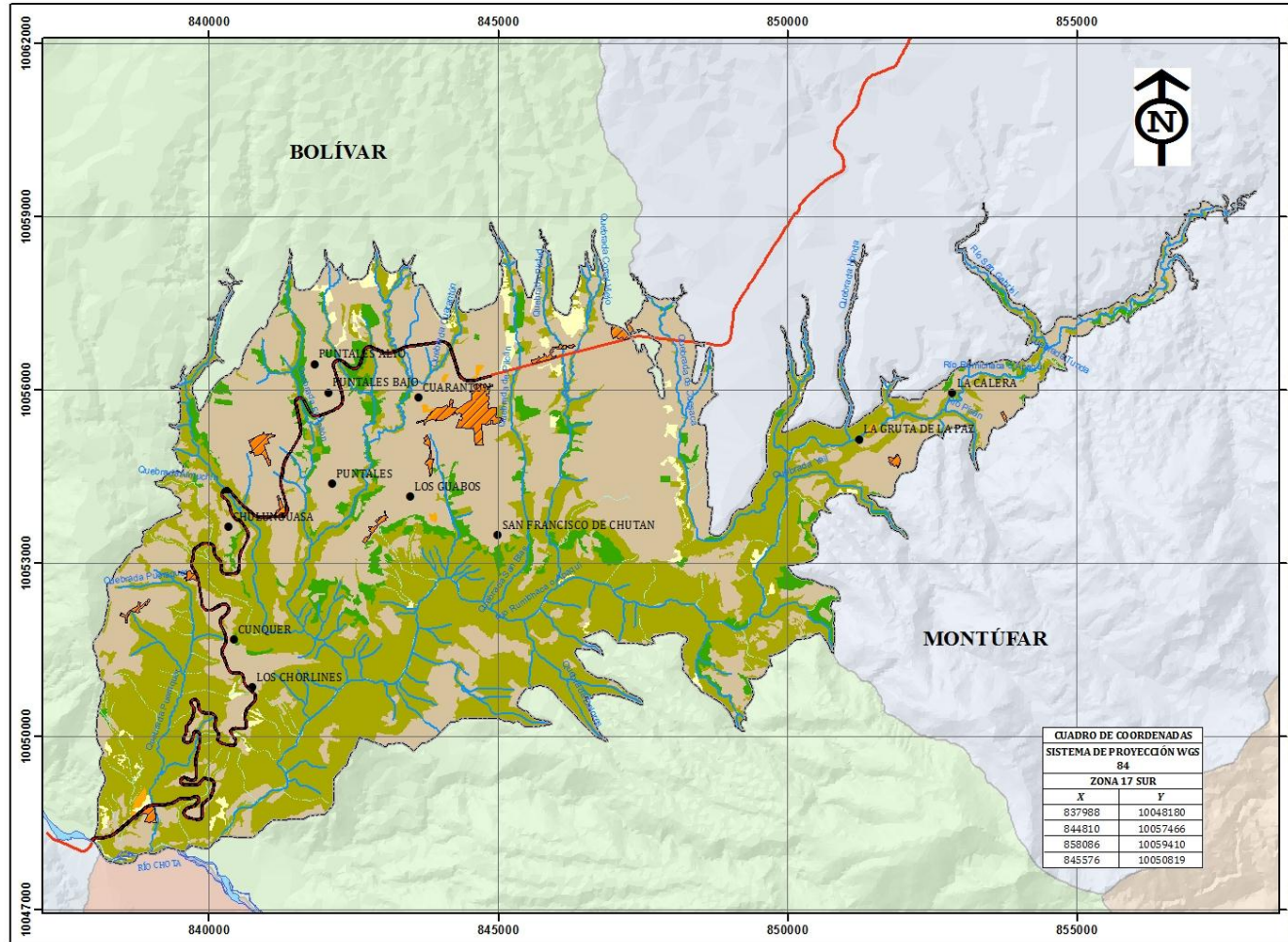


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**INSTITUTO DE POSGRADO**  
MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

**MAPA DE LITOLOGÍA - CUENCA BAJA DEL RÍO APAQUÍ**

ELABORADO POR: Ing. CRISTEL POZO DORADO	TÍTULO: ING. OSCAR ARMANDO ROSALES
SUPERFICIE: 96,52 km <sup>2</sup>	FECHA: 01 DE ENERO DE 2017
PROYECTO: GARCÍ	PAIS: COLOMBIA
CIUDAD: BOLÍVAR	DEPARTAMENTO: BOLÍVAR
INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	ESCALA DE TRABAJO: 1:25.000
ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:75.000	LA HOJA: 3 DE 15

CUENCA BAJA DEL RÍO APAQUÍ - MAPA DE COBERTURA VEGETAL



**LEYENDA**

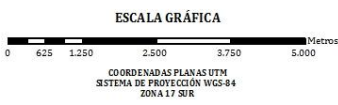
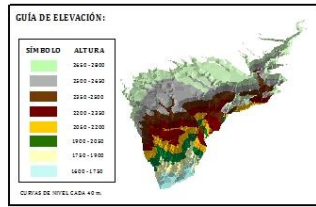
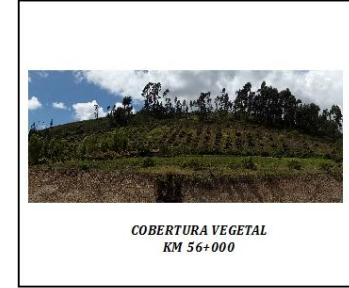
- POBLADOS
- VÍAS
  - VÍAS DE PRIMER ORDEN
  - AMPLIACIÓN VIAL TRAMO EL JUNCAL - BOLÍVAR
- RÍOS
  - PERENNE
  - INTERMITENTE
  - RÍO DOBLE
- CENTROS POBLADOS
- LÍMITE CUENCA BAJA APAQUÍ

**SIMBOLOGÍA**

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE ha
[Brown]	TIERRAS AGROPECUARIAS	4.123.23
[Green]	VEGETACIÓN HERBÁCEA Y ARBUSTIVA	4.121.23
[Light Green]	BOSQUE	485.04
[Yellow]	OTRAS TIERRAS	156.55
[Orange]	ZONA ANTRÓPICA	113.05
[Blue]	CUERPOS DE AGUA	52.90
<b>TOTAL</b>		<b>9.052.00 ha</b>
		<b>90.52 km<sup>2</sup></b>

**CUADRO DE COORDENADAS SISTEMA DE PROYECCIÓN WGS 84 ZONA 17 SUR**

X	Y
837988	10048180
844810	10057466
858086	10059410
845576	10050819

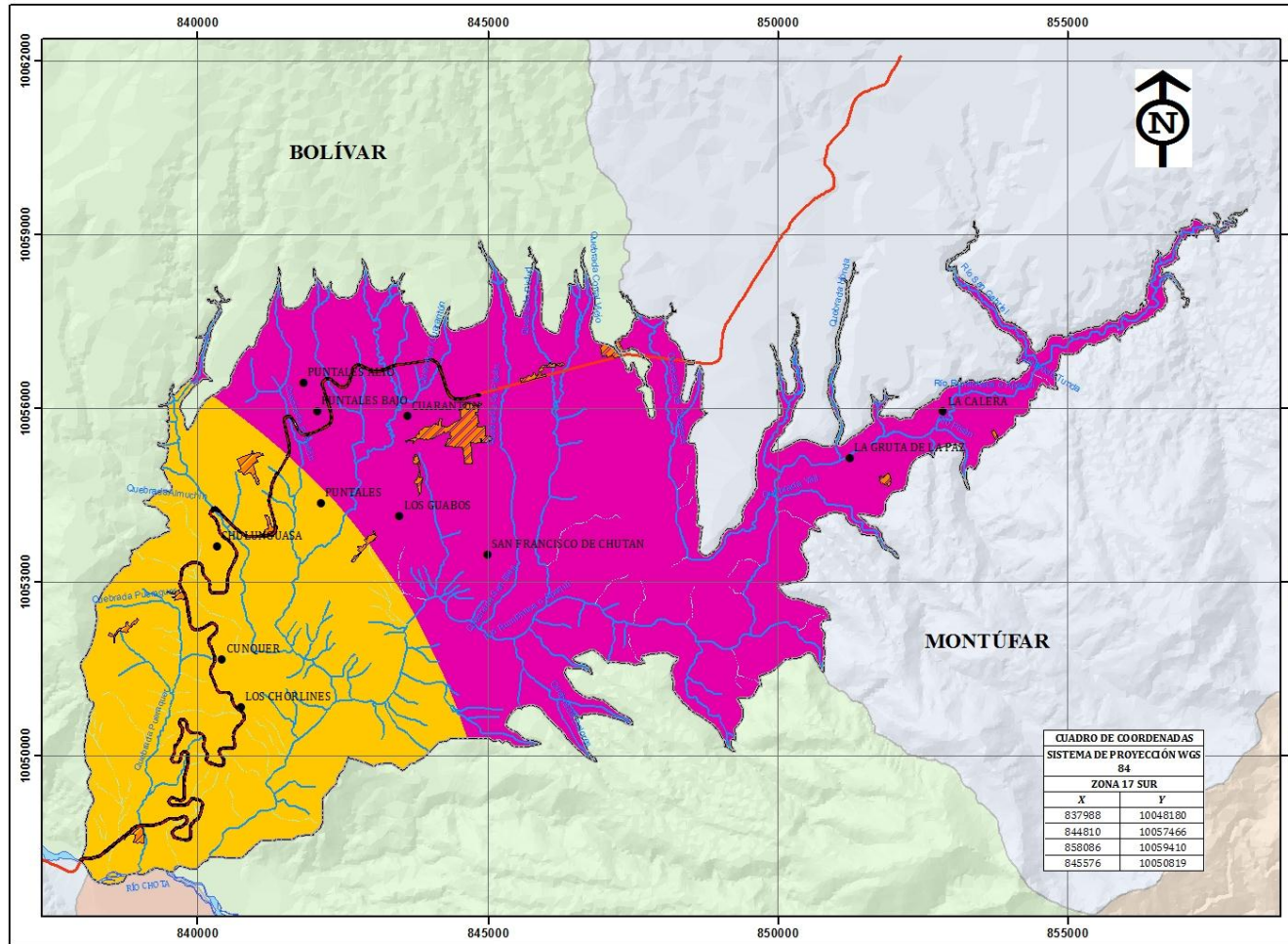


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE INSTITUTO DE POSGRADO**  
MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

**MAPA DE COBERTURA VEGETAL - CUENCA BAJA DEL RÍO APAQUÍ**

ELABORADO POR: Ing. SAÍCEL FLORES DORADO	TUTOR: Msc. OSCAR ARMANDO ROSALES
SUPERFICIE: 90,52 km <sup>2</sup>	PROYECTO: CARTOGRAFÍA IGM ESC. 1:50.000 - CARTAS TOPOGRÁFICAS ESC. 1:50.000
FECHA: 01 DE ENERO DE 2017	PARA QUÉ: MAPA PARA EL PLAN DE MANEJO DEL RÍO APAQUÍ
ESCALA DE TRABAJO: 1:25.000	LÁMINA: 6 DE 15
ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:75.000	

### CUENCA BAJA DEL RÍO APAQUÍ - MAPA DE PRECIPITACIÓN



**LEYENDA**

- POBLADOS
- VÍAS DE PRIMER ORDEN
- ▭ AMPLIACIÓN VIAL TRAMO EL JUNCAL - BOLÍVAR
- RÍOS
- PERENNE
- INTERMITENTE
- ▭ RÍO DOBLE
- ▭ CENTROS POBLADOS
- ▭ LÍMITE CUENCA BAJA APAQUÍ

**SIMBOLOGÍA**

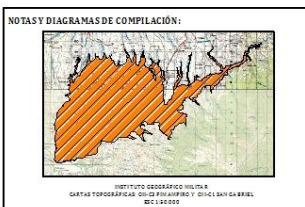
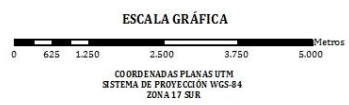
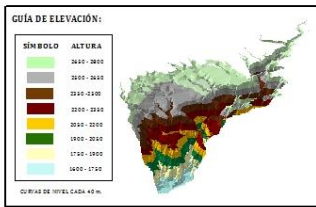
SÍMBOLO	PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 h. Tr 100 a (mm)	SUPERFICIE ha
■ (Yellow)	< 100 mm	3.420.35
■ (Pink)	100 - 150 mm	5.631.65
<b>TOTAL</b>		<b>9.052,00 ha</b>
		<b>90,52 km<sup>2</sup></b>

**KM 53+000**  
**EROSIÓN DE TALUD PRODUCTO DE LA PRECIPITACIÓN CUNQUER**

**CUADRO DE COORDENADAS SISTEMA DE PROYECCIÓN WGS 84 ZONA 17 SUR**

X	Y
837988	10048180
844810	10057466
858086	10059410
845576	10050819

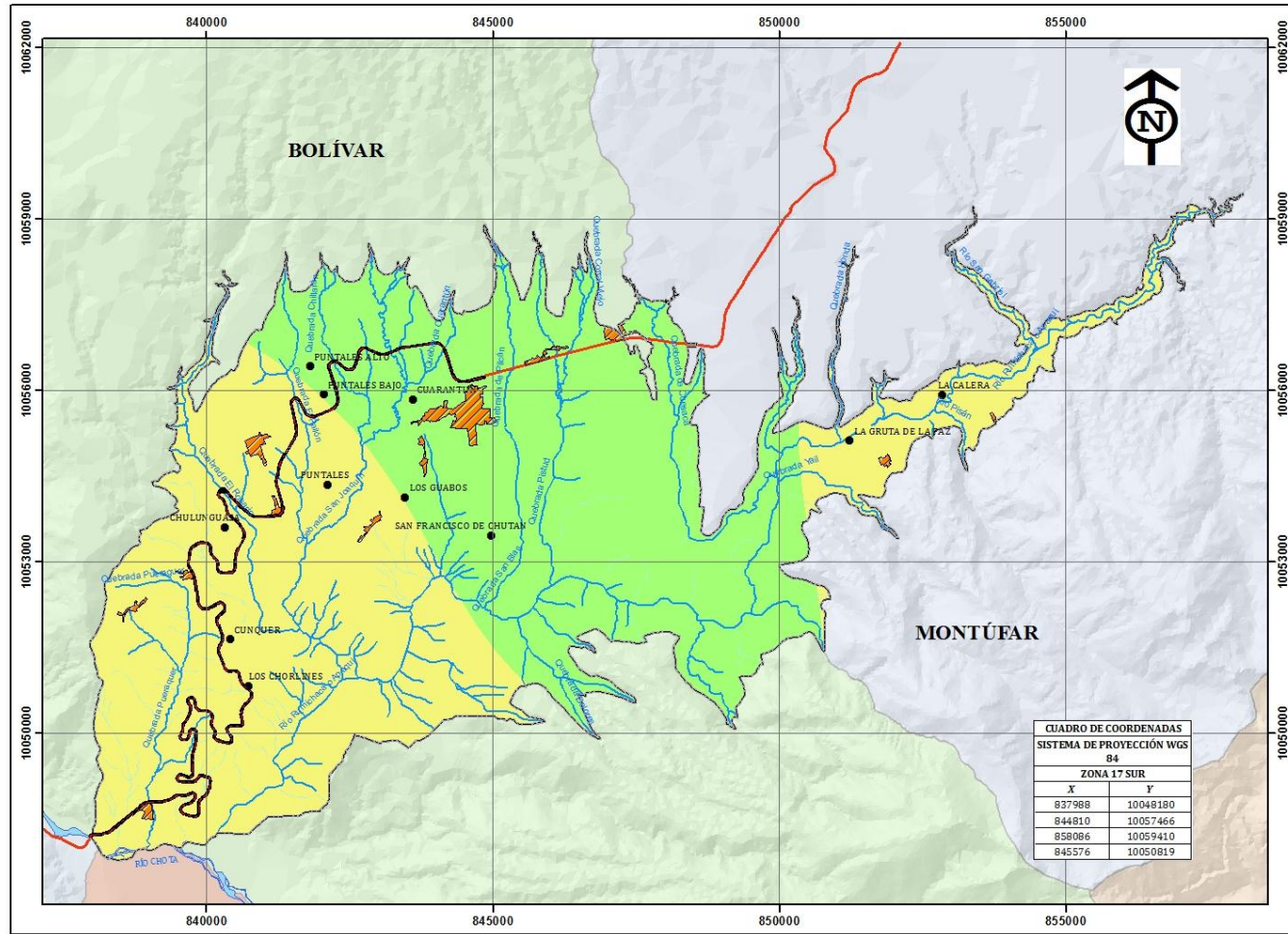


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE INSTITUTO DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

**MAPA DE PRECIPITACIÓN - CUENCA BAJA DEL RÍO APAQUÍ**

ELABORADO POR: ING. CRISTEL POZO DORADO	TUTOR: ING. OSCAR ARMANDO ROSALES
SUPERFICIE: 90,52 km <sup>2</sup>	FECHA: 01 DE FEBRO DE 2017
PROYECTA: ING. GUSTAVO BARRERA	REVISOR: ING. GUSTAVO BARRERA
APROBADO: ING. GUSTAVO BARRERA	ESCALA DE TRAZADO: 1:25.000
FECHA DE TRAZADO: 02 DE FEBRO DE 2017	NÚMERO DE HOJA: 5 DE 15

### CUENCA BAJA DEL RÍO APAQUÍ - MAPA DE SISMS



**LEYENDA**

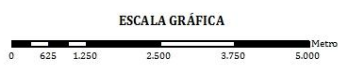
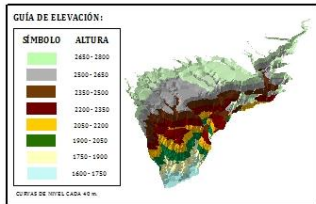
- POBLADOS
- VÍAS
  - VÍAS DE PRIMER ORDEN
  - AMPLIACIÓN VIAL TRAMO EL JUNCAL - BOLÍVAR
- RÍOS
  - PERENNE
  - INTERMITENTE
  - RÍO DOBLE
- CENTROS POBLADOS
- LÍMITE CUENCA BAJA APAQUÍ

**SIMBOLOGÍA**

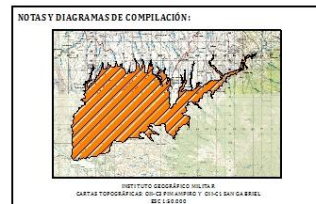
SÍMBOLO	RANGOS (Magnitud Richter)	SUPERFICIE ha
■	< 3.5	4.335.25
■	3.5 - 4.4	4.716.75
<b>TOTAL</b>		<b>9.052.00 ha</b>

**CUADRO DE COORDENADAS**  
SISTEMA DE PROYECCIÓN WGS 84  
ZONA 17 SUR

X	Y
837988	10048180
844810	10057466
858086	10059410
845576	10050819



COORDENADAS PLANAS UTM  
SISTEMA DE PROYECCIÓN WGS-84  
ZONA 17 SUR

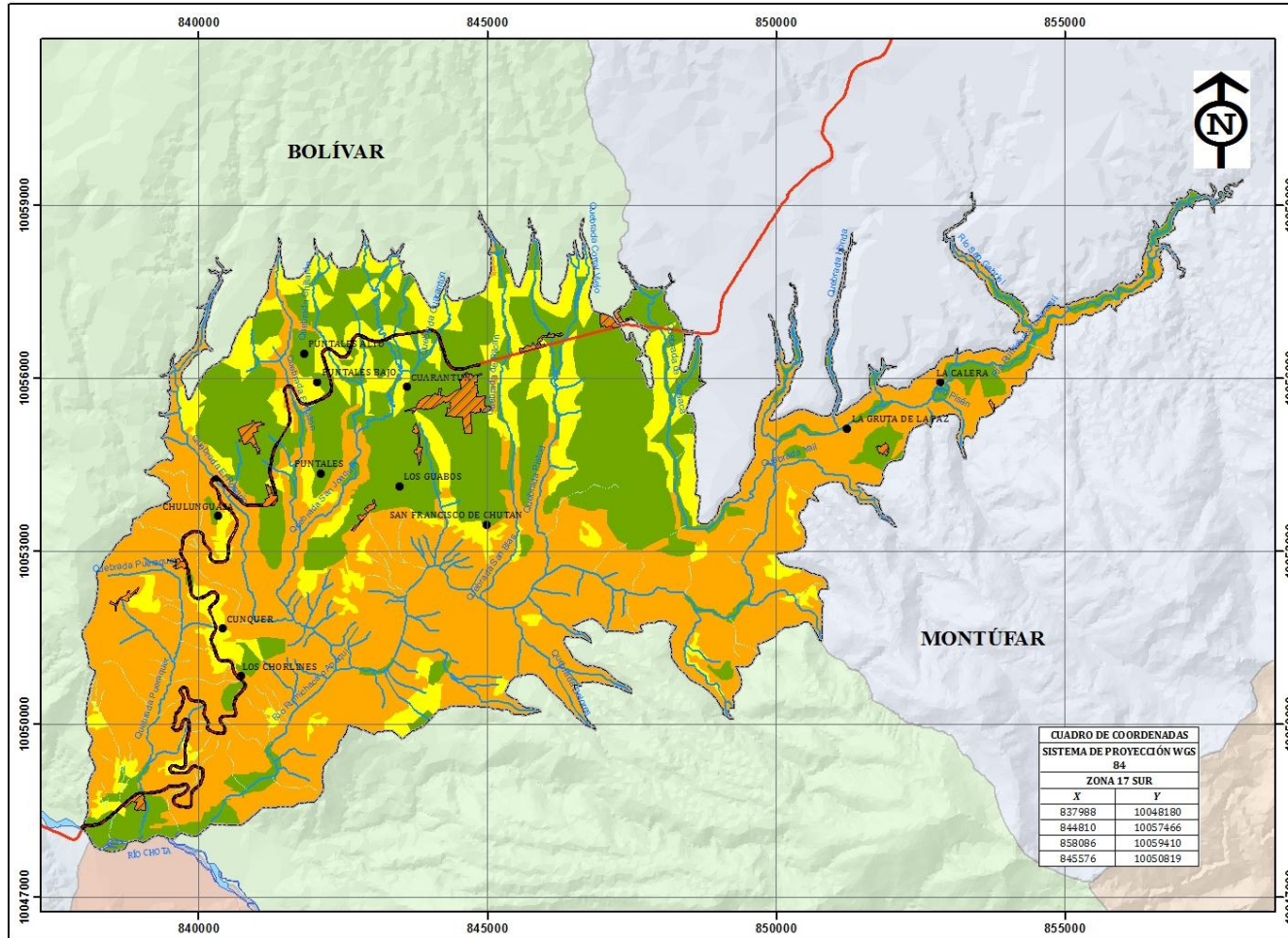


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**INSTITUTO DE POSGRADO**  
MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

**MAPA DE SISMS - CUENCA BAJA DEL RÍO APAQUÍ**

ELABORADO POR: Ing. CRICEL POZO DORADO	TUTOR: Mg. OSCAR ARMANDO ROSALES
SUP. DE FICHA: 90,2 Km <sup>2</sup>	PREVENCIÓN: GARCÍA INSTITUTO BOLÍVAR
FECHA: 01 ENERO DE 2017	RECALDA TRABAJO: 1:25.000
	RECALDA IMPRESIÓN: 1:75.000
	LÁMINA: 6 DE 15

**CUENCA BAJA DEL RÍO APAQUÍ - MAPA DE AMENAZAS A DESLIZAMIENTOS**



**LEYENDA**

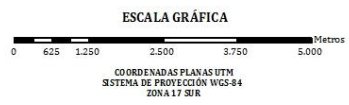
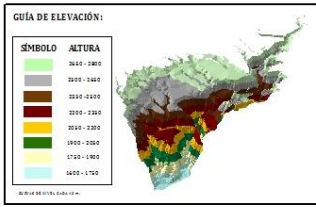
- POBLADOS
- VÍAS
  - VÍAS DE PRIMER ORDEN
  - ▭ AMPLIACIÓN VIAL TRAMO EL JUNCAL - BOLÍVAR
- RÍOS
  - PERENNE
  - INTERMITENTE
  - ▭ RÍO DOBLE
- ▭ CENTROS POBLADOS
- ▭ LÍMITE CUENCA BAJA APAQUÍ

**SIMBOLOGÍA**

SÍMBOLO	GRADO DE AMENAZA	SUPERFICIE ha
■ (Green)	MUY BAJA	2.839,85
■ (Yellow)	BAJA	1.318,99
■ (Orange)	MODERADO	4.893,16
<b>TOTAL</b>		<b>9.052,00 ha</b>
		<b>98,52 km<sup>2</sup></b>

**CUADRO DE COORDENADAS SISTEMA DE PROYECCIÓN WGS 84 ZONA 17 SUR**

X	Y
837988	10048180
844810	10057466
858086	10059410
845576	10050819

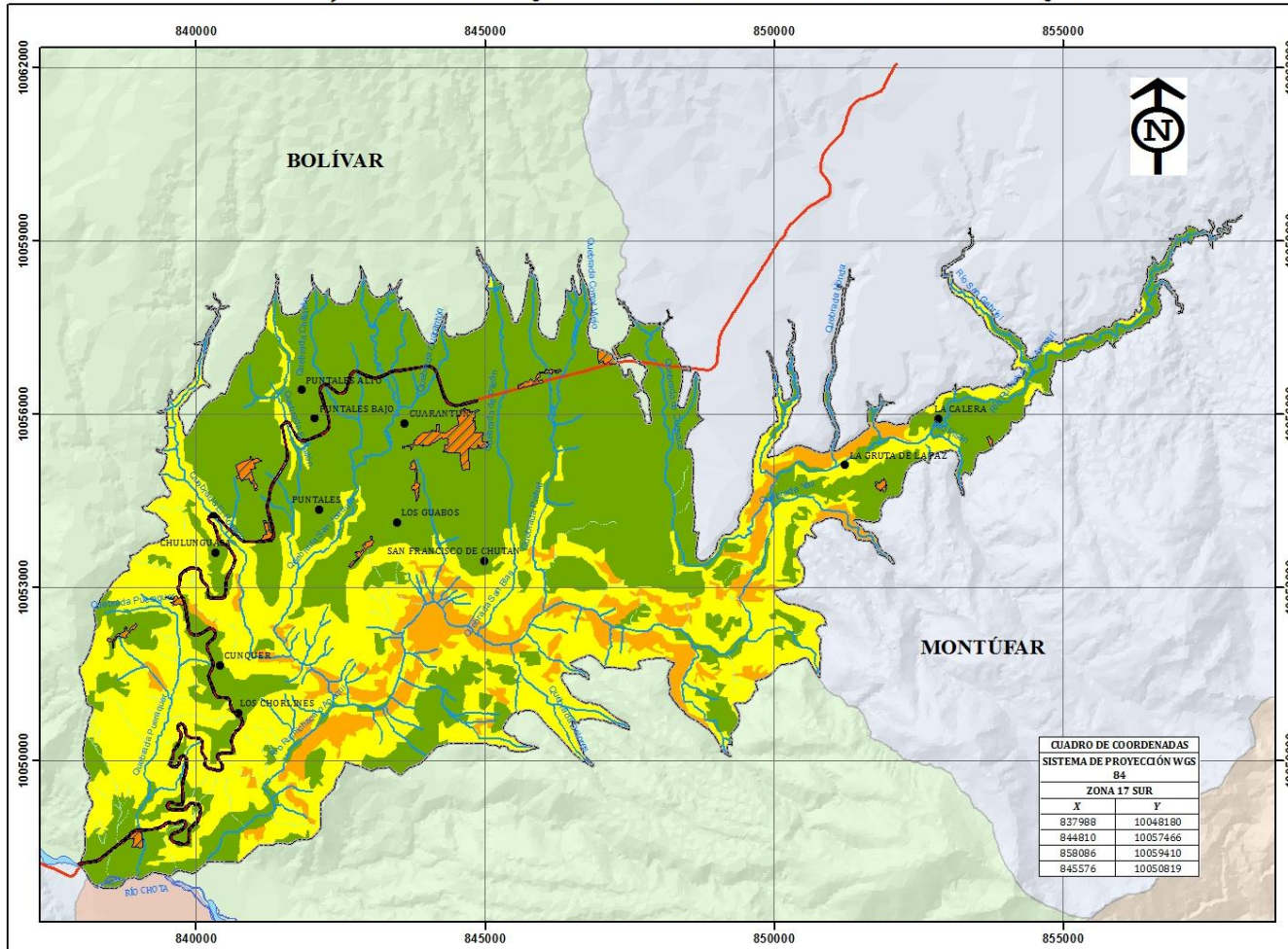


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE INSTITUTO DE POSGRADO**  
MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

**MAPA DE AMENAZAS DE DESLIZAMIENTOS - CUENCA BAJA DEL RÍO APAQUÍ**

ELABORADO POR: ING. CRISTEL POZO DORADO		TUTOR: ING. OSCAR ARMANDO ROSALES
SUPERFICIE: 90,51 km <sup>2</sup>	PROYECTO: DASO SANTANA MONTAÑA BOLÍVAR	FECHA: - CARTOGRAFÍA: 15/01/2007 - CARTAS TOPOGRÁFICAS: ESC 1:50.000
FECHA: 01 DE FEBRERO DE 2017	PROFESOR: SAN GABRIEL LA PAZ BOLÍVAR SAN RAFAEL GUAYAS	ESCALA DE TRABAJO: 1:25.000 ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:75.000 LÁMINA: 7 DE 15

CUENCA BAJA DEL RÍO APAQUÍ - MAPA AMENAZA A CAÍDAS DE BLOQUES



**LEYENDA**

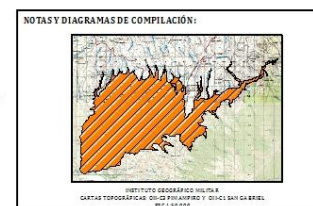
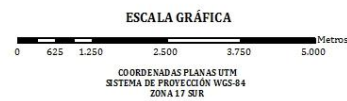
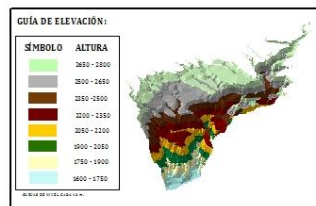
- POBLADOS
- VÍAS DE PRIMER ORDEN
- AMPLIACIÓN VIAL TRAMO EL JUNCAL - BOLÍVAR
- RÍOS
- PERENNE
- INTERMITENTE
- RÍO DOBLE
- ▨ CENTROS POBLADOS
- LÍMITE CUENCA BAJA APAQUÍ

**SIMBOLOGÍA**

SÍMBOLO	GRADO DE AMENAZA	SUPERFICIE ha
■	MUY BAJA	4.945,64
■	BAJA	3.351,90
■	MODERADO	754,46
	<b>TOTAL</b>	<b>9.052,00 ha</b>
		<b>96,52 km<sup>2</sup></b>

**CUADRO DE COORDENADAS**  
SISTEMA DE PROYECCIÓN WGS 84  
ZONA 17 SUR

X	Y
837988	10048180
844810	10057466
858086	10059410
845576	10050819



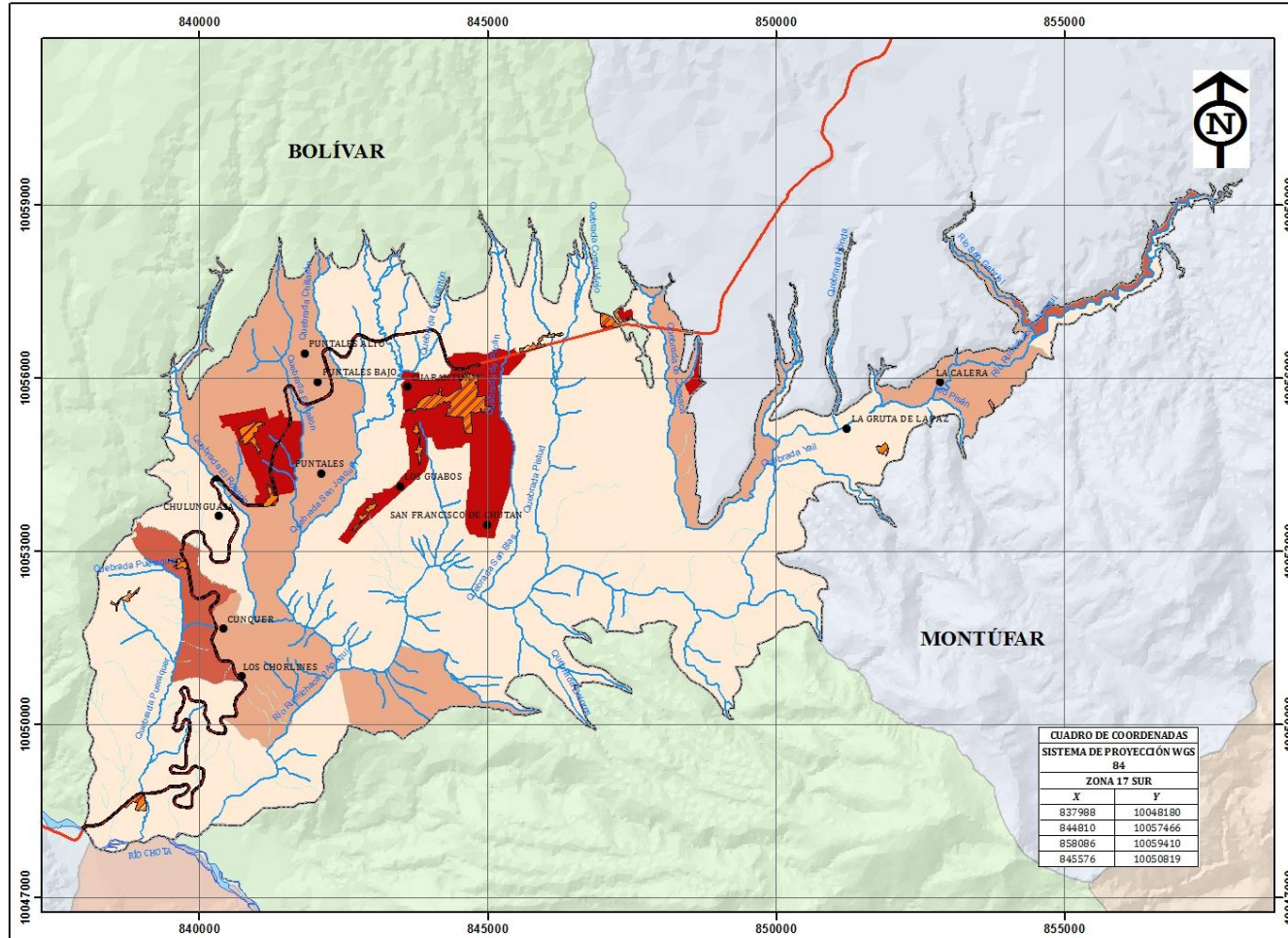
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**INSTITUTO DE POSGRADO**  
MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

**MAPA DE AMENAZA CAÍDA DE BLOQUES - CUENCA BAJA DEL RÍO APAQUÍ**

ELABORADO POR: ING. OSCIEL POZO DORADO	TÍTULO: ING. OSCAR ARMANDO ROSALES
SUPERFICIE: 90,52 km <sup>2</sup>	FECHA: - CARTOGRAFÍA IGN ESC 1:50.000 - CARTAS TOPOGRÁFICAS ESC 1:50.000
ESCALA DE TRAZADO: 1:25.000	LA MINA: 8 DE 18
ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:75.000	



CUENCA BAJA DEL RÍO APAQUÍ - MAPA DE DENSIDAD POBLACIONAL

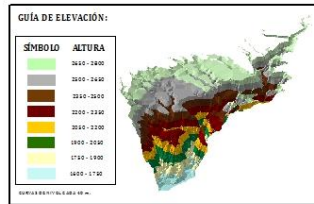
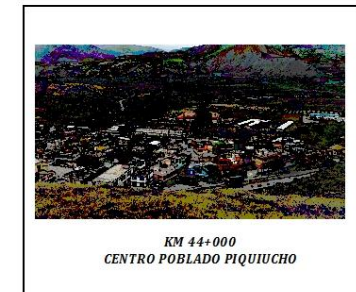


**LEYENDA**

- POBLADOS
- VÍAS DE PRIMER ORDEN
- ▭ AMPLIACIÓN VIAL TRAMO EL JUNCAL - BOLÍVAR
- RÍOS
- PERENNE
- INTERMITENTE
- RÍO DOBLE
- ▭ CENTROS POBLADOS
- ▭ LÍMITE CUENCA BAJA APAQUÍ

**SIMBOLOGÍA**

SÍMBOLO	DENSIDAD POBLACIONAL	SUPERFICIE ha
Light Orange	BAJA	6.253,55
Orange	MEDIA	1.940,54
Red-Orange	ALTA	593,47
Dark Red	MUY ALTA	264,44
<b>TOTAL</b>		<b>9.052,00 ha</b>
		<b>90,52 km<sup>2</sup></b>

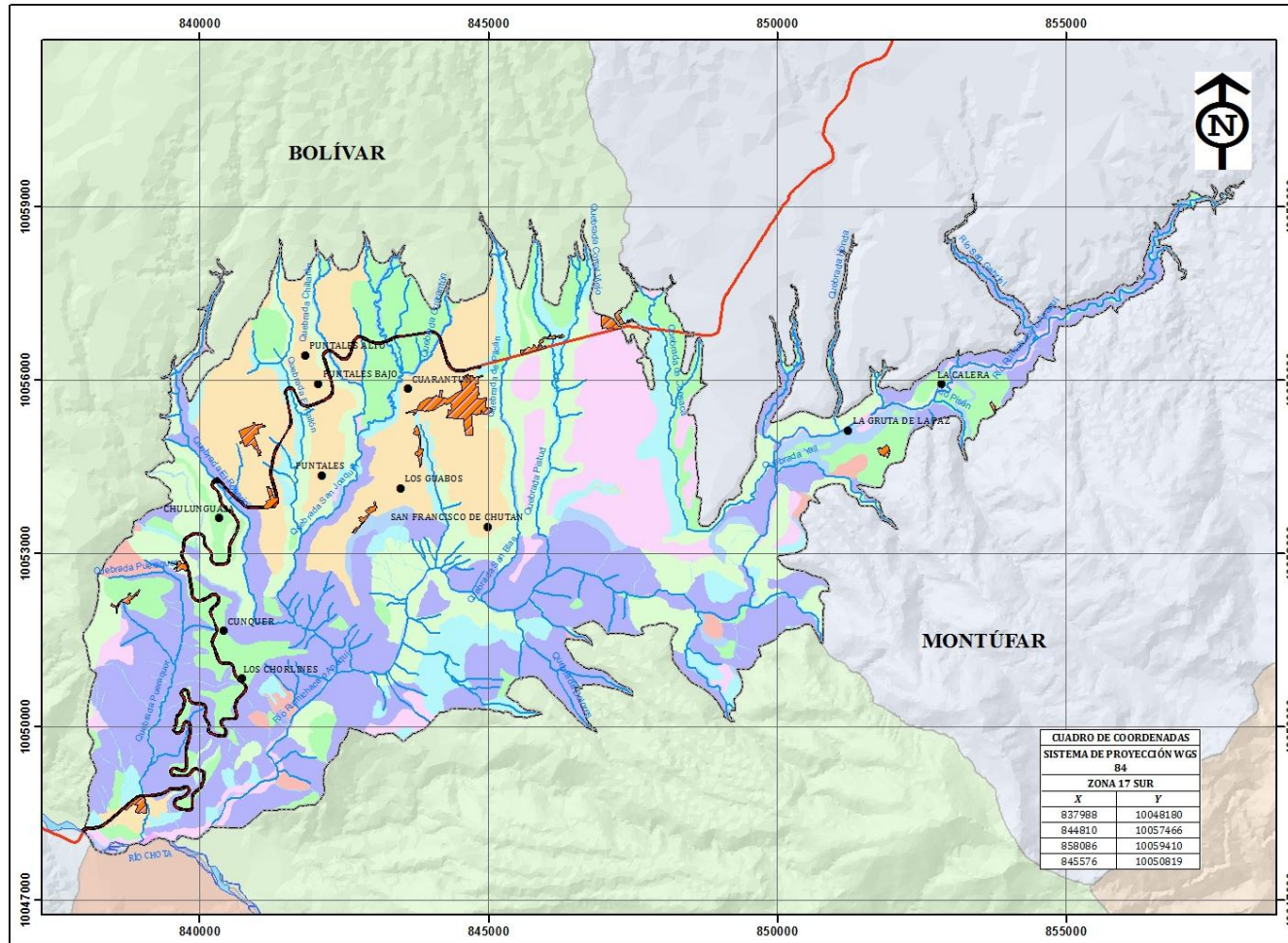


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE INSTITUTO DE POSGRADO**  
MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

**MAPA DE DENSIDAD POBLACIONAL - CUENCA BAJA DEL RÍO APAQUÍ**

ELABORADO POR: Ing. CRICEL POZO DONADO	TÍTULO: ING. OSCAR ARMANDO ROSALES
SUPERFICIE: 90,52 km <sup>2</sup>	REVISIÓN: - CARTOGRAFÍA 10/11 ESC 1:30.000 - CARTAS TOPOGRÁFICAS ESC 1:30.000
FECHA: 01 DE FEBRERO DE 2017	ESCALA DE TRAZADO: 1:25.000
	ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:75.000
	LÁMINA: 9 DE 13

CUENCA BAJA DEL RÍO APAQUÍ - MAPA CAPACIDAD USO DE LA TIERRA



**LEYENDA**

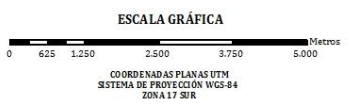
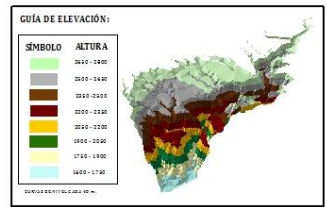
- POBLADOS
- VÍAS
  - VÍAS DE PRIMER ORDEN
  - AMPLIACIÓN VIAL TRAMO EL JUNCAL - BOLÍVAR
- RÍOS
  - PERENNE
  - INTERMITENTE
  - RÍO DOBLE
- ▨ CENTROS POBLADOS
- ▭ LÍMITE CUENCA BAJA APAQUÍ

**SIMBOLOGÍA**

SÍMBOLO	CLASES AGROLÓGICAS	SUPERFICIE ha
[Pink]	Limitaciones Moderadas II	837.47
[Light Green]	Limitaciones Moderadas III	1.188.99
[Light Blue]	Limitaciones Permanentes IV	484.99
[Light Orange]	Limitaciones Severas V	1.244.67
[Light Purple]	Limitaciones Severas VI	122.84
[Light Green]	Limitaciones Muy Severas VII	7.701.29
[Light Blue]	Limitaciones Muy Severas VIII	3.659.84
[Light Blue]	Tierras Macolanas	395.42
[Pink]	No Aplica	156.65
	<b>TOTAL</b>	<b>9.952.00 ha</b> <b>99.52 km<sup>2</sup></b>

**CUADRO DE COORDENADAS SISTEMA DE PROYECCIÓN WGS 84 ZONA 17 SUR**

X	Y
837988	10048180
844810	10057466
858086	10059410
845576	10050819

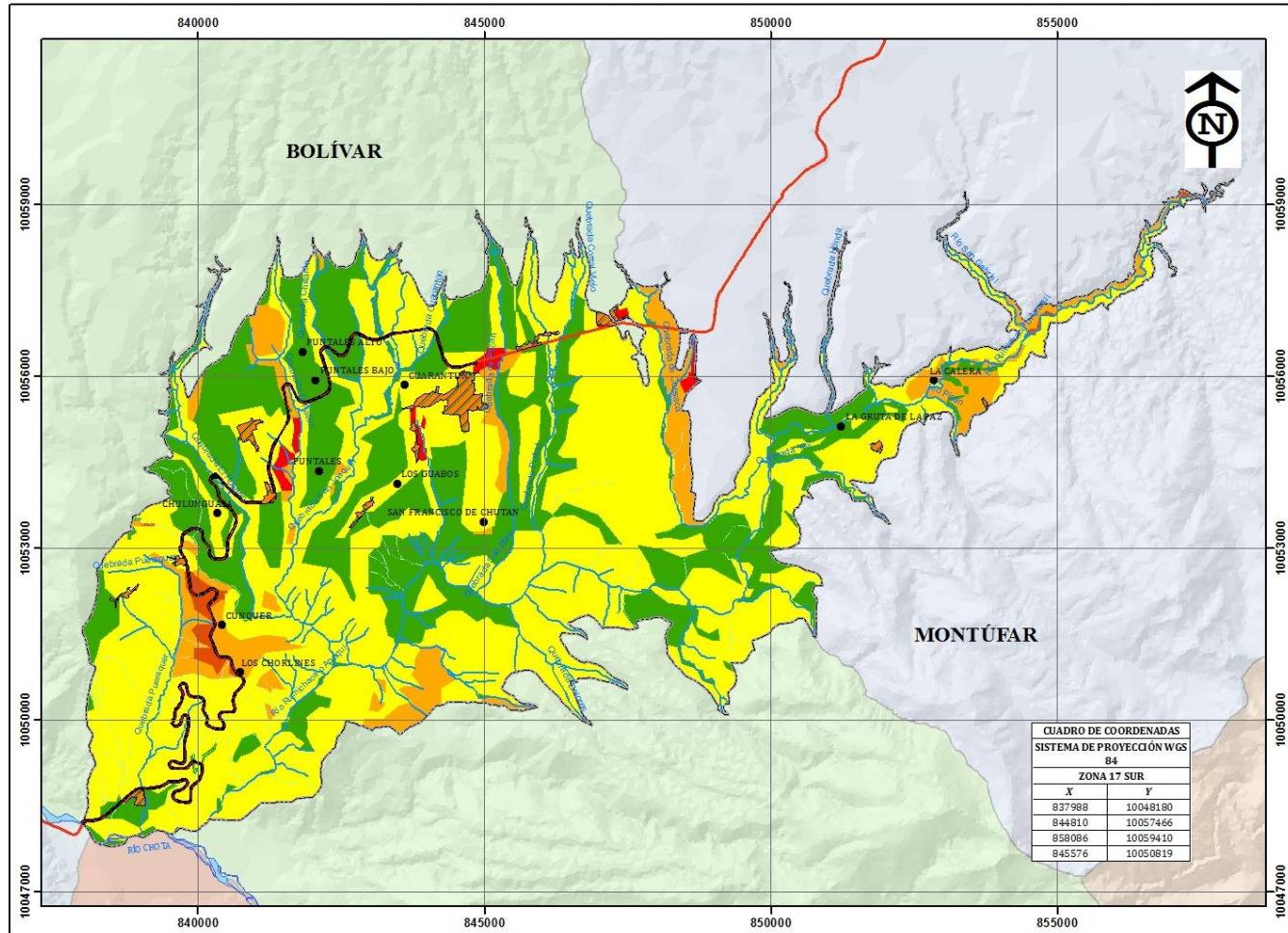


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE INSTITUTO DE POSGRADO**  
MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

**MAPA DE CAPACIDAD USO DE LA TIERRA - CUENCA BAJA DEL RÍO APAQUÍ**

ELABORADO POR: Ing. GRICEL POZO DORADO	TUTOR: Ing. OSCAR ARMANDO ROSALES
SUPERFICIE: 99.52 km <sup>2</sup>	PROYECTO: GACU MONTAÑA BOLÍVAR
FECHA: 01 ENERO DE 2017	REVISIÓN: — CARTOGRAFÍA IGN ESC 1:50.000 — CARTAS TOPOGRÁFICAS ESC 1:50.000
RECALDA TRAZADO: 1:25.000	RECALDA INFORMACIÓN: 1:75.000
LÁMINA: 10 DE 15	

CUENCA BAJA DEL RÍO APAQUÍ - MAPA DE VULNERABILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA



**LEYENDA**

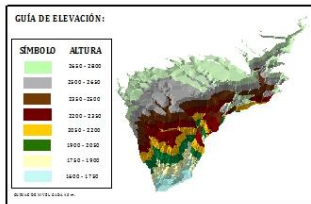
- POBLADOS
- VÍAS DE PRIMER ORDEN
- AMPLIACIÓN VIAL TRAMO EL JUNCAL - BOLÍVAR
- RÍOS
- PERENNE
- INTERMITENTE
- RÍO DOBLE
- CENTROS POBLADOS
- LÍMITE CUENCA BAJA APAQUÍ

**SIMBOLOGÍA**

SIMBOLO	GRADO VULNERABILIDAD	SUPERFICIE ha
Green	MUY BAJO	2.658,55
Yellow	BAJO	5.489,93
Orange	MODERADO	752,94
Red-Orange	ALTO	78,02
Red	MUY ALTO	71,56
	<b>TOTAL</b>	<b>9.052,00 ha</b> <b>90,52 km<sup>2</sup></b>

**CUADRO DE COORDENADAS SISTEMA DE PROYECCIÓN WGS 84 ZONA 17 SUR**

X	Y
837988	10048180
844810	10057466
858086	10059410
845576	10050619



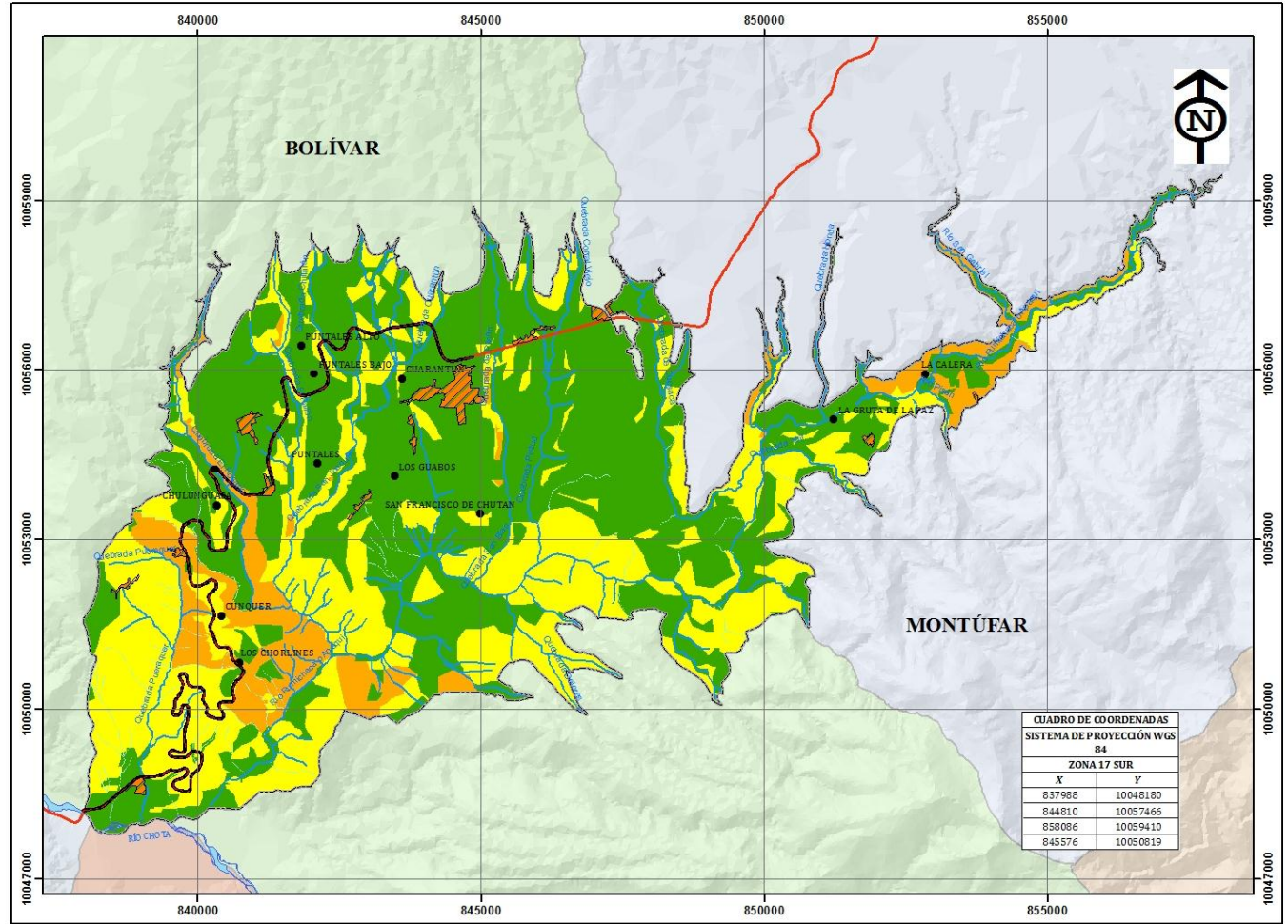
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE INSTITUTO DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

**MAPA DE VULNERABILIDAD MOVIMIENTOS EN MASA - CUENCA BAJA DEL RÍO APAQUÍ**

ELABORADO POR: Ing. CRICEL POZO DORADO	TUTOR: Ing. OSCAR ARMANDO ROSALES
SUPERFICIE: 90,52 km <sup>2</sup>	PROYECTO: GARCÍA GONZÁLEZ BOLÍVAR
FECHA: 01 ENERO DE 2017	REVISIÓN: LA PAZ BOLÍVAR, BOLÍVAR
	RECALDADE TRABAJO: 1:25.000
	RECALDADE IMPRESIÓN: 1:75.000
	LÁMINA: 11 DE 15

**CUENCA BAJA DEL RÍO APAQUÍ - MAPA DE RIESGOS A DESLIZAMIENTOS**



**LEYENDA**

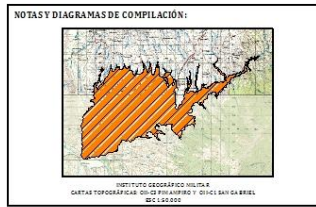
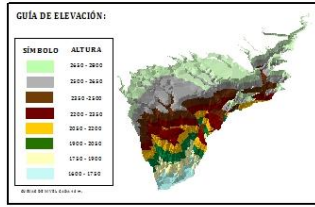
- POBLADOS
- VÍAS
  - VÍAS DE PRIMER ORDEN
  - AMPLIACIÓN VIAL TRAMO EL JUNCAL - BOLÍVAR
- RÍOS
  - PERENNE
  - INTERMITENTE
  - RÍO DOBLE
- CENTROS POBLADOS
- LÍMITE CUENCA BAJA APAQUÍ

**SIMBOLOGÍA**

SÍMBOLO	GRADO VULNERABILIDAD	SUPERFICIE ha
	MUY BAJO	4.990,26
	BAJO	3.243,90
	MODERADO	817,85
	ALTO	0,00
	MUY ALTO	0,00
	<b>TOTAL</b>	<b>90,52 ha / 90,52 km<sup>2</sup></b>



RIESGO MODERADO  
PUENTE SOBRE QUEBRADA EL ROSARIO

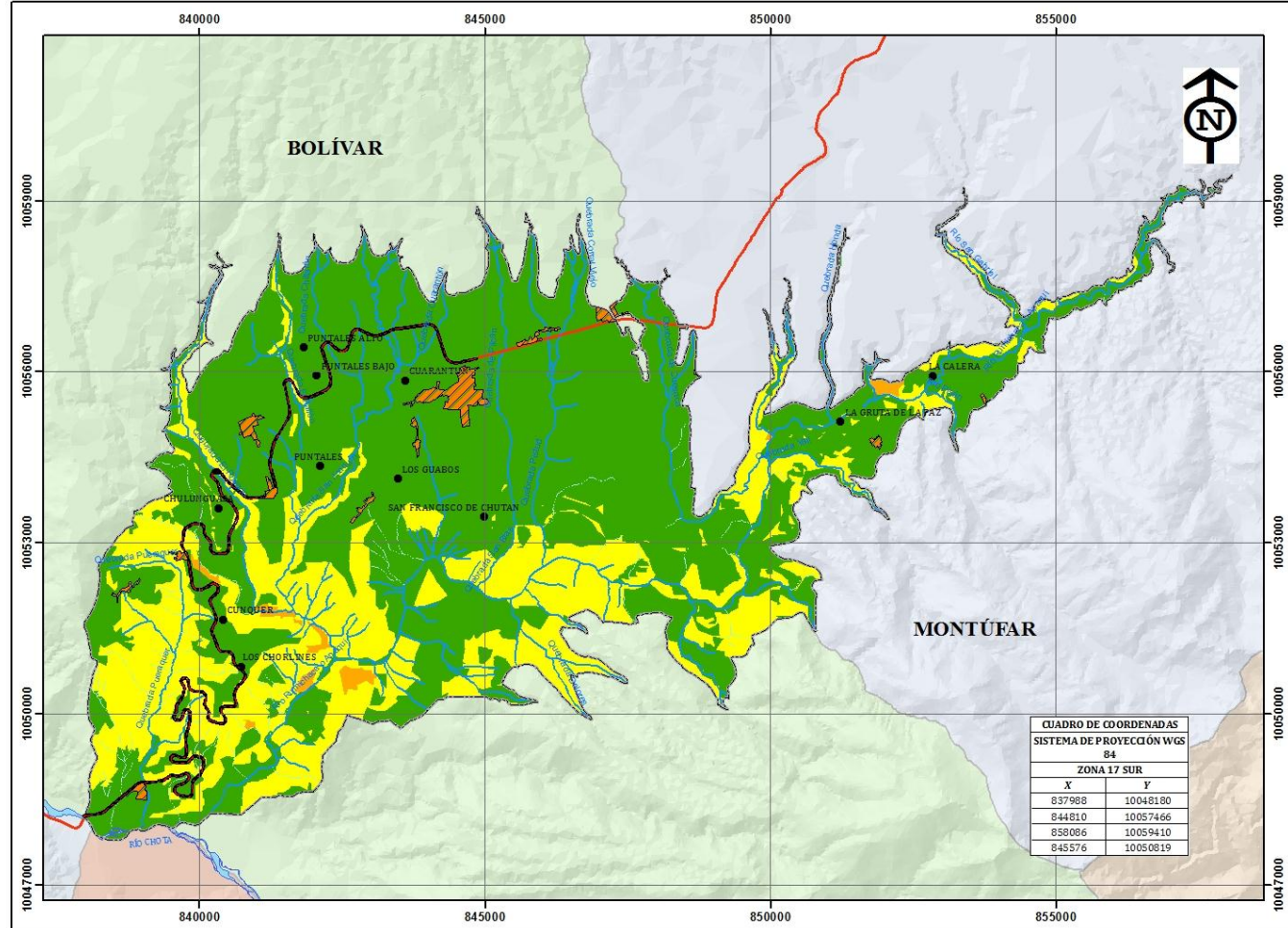


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE INSTITUTO DE POSGRADO**  
MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

**MAPA DE RIESGOS A DESLIZAMIENTOS - CUENCA BAJA DEL RÍO APAQUÍ**

LABORADOR POR: Ing. GRICEL FLORES DORADO	TUTOR: Ing. OSCAR ARMANDO ROSALES
SUPERFICIE: 90,52 km <sup>2</sup>	PROYECTO: GARCENI
FECHA: 01 DE FEBRERO DE 2017	ESTADÍSTICA: BOLÍVAR
	PARÁMETROS: SAN GABRIEL DE LA PEÑA BOLÍVAR
	BOCA Y LA PEÑA DEL ROSARIO
	ESCALA DE TRABAJO: 1:25.000
	ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:75.000
	LÁMINA: 12 DE 15

**CUENCA BAJA DEL RÍO APAQUÍ - MAPA DE RIESGOS A CAÍDAS DE BLOQUES**



**LEYENDA**

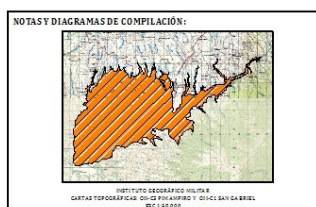
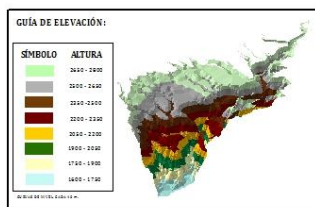
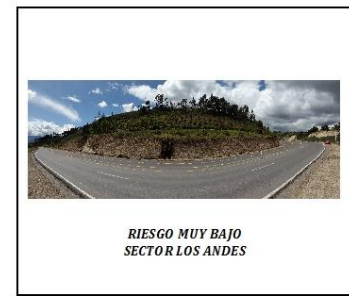
- POBLADOS
- VÍAS
  - VÍAS DE PRIMER ORDEN
  - AMPLIACIÓN VIAL TRAMO EL JUNCAL - BOLÍVAR
- RÍOS
  - PERENNE
  - INTERMITENTE
  - RÍO DOBLE
- ▨ CENTROS POBLADOS
- ▭ LÍMITE CUENCA BAJA APAQUÍ

**SIMBOLOGÍA**

SÍMBOLO	GRADO VULNERABILIDAD	SUPERFICIE ha
■ (Green)	MUY BAJO	6267,38
■ (Yellow)	BAJO	2720,36
■ (Orange)	MODERADO	64,25
■ (Red-Orange)	ALTO	0,00
■ (Red)	MUY ALTO	0,00
<b>TOTAL</b>		<b>9552,00 ha</b> <b>90,82 km<sup>2</sup></b>

**CUADRO DE COORDENADAS SISTEMA DE PROYECCIÓN WGS 84 ZONA 17 SUR**

X	Y
837988	10048180
844810	10057466
838086	10059410
845576	10050819



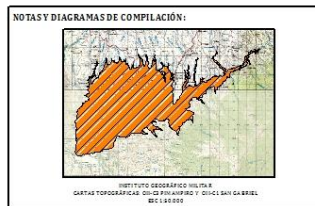
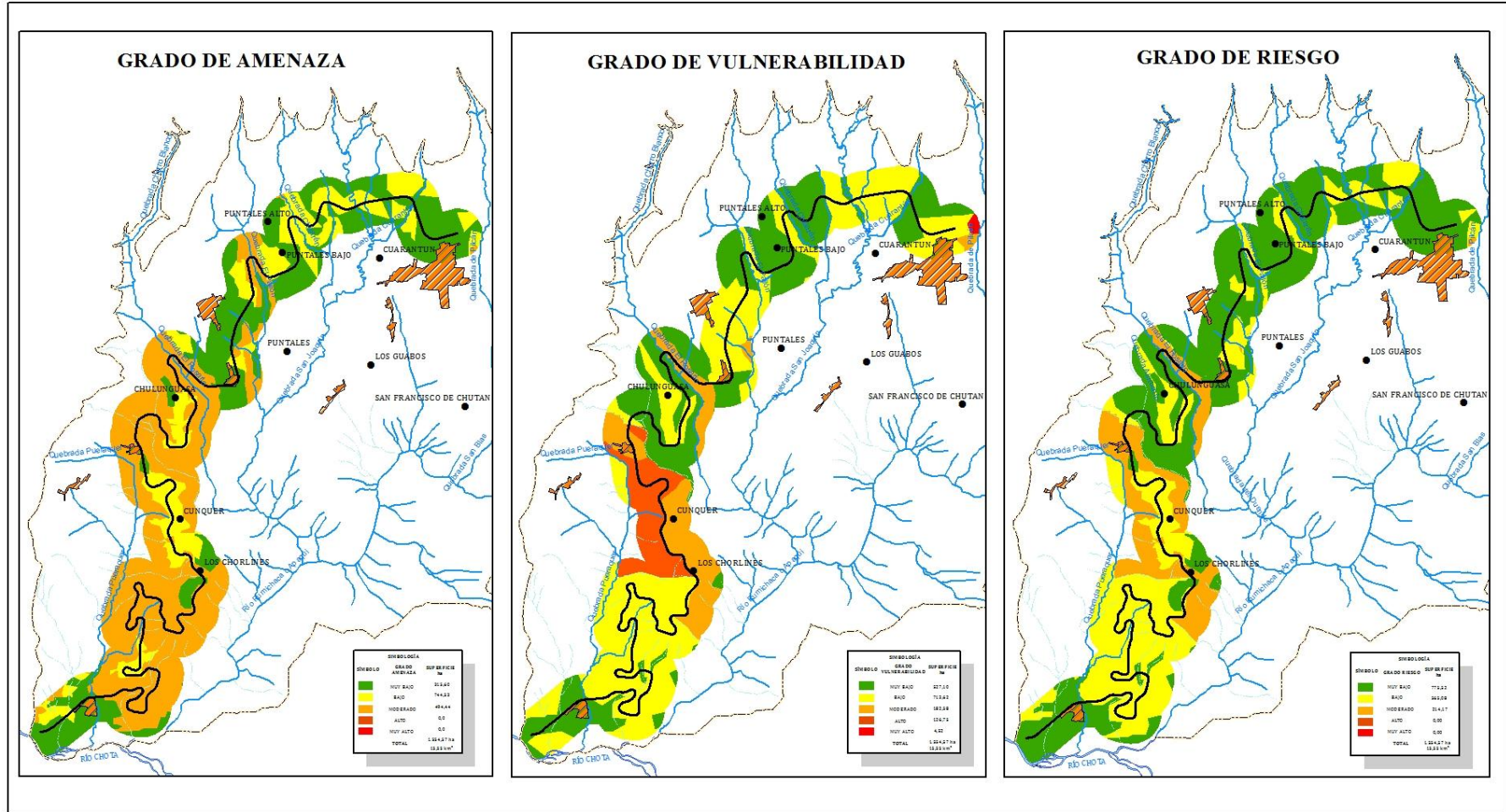
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE INSTITUTO DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

**MAPA DE RIESGOS A CAÍDAS DE BLOQUES- CUENCA BAJA DEL RÍO APAQUÍ**

ELABORADO POR: Ing. CRISTEL POZO DORADO		TUTOR: Ing. OSCAR ARMANDO ROSALES	
SUPERFICIE: 90,82 km <sup>2</sup>	PARQUEAR: GARCÍA, HORTIGALLA, RODRÍGUEZ	FUENTE: - CARTOGRAFÍA ICAH ESC. 1:50.000 - CARTAS TOPOGRÁFICAS ESC. 1:50.000	
FECHA: 01. ENERO DE 2021	PARQUEAR: SAN CARLOS, LA SICA, BOLÍVAR, SAN CARLOS, LOS ANDES	ESCALA DE TRAZADO: 1:25.000	LÁMINA: 13 DE 15
		ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:75.000	

AMENAZA - VULNERABILIDAD Y RIESGO A DESLIZAMIENTOS TRAMO VIAL EL JUNCAL - BOLÍVAR

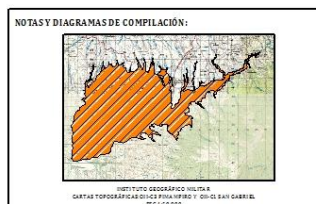
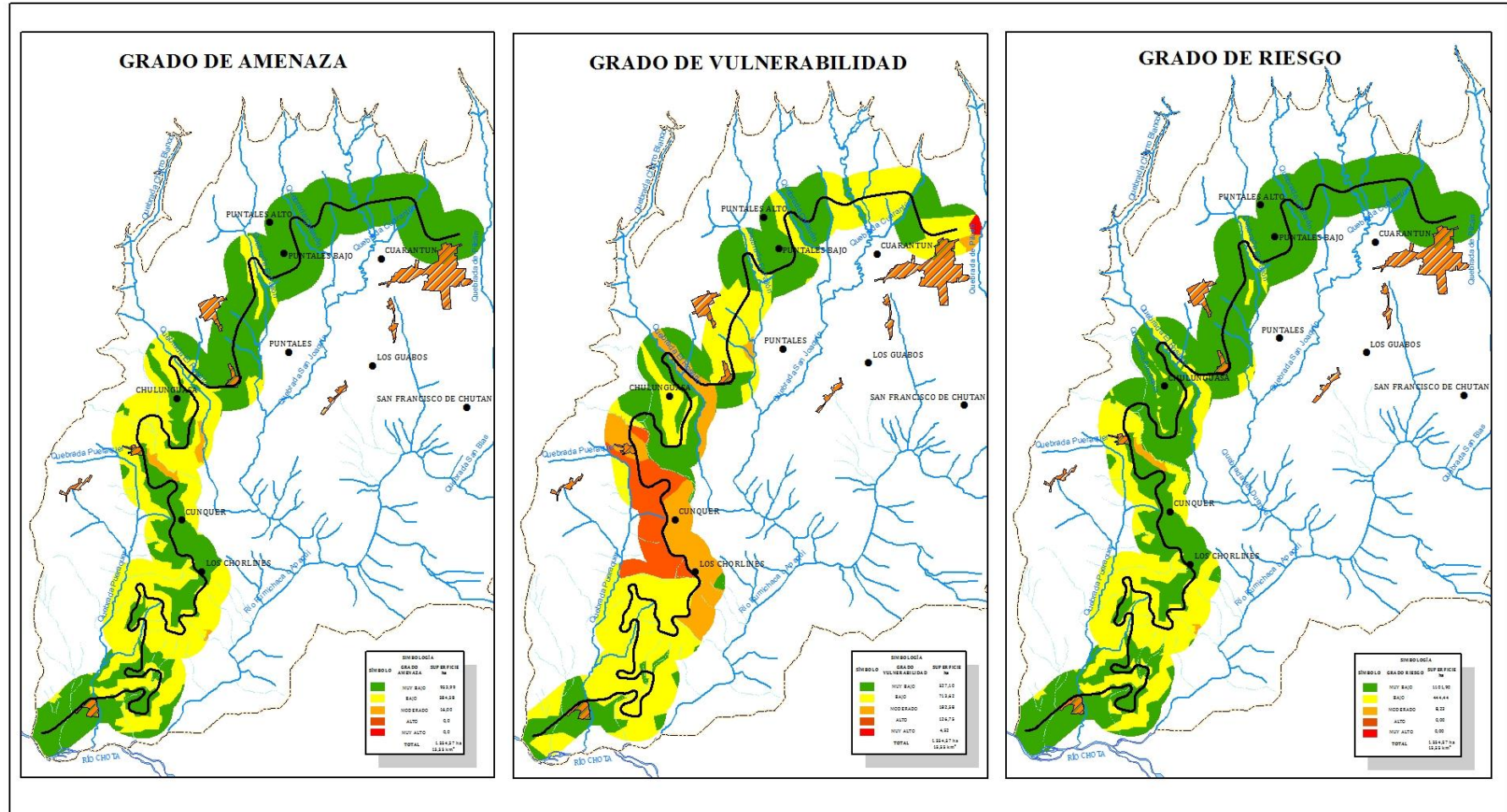


UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
INSTITUTO DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

MAPA AMENAZA - VULNERABILIDAD Y RIESGOS A DESLIZAMIENTOS TRAMO VIAL EL JUNCAL - BOLÍVAR

ELABORADO POR: Ing. CRISTEL POZO DORADO	TUTOR: ING. OSCAR ARMANDO ROSALES
SUPERFICIE: 1.354,73 m <sup>2</sup> 13,25 km <sup>2</sup>	PROYECTO: DACHO MONTAÑA BOLÍVAR BOLÍVAR
FECHA: 01 DE FEBRERO DE 2017	REVISOR: - CARTOGRAFÍA ISO ESC 1:50.000 - CARTAS TOPOGRÁFICAS ESC 1:50.000
	ESCALA DE TRAZADO: 1:25.000 ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:75.000
	PÁGINA: 14 DE 15

AMENAZA - VULNERABILIDAD Y RIESGO A CAÍDAS DE BLOQUE TRAMO VIAL EL JUNCAL - BOLÍVAR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
INSTITUTO DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

MAPA DE AMENAZA - VULNERABILIDAD Y RIESGO DE CAÍDAS DE BLOQUE TRAMO VIAL EL JUNCAL - BOLÍVAR

LABORADO POR: Ing CRICEL POZO DORADO	TUTOR: ING OSCAR ARMANDO ROZALES
SUPERFICIE: 135.47 ha 33.55 km <sup>2</sup>	PROYECTO: GACSA EVALUACIÓN BOLÍVAR
FECHA: 01 ENERO DE 2017	PRESENTE: - CARTAS TOPOGRÁFICAS ESC 1:50.000 - CARTAS TOPOGRÁFICAS ESC 1:50.000
	PARQUEAR: SAN GABRIEL LA PAZ BOLÍVAR SAN RAFAEL LOS ALTOS
	ESCALA DE TRABAJO: 1:25.000 ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:75.000
	LÁMINA: 15 DE 15

## ANEXO 4

### FICHAS VERIFICACIÓN

1. FICHA VERIFICACIÓN KM 43+000
2. FICHA VERIFICACIÓN KM 44+000
3. FICHA VERIFICACIÓN KM 45+000
4. FICHA VERIFICACIÓN KM 46+000
5. FICHA VERIFICACIÓN KM 47+000
6. FICHA VERIFICACIÓN KM 48+000
7. FICHA VERIFICACIÓN KM 49+000
8. FICHA VERIFICACIÓN KM 50+000
9. FICHA VERIFICACIÓN KM 51+000
10. FICHA VERIFICACIÓN KM 52+000
11. FICHA VERIFICACIÓN KM 53+000
12. FICHA VERIFICACIÓN KM 54+000
13. FICHA VERIFICACIÓN KM 55+000
14. FICHA VERIFICACIÓN KM 56+000
15. FICHA VERIFICACIÓN KM 57+000
16. FICHA VERIFICACIÓN KM 58+000
17. FICHA VERIFICACIÓN KM 59+000
18. FICHA VERIFICACIÓN KM 60+000
19. FICHA VERIFICACIÓN KM 61+000
20. FICHA VERIFICACIÓN KM 62+000
21. FICHA VERIFICACIÓN KM 63+000
22. FICHA VERIFICACIÓN KM 64+000
23. FICHA VERIFICACIÓN KM 65+000
24. FICHA VERIFICACIÓN KM 66+000



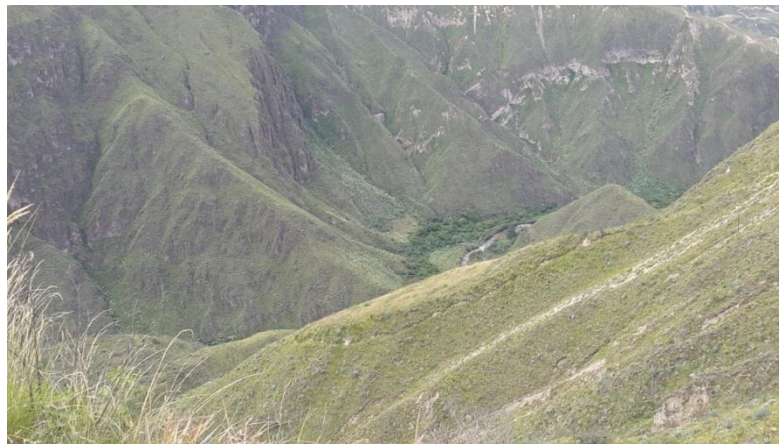
## ANEXO 5

### REGISTRO FOTOGRÁFICO

**Fotografía 1:** Ampliación Vial – Vista desde km 48+000



**Fotografía 2:** Cuenca Baja Río Apaquí



**Fotografía 3:** Río Apaquí confluencia con el Río Chota



**Fotografía 4:** Ampliación Vial, sector Cunquer



**Fotografía 5:** Cultivos de Ciclo Corto, sector Los Chorlines



**Fotografía 6:** Erosión hídrica del talud debido a la precipitación, sector Cunquer.



**Fotografía 7:** Actividades Agrícolas, sector Cunquer.



**Fotografía 8:** Infraestructura Crítica, Canal de Riego Monte Olivo.



**Fotografía 9:** Ampliación Vial, sector San Francisco.



**Fotografía 10:** Centro Poblado, Piquiucho.



**Fotografía 11:** Uso del Suelo, sector San Francisco.



**Fotografía 12:** Ocupación de suelo, quebrada Pueraquer



**Fotografías 13:**

Aplicación Fichas de Verificación Tutor y Tesista



**Fotografías 14:** Utilización Brújula Geológica, Tesista



**Fotografías 15:** Trabajo de Campo, Tesista

