



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA
DEL ECUADOR**

FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS

ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS

**DISERTACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA GEÓGRAFA EN PLANIFICACIÓN
TERRITORIAL**

**MOVIMIENTOS EN MASA EN EL TRAMO ALÓAG -
TANDAPI EN EL AÑO 2015**

IVETH ALEXANDRA LEVOYER CHIRIBOGA

Quito, 2016

DIRECTOR:

Msc. Galo Manrique

LECTORES:

Msc. Dinora Hidalgo

Msc. Érica Rueda

DEDICATORIA

Este trabajo va dirigido con mucho amor principalmente a mi angelito en el cielo, que siempre fue mi fuente de inspiración y sabiduría para saber desarrollar con esmero y dedicación cada detalle del trabajo; seguido también de mi mami, tía, bisabuela y demás personas que supieron apoyarme, darme las fuerzas y ganas para no desfallecer.

AGRADECIMIENTO

Mis agradecimientos van para todas las personas que estuvieron conmigo a lo largo de mi ejecución de la disertación como son en primer lugar mi angelito en el cielo, mi familia, profesores y amigos; ya que sin el apoyo constante de ellos no hubiera sido igual.

ÍNDICE O ESQUEMA BÁSICO DE CONTENIDOS

	Página
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	1
1. CAPÍTULO	2
1.1 Introducción	2
1.1.2 Justificación.....	2
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Objetivos:	5
1.2.1 Objetivo General:	5
1.2.2 Objetivo Específico:	5
2. CAPÍTULO	6
2.1 Marco teórico y conceptual	6
2.1.2 Antecedentes o Marco Referencial.....	6
2.1.1.1 Movimientos en Masa	6
2.1.1.2 Clasificación de Movimientos en Masa	7
Caída	7
Basculamiento	8
Deslizamientos	8
Deslizamientos traslacionales	9
Deslizamientos rotacionales.....	9
Separación lateral	10
Flujo	11
Complejos	11
2.2 Marco Teórico	13
2.3 Marco Conceptual	16
3. CAPÍTULO	18
3.1 Metodología	18
4. CAPÍTULO	23
4.1 Descripción del área y diagnóstico.....	23
4.1.1 Ubicación	23
4.2 Diagnóstico	24
4.2.1 Características biofísicas	24
4.2.2 Características socioeconómicas	32

4.2.2.1 Actividades antrópicas	33
4.3 Análisis de Movimientos en Masa	35
4.3.1 Análisis de información existente de las características de la carretera Alóag-Tandapi	35
4.3.2 Reconocimiento e historia del sitio	36
4.3.3 Determinación de áreas propensas a Movimientos en Masa en el año 2015	42
4.3.4 Cartografía de los Movimientos en Masa en el tramo de la vía	44
4.3.5 Análisis de los resultados	45
Textura de suelos	45
Precipitaciones	46
Suelos	46
Uso y cobertura del suelo	47
Pendientes	47
Geológico	48
Geomorfológico	48
Movimientos en masa en el año 2015	49
4.3.6 Conclusiones	53
4.3.7 Recomendaciones.....	54
Bibliografía	55
ANEXOS.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de los deslizamientos (Varnes, 1978).....	12
Tabla 2: Factores Condicionantes y Desencadenantes que originan los Movimientos de Masa.....	15
Tabla 3: Factores de Susceptibilidad.....	19
Tabla 4: Factor Morfometría-Pendiente.....	19
Tabla 5: Precipitación.....	20
Tabla 6: Factor Cobertura Vegetal-Tipo y uso de suelo	21
Tabla 7: Factor Suelos- Textura.....	21
Tabla 8: Factor Geología-Litología.....	21
Tabla 9: Factor Geomorfológico-Relieve.....	22
Tabla 10: Formaciones Geológicas del Cantón Mejía	25
Tabla 11: Tipo de Suelo del tramo de la vía Alóag-Tandapi	29
Tabla 12: Cobertura del Suelo.....	31
Tabla 13: Componente Biofísico.....	33
Tabla 14: Sitios afectados por Movimientos en Masa	40

ÍNDICE DE FIGURAS

1 Figura: Caída de rocas (Varnes, 1978).....	7
2 Figura: Basculamientos de columnas de rocas (Varnes, 1978).....	8
3 Figura: Deslizamiento (Varnes, 1978).....	8
4 Figura: Deslizamiento translacional (Varnes, 1978).....	9
5 Figura: Deslizamiento rotacional (Varnes, 1978).....	9
6 Figura: Separación lateral (Varnes, 1978).....	10
7 Figura: Flujo de detritos (Varnes, 1978).....	11
8 Figura: Ubicación del tramo de la vía Alóag-Tandapi.....	23

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

1 Foto: Movimiento en masa en el kilómetro 23.....	59
2 Foto: Movimiento en masa kilómetro 23 con material aun suelto.....	59
3 Foto: Movimiento en masa en el kilómetro 28.....	60
4 Foto: Movimiento en masa del kilómetro 28 caídas de rocas al rio al otro lado de la vía.	60
5 Foto: Trabajos en la vía tras el derrumbe del kilómetro 28+400.....	61
6 Foto: Limpieza en el kilómetro 28+400 con maquinaria y fuertes lluvias.....	61
7 Foto: Despeje de vía en el km 28+400.....	62
8 Foto: Trabajo de despeje en el kilómetro 28+400 las 24 horas.....	62
9 Foto: Se declara campo santo en el kilómetro 28+400 por movimiento en masa que deja 11 víctimas mortales.	63

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1: Mapa Base.....	64
Mapa 2: Texturas de Suelos.....	65
Mapa 3: Precipitaciones.....	66
Mapa 4: Suelos.....	67
Mapa 5: Uso y Cobertura del Suelo.....	68
Mapa 6: Pendientes.....	69
Mapa 7: Geológico.....	70
Mapa 8: Geomorfológico.....	71
Mapa 9: Movimientos en Masa en el Año 2015.....	72

RESUMEN

Los Movimientos en Masa representan un problema grave en casi todas las partes del mundo, debido a que causan pérdidas económicas o sociales en propiedades ya sean estas privadas o públicas; es por tal razón que se debe entender a los Movimientos en Masa como parte de los procesos denudativos que forman el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre. (BID, 2002)

Asimismo, si por una parte el levantamiento tectónico forma montañas. Por otra la meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (acción del hombre) actúan sobre las pendientes para desequilibrarlas y cambiar el relieve a una condición más plana.

Esto posibilita la ocurrencia de un movimiento en masa desde el mismo momento en que se forma una ladera natural o se construye un talud artificial, por lo consiguiente en el siguiente trabajo o se trata de exponer y resaltar los aspectos más importantes sobre el tema. (BID, 2002)

Se incluyen dentro de esta categoría de movimientos en masa a los deslizamientos, derrumbes, coladas de barro, soliflucción, hundimientos, desprendimientos, golpes de cuchara, desplomes y avalancha. (ONU, 2009)

Los procesos gravitacionales o de Movimientos en Masa cobraron mayor importancia en el mundo en las tres últimas décadas del siglo XX debido al considerable incremento en los daños y desastres relacionado con el avance de los asentamientos humanos hacia zonas peligrosas. (ONU, 2009)

Los Movimientos en Masa en la zona de estudio han sido de gran importancia y mucha preocupación, debido a que principalmente en el año de estudio el 2015 se efectuó una gran pérdida humana como económica por un largo cierre que se dio de la vía en el mes de marzo del año en estudio, el cual nos lleva a recordar y estar siempre en continuo manejo y estudio de la vía Alóag-Tandapi por su gran relieve, fuertes precipitaciones y continuas modificaciones que se dan debido a la ampliación de la vía y las características geológicas, geomorfológicas y climáticas. (GADPP, 2015)

1. CAPÍTULO

1.1 Introducción

1.1.2 Justificación

Ecuador, país de alto grado de vulnerabilidad y riesgo ante diversas amenazas naturales. (SNGR, 2014)

Según la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos, tanto en el pasado como presente, existen grandes cambios morfológicos de acuerdo a las pendientes en el tramo Alóag - Tandapi. La actividad antrópica genera una gran aceleración de los agentes naturales, al igual que el desarrollo económico, ha contribuido a la vulnerabilidad, incrementando los riesgos de las actividades socioeconómicas de ellas derivadas. Teniendo en cuenta que las condiciones de relación hombre- medio ambiente, los taludes y laderas inestables se constituyen en un peligro latente que es importante definir para su prevención y control. (SNGR, 2014)

Los Movimientos en Masa tipo deslizamientos, caídas, reptaciones entre otros, forman parte de los fenómenos naturales que se presentan como manifestaciones sobre el relieve, formando procesos geológicos frecuentes que incurren en la superficie terrestre y que son amenaza latente. (SNGR, 2014)

Y como una estrategia para minimizar los impactos de deslizamientos es la prevención, que precisa de la percepción de la existencia del fenómeno, de la evaluación del peligro y la adopción de medidas para mitigar los efectos (COROMINAS, 1992). Cuanto a este aspecto la primera fase de prevención de peligros a deslizamientos es la identificación y caracterización del mismo.

Por tales razones se demuestra que el área de estudio establecida posee sitios de ocurrencia de Movimientos en Masa como una situación preocupante, por lo que el objetivo de este estudio es determinar los Movimientos en Masa, mediante las condiciones climáticas, geomorfológicas y geológicas, por medio de los Sistemas de Información Geográfica.

Todo esto se daría por la necesidad de conocer áreas susceptibles a nuevos eventos de Movimientos en Masa con efectos desastrosos en ciertos casos como pérdidas humanas o daños materiales.

El siguiente trabajo se lo realiza para zonificar y establecer las zonas de alto riesgo a movimientos en masa y de cierta forma aportar información para con la comunidad y demás instituciones que se encuentran en constante monitoreo de la vía Alóag-Tandapi.

Aporta este trabajo a la necesidad de establecer los puntos de deslizamientos para controlar y prever desastres como los ya ocurridos en el año 2015 en la vía Alóag-Tandapi que para pesar de muchas personas no solo fueron pérdidas económicas, sino que también de vidas humanas.

La zona de estudio es compleja: geológico, geomorfológico, uso de suelos, clima y pendientes; pero con su correcta ejecución y planteamiento se podrá prevenir Movimientos en Masa en la vía Alóag-Tandapi.

Únicamente con estudios concretos se puede establecer la potencialidad por deslizamientos de una zona determinada y tomar las medidas ante un fenómeno natural. No obstante, hay que considerar que en las temporadas invernales aumenta el peligro.

La necesidad de información sobre el riesgo de deslizamientos es prioritaria para aseverar el peligro de una posible ejecución del fenómeno.

1.1 Planteamiento del problema

Alóag es favorecida por su ubicación estratégica en el centro del cantón y del país, ya que es el paso obligado de Sierra a Costa y viceversa, lo que ha presionado, en cierta manera, a las autoridades de gestión, para contar con vías principales y mantener una adecuada funcionalidad interna, basada en la generación de fuertes intercambios comerciales. Sin embargo, ello también ha generado incidencias en los componentes Abióticos y Bióticos que deben considerarse en el presente, para evitar los conflictos del futuro. (PDOT ALÓAG, 2015)

La variedad de rocas, suelo, topografía y climas en el país son condicionantes que ponen al Ecuador como susceptible a los Movimientos en Masa. (SNGR, 2014)

Según la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos los Movimientos en Masa suceden principalmente por las fuertes precipitaciones los cuales son detonantes directos de este evento debido a que se encuentra en una zona de alta montaña y con fuertes pendientes ya sean cubiertas de vegetación o rocosas que resultan ser dos factores bastante implicados en tal amenaza constante para la vía. (SNGR, 2014)

Se debe mantener la vigilancia de las precipitaciones, mediante la revisión continua de los boletines de aviso y alerta de la página Web del INAMHI, en especial para la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas en la Región Costa, y en la Región Sierra Pichincha, debido al análisis de valores climatológicos para estas provincias la precipitación promedio es la más alta para las regiones. (SNGR, 2014)

Las condiciones geotécnicas de los taludes son aspectos importantes que hay que tomar en cuenta para la realización de medidas estructurales en coordinación con los GAD sectoriales; construcción de estabilización de taludes para estructuras lineales (sistema de oleoductos y ejes viales), reforzamiento de estructuras ya existentes (centros educativos y salud), reasentamiento de familias ubicadas en zonas de alto riesgo. (SNGR, 2014)

Según IRIGARAY (2000) la caracterización del peligro se expresa usualmente de forma cartográfica mediante la zonificación del área. Los mapas resultantes (mapas de susceptibilidad y mapas de posibles amenazas) son una herramienta básica para la planificación del territorio, sobre todo, en zonas montañosas.

En el tramo de la vía Alóag-Tandapi se han registrado Movimientos en Masa los cuales han perjudicado y expuesto a varias situaciones al pueblo de Tandapi por su ubicación. (SNGR, 2014)

La actividad humana conjuntamente con factores meteorológicos como litológicos de la zona puede actuar como principales riesgos. (SNGR, 2014)

Por todas las razones expuestas anteriormente es que este tema de estudio se lo da en base a todos los inconvenientes y pérdidas que por ciertas fallas ya sean estas naturales o antrópicas que se encuentran a lo largo del tramo de la vía Alóag-Tandapi, para de cierta forma determinar los puntos con mayor riesgo a Movimientos en Masa y así poder aportar

en algo a la ciudadanía y evitar futuras pérdidas humanas o económicas como ya se han venido dando a lo largo de los años en esta vía. (SNGR, 2014)

Finalmente, todos conocemos que la erosión, contaminación, agotamiento de acuíferos, deforestación, inversión térmica, desertificación y más problemas, proceden de las acciones del hombre a través de maquinaria, industria, vehículos, producción sin tecnología, sobre población entre otros. Ante ello, los gobiernos locales, cantonales, provinciales y nacionales, han desarrollado sinnúmeros de proyectos, logrado mayor conciencia ambiental en la comunidad, que empiezan a sentir las consecuencias de los años actuados sin pensar en la protección del ambiente y sobre todo la prevención. Pero también falta mucho por hacer, principalmente en la coordinación interinstitucional y gobierno local. (PDOT ALÓAG, 2015)

1.2 Objetivos:

1.2.1 Objetivo General:

- Determinar las zonas susceptibles a Movimientos en Masa en el tramo de la vía Alóag - Tandapi en el año 2015.

1.2.2 Objetivo Específico:

- Caracterizar los aspectos Biofísicos en el Tramo de la vía Alóag-Tandapi en el año 2015.
- Zonificar las áreas propensas a Movimientos en Masa en el Tramo de la vía Alóag-Tandapi en el año 2015.

2. CAPÍTULO

2.1 Marco teórico y conceptual

2.1.2 Antecedentes o Marco Referencial

2.1.1.1 Movimientos en Masa

Movimiento en Masa es un término geológico que engloba el rápido movimiento ladera abajo de rocas y partículas más finas gracias a la fuerza de la gravedad. Uno de los tipos más comunes de movimientos en masa que ocurren en la Tierra son los deslizamientos, pero también existen otros como caídas de rocas, flujo de derrubios, reptación y avalanchas. (HIRISE, 2011)

Los deslizamientos y otros procesos de movimiento en masa requieren de algún tipo de mecanismo disparador para inducir al movimiento de las partículas bajo la acción de la gravedad. Algunos de estos mecanismos incluyen la expansión de fracturas en las rocas por el ciclo de hielo/deshielo, el incremento en la presión entre los poros (por el contenido en agua), por la eliminación de material menos resistente bajo una capa más consistente y por las vibraciones fuertes que se pueden producir desde arriba (por ejemplo, el impacto de un meteorito) o desde el subsuelo (como por ejemplo una erupción volcánica o un terremoto). (HIRISE, 2011)

Los deslizamientos son clasificados con base en diferentes características de acuerdo a varios esquemas de clasificación. Los esquemas varían de acuerdo con el propósito de la clasificación. (MORA, R)

La aplicación de los términos de una clasificación aceptada, facilita la comunicación y contribuye al desarrollo de generalizaciones válidas sobre la ocurrencia de los diferentes tipos de deslizamientos. (MORA, R)

El plan expuesto busca cartografiar los Movimientos en Masa en la vía Alóag-Tandapi, en 2015 teniendo en cuenta los factores detonantes: precipitaciones y pendientes. Se diferencia de otro plan expuesto en la Universidad Central del Ecuador que trata la Evaluación Geológica-Geotécnica de las Zonas de Vulnerabilidad a Riesgos de Remoción en Masa en la Carretera Alóag-Tandapi, tomando en cuenta la clasificación de movimientos en masa, flujos y el grado de peligrosidad y afectación.

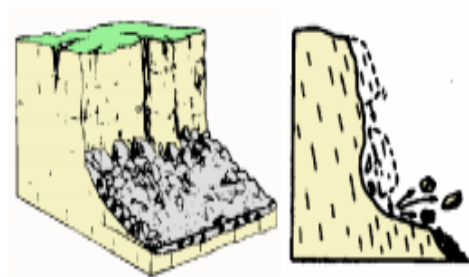
2.1.1.2 Clasificación de Movimientos en Masa

En el estudio de Movimientos en Masa, un fenómeno complejo, se debe poner en consideración los distintos tipos de movimientos y su clasificación. La selección adecuada de las medidas de contención y estabilización de los taludes y laderas dependen en gran medida de conocimientos precisos, ya que una incorrecta apreciación del mecanismo o rotura puede tener como consecuencia que las soluciones adoptadas para estabilizar sean ineficaces y erróneas dependiendo del caso. (GALLEGOS, 2010)

Se considera en el trabajo la Clasificación de Cruden & Varnes, 1996 ya que estos autores emplean como criterio principal para la clasificación, el tipo de movimiento y el tipo de material. Los tipos de movimientos definidos por estos autores son caída, volcamiento o basculamiento, deslizamientos, flujos y separación lateral. En tanto que los materiales los dividen en suelo y roca. (ARISTIZÁBAL, MARTÍNEZ, VÉLEZ, 2010)

Caída

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual 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 de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (CRUDEN Y VARNES, 1996). Una característica importante de las caídas es que el movimiento no es masivo ni del tipo flujo. Existe interacción mecánica entre fragmentos individuales y su trayectoria, pero no entre los fragmentos en movimiento. (CRUDEN Y VARNES, 1996)



1 Figura: Caída de rocas (Varnes, 1978)

Basculamiento

Se denomina así a un tipo de movimiento en masa en el cual hay una rotación generalmente hacia adelante de uno o varios bloques de roca o suelo, alrededor de un punto o pivote de giro en su parte inferior. Este movimiento ocurre por acción de la gravedad, por empujes de las unidades adyacentes o por la presión de fluidos en grietas (Varnes, 1978). El volcamiento puede ser en bloque, flexional (o flexural) y flexional del macizo rocoso como se describe a continuación. (VARNES, 1978)



2 Figura: Basculamientos de columnas de rocas (Varnes, 1978)

Deslizamientos

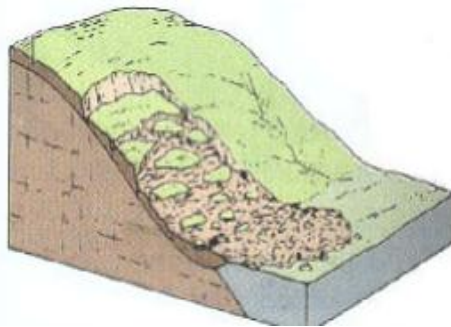
Es un movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. En el sistema de se clasifican los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en translacionales y rotacionales. (VARNES, 1978),



3 Figura: Deslizamiento (Varnes, 1978)

Deslizamientos translacionales

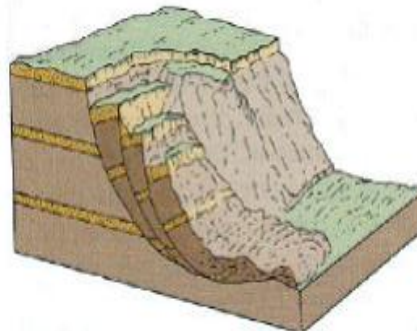
Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. En general, estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado que yace sobre ella. (CRUDEN Y VARNES, 1996)



4 Figura: Deslizamiento translacional (Varnes, 1978)

Deslizamientos rotacionales

Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los movimientos en masa rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y un contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es auto-estabilizante, y éste ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas. (VARNES, 1978)

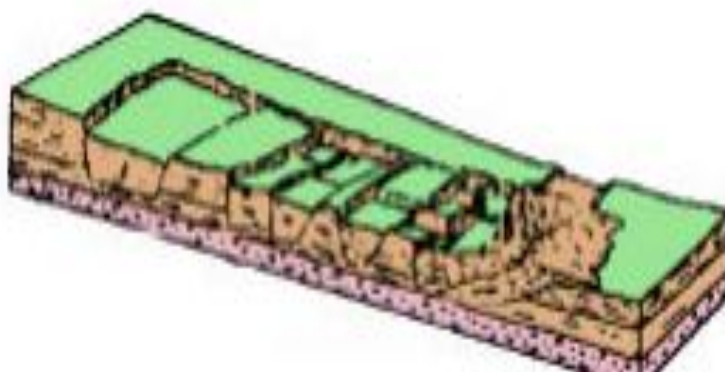


5 Figura: Deslizamiento rotacional (Varnes, 1978)

Separación lateral

La propagación o expansión lateral es un tipo de movimiento en masa cuyo desplazamiento ocurre predominantemente por deformación interna (expansión) del material. La mayoría de los deslizamientos y los flujos involucran algún grado de expansión. Las propagaciones laterales pueden considerarse como la etapa final en una serie de movimientos donde la deformación interna predomina decididamente sobre otros mecanismos de desplazamiento como los que imperan en el deslizamiento o el flujo. Varnes (1978) distingue dos tipos de propagación, uno en que el movimiento afecta a todo el material sin distinguirse la zona basal de cizalla, típico de masas rocosas, y otro que ocurre en suelos cohesivos que sobreyacen a materiales que han sufrido licuefacción o a materiales en flujo plástico. (VARNES, 1978)

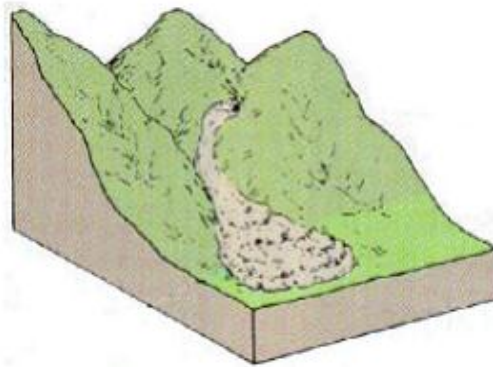
Debe hacerse una distinción importante entre las propagaciones laterales lentas como las que ocurren en estratos rocosos gruesos que sobreyacen a materiales blandos, y las que involucran licuación de materiales sensibles tales como arenas saturadas de densidad relativa baja a media o limos y arcillas sensitivas. En las primeras el estrato competente superior puede fracturarse y separarse en bloques o losas; el material blando inferior fluye hacia las grietas entre los bloques y así el movimiento de éstos es extremadamente lento. Las segundas, usualmente inducidas por terremotos, son extremadamente rápidas y peligrosas. (VARNES, 1978)



6 Figura: Separación lateral (Varnes, 1978)

Flujo

Bajo este sustantivo se agrupan a diferentes movimientos de ladera que tienen en común la deformación interna y continua del material y la ausencia de una superficie neta de desplazamiento (Varnes, 1978). En algunos casos la superficie de rotura se puede asimilar a toda una franja de deformación. Las diferencias estriban en el material implicado, su contenido en agua y la velocidad de desarrollo, de lenta (reptación) a súbita (flujos de rocas). Los más comunes son los movimientos en suelo (flujos o coladas de tierra o barro), movimientos de derrubios (flujos de derrubios) o bloques rocosos (flujos de bloques). (VARNES, 1978)



7 Figura: Flujo de detritos (Varnes, 1978)

Complejos

Algunos deslizamientos pueden presentar más de un tipo de movimiento, en este caso se los describe como complejos. (VARNES, 1978)

Las zonas montañosas tropicales son muy susceptibles a sufrir problemas de deslizamientos de tierra, debido a que habitualmente se reúnen cuatro de los elementos más importantes para su ocurrencia: relieve, sismicidad, meteorización y lluvias intensas. Por tales razones se explica a continuación puntos clave para comprender de mejor manera algunos Movimientos en Masa principalmente de nuestro trabajo de estudio. (SUAREZ, 2001)

Tabla 1: Clasificación de los deslizamientos (Varnes, 1978)

Tipo de Movimiento		Tipo de Material		
		Roca	Suelo	
			De grano grueso	De grano fino
Caídas		Caídas de rocas	Caídas de detritos	Caídas de suelos
Basculamientos		Basculamiento de rocas	Basculamiento de detritos	Basculamiento de suelos
Deslizamientos	Rotacionales	Deslizamiento rotacional de rocas	Deslizamiento rotacional de detritos	Deslizamiento rotacional de suelos
	Translacionales	Deslizamiento translacional de rocas	Deslizamiento translacional de detritos	Deslizamiento translacional de suelos
Separaciones Laterales		Separación lateral en rocas	Separación lateral en detritos	Separación lateral en suelos
Flujos		Flujo de rocas	Flujo de detritos	Flujo de suelos
Complejos		Combinación de dos o más tipos		

Elaborado por: Varnes, 1978

Fuente: <http://www.bvsde.paho.org/bvsade/e/fulltext/uni/conf15.pdf>

Se debe aclarar que, aunque en todos los sistemas de montañas ocurren deslizamientos de tierra, algunas regiones son más susceptibles a amenazas por Movimientos en Masa.

(SUAREZ, 2001)

2.2 Marco Teórico

Los Movimientos en Masa pueden ser comprendidos de mejor manera con la Teoría del Riesgo, tres autores lo explican:

- Germán Gabriel Pérez el cual se enfoca en la Teoría Social del Riesgo estableciendo cuatro dimensiones: peligrosidad, vulnerabilidad social, exposición e incertidumbre; refiere que se pueden establecer en áreas de menor o mayor riesgo y su estudio expone que el avance urbano ha agravado estas situaciones. Recomienda ver al riesgo desde diferentes perspectivas, como los procesos físicos hasta los sociales, desde las cuestiones socio-económicas hasta las perceptivas de una sociedad, desde lo disciplinar a lo transdisciplinar. Por todas las razones antes expuestas nos dice que los SIGs permiten el abordaje desde todas esas perspectivas y por ende la cartografía constituye una esencial herramienta que permite visualizar como los conflictos sociales se plasman en el espacio.

- Francisco Calvo García en su estudio sobre La Geografía de Los Riesgos menciona que el paradigma de investigación de los riesgos comenzó a elaborarse a partir del análisis del fenómeno de inundación en la década de los cincuenta. Menciona que los riesgos se clasifican en dos grandes grupos: los de origen geofísico que tienden de un origen climático o meteorológico y los que son generados por factores de carácter geológico o geomorfológico en este se explica el tema de movimientos en masa y los de origen biológico que presentan un origen filológico que es mas de índole faunística. Aclara que los distintos tipos de riesgos no presentan en absoluto el mismo grado de peligrosidad para el ser humano, afirma que el peligro aumenta a medida que crece la población y que la recuperación de un territorio tras un acontecimiento puede hacerse aumentando el peligro en lugar de aminorarlo. En muchos casos el desarrollo económico y humano está ligado a la gravedad del riesgo puesto que la noción de catástrofe es relativa más a la amplitud de sus efectos humanos que a los caracteres físicos que presente.

El autor también aclara que hay que contentarse con saber dónde vivir para evitar el peligro y como vivir con el peligro si es inevitable (NÍCHOLS, 1974) y finaliza diciendo que el desarrollo del estudio de los riesgos ha permitido a buen número de geógrafos integrarse en la administración pública como en diversas empresas relacionados con la amplia problemática de la planificación y la ordenación del espacio.

- Martha Teresa Martínez expone su documento titulado Los geógrafos y la teoría de riesgos y desastres ambientales, explica que algunos geógrafos consideran que obras literarias como La Ilíada y La Odisea de Homero son de las primeras obras geográficas (UNWIN, 1995), a pesar del resurgimiento científico no existía un interés científico por los fenómenos naturales que afectaban a las comunidades; pero ya para el siglo XVIII aumento ese interés debido a las tormentas, terremotos y erupciones volcánicas, en Japón se publicó el primer tratado de Geografía Sismológica y los geógrafos del siglo XIX y principios del XX aportaron con grandes estudios de riesgos y desastres a través de la cartografía temática.

Los aportes científicos de la geografía a la teoría de los desastres influyeron en los programas y proyectos planteados para la gestión de riesgos en todo el mundo.

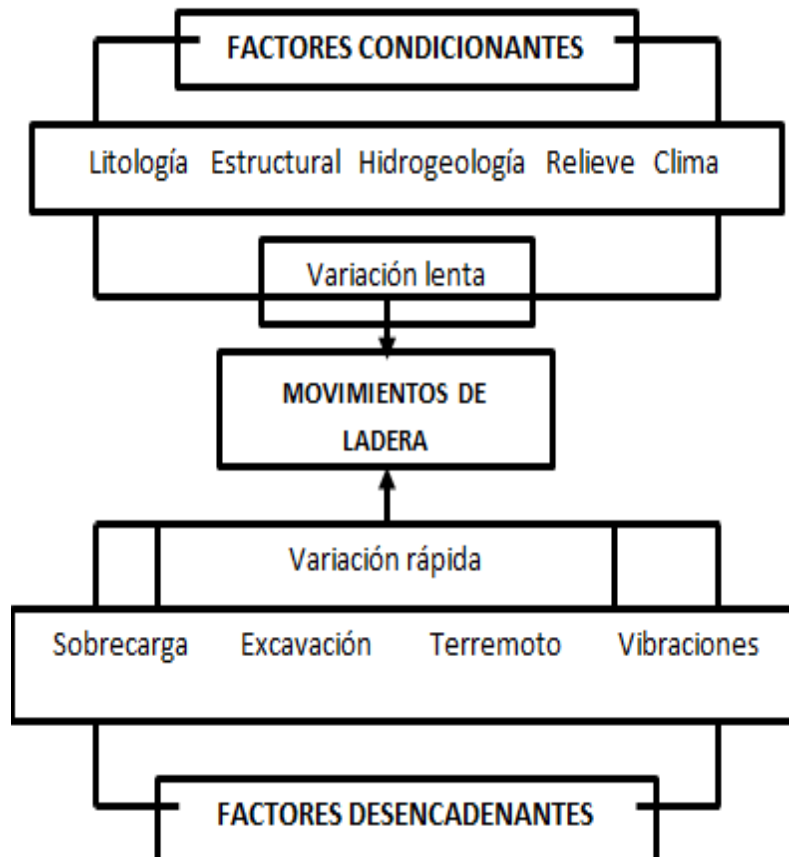
Los movimientos gravitacionales de masa, pueden ocurrir tanto por fenómenos de dinámica natural como por procesos inducidos artificialmente. (PESANTES, 2007)

Existen dos tipos de factores asociados a los Movimientos en Masa, estos son los factores condicionantes o factores desencadenantes. (PESANTES, 2007)

Los factores condicionantes son aquellos factores intrínsecos que condicionan el suelo o roca, estos pueden ser: litológicos, estructurales (discontinuidades), presencia de agua, sismicidad, topografía. (PESANTES, 2007)

Los factores desencadenantes son aquellos factores que aceleran o retardan la ocurrencia del fenómeno, estos se dan por intervención antrópica como: excavaciones, voladuras, sobrecarga, urbanismos, procesos industriales, actividad minera: a cielo abierto y subterránea, cortes al pie de los taludes o laderas, aumento de la sobrecarga en la cresta y por fenómenos geodinámicos, precipitaciones intensas y prolongadas, sismicidad, vulcanismo. (PESANTES, 2007)

Tabla 2: Factores Condicionantes y Desencadenantes que originan los Movimientos de Masa.



Fuente: PESANTES, C. 2007

Los Fenómenos de Remoción en Masa, están relacionados con la geodinámica externa de la corteza terrestre y han sido denominados también Movimientos en Masa, movimientos de terrenos, deslizamientos. En términos populares en el país también tienen varias denominaciones como: deslaves, caídas de piedras o de rocas, derrumbes, avalancha, aluvión, alud, colada lodosa, hundimiento (PAZOS Y VINUEZA, 1990).

Actualmente se manifiesta que sería más conveniente denominarlos “Procesos de Remoción en Masa” (SANTACANA 2001; EIRD, 2004; GONZÁLEZ, 2005).

Los Movimientos en Masa han sido tipificados por varios autores (BALTZER, 1975; VARNES, 1978; HELM, 1982); sin embargo, la clasificación más utilizada en el país es la de (VARNES, 1978), que considera los siguientes tipos: caídas, basculamientos, deslizamientos, flujos, esparcimientos laterales, y complejos.

Los Movimientos en Masa pueden considerarse como fenómenos de segundo orden (GONZÁLEZ, 2005), pues son producto de otros procesos naturales los cuales son eventos

de primer orden o causas primarias. Procesos como avalanchas o inundaciones pueden ser eventos de tercer o cuarto orden, pues usualmente se presentan como consecuencia de deslizamientos o por rotura de represamientos originados por Movimientos en Masa.

2.3 Marco Conceptual

Vulnerabilidad. - es la probabilidad de que debido a la intensidad de un suceso y a la fragilidad de los elementos expuestos, se produzcan daños. (MORA, 2007:2)

Peligro. - en las investigaciones realizadas en geografía de los riesgos en Naciones Unidas, se ha puesto de manifiesto que peligro es un acontecimiento capaz de causar pérdidas de gravedad en donde se produzca. El peligro implica la existencia del hombre que determina cuando se produce un daño. Los movimientos en masa son fenómenos naturales, que solo se convierten en peligros si ocurren donde la gente vive. (RODRÍGUEZ, 2008)

Movimientos en Masa. - son procesos de geodinámica externa. Los movimientos en masa se consideran todo movimiento ladera debajo de material geológico debido a la fuerza de gravedad. (OJEDA, J y otros 2001:23)

Brunsdén (1979) dice que los procesos de remoción en masa son aquellos que involucran el movimiento de los materiales formadores de las laderas bajo la influencia de la gravedad (por lo cual se los conoce como procesos gravitacionales) y sin la asistencia primordial de algún agente de transporte fluidos.

Factores detonantes. - Terzagui (1960) y Selby (1993) nos dicen que las causas de la ocurrencia de los procesos de remoción en masa se pueden dividir en dos: a) causas externas que producen un cambio en el campo de esfuerzos, pero no en la resistencia de los materiales y b) causas internas que disminuyen la resistencia de los materiales sin cambiar el campo de esfuerzos (ALCANTARA, I. 2000:67)

Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.). - Según el *Environmental Systems Research Institute ESRI*, el *ArcGIS* es un sistema de información geográfica integrado que consiste en tres partes claves: el software ArcGIS Desktop es un conjunto integrado de aplicaciones SIG avanzadas. El ArcSDE Gateway es una interfaz para administrar las geodatabase (forma corta para base de datos geográfica) es un sistema de administración de bases de

datos (DBMS). Y el software ArcIMS que está orientado al internet para distribuir datos y servicios.

Precipitación. - En meteorología, la precipitación es cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve, granizo, pero no neblina ni rocío, que son formas de condensación y no de precipitación. La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre es llamada pluviosidad, o monto pluviométrico. (SNGR, 2014)

3 CAPÍTULO

3.1 Metodología

Para la realización del presente trabajo se ejecutó una investigación descriptiva y de tipo correlacional, en lo cual se detalla minuciosamente los Riesgos de Movimientos en Masa en el tramo de la vía Alóag–Tandapi en el año 2015.

El trabajo contiene tres fases principales y secuenciales ejecutadas; las fases son las siguientes:

1. Fase de gabinete en la cual se ejecuta como inicio una recopilación de datos e historia de la vía con la que se prosigue a tener una base inicial de conocimiento.
2. Fase de campo en esta se realiza tomas de datos en la vía junto con levantamiento de información del sitio para mayor veracidad y control de los puntos de alto riesgo en cuanto a los Movimientos en Masa.
3. Fase de gabinete en donde se recopila todos los datos obtenidos y se procede a mapear para así ver el riesgo latente en la vía en cuanto a Movimientos en Masa.

Este estudio se realiza para localizar los Movimientos en Masa a lo largo de la vía Alóag–Tandapi en el año 2015, es por tal razón que como primer paso se caracteriza los aspectos biofísicos de la zona para posteriormente zonificar las áreas propensas a Movimientos en Masa y dar resultados claros y precisos de la situación de estudio en el año de estudio.

El método a ser manejado en este tema será la combinación de todos los factores que incurren en los Movimientos en Masa; a este método se lo puede catalogar como empírico debido a que recoge toda la información de la zona de estudio. Se han tomado como referencia trabajos de (ANBALAGAN Y SINGH, 2001).

La metodología de Anbalagan y Singh está basada en la estimación de la amenaza por deslizamientos, lo cual ayuda a disminuir los efectos sentidos en la población ante futuros desastres. Para el tema a elaborar se han considerado para análisis cinco factores: geomorfología, cobertura vegetal, tipo de suelo, clima y geología. Y respectivamente a cada factor ante se los pasará a analizar por las distintas variables las cuales serán asignadas con pesos diferentes para obtener el análisis de la amenaza.

Este método combina la experiencia de campo y la información obtenida de los deslizamientos antiguos en la zona de estudio la vía Alóag–Tandapi.

Tabla 3: Factores de Susceptibilidad

Variable	Indicadores	Peso máximo para el análisis
Geomorfología	Relieve	1
Cobertura vegetal	Tipo de cobertura	2
Suelos	Textura	2
Clima	Precipitación	2
Geología	Litología (tipo de roca)	1
Morfometría	Pendiente	2

Fuente: Msc. Galo Manrique

Elaborado por: Alexandra Levoyer

Los factores analizados se los representa en los siguientes cuadros con sus respectivas ponderaciones según sea el caso y la importancia dada a cada uno, tenemos así a la pendiente que se le pondera con un peso máximo de 2 debido a que por sus diversas inclinaciones y a veces muy fuertes se despliegan los Movimientos en Masa en la vía, de esta forma se puede determinar los puntos con mayor riesgo con solo fijarse en el grado de inclinación que estas posean en el siguiente cuadro se muestran las distintas clases:

Tabla 4: Factor Morfometría-Pendiente

Pendiente %	Descripción	Ponderación	Clase
0-12	Ligera	0,5	1
13-25	Suave	0,8	2
26-40	Moderada	1,2	3
41-70	Fuerte	1,7	4
>70	Muy Fuerte	2	5

Fuente: Msc. Galo Manrique

Elaborado por: Alexandra Levoyer

Para el factor precipitación y como es el más importante en la zona de estudio de igual forma se le da un peso de 2 ya que debido a las fuertes precipitaciones desplegadas en la vía se suscitan los Movimientos en Masa, la intensidad de la lluvia influye notoriamente en el uso del suelo. Las lluvias violentas pueden ocasionar importantes daños, degradación de la estructura del suelo, erosión, inundaciones, daños mecánicos en cultivos, entre otros. (OCW, 2016)

Hay que considerar también que las lluvias pueden actuar de dos formas diferentes en la inestabilidad de las laderas: primero con eventos de lluvia muy intensos que causan una reducción de la resistencia al cortante por reducción de la cohesión aparente generando movimientos inicialmente superficiales y segundo con eventos de lluvia de larga duración que causan el incremento en la presión de poros sobre una superficie de falla potencial generando Movimientos en Masa mucho más profundos y frecuentemente a lo largo de superficies de cizalla pre existentes. Hay que tener en claro que, aunque las precipitaciones son las que ponen las condiciones de inestabilidad también depende de diferentes factores entre ellos la heterogeneidad de los suelos y las variaciones regionales del clima. (ARISTIZÁBAL, 2010)

En el siguiente cuadro se representa las diferentes clases obtenidas:

Tabla 5: Precipitación

Precipitación	Ponderación	Clase
<500	0.5	1
500-1000	1,0	2
1000-2000	1,5	3
>2000	2	4

Fuente: Msc. Galo Manrique

Elaborado por: Alexandra Levoyer

En el factor cobertura vegetal se pondera con un peso de 2 por el tipo de suelo y vegetación encontrada en la vía de estudio. El hecho de no tener vegetación en un área implica un riesgo representativo para la vía ya que no hay el medio indispensable para detener el flujo de lodo o rocas que se encuentran en el sitio, la vegetación constituye uno de los componentes del medio físico de mayor importancia para el medio ambiente; por un lado se trata de un recurso con valor intrínseco, mientras que por otro, la cubierta vegetal es vital para el adecuado mantenimiento de otros muchos recursos. (NDVI, 2006)

Tabla 6: Factor Cobertura Vegetal-Tipo y uso de suelo

Vegetación	Ponderación	Clase
Bosque	0,5	1
Arbustivo	0,8	2
Forestal	1,2	3
Cultivo	1,8	4
Sin Vegetación	2	5

Fuente: Msc. Galo Manrique

Elaborado por: Alexandra Levoyer

El factor suelo es ponderado con un valor de 2, ya que de igual forma, determina las áreas susceptibles a Movimientos en Masa y según el tipo de suelo y textura se determina ciertas áreas más propensas que otras; el suelo es un elemento natural complejo que presenta variantes dependiendo de la región geográfica, de las transformaciones que el ser humano aplique sobre el mismo, entre otras. Puede estar compuesto por una sección rocosa o inorgánica para luego estar cubierto por diversas y muy disímiles capas de otros elementos como arcilla, arena, o el humus o tierra orgánica donde la vida es posible. (NICUESA, 2016)

Tabla 7: Factor Suelos- Textura

Suelos	Ponderación	Clase
Arenoso	0,5	1
Franco-arenoso	1	2
Franco-limoso	1,5	3
Franco	2	4

Fuente: Msc. Galo Manrique

Elaborado por: Alexandra Levoyer

El factor Geológico se lo pondera con un peso de 1 ya que en este escenario importa su litología que abarca el estudio de la composición, estructura, propiedades físicas, dinámica e historia de los materiales terrestres, así como los procesos que producen cambios en su forma y composición. (SGE, 2016)

Tabla 8: Factor Geología-Litología

Litología	Ponderación	Clase
Andesita, piroclastos	0,2	1
Lava con amigdaloides, basalto con amigdaloides, depósito aluvial, depósito lagunar de ceniza, gneis, rocas intrusivas indiferenciadas, depósito fluvio glacial, piroclastos, no aplicable	0,4	2
Depósito coluvial, conglomerado volcánico, arenisca volcánica a limolita volcánica	0,8	3
Ceniza, lapilli de pómez	0,7	4
Cangahua	1	5

Fuente: Msc. Galo Manrique

Elaborado por: Alexandra Levoyer

En cuanto al factor geomorfológico se lo ha ponderado con un peso de 1 ya que este estudia las formas del terreno es decir su relieve, siendo este el resultado de la interacción de fuerzas endógenas y fuerzas exógenas; es de gran importancia debido a que estudia el papel de la corteza terrestre y su influencia sobre los asentamientos y actividades humanas. (GEOMORFOLOGÍA ,2016)

Tabla 9: Factor Geomorfológico-Relieve

Relieve	Descripción	Ponderación	Clase
1240 - 1776	Suave	0,2	1
1776 - 2312	Bajo	0,3	2
2312 - 2848	Mediano	0,6	3
2848 - 3384	Alto	0,8	4
3384 - 3920	Muy Alto	1	5

Fuente: Msc. Galo Manrique

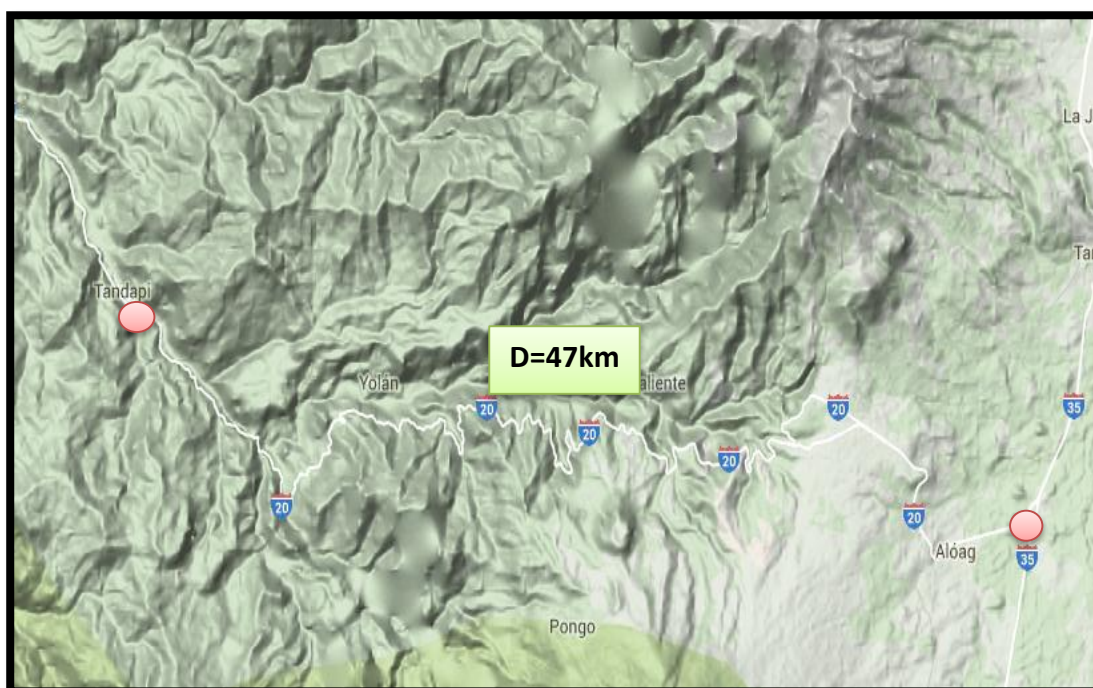
Elaborado por: Alexandra Levoyer

4. CAPÍTULO

4.1 Descripción del área y diagnóstico

4.1.1 Ubicación

La zona de estudio es la vía Alóag-Tandapi con una distancia real de 47 kilómetros, se localiza en la Cordillera Occidental al suroeste de la ciudad de Quito, localizada en el Cantón Mejía, en las parroquias de Alóag y Manuel Cornejo Astorga (Tandapi), tiene como límites a las provincias de Pichincha y Santo Domingo de los Tsáchilas; se puede acceder al sector por la Panamericana Sur, carretera de primer orden de Alóag a Tandapi. (Ver Mapa 1)



8 Figura: Ubicación del tramo de la vía Alóag-Tandapi

Fuente: Google Maps

Información: Los puntos indican el principio y final del tramo de la vía en estudio

4.2 Diagnóstico

4.2.1 Características biofísicas

Como introducción vale aclarar que cada territorio está caracterizado por varios aspectos antrópicos que se desarrollan dentro del mismo, pero de manera particular el componente biofísico es el que determina fuertemente e incide incluso en dichas actividades humanas y de otros organismos vivos, por lo tanto esta caracterización geoespacial está constituida por el patrimonio, características naturales y físicas del lugar, el mismo que constituye el sustento y muchas veces el condicionante de las actividades socio-económicas presentes y futuras que en el territorio se desarrollan. (PDOT ALÓAG, 2015)

- Agua

Existe un 8% de áreas naturales protegidas dentro del cantón Mejía con lo cual tenemos la clara percepción de que este cuenta con una gran riqueza tanto en lo natural como en su biodiversidad. (PDOT TANDAPI, 2012)

Las cuencas del sector muestran alteraciones naturales y antrópicas. Teniendo como naturales a las inundaciones, cambio climático, tormentas. Y como antrópicas se define a la intervención humana que genera la contaminación de la atmósfera, la geósfera y la hidrósfera, y tiende a volverse críticos ante escenarios sin planificación e inadecuado manejo ambiental. (PDOT TANDAPI, 2012)

- Geología

La vía y gran parte del cantón Mejía presenta rocas volcano-sedimentarias marinas de composición andesita-basáltica con intercalaciones de meta sedimentos de edad cretácica, caracterizan a la formación Macuchi, la cual se encuentra parcialmente recubierta por rocas vulcano clásticas, conglomerados, lutitas, tobas, de la formación Silante (carretera Alóag-Santo Domingo) y rocas sedimentarias marinas tipo flish – caliza de la formación Yunguilla y al este rocas volcánicas continentales del pleistoceno holoceno de composición andesita-liparítico. (PDOT TANDAPI, 2012)

En Alóag y resto del valle, las capas más recientes son depósitos de decantación que llegaron vía aérea cuyos materiales son finos limo-arenosos, que forman una cobertura general de varias decenas de metros de espesor llamado tradicionalmente “cangahua”.

También se encuentran sedimentos aluviales, coluviales y glaciales en zonas de acumulación, así como aglomerados, andesita porfirítica y lava indiferenciada en la formación geológica del Volcán El Corazón. En las partes más bajas de la parroquia se acumulan los sedimentos volcánicos de El Corazón como son los depósitos lagunares de ceniza y lapilli de pómez (fragmentos piroclásticos de erupción volcánica). (PDOT ALÓAG, 2015)

La geología estudia la composición y estructura endógena y exógena de la Tierra, relacionando los procesos por los cuales ésta ha ido evolucionando a lo largo del tiempo geológico. La Geología ofrece testimonios esenciales para comprender la tectónica, la historia de la vida a través de la Paleontología, también tiene importancia fundamental en la exploración de yacimientos minerales (Minería) y de hidrocarburos (Petróleo y Gas Natural) y la evaluación de recursos hídricos subterráneos (Hidrogeología). (PDOT ALÓAG, 2015)

Tabla 10: Formaciones Geológicas del Cantón Mejía

Nombre	Composición	Ubicación	Periodo	Superficie (km²)	Porcentaje (%)
Formación Macuchi (KM)	Lavas andesíticas de color verdoso, además de areniscas volcánicas de grano grueso, volcanoclastos, tobas, limolitas de origen volcánico.	Tandapi desde el oeste en Cooperativa San Antonio hacia el sector de la Colina Peñas Blancas, siguiendo el río Pilatón.	Cuaternario	153,06	65
Formación Silante (ES)	Lutitas rojas, verdes, grauvacas, conglomerados cuyos clastos probablemente representan intrusiones de una fuente volcánica andesítica, mucho de la sucesión consiste de capas de lutitas rojas	A lo largo de la ruta Alóag-Santo Domingo; ocupa grandes hectáreas desde los poblados de El Pongo en Alóag hasta Silante y San Ignacio en Tandapi.	Cuaternario	28,26	12

	conteniendo canales de arenisca indicativos de ambientes fluviales.				
Volcánicos Atacazo (PAZ)	Rocas gris-verdosas con patina de color violeta formadas principalmente de flujos de lava andesítica.	Están expuestas en los relieves y vertientes de los volcanes Atacazo y Corazón cuyos límites están marcados por un cambio de pendientes y pendientes más bajas, pero estas zonas están cubiertas por la Formación Cangahua.			
Volcánicos Pasochoa (PPS)	Compuestas de rocas muy diferentes de Atacazo, estos volcánicos están conformados por andesitas y piroclastos.	Pendientes medias a fuertes aledañas al Pasochoa pero así mismo están cubiertas por Cangahua.			
Conglomerados Zarapullo (PZA)	Depósitos conformados por guijarros y cantos rodados por la acción de los ríos Pilatón y Toachi; y que presentan una pobre estratificación en matriz limo-arenosa.	Rancho San José en la Parroquia Manuel Cornejo Astorga (Tandapi)			
Depósito Glaciar (Q3)	Conformado por tilitas de composición heterogénea y distribución errática de rocas volcánicas redondeadas a subangulares en una matriz areno arcillosa pero muy poco consolidada.	Oeste del Chaupi, en el sector de la Loma Pilongo con dirección NE-SO			
Formación Cangahua (Qc)	Es un depósito piroclástico	Cubre gran extensión de la	Cuaternario	32,97	14

	cuaternario de varios metros de espesor; consiste principalmente de ceniza volcánica andesítica de color café y lapilli parte consolidada.	topografía del cantón Mejía, largamente no estratificada originadas por los volcanes Atacazo, Corazón, Pasochoa y Rumiñahuí.			
Depósito Coluvial (Q2)	Constituyen depósitos prominentes con superficies planas que aparecen al pie de los relieves como resultado del transporte gravitacional de los materiales desintegrados de estos relieves primario, están compuestos por material suelto y heterogéneo de suelo y clastos de roca de diferente tamaño.	Principalmente en las parroquias de Manuel Cornejo Astorga (San Ignacio) y en Machachi (San Antonio de Valencia).			
Depósito Aluvial (Q1)	Compuesto por material detrítico, por clastos redondeados a subredondeados de diferente composición y que presentan morfologías semiplanas y cuyos materiales se depositan primero los más pesados y al final los materiales livianos.	Transportado por los ríos San Pedro, Toachi y Pilatón, donde se depositan temporalmente en puntos a lo largo de su llanura de inundación.			

Formación Yunguilla	Es una secuencia con predominancia de lutitas oscuras a negras fisiles y argilitas también oscuras y compactadas generalmente silificadas y bien estratificadas; argilitas calcáreas y calizas delgadas localmente silificadas y abundante microfauna, así como lavas y volcanoclastos.	Aflora al Oeste	Cuaternario Superior	21,19	9
---------------------	---	-----------------	----------------------	-------	---

Fuente: Instituto Espacial Ecuatoriano 2013 y PDyOT ALÓAG, 2015

Elaborado por: PDOT GAD, MEJÍA 2014

- Geomorfología

El tramo de la vía nos presenta un paisaje en el cual sobresale el relieve montañoso con pendientes moderadas a fuertes con sus cimas redondeadas, alargadas y poco pronunciadas principalmente en las partes altas que corresponden a la cordillera, pero también se presentan zonas con pendientes más suaves y en este caso es el asentamiento de Tandapi. (GALLEGOS, 2010)

El cantón Mejía tiene una orografía variada, que inicia con la hoya de Machachi, la cual incluye parte del callejón interandino y una parte de la cordillera occidental; consta de una topografía irregular, principalmente se compone de relieves montañosos, relieves volcánicos colinados, distintos tipos de vertientes, llanuras y superficies de depósitos volcánicos; originadas de estas elevaciones en todo su territorio como el Atacazo, Corazón, Ilinizas, Pasochoa y Sincholagua. El Cantón está formado por rocas volcano-sedimentarias de composición andesítica verdosas que caracterizan a la Formación Macuchi y una secuencia volcanoclástica con intercalaciones de lavas andesíticas pertenecientes a la Formación Silante; y que se encuentran cubiertas por conglomerados. Zarapullo es un sector conformados por guijarros con cantos rodados pobremente estratificados en matriz areno-limosa. Mientras que atravesando la parte central hasta el sureste de Mejía presenta

rocas volcánicas continentales mayormente depósitos piroclásticos de la Formación Cangahua. (GADMCM, 2015-2019)

- Tipo de Suelo

En la vía Alóag-Tandapi según estudios realizados por el Gobierno Autónomo Descentralizado de Pichincha tiene una extensión de 407.9 km², y se distinguen 3 tipos de órdenes de suelos: Inceptisol con el 80.77% y Mollisol con el 18.91%.

Tabla 11: Tipo de Suelo del tramo de la vía Alóag-Tandapi

Orden	Área (km ²)	Porcentaje (%)
Inceptisol	328,82	80.77
Mollisol	78,27	18.91

Fuente: GADPP

Elaborado por: Alexandra Levoyer

Como ya se ha dicho anteriormente en el cantón Mejía se observa un paisaje caracterizado por relieves desde muy bajos a muy altos de origen volcánico asociados a las formaciones Cangahua, Macuchi y Silante, y volcánicos como Atacazo y Pasochoa, donde los suelos son en su mayoría de texturas franco arenoso y franco. Hacia el centro encontramos relieves de origen volcánico y fluvio lacustre asociados a la formación Cangahua con suelos pertenecientes al orden de los Andisoles. En el sur se observa la presencia, principalmente de un paisaje caracterizado por relieves volcánicos colinados y relieves relacionados a depósitos aluviales y coluvio aluviales. (GADMCM, 2015-2019)

El orden de los Entisoles se halla distribuido principalmente a lo largo de los ríos en 1,29%, en unidades morfológicas como las terrazas medias, valles fluviales y en menor proporción en los relieves volcánicos colinados muy bajos de la Formación Cangahua. (GADMCM, 2015-2019)

- Cobertura Vegetal

Vale referir que el crecimiento de las áreas urbanas ha cambiado moderadamente el uso del suelo, desplazando la frontera agrícola hacia las partes con mayor inclinación del terreno. (GADMCM, 2015-2019)

Los terrenos de fuerte pendiente deben ser aprovechados para áreas de conservación y protección ambiental, con la construcción de senderos ecológicos. (GADMCM, 2015-2019)

Los cambios en la cubierta y usos del suelo que soporta la tierra son cada vez más relevantes para poder analizar los elementos de interacción entre las sociedades humanas y los ecosistemas terrestres que les sirven de soporte. Conceptualmente hay que diferenciar entre los términos de cobertura y uso del suelo. Se puede afirmar que la cobertura hace referencia al aspecto morfológico y tangible del suelo, mientras que los usos hacen referencia a las funciones que se desarrollan sobre aquellas cubiertas. En consecuencia, una misma cubierta puede soportar diferentes usos (recolección, silvicultura y caza sobre cubiertas forestales) y un mismo uso puede desarrollarse sobre diferentes cubiertas. (GADMCM, 2015-2019)

De la superficie total de uso de la tierra del cantón Mejía (105 571,74 ha), una gran parte del territorio el 32,85% (34 680,88 ha), está destinado para un uso pecuario, de hecho; Mejía es considerado un cantón ganadero, abarcan grandes extensiones de pasto natural que es utilizado principalmente para el uso del ganado, en unos lugares, es manejado técnicamente y en otros no, por lo que el pasto en muchos de los sectores crece naturalmente.

A este uso le sigue el de conservación y protección con una superficie total de 60 665,68 ha, es decir el 57,46% que en contexto abarca toda la vegetación natural como bosques y matorrales. Las tierras con un uso agropecuario mixto abarcan el 2,62% con una superficie de 2768,79 ha, en este grupo encontramos aquellas que por su estructura no resulta fácil diferenciarlos de otros cultivos pudiendo estar en asociaciones con bosques, pastos, cultivos y otros. El 2,09% del cantón lo constituye el sector agrícola, 2 206,96 hectáreas actualmente se encuentran cultivadas, englobando todos los cultivos de ciclo corto, semipermanentes, permanentes y otras tierras agrícolas. Las plantaciones forestales tienen un uso de protección y producción y se distribuyen a lo largo del cantón, el 1,24% de las tierras del mismo son ocupadas para la producción de especies forestales como eucalipto y pino, principalmente. El uso antrópico constituye una gran superficie del cantón el 2,94 %, y finalmente el 0,14 % del territorio conformado por los cuerpos de agua (GADMCM, 2015-2019)

Tabla 12: Cobertura del Suelo

Cobertura	Principales Usos	Principales Cambios	Observaciones
Agrícolas	Las tierras de la parroquia son aptas para el desarrollo de la agricultura a cielo abierto y en invernadero, destacan principalmente cultivos de ciclo corto	Ocupación por áreas urbanas	Variedad de cultivos
Pastizales	Estos se encuentran dispersos y asociados o formando parte de otras áreas de cultivos. Se puede identificar además pastos naturales.	En el caso de los pastos naturales estos denotan una disminución considerable.	Pastizales naturales y cultivados
Bosques	Existen bosques naturales alterados que se localizan de manera dispersa.	Reducción mínima por aprovechamiento de madera o por establecimiento de áreas para pastizales.	Problemas de incendios forestales
Urbanos	Los asentamientos urbanos se localizan en las partes más bajas, ocupando suelos de bajas pendientes y aptas para la agricultura.	Expansión de áreas urbanas en varios lugares.	Crecimiento desordenado de áreas urbanas

Fuente: GAPP-DGPLA

Elaborado por: Alexandra Levoyer

- **Clima**

El clima de la zona de estudio es variado: frío en la parte de las cumbres y estribaciones de la cordillera hasta cálido en la población de Tandapi, en las partes más altas el clima es típico de páramo dominado por épocas lluviosas y abundante neblina, mientras que en las partes bajas existe un clima húmedo tropical; debido a su variabilidad en cuanto al clima posee una diversidad de pisos climáticos y ecosistemas que van desde los 2600 msnm en llanura hasta los 4786 msnm en la cima, parte de la Sierra Central. Con un 22% de su territorio con limitaciones topográficas, especialmente en los flancos de la cordillera andina. (PDOT TANDAPI, 2012)

La parroquia tiene diferentes temperaturas y precipitación, en función de sus pisos climáticos, siendo los siguientes:

Altitud entre los 2.000 – 2.200 y 3.000 msnm; temperatura coincide aproximadamente con la isotérmica de los 12° C; precipitación media anual 500 y 1.000 mm. (PDOT TANDAPI, 2012)

Altitud por encima de los 3.000 msnm.; temperatura entre 7 y 12° C; precipitaciones anuales 500 y 1.000 mm. (PDOT TANDAPI, 2012)

Altitud desde los 2.000 hasta los 2.900 y 3.000 msnm; temperatura 12 y 18° C; precipitación entre 2.000 y 4.000 mm anuales. (PDOT TANDAPI, 2012)

Altitud sobre los 3.000 m.s.n.m.; temperatura - 6 - 3° C; precipitaciones 1.000 y 2.000 mm anuales. (PDOT TANDAPI, 2012)

4.2.2 Características socioeconómicas

En el aspecto socioeconómico, resalta el hecho de que el 33,5% de la población no satisface sus necesidades básicas, principal indicador de pobreza (altos déficits de cobertura de servicios en el área rural). Efectivamente, existe una baja cobertura de servicios básicos en las parroquias rurales y los cantones del noroccidente. (PDOT TANDAPI, 2012)

Concretamente hablando de la economía de la zona de estudio resalta su espacio geográfico el cual se caracteriza por presentar una tierra fértil, apta para el desarrollo de producción agrícola y pecuaria; los cultivos con mayor importancia en el sector es la producción de caña de azúcar, café, yuca, maíz y frutas; además de la existencia de árboles maderables. (GALLEGOS, 2010)

Otra actividad de gran importancia en la zona es una cantera de materiales pétreos los cuales son explotados para materiales de construcción, se ubica en el Km 18 de la vía Alóag-Santo Domingo. Esto lleva a la creación de algunas fuentes de empleo para los pobladores y constituye así una nueva forma de desarrollo sustentable de la zona en estudio. El problema que se genera es en el momento de la explotación de la montaña lo que ocasiona deslizamientos de tierras. (PDOT ALÓAG, 2015)

4.2.2.1 Actividades antrópicas

Las actividades antrópicas son factores que intervienen en el equilibrio ecológico. El equilibrio de ecosistemas es muy dinámico, entonces los seres vivos (factores bióticos) tanto como los que no son vivos (factores abióticos) cumplen su función de ciclo. (PDOT ALÓAG, 2015)

En Alóag se registra una significativa intervención antrópica en los ecosistemas. La presencia del sector industrial, de servicios y centros estatales de educación media y superior, representa un valor agregado importante en la parroquia, con aportes a la educación, atención y producción a nivel local, sectorial y nacional. Pero también presenta un horizonte bajo y medio de amenazas al ambiente. A ello se suman la capacidad de transporte y logística instalada, la ubicación de las ferias, la vía expresa (Alóag –Santo Domingo), los ejes viales que interconectan los asentamientos locales, cantonales y provinciales, los servicios, el tren, entre otras, que dinamizan el movimiento pero que también consumen al ambiente. (PDOT ALÓAG, 2015)

Las actividades económicas, la producción manufacturera de pequeñas y medianas industrias textiles, de cuero y calzado, artesanías, metalmecánica y el procesamiento de alimentos, constituyen también una intervención antrópica, y potencialidad que se desarrolla en pequeña escala, sobre todo en la plaza central, en donde fácilmente podemos ver todas las actividades en su verdadera magnitud. (PDOT ALÓAG, 2015)

Tabla 13: Componente Biofísico

Variables	Potencialidad	Problema
Relieve	La jurisdicción parroquial, cuenta aproximadamente con un 70% de superficie plana, un 30% entre moderado y pronunciado aproximadamente, estas condiciones facilitan las actividades agropecuarias y otras.	Sin evidencia
Geología	Sin evidencia	Sin evidencia
Cobertura del Suelo	Existen áreas de suelo muy productivas.	Desprendimiento de capas superficiales por deslizamientos.

Clima	Clima templado con precipitaciones moderadas la parroquia cuenta con una temperatura media de 17-18° C, se tiene una buena exposición solar todas estas cualidades climáticas permiten el desarrollo de actividades económico productivas.	Sin evidencia
Agua	En la jurisdicción parroquial existen afloramientos de agua naturales.	Contaminación de ríos a causa de la emisión de aguas residuales a causa de desechos realizados por fábricas de queso y leche.
R.N. No Renovables	Sin evidencia	Sin evidencia
Ecosistemas Frágiles	Concienciación ciudadana para conservar las especies nativas de flora y fauna.	Deforestación y pérdida de cobertura vegetal en el área de transición con incidencia en la fauna.
Ecosistemas para Servicios Ambientales	Sin evidencia	No existen espacios identificados para el pago y/o cobro de servicios ambientales.
Recursos Naturales	Existen espacios de cobertura vegetal en el área correspondiente a quebradas.	Contaminación por descarga de aguas residuales, pastoreo de animales y depósitos de basura.
Amenaza Natural	Sin evidencia	Amenaza de erupción del volcán Cotopaxi.
Amenaza Antrópica	Sin evidencia	Manejo adecuado de residuos sólidos. Construcción de viviendas en áreas cercanas a taludes.
Uso de Suelo	Se cuenta con espacios ideales para realizar procesos de conservación ambiental	Cambios de uso de suelo por expansión del área urbana y asentamientos humanos a los costados de las vías, falta de regulación y control sobre el adecuado uso del suelo.

Fuente: Talleres de Diagnóstico Participativo 2015 GAPP-DGPLA

Elaborado por: Alexandra Levoyer

4.3 Análisis de Movimientos en Masa

4.3.1 Análisis de información existente de las características de la carretera Alóag-Tandapi

Mucho se ha especulado sobre la ampliación de la vía Alóag-Tandapi que está siendo realizada por la compañía de construcción Hidalgo e Hidalgo que es subcontratada por el Consejo Provincial de Pichincha el principal encargado sobre el buen mantenimiento de esta vía, la ampliación a cuatro carriles de la vía Alóag-Santo Domingo mostraría dos vacíos técnicos; uno de ellos lo señala la Cámara de la Construcción de Quito, mientras que el otro lo evidencia el Consejo Provincial de Pichincha. (CAREI, 2009)

Para Hermel Flores, presidente de la Cámara de Construcción de Quito, "si bien la ampliación de la carretera consiste en estabilizar los taludes a través de placas de sostenimiento, no se puede asegurar su estabilidad, por lo que es necesario que se considere construir una vía alterna". (CAREI, 2009)

Esta vía alterna, según Flores, estaría en análisis, pues el Consejo Provincial de Pichincha "ya tiene los estudios de la construcción del tramo en el sitio conocido como el río Corazón, que tendría una longitud de 30 kilómetros. Esta también sería una de las soluciones técnicas". (CAREI, 2009)

Sin embargo, para Fernando Hurtado, funcionario del Consejo Provincial de Pichincha y fiscalizador de la obra, "la ampliación responde a estudios técnicos que precautelan la seguridad de los conductores". (CAREI, 2009)

Por ello, según Hurtado, se construyen geopantallas y muros de sostenimiento al lado derecho de la vía, mientras que en los taludes se implementan terrazas para evitar deslizamientos en el futuro. Además, se prevé utilizar la tecnología del hormigón lanzado en los altos taludes para garantizar la estabilidad y seguridad en las carreteras. (CAREI, 2009)

No obstante, para Flores, la posibilidad de este mantenimiento vial es "dudoso"; "Dudamos que haya estudios técnicos que prevengan el riesgo por el derribamiento de montañas, pero debería implementarse como una política de conservación de las carreteras", dijo. (CAREI, 2009)

4.3.2 Reconocimiento e historia del sitio

La vía ha experimentado una serie de cambios ya sean estos por origen natural o no. Debido a su gran importancia y un alto grado de peligrosidad siempre ha sido tomada en cuenta para ser revisada y controlada por parte de las empresas estatales o sus contratadas. Según un Informe Mensual del año 2014 y 2015 donde se detalla la ampliación de la vía Alóag-Tandapi con ciertos ensanchamientos, además algunos puntos que se produjeron grandes movimientos en masa que paralizaron el flujo vehicular entre Costa y Sierra que se da por esta vía. Tenemos entonces:

Muro de protección de la vía Km 18+640 (Viaducto).

Debido a la topografía del terreno, se vio la necesidad de construir un muro de protección de la vía, previa la construcción de un puente (Viaducto). (GADPP, 2015)

Viaducto del Km 18+700

Debido a que, por la topografía del terreno, prácticamente a 90°, no es factible el ensanchamiento con muros anclados, por eso la necesidad de construir el puente, en este caso llamado viaducto. LONGITUD = 140,00 metros, ANCHO PROMEDIO = 10,00 metros (para lograr los dos carriles de bajada). (GADPP, 2014)

Túnel Chisinche

LONGITUD = 450 metros, ANCHO = 10,64 metros, ALTURA DEL TUNEL = 7,40 metros, ALTO MEDIO DE LA MONTAÑA = 195,00 metros, AHORRO EN LONGITUD = 190 metros (Con relación a la vía existente). (GADPP, 2014)

Puente Chisinche

Este puente está ubicado sobre el río Chisinche a 10 metros de la salida del túnel Chisinche descrito anteriormente, razón por la cual solo se ha construido un estribo (derecho). Una vez terminado el hormigonado del túnel, se continuará con la construcción del puente. LONGITUD PUENTE CHISINCHE: 27,00 metros, ANCHO DEL PUENTE: 9 metros. (GADPP, 2014)

Puente Quebrada Negra

Dificultades Presentadas: Una vez construidos los estribos, se produjo el 6 de noviembre del 2013, un desprendimiento de rocas de gran tamaño del talud adyacente, con un volumen de 250 m³, que destruyeron el estribo izquierdo, ante este fenómeno natural imprevisto, se suspendió la construcción del puente, hasta obtener los estudios que nos faciliten lograr la estabilidad del talud. Las vigas metálicas del puente se encuentran listas para su lanzamiento. LONGITUD: 50 metros, ANCHO: 9 metros. (GADPP, 2014)

Estabilidad de taludes en el Km 25+00 y km 34+00

En años anteriores 2011-2012, en estos dos sitios se produjeron derrumbes de consideración, que favorablemente no ocasionaron pérdidas humanas, pero sí materiales, varios equipos de la empresa contratista (cargadora y excavadora) fueron arrastrados al abismo. Con la finalidad de estabilizar los taludes anotados, se contrataron los estudios correspondientes, que fueron ya presentados. (GADPP, 2014)

Desborde del Río Pilatón Km 51+500

Por acción de las lluvias, el caudal del río se incrementó considerablemente, desbordándose del cauce normal y afectando la estabilidad de la mesa de la vía, esto ocurrió a partir de las 17:00 h del 17 de abril del presente año. Para las 19:00 horas solamente quedó la mesa en un ancho de 3,80 m, en su parte más angosta, de los 11 m que tenía en ese sector. LONGITUD AFECTADA: 100 metros, ANCHO PROMEDIO AFECTADO: 7 metros, ALTURA DE LA SOCAVACIÓN: 6,80-7,00 metros. (GADPP, 2014)

Derrumbe del Km 28+400

Fuertes precipitaciones de la zona ocasionaron que se desprenden rocas de gran tamaño de la parte superior del talud con materia vegetal y suelo, que originó el cierre de la vía. Inhabilitada por cuatro días para proceder con la limpieza y habilitar un carril para el desalojo de los vehículos que quedaron atrapados la noche del 19 de marzo de 2015. (GADPP, 2015)

Los trabajos de limpieza se iniciaron de manera inmediata con el equipo necesario: 3 cargadoras, 4 excavadoras, 2 plataformas, 4 compresores y 40 personas. (GADPP, 2015)

En el tiempo de la limpieza se encontraron dos vehículos atrapados bajo los escombros con 6 ocupantes y un tercer vehículo con 5 ocupantes, que encontraron sus restos en la desembocadura del derrumbo a orillas del río Pilatón. (GADPP, 2015)

Se suspendieron los trabajos por 3 días, una vez declarado por parte del Municipio de Mejía “Campo Santo”, se procede de manera inmediata con la limpieza de los escombros, encontrándose con una roca de gran tamaño con un volumen aproximado de 5000 m³. (GADPP, 2015)

Mediante voladuras controladas y desalojo de gran parte del material existente en la vía se habilitan 2 carriles, sufriendo daños de gran magnitud, las cuales fueron solucionadas con obras provisionales. (GADPP, 2015)

Para el 9 de abril se da apertura la vía Alóag- Sto. Domingo, con horarios restringidos que permitan la libre circulación de los vehículos desde las 11:00 a las 18:00, donde se habilitarán los peajes de Alóag y Sto. Domingo. (GADPP, 2015)

Con fecha 17 de abril y por las fuertes lluvias, existe un deslizamiento de piedra y lodo que ocasionó nuevamente el cierre de la vía en este punto; y una vez superado los diferentes inconvenientes se inicia con los trabajos de limpieza y con la realización de una plataforma para que la maquinaria logre subir a la parte más alta del talud para provocar el desprendimiento del material suelto existente. (GADPP, 2015)

Ya para la fecha 18 de mayo se incrementa el horario de circulación de la vía Alóag- Sto. Domingo desde las 8:00 hasta las 18:00. Con este incremento en los horarios de circulación y el cambio climático favorable en estos últimos días permitieron iniciar con los trabajos de desalojo y limpieza en horas de la noche y hasta la presente fecha se tiene un gran volumen de material desalojado, con lo que se sigue con el desalojo del material suelto. (GADPP, 2015)

Cabe recalcar que por grandes movimientos en masa el Consejo Provincial de Pichincha tomaba radicales decisiones entre esas fueron la disposición de cerrar el tráfico para precautelar la vida de los usuarios.

Parte de la carretera del sitio socavado con rocas de gran tamaño, transportadas desde el Toachi (Santo Domingo) y desde la mina del km 14+00. (GADPP, 2014)

Desvío del cauce del río 200 m. aguas arriba, para poder trabajar en el reforzamiento de la base de la vía afectada y posterior reposición de la mesa de la carretera. (GADPP, 2014)

Reposición de la mesa de la carretera y dragado del cauce con la finalidad de acopiar material que sirva de soporte a la zona afectada. (GADPP, 2014)

Y uno de los principales problemas encontrados fue el tipo de roca fragmentada, meteorizada, por cuanto el túnel se encuentra en la zona de falla Silante, junto al río Pilatón. Durante su construcción se han tomado todas las medidas de seguridad industrial, para el tipo de excavación sub-terránea. (GADPP, 2014)

Se menciona también en los Informes encontrados sobre la ampliación de la vía que se encuentra en proceso de contratación un Estudio de evaluación de taludes a lo largo de toda la vía. (GADPP, 2014)

Ambos Informes del Gobierno Autónomo Descentralizado de Pichincha tanto del 2014 como 2015 recalcan que la vía Alóag-Tandapi se encuentra en mantenimiento rutinario ya que a diario se ejecutan limpiezas de cunetas, encauzamientos, roce a mano de la vegetación lateral; estas actividades obligatoriamente se las realiza de 4 a 5 veces al año debido a la rapidez con la que crece la vegetación a lo largo de la vía Alóag-Tandapi.

Debido a la agresiva presencia de la temporada invernal durante el presente año, se produjeron derrumbes, por su magnitud de todo tipo: Grandes (más de 3.000 m³), medianos hasta 3.000 m³ y pequeños de 100 m³, que obligaron a la movilización de maquinaria y personal, prácticamente a lo largo de los 101 km de la vía Alóag-Santo Domingo. (GADPP, 2014)

Los principales sitios afectados fueron los siguientes:

Tabla 14: Sitios afectados por Movimientos en Masa

Fecha	Ubicación Derrumbe	Volumen Derrumbe Desalojado	Observaciones
05/03/2014	21+900	1.400	Presencia de roca, se usaron explosivos
25/03/2014	28+400	5.000	Presencia de roca, se usaron explosivos
17/04/2014	28+400	3.000	
10/05/2014	67+800	3.200	
12/05/2014	73+580	1.500	
Varios Sitios		8.727	
Total hasta Abril 2014		22.827	

Fuente: (GADPP, 2014)

En la disertación de Gallegos A. de la Universidad Central del Ecuador, sobre la Evaluación Geológica-Geotécnica de las Zonas de Vulnerabilidad a Riesgos de Remoción en Masa en la Carretera Alóag-Tandapi se encontraron ciertos Movimientos en Masa los cuales se los categoriza como importantes y relevantes; por tales razones se consideran los siguientes puntos:

En el Km 06+200 se observa un flujo de detritos los cuales se dan por la saturación de agua en la cangahua y una espesa capa vegetal presente, a más de un defectuoso sistema de drenaje. (GALLEGOS, 2010)

En el Km 14+600 se encuentra un área minera “Rancho La Paz”, se observan conglomerados, clastos de andesita intermedia a básica con una matriz arenosa gruesa,

posee una coloración café amarillenta en ciertos lugares por ser producto de óxido de hierro. En el área minera también se observan taludes con ángulos de corte con más de 75. (GALLEGOS, 2010)

En el Km 18+520 se localiza una corriente de derrubios formado en su mayoría por arenas gruesas, gravas y bloques en la parte inferior por la pendiente en la ladera, esta corriente de derrubios se extiende en gran parte de la ampliación de la carretera. (GALLEGOS, 2010)

En el Km 28+600 se encuentra un talud rocoso y fracturado en la parte superior en donde emergen rocas andesíticas meteorizadas formadas por procesos erosivos. La posible remoción en masa que se puede dar en este lugar es la caída de rocas ya que el estrato buza en dirección de la carretera. (GALLEGOS, 2010)

En el Km 32+800 se observa un deslizamiento rotacional, en la parte superior se visualiza una superficie concava en el cual el material puede deslizarse por efecto de la gravedad y la acumulación de dicho material formado por roca andesítica alterada y flujos de caída; pero también se conserva zonas de reactivación del deslizamiento en la parte intermedia de la montaña. (GALLEGOS, 2010)

En el Km 35+900 se observa roca andesítica fracturada en la parte inferior junto a conglomerados y flujos piroclásticos, con un ángulo en el talud de 50; la morfología muestra que pronto un fenómeno de caída de roca y flujo de detritos daría en el lugar. (GALLEGOS, 2010)

En el Km 39+300 se encuentra el puente sobre el río Corazón, en la parte inferior de la carretera se evidencia un talud de roca andesítica sin ningún proceso de fracturación, se distinguen flujos de detritos originarios de la parte superior. (GALLEGOS, 2010)

En el Km 42+100 se observa flujo de rocas con material fino en la cima y grueso al pie de la pendiente, la escorrentía superficial y la inclinación de la pendiente favorecen al desprendimiento del material. (GALLEGOS, 2010)

4.3.3 Determinación de áreas propensas a Movimientos en Masa en el año 2015

La zona de estudio ubicada en el tramo de la vía Alóag-Tandapi en el año de estudio 2015 presentó dos fuertes movimientos en masa que fueron encontrados en los kilómetros 23 (Foto 1) y 28+400 (Foto 3). Cabe considerar que se dieron tres movimientos en masa de los cuales se escoge dos -un movimiento esta fuera del área de estudio-, aparte de algunos pequeños deslizamientos que se desencadenan a lo largo de toda la vía Alóag-Santo Domingo (EL COMERCIO, 2016)

Se estima que este eje vial tiene una carga diaria de 22.000 vehículos y es un paso obligado entre Costa y Sierra y viceversa. (EL COMERCIO, 2016)

El movimiento en masa del kilómetro 23 deja gran cantidad de material sobre la calzada debido a las fuertes lluvias, sin registrarse víctimas en la zona. Este punto está cerca de la construcción del túnel Bomboli de 1.751 metros de longitud y también es sometida a la ampliación de la vía a cuatro carriles, esto provoca mayor inestabilidad. Al no ser establecida bien la pendiente -que quedará en este lugar- se dará aún más fuertes Movimientos en Masa que terminaran con el cierre constante de la vía de gran necesidad para todos los usuarios que a diario se movilizan por el sitio. (Foto 2)

El Movimiento en Masa de mayores dimensiones (humanas y materiales) se encuentra en el kilómetro 28+400 (Foto 4), este presentó un grave deslizamiento de rocas hacia la carretera y posteriormente, pendiente abajo, hasta llegar al río, por lo que se mantuvo cerrado al paso vehicular un mes. Esto dejó pérdidas económicas, tanto para las personas que se movilizan a diario por la carretera, como para el encargado del mantenimiento y reconstrucción de este tramo de vía. (EL NOTICIERO, 2015)

La vía inmediatamente se cerró al paso vehicular tras saber que se perdieron tres carros con 11 personas en su interior (Foto 5). Al transcurso de los días la vía se empezó a despejar pero la situación empeoraba por el gran tamaño de rocas que caen del talud, lo que dificultaba el desalojo con maquinaria en vía. Con muchas horas de trabajo, el 9 de abril se logra la reapertura de la vía a un carril y con horario restringido (Foto 6).

Para el 17 de abril se cierra la vía al paso vehicular por las fuertes lluvias que provocan una nueva caída de material del talud con deslizamientos de piedras y lodo. Posteriormente a esto se procede nuevamente a la limpieza y desalojamiento del material.

Para el 18 de mayo se procede a abrir la vía en un horario más amplio para circulación de los vehículos y se mantiene un fuerte control en la zona para evitar nuevos deslizamientos. (Foto 7) (EL NOTICIERO, 2015)

En el gran Movimiento en Masa que se dio en el kilómetro 28 de la vía tuvo la necesidad de ser apoyado por bomberos y policías ya que en esta situación se vieron involucrados algunos vehículos, que se estima quedaron atrapados en medio de rocas y lodo que cayó a la vía. (EL NOTICIERO, 2015)

El mal clima continúa, fuertes lluvias en la vía imposibilitan el trabajo de la maquinaria ya que siempre existe el riesgo de deslizamientos del material que se encuentra en la parte superior de la pendiente (rocas) y agrande el problema en el kilómetro 28+400. (Foto 8) (EL COMERCIO, 2016)

Los trabajos de limpieza y despeje de la vía en el kilómetro 28+400 conlleva estar en el sitio a pesar del mal clima las 24 horas del día ya que la situación amerita pronta respuesta para los familiares de las víctimas que se encuentran debajo de los escombros como para el público general que espera la apertura por la gran importancia que esta vía posee entre Costa y Sierra del país. (EL COMERCIO, 2016)

Por las fuertes lluvias se deslizó toneladas de rocas y tierra hacia la vía lo que dejó 11 muertos, por la dificultad de recuperar los cuerpos se declaró campo santo a la zona. Se dijo que los vehículos atrapados por el deslave fueron arrastrados 750 metros por la pendiente. (EL UNIVERSO, 2015)

En el kilómetro 28+400 se remueven escombros poco a poco; sin embargo, por estos trabajos cayeron más rocas. Se dice también que existe una roca en la vía que pesaría alrededor de 4.000 toneladas, la cual es el principal obstáculo la vía en su totalidad en el kilómetro 28+400. (Foto 9) (EL UNIVERSO, 2015)

En el área de estudio que se extiende a los 47 kilómetros y un área de 345.35 km², en total de Alóag a Tandapi se visualizan áreas de fuertes Movimientos en Masa

4.3.4 Cartografía de los Movimientos en Masa en el tramo de la vía

Los Movimientos en Masa son procesos esencialmente gravitatorios, por lo que una parte de la masa del terreno se desplaza a una cota inferior, siendo necesario que las fuerzas estabilizadoras sean superadas por las desestabilizadoras.

Este tipo de procesos gravitatorios se interrelacionan mutuamente con las precipitaciones altas, de tal forma que frecuentemente las lluvias torrenciales son causantes y precursoras de los Movimientos en Masa, ya que aumentan las fuerzas desestabilizadoras y reducen la resistencia del suelo al deslizamiento. (MOVIMIENTOS DE MASAS, 2016)

Este mapa temático se convierte en uno de los elementos importantes de análisis para la posterior identificación de las zonas más propensas a sufrir Movimientos en Masa. (MALLITAGSI, 2011)

El mapeo de la susceptibilidad de Movimientos en Masa en la zona de estudio la vía Alóag-Tandapi fue el resultado de todo el proceso descrito en el análisis de los cinco factores condicionantes que son pendiente, precipitaciones, cobertura vegetal, textura del suelo y geología; se realizó la integración de dichos factores mediante un proceso semiautomático en el software ArcGis. (MALLITAGSI, 2011)

La fórmula básica para determinar la ponderación del índice de susceptibilidad a los Movimientos en Masa en cada una de las unidades espaciales resultantes del proceso en el software ArcGis antes indicado es la siguiente:

$$\text{Indice de Susceptibilidad (IS)} = P + L + S + V + C$$

Siendo:

P= Valor de la Pendiente

L= Valor de la Litología

S= Valor de la variable Suelo

V= Valor de la Cobertura Vegetal

C= Valor de la variable Clima

Con las capas sobrepuestas se asignaron rangos de valor según su importancia para obtener el mapa final donde se representen los Movimientos en Masa en cinco categorías: baja, moderada, media, alta y muy alta.

Se ponderó para el mapa final, es decir en álgebra de mapas, con un rango de 100 a las capas de la siguiente manera: mapa de pendientes con un valor de 0.3; mapa de precipitaciones con 0.2; mapa de cobertura vegetal con 0.2; textura del suelo con 0.2 y; geología con 0.1; y así obtener la realidad de afectación a la vía en cuanto a MM.

La vía Alóag-Tandapi representa en la mayoría de su recorrido una alta susceptibilidad a Movimientos en Masa lo que hace real los constantes deslizamientos que se dan en el sitio. Aún más si hay presencia de fuertes precipitaciones y los constantes trabajos de ensanchamiento que se realiza de la vía. El mapa de Movimientos en Masa se lo hizo verificando coordenadas en el campo, visitando el lugar y constatando los datos según información proporcionada por el GADPP.

4.3.5 Análisis de los resultados

Los mapas son representados a una escala 1:125000 ya que se visualiza claramente las situaciones a las que se expuso el plan de disertación y se expone el área con un buffer de 5000 metros para poder caracterizar claramente la zona de estudio; por consiguiente, se expone los mapas ya expuestos en puntos anteriores del Plan y son los siguientes:

Textura de suelos (Ver Mapa 2)

El mapa presenta la textura del suelo con lo cual se puede determinar su productividad ya que se muestran sus propiedades físicas, en la zona de estudio se localizaron cuatro texturas representativas entre las cuales está: Franco con 325,23 km² este se localiza en casi toda el área de estudio en su mayoría en la parroquia de Manuel Cornejo Astorga (Tandapi) y otro porcentaje en el área de Alóag. Este consta de una textura media (45% arena, 40% limo y 15% arcilla) por lo que es el más apto para el cultivo.

En cuanto a la textura Franco arenoso con 50,89 km² este posee más arena que el suelo franco común por tal razón se altera su drenaje, textura y habilidad para retener nutrientes, en la zona de estudio se presenta en la parroquia de Alóag, principalmente por el poblado de Ayaurco.

Franco limoso con 29,994km² con un 15% arcilla y más del 35% entre limo y arcilla lo hace menos apto para la agricultura y se encuentra en su totalidad en la parroquia de Alóag.

Y la textura Arenoso con 0,98 km² este tiene una estructura gruesa con 75% arena, 5% arena, 5% arcilla y 20% limo por lo que le permite una gran aireación, absorbe bien el agua no la retiene y filtra con facilidad hacia el fondo, estos suelos se secan con rapidez y no almacenan agua como el arcilloso por lo que se precisa riesgo frecuente, aunque en poca cantidad, se aconseja que a este tipo de suelo sembrar plantas que no soportan exceso de agua como el césped, cactus, entre otros.

Precipitaciones (Ver Mapa 3)

En el mapa se expresa la distribución de las precipitaciones ya que las isoyetas -líneas imaginarias que unen puntos con igual valor de precipitación- cuenta con cuatro niveles y se distribuyen con una precipitación >2000, donde existe un área de 241,67km² con climas ecuatorial mesotérmico muy húmedo ubicado en su mayoría en Tandapi.

Con una precipitación de 1000-2000 existe un área de 73,56 km² con climas ecuatorial mesotérmico húmedo y ecuatorial frío húmedo ubicado en la parroquia de Alóag en su mayor porcentaje; con una precipitación de 500-1000 hay un área de 23,33 km² con climas ecuatorial frío semi-húmedo y ecuatorial mesotérmico semi-húmedo con su ubicación en la zona entrante de estudio en la parroquia de Alóag; y con una precipitación de >500 hay un área de 6,78km² con clima de paramo en las estribaciones de la parroquia de Alóag.

Suelos (Ver Mapa 4)

En el presente mapa se visualiza claramente dos órdenes de suelos, teniendo en cuenta que el área total es de 407,096 km². El área de estudio presenta en su mayoría suelos del tipo Inceptisol con 328,82 km² y en poca cantidad Molisol con un territorio de 78,27 km², estas dos órdenes de suelos abarca el buffer de 5.000 metros. Hay que recalcar que el tipo de orden Mollisol se ubica en la zona de inicio de la vía -Alóag, poblado de Ayaurco-. Este tipo de suelo presenta grandes ecosistemas de pastizales y posee un horizonte de gruesa superficie orgánica y oscura, siendo un tipo de suelo agrícola productivo; el Inceptisol, con mayor presencia en la zona de estudio, se debe a que se forma en superficies de tierras jóvenes y es muy común en zonas montañosas. (JIMENO, 2009)

Uso y cobertura del suelo (Ver Mapa 5)

En este mapa se identifica el uso y cobertura del suelo, aquí se describe que la mayor área está ocupada de cultivos, con 180,47 km², y se ubica cercana a las zonas pobladas. Otra forma de cobertura es el Arbustivo, con 33,43 km² este grupo es catalogado de tipo natural la cual tiene como costumbre el crecimiento arbustivo y herbáceo y se desarrolla sobre diferentes pisos altitudinales con poca o ninguna intervención antrópica. Se tiene en cuenta esta cobertura ya que se encuentra esparcida durante casi toda el área de estudio.

Otra cobertura importante y presente en la zona es el Bosque con 179,39 km² esto comprende todo tipo de formación leñosa, con una supremacía de especies arbóreas con una altura considerable mayor a 5 metros, se desarrolla sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales, cabe recalcar que no contiene tierras sometidas a un uso predominante ya sea agrícola o urbano, se tiene en cuenta que se encuentra en su gran consideración en la parroquia de Manuel Cornejo Astorga (Tandapi); la cobertura de suelo sin vegetación con un área de 12,81 km² se localiza principalmente en las parroquias y sus alrededores por presencia del ser humano se han realizado infraestructuras y desalojado gran parte de vegetación para sus medios de trabajo dejando así gran territorio expuesto a las variaciones climáticas que con el tiempo son perjudiciales para los mismos habitantes; un último uso y con poca área en la zona de estudio es la de reforestación con 0,99 km² esto se da muy poco en la zona debido a que la población se dispersa a lo largo de la vía y poco valorizan el reforestar la zona para su propia convivencia en la representación se ve localizado en poca cantidad en un pequeño extremo del inicio de la vía es decir en la parroquia de Alóag. (LAGUNA, 2012)

Pendientes (Ver Mapa 6)

El siguiente mapa que trata de las pendientes en la zona de estudio vía Alóag-Tandapi trata de los diferentes grados de pendientes que existen en el territorio, hay que recalcar que la pendiente es la inclinación de una superficie con respecto a la horizontal en la zona de estudio se ha clasificado a las pendientes en 5 rangos, según la metodología antes explicada.

Entre estas se presentan pendiente suave de 0 a 12 grados que se representa mayormente en la zona baja de Alóag, es decir, a la entrada de la vía; sigue la pendiente ligera de 12 a 25 grados representada en pequeñas áreas de la zona más bien alejadas de la vía; la pendiente

moderada de 25 a 40 grados está presente en todo el territorio representado en el mapa, aunque un poco alejada de la vía de estudio; la pendiente fuerte que tiene el rango de 40 a 70 grados bastante cercana a la vía en estudio lo que representa que la situación de movimientos en masa sean más prominentes por esa situación; y la pendiente muy fuerte que va desde 70 grados representa mayor peligrosidad en ciertos tramos de la vía en los cuales se tiene movimientos en masa por distintas situaciones a las que la vía se presenta.

Geológico (Ver Mapa 7)

Este mapa resalta por su litología la cual es muy variada en la zona de estudio y se encuentran las siguientes clases: Lava con amigdaloides, basalto con amigdaloides, depósito aluvial, depósito lagunar de ceniza, gneis, rocas intrusivas indiferenciadas, depósito fluvio glacial, piroclastos, no aplicable con 151,73 km² localizadas en la parroquia de Manuel Cornejo Astorga (Tandapi) en la parte final de la zona de estudio; Depósito coluvial, conglomerado volcánico, arenisca volcánica a limolita volcánica 103,26 km² se localizan en gran parte en Tandapi, limitando con la parroquia de Alóag; Cangahua sobre sedimentos del Atacazo con 98,53 km² localizadas en la parroquia de Alóag límite con Tandapi; Ceniza, lapilli de pómez con 41,06km² se localizan en Alóag más al norte de la zona de estudio cercano al poblado Ayaurco; Andesita, piroclastos con 12,52km² es la de menor existencia en cuanto al buffer que se le dio a la zona de estudio localizándose al inicio de la vía en estudio.

Geomorfológico (Ver Mapa 8)

Este mapa representa el relieve del área de estudio y es la base para una buena planificación territorial. Para el área de estudio se representa con una mayor área a las vertientes abruptas e irregulares con 207,68 km²; seguido de las superficies altas, de relieve moderado de la cordillera, superficies ligeramente onduladas a onduladas con 96,59 km²; existe también relieve suave, ondulado de la cordillera, relieves bajos a medios, medianamente disectados, relieves glaciáricos aborregados, suavemente ondulados, relieves moderados altos, medianamente disectados, relieves moderados de colinas de paramo, relieves moderados superiores, disectados en los valles glaciares, relieves suaves ondulados de paramo con 83,25 km²; luego tenemos a las colinas de vertientes convexas, cima redonda, del valle interandino, colinas regulares medias, vertiente rectilínea, cima redonda con 4,37 km²; pasando posteriormente a área en proceso de urbanización, área

urbana consolidada con 4,22 km²; posteriormente tenemos ondulación suave y/o planas cerca del volcán con 3,80 km²; luego se presentan las terrazas medias con 2,99 km²; seguidas de las montañas muy altas, vertientes muy fuertes irregulares, cima aguda con 2,41 km²; tenemos presencia de llanuras de relleno planas a suavemente inclinadas con 1,76 km²; y finalmente los cuerpos de agua con 0,01 km².

Movimientos en masa en el año 2015 (Ver Mapa 9)

Este mapa final, realizado mediante álgebra de mapas, representa la susceptibilidad del terreno a Movimientos en Masa en el tramo de la vía Alóag-Tandapi en el cual se visualiza la alta susceptibilidad que existe en el terreno a medida que se superponen las capas de pendientes, precipitaciones, cobertura vegetal, textura del suelo y geología.

Se visualiza claramente que en el kilómetro 28 de la vía se tiene una alta susceptibilidad a Movimientos en Masa, el cual fue el foco más importante en el año de estudio, ya que por el fuerte deslave se mantuvo cerrada la vía durante un mes dejando también víctimas mortales en el sitio. De igual forma que en el kilómetro 23 se tiene presencia de una alta susceptibilidad a Movimientos en Masa, a esto se suma los frecuentes deslizamientos provocados en su gran mayoría por los trabajos de ampliación de la vía (ya que dejan fuertes pendientes en el sitio provocando deslave de rocas y lodo).

La vía en el tramo de Alóag-Tandapi ha sido siempre un gran problema de Movimientos en Masa, ya que existen varios factores que la exponen a tales situaciones. Es por esto que la vía se encuentra expuesta a fuertes y largos periodos de cierre. En el mapa con un buffer realizado a la vía de 5.000 metros y con un área total de 345.35 km², se expone una alta susceptibilidad a Movimientos en Masa en un área de 259.00 km² lo que da en porcentaje el 75%, y representa la mayoría de peligro que se da a lo largo del kilómetro 05 y el kilómetro 47, esta zona presenta un clima ecuatorial mesotérmico muy húmedo y clima ecuatorial mesotérmico húmedo. En cuanto a la cobertura del suelo tiene la presencia de bosques y cultivos; en la pendiente se aprecia con claridad que está en el rango de alta y moderada lo que prácticamente no aclara la situación de la vía.

Las precipitaciones se presentan en la zona a un rango mayor de 2.000 mm -lo más alto que posee la zona-, la mayoría del suelo es inceptisol ya que a este se lo conoce por formarse en superficies de tierras jóvenes y muy comunes en zonas de montaña.

En lo referente a la textura del suelo es franco que consta de una textura media por lo que sus condiciones son las mejores para el cultivo, en su geomorfología se aprecia que en todo el tramo existen vertientes abruptas e irregulares lo que se constata en el terreno y en cuanto a su litología posee andesitas, piroclastos, cangahua, deposito coluvial, conglomerado volcánico y arenisca volcánica a limolita volcánica.

Se aprecia también un rango de media susceptibilidad a Movimientos en Masa en un área de 40,61 km² lo que da en porcentaje el 11.76% que se presenta en las poblaciones asentadas a lo largo de la vía como son las parroquias de Alóag y Tandapi al igual que cerca de los poblados de Ayaurco y Yamboya, posee clima frio húmedo y clima ecuatorial mesotérmico muy húmedo.

En lo que se refiere a la cobertura del suelo presenta cultivos y también existen áreas sin vegetación debido a las construcciones en las parroquias, la pendiente se presenta de moderada a baja debido a que son zonas casi planas y con poblaciones insertadas, muestran precipitaciones mayores a 1.000 mm lo que la hace zona húmeda y fría, expone suelos inceptisol por ser los más afines a formarse en tierras jóvenes y de montaña y suelo mollisol ya que presenta grandes ecosistemas de pastizales y consta de un horizonte de gruesa superficie orgánica y oscura convirtiéndolo en un suelo agrícola productivo.

En cuanto a la textura del suelo es franco el cual es de textura media por lo que sus condiciones son las mejores convirtiéndolo así en el más apto para cultivos y franco arenoso posee más arena que el franco común por lo que se altera su drenaje, textura y habilidad para retener nutrientes, en su litología presenta lava con amigdaloides, basalto con amigdaloides, depósito aluvial, depósito lagunar de ceniza, gneis, rocas intrusivas indiferenciadas, depósito fluvio glacial y piroclastos y en lo referente a su geomorfología presenta terraza media, vertientes abruptas e irregulares (zona de Manuel Cornejo Astorga) relieve suave, ondulado de la cordillera, relieves bajos a medios, medianamente disectados, relieves glaciarios aborregados, suavemente ondulados, relieves moderados altos, medianamente disectados, relieves moderados de colinas de paramo, relieves moderados superiores, disectados en los valles glaciares, relieves suaves ondulados de paramo (a lo largo de la vía) y superficies altas, de relieve moderado de la cordillera, superficies ligeramente onduladas a onduladas (zona de Alóag).

En cuanto al rango de susceptibilidad moderada a Movimientos en Masa en un área de 14,37 km², con un porcentaje de 4.16% que va del 01 al 04 del kilómetros. Presenta un clima ecuatorial frío húmedo, clima ecuatorial frío semi-húmedo, clima ecuatorial mesotérmico húmedo y clima ecuatorial mesotérmico semi-húmedo, así mismo posee pendientes moderada y baja debido a que es un área casi plana en donde se ubican poblaciones, en cuanto a las precipitaciones van desde 500 mm en la zona o de la vía a 2.000 mm en el resto de Alóag. La cobertura del suelo se presenta sin vegetación en las zonas pobladas, cultivos y arbustiva a lo largo de la vía, posee suelo del tipo mollisol el cual presenta grandes ecosistemas de pastizales y se manifiesta con un horizonte de gruesa superficie orgánica y oscura siendo un suelo agrícola importante y productivo. Su textura es franco arenoso debido a que posee más arena que el franco común por lo que se altera su drenaje, textura y habilidad para retener nutrientes y el franco limoso es considerado como el menos apto para la agricultura. En lo referente a la litología en este tramo están presentes cangahua sobre sedimentos del Atacazo, ceniza, lapilli de pómez, lava con amigdaloides, basalto con amigdaloides, depósito aluvial, depósito lagunar de ceniza, gneis, rocas intrusivas indiferenciadas, depósito fluvio glacial y piroclastos, y en su geomorfología presenta superficies altas, de relieve moderado de la cordillera, superficies ligeramente onduladas a onduladas, colinas de vertientes convexas, cima redonda, del valle interandino, colinas regulares medias, vertiente rectilínea, cima redonda, montañosos muy altos, vertientes muy fuertes irregulares y cima aguda.

Y para finalizar se expresa también que existe una baja susceptibilidad a Movimientos en Masa en un área de 31.37 km² que en porcentaje representa el 9.08% que van del 00 al 05 kilómetro, con clima ecuatorial frío húmedo, clima ecuatorial mesotérmico muy húmedo y clima ecuatorial mesotérmico semi-húmedo, con una cobertura del suelo arbustiva junto a las zonas pobladas, bosque presente a lo largo de toda la vía, cultivos ubicado en toda la parroquia tanto de Alóag y Tandapi, forestal cerca de la zona poblada en muy poca cantidad y sin vegetación en áreas pobladas, presenta pendientes baja, moderada, media en la parroquia de Alóag y alta en la parroquia de Tandapi, en cuanto a precipitación posee rangos de 500 mm a mayor de 2000 mm en toda la zona siendo lo más bajo en el tramo de la parroquia de Alóag, en cuanto a suelos tenemos inceptisol ya que es el más afín de formarse en tierras jóvenes y de montaña y en cuanto a los suelos de tipo mollisol se sabe que presentan grandes ecosistemas de pastizales y constan de un horizonte de gruesa

superficie orgánica y oscura lo que lo hace un suelo agrícola importante y productivo, en lo referente a la textura posee franco que consta de una textura media por lo que sus condiciones son las mejores y esto lo convierte en el más apto para el cultivo, franco arenoso este posee más arena que el franco común por lo que se altera su drenaje, textura y habilidad para retener nutrientes y el franco limoso es considerado como el menos apto para la agricultura, en su litología presenta andesita, piroclastos, cangahua sobre sedimentos del Atacazo, ceniza, lapilli de pómez, lava con amigdaloides, basalto con amigdaloides,, depósito aluvial, depósito lagunar de ceniza, gneis, rocas intrusivas indiferenciadas, depósito fluvio glacial, piroclastos, y en cuanto a su geomorfología tiene llanuras de relleno planas a suavemente inclinadas, colinas de vertientes convexas, cima redonda, del valle interandino, colinas regulares medias, vertiente rectilínea, cima redonda, montañosos muy altos, vertientes muy fuertes irregulares, cima aguda, terraza media, vertientes abruptas e irregulares, superficies altas, de relieve moderado de la cordillera, superficies ligeramente onduladas a onduladas a medios, medianamente disectados, relieves glaciáricos aborregados, suavemente ondulados, relieves moderados altos, medianamente disectados, relieves moderados de colinas de paramo, relieves moderados superiores, disectados en los valles glaciares, relieves suaves ondulados de paramo, área en proceso de urbanización y área urbana consolidada.

4.3.6 Conclusiones

De la metodología usada podemos decir que:

Los factores desencadenantes como las fuertes precipitaciones y las fuertes pendientes en la zona pueden aumentar la peligrosidad, principalmente en las áreas ya estudiadas.

De igual manera, se debe evaluar la ocurrencia en el tiempo y las consecuencias de los procesos de movimientos en masa sobre la vía y por ende sobre la población; esto obedecerá mucho al nivel de conocimiento que se tenga sobre datos e información de situaciones ya ocurridas, ya que se corre el riesgo de que se vuelvan a suscitar de la misma manera o a mayor escala.

Finalmente, este estudio aporta con información cartográfica para ser utilizada y actualizada para alcanzar avances en los futuros estudios del tramo de la vía Alóag-Tandapi, esto debido a que la información oficial con la que cuenta el Consejo Provincial de Pichincha hasta el momento es desactualizada.

La susceptibilidad de Movimientos en Masa y deslizamientos facilito la ubicación de movimientos en masa en más del 45% de la zona de estudio, correspondientes a los grados de susceptibilidad de grado alto.

Los acontecimientos manifestados y ubicados en el trabajo de campo sobre la zona de estudio, están espacialmente relacionados con las zonas de susceptibilidad de grado alto a peligro de Movimientos en Masa definidas por el método escogido para el trabajo desde los factores condicionantes.

4.3.7 Recomendaciones

Como primer punto, siendo de gran importancia, se debe tener en cuenta el ensanchamiento de la vía Alóag-Tandapi por parte del Consejo Provincial de Pichincha, ya que se debe realizar formando terrazas en las pendientes para disminuir así los Movimientos en Masa constantes, por tal situación.

De preferencia, en áreas de pendientes altas y muy altas se debe disminuir las pendientes, por cuanto, esto trae gran inestabilidad al terreno provocando de esta manera los Movimientos en Masa continuos en el tramo de la vía Alóag-Tandapi.

En gran parte del tramo de la vía Alóag-Tandapi se debe realizar procesos de reforestación para poder modificar el área del terreno susceptible a los Movimientos en Masa.

En sitios donde existe, como parte de la litología, roca expuesta hacia la vía Alóag-Tandapi se debe colocar una pequeña capa de cemento para conseguir estabilizar las pendientes que son medias y altas, en su gran mayoría, evitando en cierto grado los Movimientos en Masa.

En las áreas de continuos Movimientos en Masa se debe mantener las canaletas que están junto a las vías siempre despejadas y en buen estado para así evitar socavaciones al pie de las montañas y desestabilizarlas por las fuertes precipitaciones en el lugar.

Finalmente, se recomienda realizar un estudio que permita obtener mayor detalle con el fin de conseguir mayor conocimiento o conocimiento más exhaustivo del área con las respectivas observaciones de campo y con información específica y necesaria para la buena elaboración cartográfica de los Movimientos en Masa en el tramo de la vía Alóag-Tandapi, que es el límite entre las provincias de Pichincha y Santo Domingo de los Tsáchilas.

Bibliografía

TESIS:

- GALLEGOS, A. (2010): Evaluación Geológica-Geotécnica de las Zonas de Vulnerabilidad a Riesgos de Remoción en Masa en la Carretera Alóag-Tandapi. Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental. Universidad Central del Ecuador. Quito.
- RODRÍGUEZ, G. (2008): Análisis del Riego a Movimientos en Masa del Sistema de Riego El Pisque. Tesis de Ciencias Humanas. Departamento de Geografía-PUCE. Quito. Pág. 4-13.
- ROSERO, D. (2012): La Evolución de la Gestión de Riesgos en el Ecuador para Desastres Naturales y su Vinculación con el Ciudadano del Medio Ambiente en Relación a las Inundaciones de los Años 1998, 2008 y 2012. Tesis de Comunicación, Lingüística y Literatura. Departamento de Multilingüe de Negocios y Relaciones Internacionales – PUCE. Pág. 8-12, 35-51, 64-65

DOCUMENTOS:

- ROA, J. (2006): Aproximación al Mapa de Susceptibilidad y Amenazas por Deslizamientos de la Ciudad de Trujillo, Venezuela.
- UNESCO. (2000): Desarrollo de una Metodología para la identificación de amenazas y riesgos a deslizamientos en la cuenca del Rio San Juan, República Dominicana

PÁGINAS WEB:

- ARISTIZÁBAL, E. (2010): Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Rev.:23.04.2016 En: www.accefyn.org.co
- BID (2002). Gestion de Riesgos de Desastres Naturales. Rev.: 10.05.2016. En: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd47/riesgo.pdf>
- CAREI (2009)._Faltan' estudios en vía Alóag Santo Domingo. Rev.: 08.04.2016. En: <http://careitv.blogspot.com/2009/07/faltan-estudios-en-via-aloag-santo.html>
- DEPOSITO DE DOCUMENTOS DE LA FAO. El Clima. Rev.: 15.04.2015. En: <http://www.fao.org/docrep/006/w1309s/w1309s05.htm>

- GARCIA, F. (1984). La Geografía de los Riesgos. Rev.: 26.04.2016. En: <http://www.ub.edu/geocrit/geo54.htm>
- GEOMORFOLOGÍA. (2016): LinkedIn. Geomorfología, EUA. Rev.:25.04.2016 En: www.es.slideshare.net
- HIRISE. (2011): Movimientos en Masa. Rev.: 05.05.2015. En: <http://www.uahirise.org/es/temas/mass.php>
- JIMENO, E. (2009) <http://elsomnidelcartograf.blogspot.com/2009/02/edafologia-y-tipos-de-suelos.html>
- LAGUNA, D (2012): Rev.:22.04.2016 www.unredd.net/index.php?option=com_docman&Itemid=134&view=download&alias=12370-propuesta-sistema-clasificacion-informe-final-fao-onu-redd-panama12370&category_slug=panama-186
- MALLITAGSI, N. (2011): Tesis Mapeo a Escala 1: 1.000.000 de Peligros de Derrumbes y Deslizamientos en El Ecuador Continental, PUCE. Rev.:23.04.2016 En: <http://repositorio.puce.edu.ec>
- MARTINEZ, M. Los Geógrafos y la Teoría de Riesgos y Desastres Ambientales. Rev.: 26.04.2016. En: <https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiY4taA94nMAhXDH5AKHRBzD48QFgggMAE&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F3644793.pdf&usq=AFQjCNGGvLTGtdtFs6tIfgrbVeCpN9vnA&sig2=GXTXhqddARdXLabcEz6KdA&bvm=bv.119028448,bs.1,d.Y2I>
- MORA, R. Clasificación de los Deslizamientos. Rev.: 06.05.2015. En: <http://www.bvsde.paho.org/bvsade/e/fulltext/uni/conf15.pdf>
- MOVIMIENTOS DE MASAS. (2016): Academia. Movimientos de Masas. Rev.:25.04.2016 En: www.academia.edu
- OCW. (2016): Descargable PDF: UPM, Madrid. Rev.:23.04.2016 En: www.upm.es
- PEREZ, G. Teoría Social del Riesgo y Cartografía Aplicada a la Ciudad de Neuquén. Rev.: 26.04.2016. En: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5017780.pdf>

- PESANTES, C. (2007): Riesgos Geodinámicos. Rev.: 06.05.2015. En: https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0CCcQFjAC&url=https%3A%2F%2Fwww.dspace.espol.edu.ec%2Fbitstream%2F123456789%2F8139%2F10%2F3.1.doc&ei=E9FKVZPFLay1sQTxt4GIBg&usg=AFQjCNFAUeH31oYUn1ktIrZqAgGYEawDLQ&sig2=_GOAeYO9A3T5HvCQCjOG
- NDVI (2006): Teledetección y Uso de la vegetación. Rev.:21.04.2016 En: http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/unidad2/td_ndvi.htm
- NICUESA, M. (2016): Importancia Enciclopedia Digital. Importancia del suelo. Argentina-México. Rev.:21.04.2016 En: www.importancia.org/suelo.php
- ONU (2009). Presentación Gestión Desastres. Rev.: 10.05.2016. En: www.onuhabitat.org/index.php?option=com_content&view=article&id=66&Itemid=33
- RAMÍREZ, M. (2006): La Evaluación del Peligro por Fenómenos de Remoción de Masa y su Aplicación a la Planificación Territorial: Ejemplo Provincia de Tungurahua. Escuela Politécnica Nacional. Rev.: 06.05.2015. En: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/311/1/CD-0287.pdf>
- SIN-INEC 2016. Caracterización de la Parroquia Manuel Cornejo Astorga (Tandapi) Rev.:21.04.2016 En: www.sni.gob.ec
- SNGR. (2014): Amenaza Movimientos en Masa. Rev.: 05.05.2015. En: www.gestionderiesgos.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2014/05/Escenarios_MJJ_MM.pdf
- SOCIEDAD GEOLÓGICA DE ESPAÑA, 2016. ¿Qué es la geología? España. Rev.:21.04.2016 En: www.sociedadgeologica.es
- SUAREZ, J. (2001): Capítulo 1: Nomenclatura y Clasificación de los Movimientos. Rev.: 11.04.2016. En: www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiDu4vBtYfMAhUDDpAKHUzOCREQFggaMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.erosion.com.co%2Fpresentaciones%2Fcategory%2F45tomoi.html%3Fdownload%3D440%3Alibrodeslizamiento%2Fcategory%2F9-control-de-erosion-en-zonas-tropicales.html%3Fdownload%3D52%3A257-capitulo2-
- SUAREZ, J. (2001): Capítulo 2: Tipos de Erosión y su Control. Rev.: 11.04.2016. En: www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=14&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwixi56juYfMAhVGGZAKHTHUCXoQFghoMA0&url=http%3A%2F%2Fwww.erosion.com.co%2Fpresentaciones%2Fcategory%2F9-control-de-erosion-en-zonas-tropicales.html%3Fdownload%3D52%3A257-capitulo2-

tiposdeerosionysucontrol&usg=AFQjCNGSjrb4pGmMSfqsSISg522hnSX9Tg&sig2=A772toeuVN
TBFaXBR3HznA&bvm=bv.119028448,d.Y2I

- UNESCO. Introducción a los deslizamientos. Tipos y Causas. Rev.: 31.03.2015.
En: www.itc.nl/external/unesco-rapca/Presentaciones%20Powerpoint/04%20Amenaza%20por%20Deslizamientos/Introduccion%20a%20los%20Deslizamientos.pdf

PERIÓDICOS WEB:

- Derrumbe en la vía Alóag - Santo Domingo fue atendido por bomberos y policía nacional. (23 de Marzo 2015). El Noticiero. Rev.: 02.05.2015. En: <http://www.tctelevision.com/elnoticiero/derrumbe-en-la-aloag-santo-domingo-fue-atendido-por-bomberos-y-policia-nacional#sthash.yq7p315F.Mkb3HOjm.dpuf>

- MEDINA, A. (23 de Marzo 2015). Familiares de los ocupantes del vehículo desaparecido esperan noticias en la vía Alóag. El Comercio. Rev.: 02.05.2015. En: <http://www.elcomercio.com/actualidad/familiares-vehiculo-desaparecido-derrumbe-aloag.html>

- RUEDA, R. Se declara camposanto zona de alud que dejó 11 víctimas en vía a Alóag. El Universo. Rev.: 02.05.2015. En: <http://www.cronica.com.ec/index.php/informacion/nacionales/item/5013-se-declara-camposanto-zona-de-alud-que-dejo-11-victimas-en-via-a-aloag>

- VELASCO, B. (19 de Marzo 2015). Un derrumbe cierra cuatro carriles de la vía Alóag-Santo Domingo. El Comercio. Rev.: 02.05.2015. En: <http://www.elcomercio.com/actualidad/derrumbe-via-aloagsanto-domingo-traffic.html>

ANEXOS

Banco fotográfico

Las fotografías que se presentan en este proyecto fueron realizadas por la autora de la tesis.

1 Foto: Movimiento en masa en el kilómetro 23



2 Foto: Movimiento en masa kilómetro 23 con material aun suelto



3 Foto: Movimiento en masa en el kilómetro 28



4 Foto: Movimiento en masa del kilómetro 28 caídas de rocas al río al otro lado de la vía.



5 Foto: Trabajos en la vía tras el derrumbe del kilómetro 28+400



6 Foto: Limpieza en el kilómetro 28+400 con maquinaria y fuertes lluvias



7 Foto: Despeje de vía en el km 28+400



8 Foto: Trabajo de despeje en el kilómetro 28+400 las 24 horas

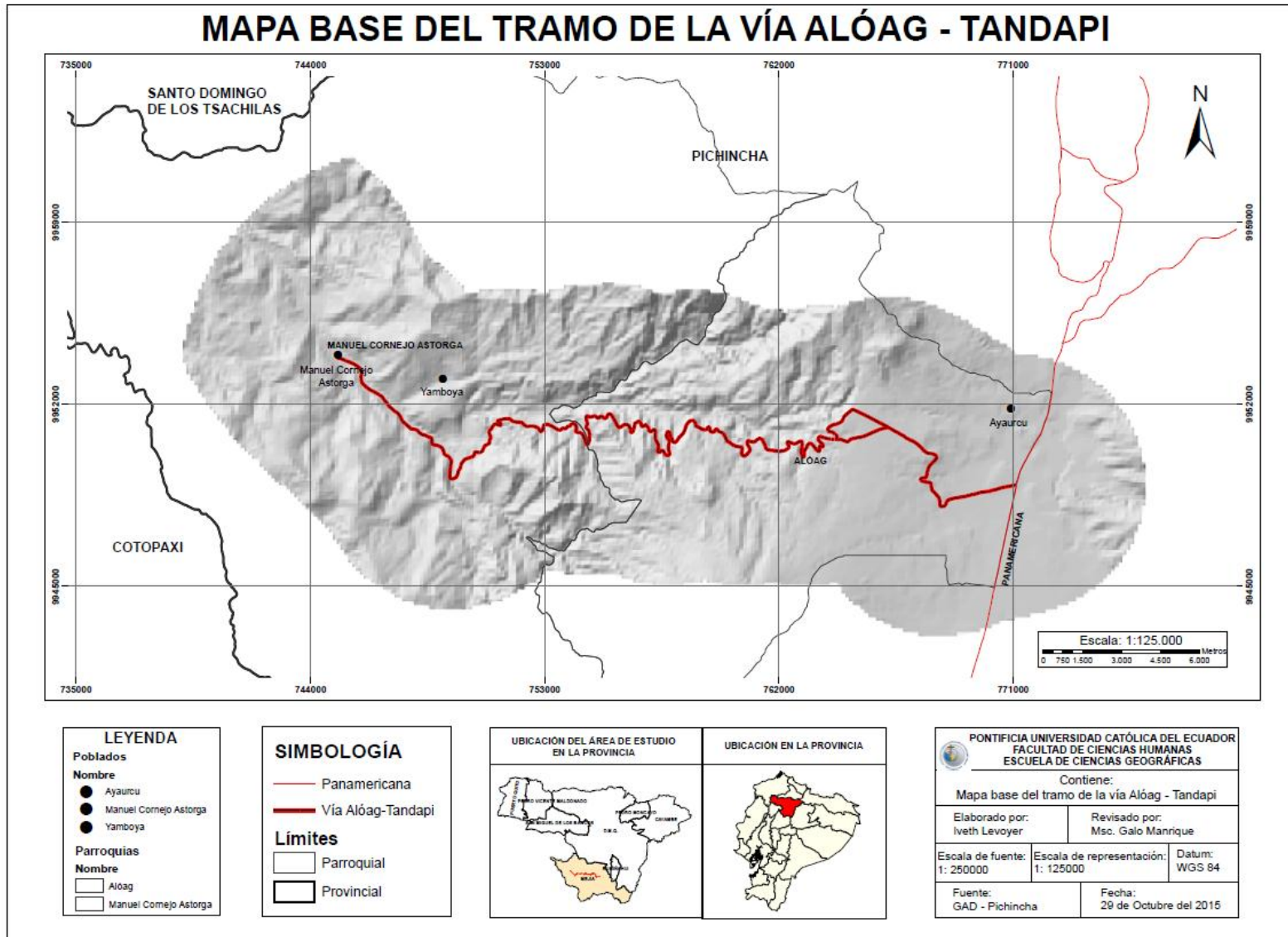


9 Foto: Se declara campo santo en el kilómetro 28+400 por movimiento en masa que deja 11 víctimas mortales.

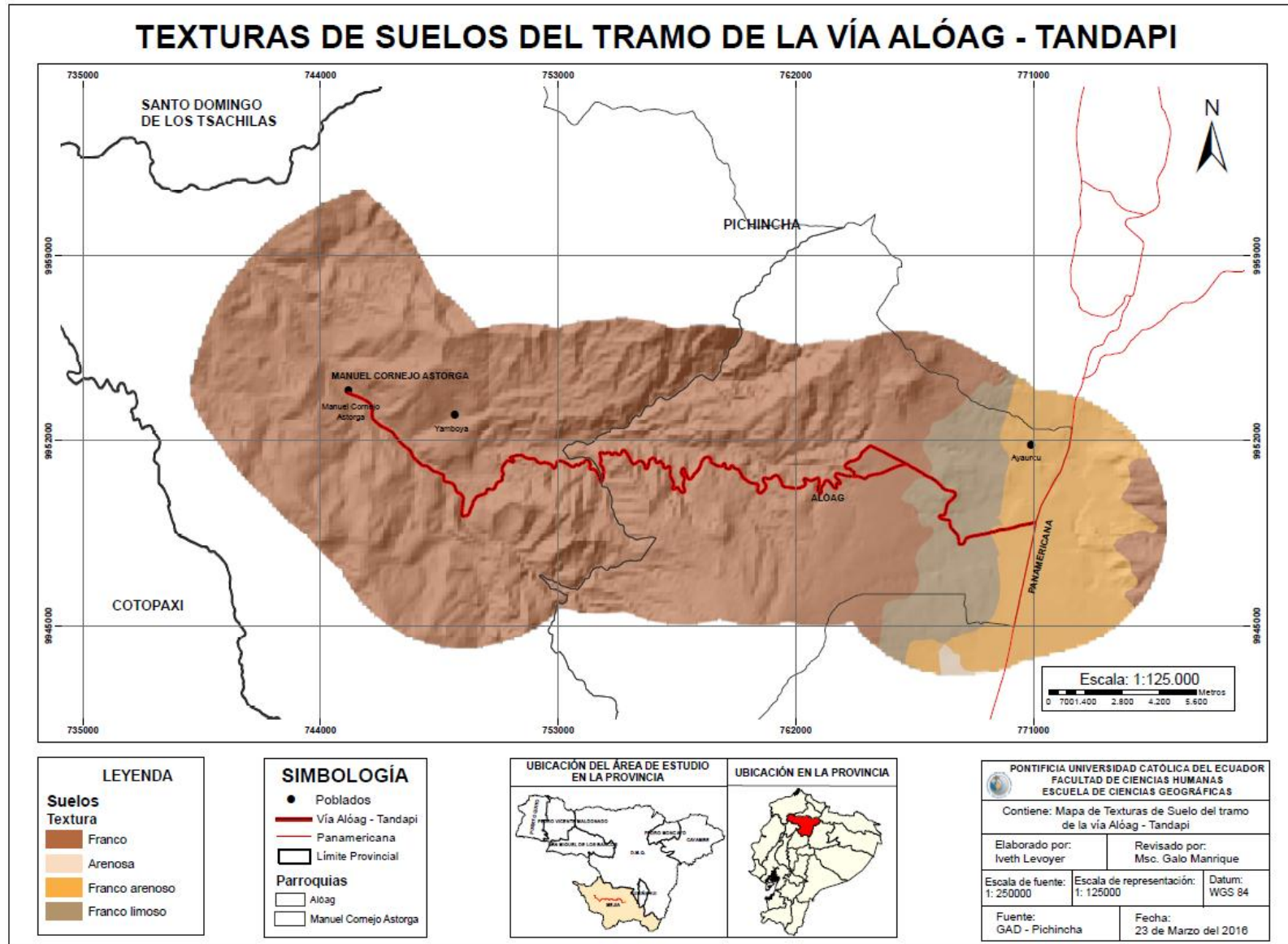


Mapas:

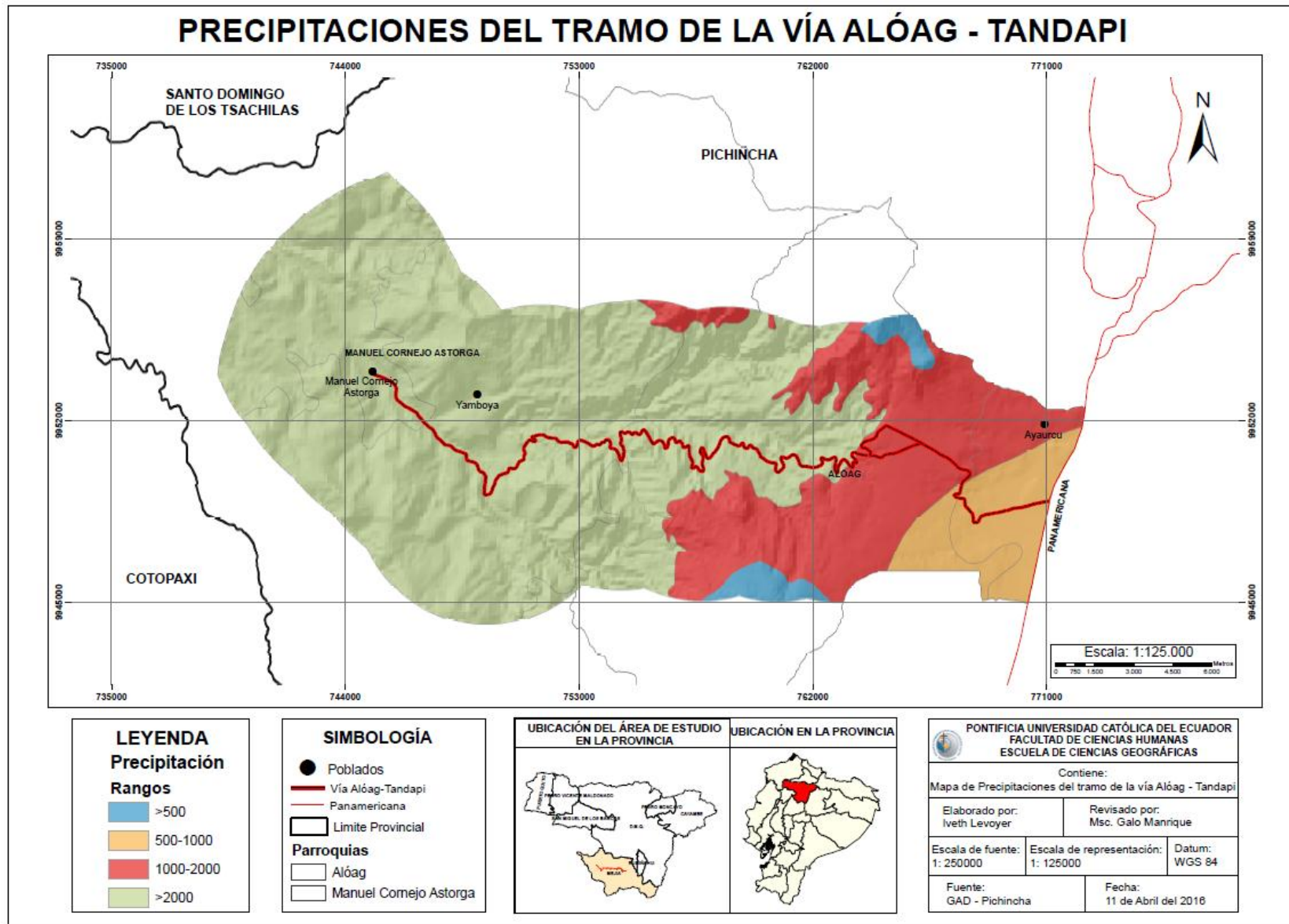
Mapa 1: Mapa base



Mapa 2: Textura de Suelos



Mapa 3: Precipitaciones



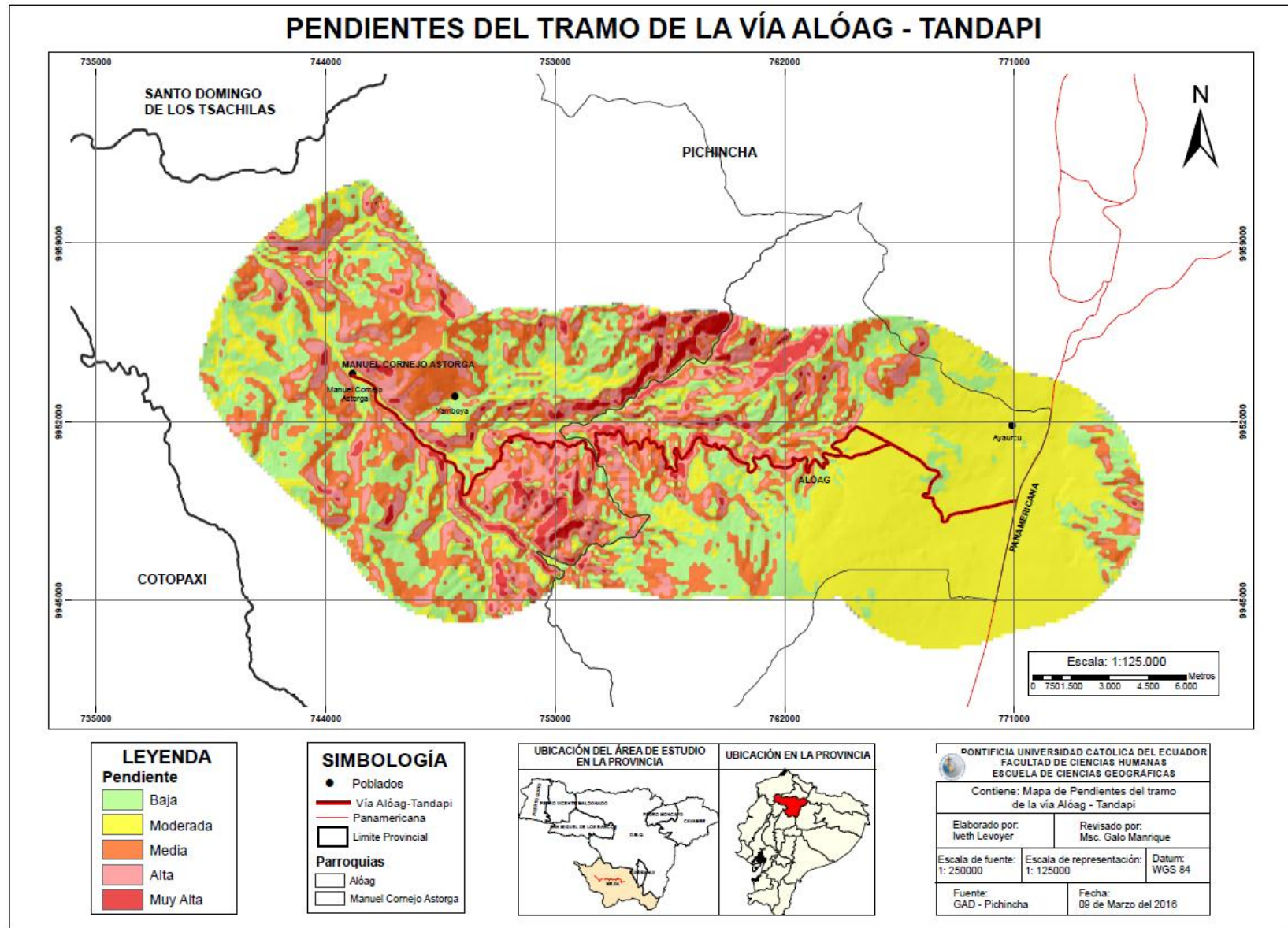
Mapa 4: Suelos



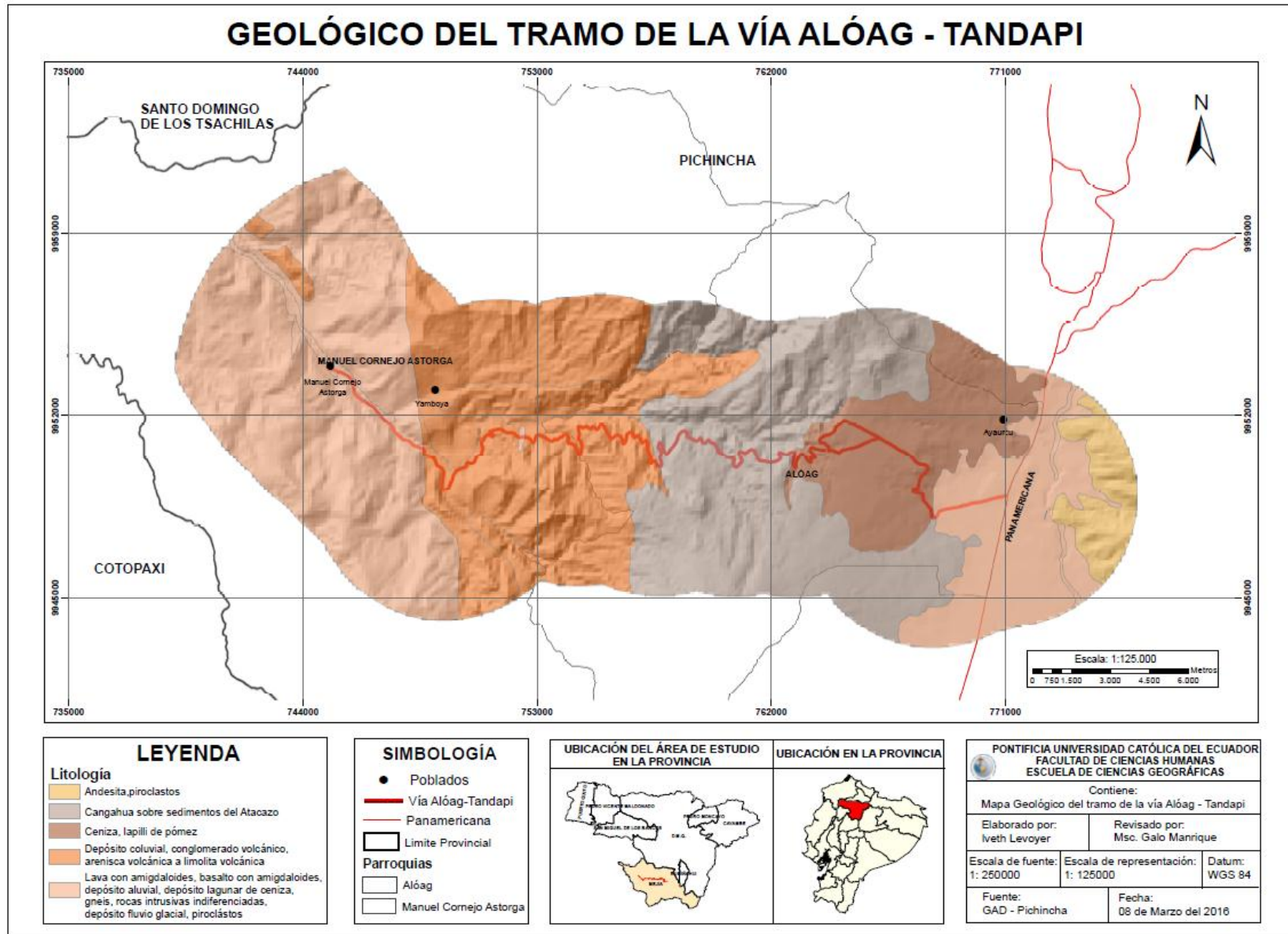
Mapa 5: Uso y Cobertura Vegetal del Suelo



Mapa 6: Pendientes



Mapa 7: Geológico



Mapa 8: Geomorfológico



Mapa 9: Movimientos en Masa en el tramo de la vía Alóag-Tandapi en el año 2015

