UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

"CARACTERIZACIÓN DE LOS PRINCIPALES MOVIMIENTOS DE MASA PRESENTES EN EL BARRIO ZALAPA PERTENECIENTE AL CANTÓN LOJA PROVINCIA LOJA"

Tesis de Grado Previa a la Obtención del Título de Ingenieros en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Autores:

Bastidas Ramón Carlos Vicente

Coronel Loaiza Oswaldo Rafael

Director:

Ing. Hernán Luis Castillo García

LOJA - ECUADOR

2010

“CARACTERIZACIÓN DE LOS PRINCIPALES MOVIMIENTOS DE MASA PRESENTES EN EL BARRIO ZALAPA PERTENECIENTE AL CANTÓN LOJA PROVINCIA LOJA”

ING.

HERNAN LUIS CASTILLO GARCIA.

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Que el presente trabajo ha sido realizado bajo mi dirección y asesoría; por lo que, luego de haber revisado los borradores y cumplidas las sugerencias y observaciones necesarias, autorizo su presentación.

Ing. Hernán Luis Castillo García

DIRECTOR

AUTORÍA

El presente trabajo investigativo denominado “CARACTERIZACION DE LOS PRINCIPALES MOVIMIENTOS DE MASA PRESENTES EN EL BARRIO ZALAPA PERTENECIENTE AL CANTÓN LOJA PROVINCIA LOJA” con sus respectivos contenidos e información, metodología, resultados, discusión, conclusiones y recomendaciones son responsabilidad integra de los autores

…… ……

Carlos Vicente Bastidas Ramón. Oswaldo Rafael Coronel Loaiza

AGRADECIMIENTOS

Por habernos brindado su apoyo y conocimientos a la largo de nuestros estudios universitarios expresamos nuestros agradecimientos a las diferentes autoridades de la Carrera de Geología Ambiental Y Ordenamiento Territorial, así como también a los docentes que de manera particular han prestado su labor de enseñanza para la superación de nuestra formación académica; de manera especial agradecemos al Ing. Hernán Castillo quien a lo largo del desarrollo de este proyecto de tesis nos ha prestado su apoyo en la guía didáctica para lograr los resultados favorables.

DEDICATORIA.

A Dios mi creador, quien me ha dado la vida y ha permitido que llegue a cumplir esta meta.

A mi querida madre Mery por su amor, consejos y apoyo incondicional durante toda mi vida haciendo de mi una mejor persona cada día.

A mis hermanas Mery Paulina y María Dolores quienes con su cariño y ejemplo me motivaron a seguir adelante en las adversidades.

A mi sobrina Anita Valentina que con su ternura y alegría me ha dado más felicidad, este sueño lo comparto con todos ustedes gracias.

CARLOS

A Dios y a la Virgen del Cisne por darme el regalo más preciado que es la vida**.**

A mis padres Rafael Coronel y Yaqueline Loaiza quienes me han apoyado incondicionalmente en todo el transcurso de mi vida universitaria siendo los pilares fundamentales para el logro y triunfo de mis metas planteadas.

A mis hermanos Richard Mauricio y Mariuxi Yaqueline, que por ser el mayor es mi deber marcar el ejemplo, pero nunca es tarde para incentivar el deseo del sueño anhelado, este triunfo lo comparto con ustedes.

A mi novia Yesenia por caminar a mi lado todo este tiempo, y darme la fortaleza para levantarme en los momentos difíciles.

OSWALDO

INDICE DE CONTENIDO

PAG.

1. INTRODUCCION..... 1
   1.1. Objetivos..... 2
      1.1.1.Objetivo General..... 2
      1.1.2.Objetivos Específicos..... 2
   1.2. Alcance..... 3
2. MARCO TEORICO..... 4
   2.1. Fenómenos de Remoción en Masa..... 4
   2.2. Descripción y caracterización de los movimientos de masa..... 5
   2.3. Factores condicionantes y desencadenantes..... 8
   2.4. Susceptibilidad de Deslizamientos..... 12
   2.5. Zonificación de riesgos sobre base SIG..... 14
3. MATERIALES Y MÉTODOS..... 16
   3.1. Materiales..... 16
   3.2. Métodos..... 18
   3.3. Metodología..... 19
      3.3.1.Metodología para el Objetivo 1..... 19
      3.3.2.Metodología para el Objetivo 2..... 20
      3.3.3.Metodología para el Objetivo 3..... 25
4. RESULTADOS..... 29
   4.1. Descripción general del área de estudio..... 29
      4.1.1.Ubicación..... 30
      4.1.2.Accesos..... 30
      4.1.3.Localización de movimientos en masa..... 30
      4.1.4.Topografía..... 31
      4.1.5.Geomorfología..... 33
      4.1.6.Hidrología..... 34
      4.1.7.Clima..... 34
      4.1.8.Uso del suelo..... 35
      4.1.9.Infraestructura. 36
   4.2. Caracterización Geológica..... 39
      4.2.1.Geología Regional..... 39

4.2.2.Geología Local..... 44
4.2.3.Descripción de afloramientos del barrio Zalapa..... 46
4.2.4.Geología estructural..... 63
4.2.5.Geología a detalle..... 64
4.2.6.Descripción de muestras..... 68
4.2.7.Geotecnia..... 70
4.2.8.Caracterización del deslizamiento DBZ-19..... 74
4.3. Susceptibilidad..... 86
4.4. Medidas de prevención y control..... 87
5. DISCUSION..... 95
6. CONCLUSIONES..... 99
7. RECOMENDACIONES..... 101
8. BIBLIOGRAFIA..... 103
9. ANEXOS..... 105

INDICE DE CUADROS

PAG.

Cuadro 1. Propiedades Geomecánicas según Varnes..... 9

Cuadro 2. Coordenadas del área de estudio..... 20

Cuadro 3. Clasificación del terreno según la Pendientes..... 23

Cuadro 4. Peso Relativo de acuerdo al Relieve..... 23

Cuadro 5. Definición del Grado de Susceptibilidad. (Suarez; Zonificación de Amenaza y Riesgo)..... 27

Cuadro 6. Coordenadas de inventario de los movimientos en masa..... 29

Cuadro 7. Clasificación de pendientes..... 31

Cuadro 8. Grado de pendientes en el área de estudio..... 31

Cuadro 9. Geomorfología del área de estudio..... 33

Cuadro 10. Temperaturas del Cantón Loja..... 34

Cuadro 11. Uso del suelo..... 35

Cuadro 12. Uso potencial del suelo..... 36

Cuadro 13. PEA mayores a 5 años por sexo, según Ramas de Actividad..... 38

Cuadro 14. Ubicación del deslizamiento DBZ-19..... 75

Cuadro 15. Ubicación geográfica del deslizamiento DBZ-19A..... 80

Cuadro 16. Ubicación geográfica del deslizamiento DBZ-19B..... 83

Cuadro 17. Tabla Susceptibilidad..... 87

Cuadro 18. Resultados de susceptibilidad..... 87

Cuadro 19. Precios finales..... 94

INDICE DE FIGURAS

PAG.

Figura 1. Ubicación geográfica de la zona de estudio..... 28

Figura 2. Vista panorámica del área de estudio (S-N)..... 32

Figura 3. Resultados de la geomorfología..... 33

Figura 4. Resultados Uso del suelo..... 35

Figura 5. Resultados de uso potencial del suelo..... 36

Figura 6. Tasas de analfabetismo en la Provincia de Loja..... 39

Figura 7. Columna estratigráfica de la cuenca de Loja (Grafico tomado de Hungerbühler 1997)..... 44

Figura 8. Columna estratigráfica de la zona de estudio..... 48

Figura 9. Registro fotográfico Afloramiento de Rocas Metamórficas..... 49

Figura 10. Registro fotográfico Afloramiento de Rocas Metamórficas..... 50

Figura 11. Registro fotográfico Afloramiento de areniscas, limos y arcillas..... 51

Figura 12. Registro fotográfico Afloramiento de areniscas, micros conglomerados y lutitas..... 52

Figura 13. Registro fotográfico Afloramiento de lutitas y areniscas..... 52

Figura 14. Registro fotográfico Afloramiento de areniscas con carbonatos, limos, arcillas y micro conglomerados..... 53

Figura 15. Registro fotográfico Afloramiento de anticlinal con areniscas y carbonatos..... 54

Figura 16. Registro fotográfico Afloramiento de conglomerados, areniscas con carbonatos y lutitas..... 55

Figura 17. Registro fotográfico Afloramiento de areniscas con carbonatos y arcillas..... 56

Figura 18. Registro fotográfico Afloramiento de conglomerados..... 56

Figura 19. Registro fotográfico Afloramiento de conglomerados..... 57

Figura 20. Registro fotográfico Afloramiento de conglomerados e interdigitaciones de limos..... 58

Figura 21. Registro fotográfico Afloramiento de tobas volcánicas..... 58

Figura 22. Registro fotográfico Afloramiento de tobas volcánicas..... 59

Figura 23. Registro fotográfico Afloramiento de caolinita..... 60

Figura 24. Registro fotográfico Afloramiento de areniscas y coluvio..... 61

Figura 25. Registro fotográfico falla 1..... 61

Figura 26. Registro fotográfico falla 2 y 3..... 62

Figura 27. Registro fotográfico Anticlinal por actividad tectónica..... 62

Figura 28. Registro fotográfico calicatas..... 63

Figura 29. Registro fotográfico calicata 1..... 64

Figura 30. Perfil litológico calicata 1..... 64

Figura 31. Registro fotográfico calicata 2..... 65

Figura 32. Perfil litológico calicata 2..... 65

Figura 33. Registro fotográfico calicata 3..... 66

Figura 34. Perfil litológico calicata 3..... 66

Figura 35. Registro fotográfico afloramiento de conglomerados..... 67

Figura 36. Registro fotográfico afloramiento de rocas metamórficas..... 67

Figura 37. Registro fotográfico afloramiento de esquistos sericiticos..... 68

Figura 38. Registro fotográfico afloramiento de esquistos sericiticos meteorizados..... 69

Figura 39. Registro fotográfico afloramiento de rocas metamórficas meteorizadas..... 69

Figura 40. Registro fotográfico. Deslizamiento traslacional en la quebrada El Pailón..... 73

Figura 41. Registro fotográfico. Deslizamiento rotacional y flujo en la quebrada Gallo..... 74

Figura 42. Registro fotográfico. Deslizamiento traslacional cerca de la carretera..... 74

Figura 43. Registro fotográfico DBZ-19..... 75

Figura 44. Registro fotográfico DBZ-19..... 76

Figura 45. Perfil litológico DBZ-19..... 77

Figura 46. Registro fotográfico DBZ-19A..... 79

Figura 47. Registro fotográfico DBZ-19A..... 80

Figura 48. Perfil litológico DBZ-19A..... 82

Figura 49. Registro fotográfico DBZ-19B..... 84

Figura 50. Perfil litológico DBZ-19B..... 85

Figura 51. Resultados de susceptibilidad..... 87

Figura 52. Diseño de las principales medidas de prevención..... 88

Figura 53. Cuneta de coronación..... 89

Figura 54. Drenaje superficial..... 90

Figura 55. Muro de gaviones..... 92

RESUMEN EJECUTIVO

Los estudios tanto de campo como de gabinete se ha llegado a obtener diferentes resultados que pueden ser puestos en consideración como base para futuros estudios que cuenten con el capital necesario para los diferentes procesos concernientes.

Se utilizó métodos de campo como la observación directa para el reconocimiento de las diferentes características presentes en el área de estudio y por ende la elaboración de las fichas técnicas de caracterización de movimientos en masa obtenidas en la Universidad Nacional de Loja, así como también el formato para el inventario de movimientos en masa versión 1.0" utilizado por el Proyecto Multinacional Andino; Geociencias Para Las Comunidades Andinas (PMA-GCA); se procedió a la elaboración de calicatas para conocer sus distribución y determinar la geología local y puntual.

Por otro lado con una estación topográfica (Trimble 5000 serie DR 200) se procedió a realizar el levantamiento topográfico de los diferentes movimientos en masa detectados en el área de estudio para lo cual nos georeferenciamos con la ayuda de un GPS (Sistema de Posicionamiento Global) y la toma de coordenadas UTM tanto en X, Y y Z; para posteriormente ser analizados con la ayuda de herramientas software como por ejemplo (ARGIS 9.2) y (AUTOCAD 2008).

Se ha llegado a identificar que en el barrio Zalapa existen 21 movimientos en masa, de los cuales se caracterizo uno de considerable magnitud, en el que se determino los factores condicionantes y desencadenantes que afectan a los movimientos en masa del área de estudio.

Dentro de los estudios de gabinete, mediante el uso de herramientas SIG como el software (ARGIS 9.2) permitieron desarrollar 13 mapas que han sido establecidos de acuerdo a los trabajos realizados en el área de estudio y a los requerimientos para la obtención de un mapa de susceptibilidad

Dada la creación de los diferentes mapas se tiene algunos que son importantes como lo son el topográfico y geológico, pero los mapas que más sobresalen son los de inventario, pendientes, geología, uso del suelo e isoyetas; mismos que son necesarios para la obtención de un mapa de susceptibilidad que será el resultado final en cuanto a mapas se refiere.

En lo concerniente al mapa de susceptibilidad se valoró zonas baja, media, alta y muy alta susceptibilidad; de donde el área de baja susceptibilidad representa el 4,91%, el área de media susceptibilidad el 35,12%, el área de alta susceptibilidad el 44,22 % y el área de muy alta susceptibilidad un 15,75%.

Se ha considerado un deslizamiento para fines de estudio teniendo en cuenta su área, de donde se tiene que el deslizamiento (DBZ-19) presenta un área de 5.1 Ha; para lo cual se han establecido medidas de prevención como cunetas de coronación, drenajes y muros que se detallan más adelante en la consecución del proyecto de estudio.

Teniendo en cuenta las características presentes en la zona de estudio se ha elaborado un mapa de inventarios y un mapa de susceptibilidad de movimientos en masa los mismos que pueden darse a conocer a la sociedad para de esta manera evitar que se den construcciones en estas áreas y por ende pérdidas humanas así como económicas.

EXECUTIVE SUMMARY

In this research work we got different results from the field and the laboratory studies that can be taken into account for future research whenever they count with the necessary budget for the different concerning processes.

Fieldwork methods were used in this research work such as, the direct observation, in order to recognize the different characteristics which were presented in the area of study and therefore in the manufacture of technical data or specifications of mass movement characterizations obtained in the National University of Loja, Also we use the format for the stocktaking of mass movements version 1.0" used in the "Proyecto Multinacional Andino; Geociencias para las Comunidades Andinas" (PMA-GCA). We also proceeded to make trial pits so that we can know their distribution and determine the local and accurate geology.

On the other hand with a topographic station (Trimble 5000 series DR 200) we proceeded to make a topographical drawing of the different mass movements detected in the researched area. For that job we take as a reference a GPS (Global Positional System) and also a measure of the coordinates UTM in X, Y and Z. Later they were analyzed with the help of software tools (such as ARGIS 9.2 and AUTOCAD 2008)

We have identified that in the Zalapa neighborhood there are 21 mass movements. From these movements we take into account one of them of considerable magnitude. We determined the factors and the outbreaks which affect the mass movements of the area of study.

In the laboratory research, through the use of SIG tools as well as the software (ARGIS 9.2), we could develop 13 maps that have been established according to the research done in the area of study, and according to the requirements for obtaining a Susceptibility Map.

With the design of different maps we could get some of great importance like the topographic and geologic, but the most outstanding maps are the Stocktaking, slopes, geology, use of the land and isohyets, All of them are necessary to get a Susceptibility Map which will be the final result regarding to maps.

In reference to the Susceptibility Map we calculate the value of the low, middle, high and very high areas of susceptibility, in which the area of low susceptibility represents the 4,91%, the area of middle susceptibility the 35,12%, the area of high susceptibility the 44,22% and the area of high susceptibility the 15,75 %.

A landslide has been considered for research purposes, taking into account its area. This landslide (DBZ-19) presents an area of 5.1 hectares. Many preventing measures have been established like ditches or verges of coronation, drains and walls that will be explained in detail later in the achievement of this project.

Taking as reference the presented characteristics of this research work and the zone, we have developed a Stocktaking Map and a Mass Movement Susceptibility Map. They can be presented to the Society in order to avoid constructions in these areas and therefore the loss of human lives and economical resources.

Autores: Carlos Bastidas
Oswaldo Coronel

1. INTRODUCCION.

Los deslizamientos son un grave problema que afecta gran parte de la sociedad, estos problemas deben ser considerados a la hora de planificar, coordinar y ejecutar un ordenamiento del territorio.

La ocurrencia de movimientos en masa es un fenómeno sujeto a muchos grados de incertidumbre debido a que los deslizamientos incluyen diferentes tipos de movimientos, velocidades, modos de falla, materiales, restricciones geológicas, entre otros. Es por ello que se ha identificado y caracterizado un deslizamiento que se encuentra afectando al barrio Zalapa.

La necesidad de medias de prevención, previsión y control de movimientos es urgente, debe ser clara, ordenada, y precisa con la finalidad de resolver la problemática del sector de estudio en base a las decisiones más acertadas.

El presente trabajo investigativo considera diversos factores que actúan en la inestabilidad de taludes, con ello se crea una base de datos que puede ser actualizada y aplicada a planes de prevención y control por parte de las autoridades o entidades pertinentes.

Cuando existe incertidumbre de la posibilidad o no de la ocurrencia de un fenómeno, generalmente, se toman decisiones equivocadas de diseño. El costo de un proyecto puede resultar muy alto o se tienen que asumir riesgos de características y magnitudes no determinadas.

La importancia de caracterizar los principales movimientos en masa en el barrio Zalapa, radica en la aplicación de medidas de prevención y control para dichos movimientos, cuya aplicación evitara perdidas en cuanto a comercio turismo, y lo más importante pérdidas de vidas humanas.

Con la consecución del presente proyecto se busca plantear posibles soluciones a los problemas que provocaría la inestabilidad del terreno, acompañada por factores desencadenantes específicamente en el sector Zalapa, para así adecuar acorde a las condiciones del lugar un uso ordenado y equilibrado ambientalmente del territorio, enmarcada dentro del desarrollo sustentable en busca de un mejoramiento de la calidad de vida de las personas que se ven afectadas por este tipo de fenómenos.

1.1. Objetivos.

1.1.1. Objetivo General.

- Establecer una caracterización de los principales movimientos en masa presentes en el Barrio Zalapa perteneciente al Cantón Loja, Provincia de Loja.

1.1.2. Objetivos Específicos.

- Ubicar e Identificar los principales movimientos en masa existentes en el sector Zalapa.

- Determinar los factores condicionantes y desencadenantes referidos a: topografía, geología, pendientes, hidrología y geohidrología; así como cargas, sobrecargas, condiciones antropogénicas.

- Proponer medidas de prevención y control para los principales movimientos de masa.

1.2. Alcance.

Con el crecimiento de la sociedad, y con la necesidad de que espacios libres sean ocupados por familias mediante la construcción de obras de infraestructura hace que se provoquen expansiones urbanas desenfrenadas y peligrosas.

Es por ello que hemos creído conveniente realizar una caracterización de los principales movimientos en masa en el barrio Zalapa; y mediante esto dejar una base técnica superficial para futuros proyectos que cuenten con mejores recursos económicos y puedan establecer los estudios necesarios.

El desarrollo del presente proyecto servirá para un mejor análisis de los sectores susceptibles a sufrir movimientos en masa como deslizamientos, y cuáles pueden ser las obras de infraestructura a implementar tales como drenajes y taludes para prevenir pérdidas humanas y económicas.

2. MARCO TEORICO.

2.1. Fenómenos de Remoción en Masa.

"Los movimientos en masa son procesos esencialmente gravitatorios, por los cuales una parte de la masa del terreno se desplaza a una cota inferior de la original sin que intervenga ostensiblemente medio de transporte alguno, siendo tan solo 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/o precursoras de los movimientos en masa, ya que aumentan las fuerzas desestabilizadoras y reducen la resistencia del suelo al deslizamiento. Por lo general los movimientos de masa toman nombres diversos (deslizamientos, derrumbes, coladas de barro, solifluxión, hundimientos desprendimientos y desplomes), los cuales dependen del grado de saturación del terreno, velocidad del desplazamiento, profundidad de la masa desplazada y grado y longitud de la pendiente del terreno. Por tanto, Dolffus (1973) los agrupa con el nombre de golpes de cuchara, por sus dimensiones siempre pequeñas, profundidad escasa y su relación directa con la intervención del hombre."[1]

El criterio básico que permite separar los distintos tipos de movimientos en masa en la mayoría de las clasificaciones son los mecanismos de rotura. Se pueden encontrar cinco mecanismos principales según (Corominas, 1989): desprendimientos o caídas, vuelcos, deslizamientos, expansiones laterales y flujos.

El desprendimiento se caracteriza por un descenso a gran velocidad de las rocas o del suelo. La caída de rocas se produce como consecuencia de la rotura, por lo general, en pequeños bloques de vertientes abruptas. Esta ruptura está propiciada por grietas y otras debilidades de la roca, que reducen la resistencia de la vertiente, y tiene, normalmente, su origen en un incremento de la presión del agua que se introduce en la roca después de llover o por el proceso de helada.

[1] Gray y Sotir, 1996; TRAGSA Y TRAGSATEC, 1994.

Los deslizamientos son movimientos descendentes relativamente rápidos de una masa de suelo o roca que tiene lugar a lo largo de una o varias superficies definidas que son visibles o que pueden ser inferidas razonablemente o bien corresponder a una franja relativamente estrecha. Se considera que la masa movilizada se desplaza como un bloque único, y según la trayectoria descrita los deslizamientos pueden ser rotacionales o de cuchara y traslacionales o planares.[2]

La expansión lateral es un movimiento dominante es la extrusión plástica lateral, acomodada por fracturas de cizalla o de tracción que en ocasiones pueden ser de difícil localización.

Los flujos son movimientos de una masa desorganizada o mezclada donde no todas las partículas se desplazan a la misma velocidad ni sus trayectorias tienen que ser paralelas. Debido a ello la masa movida no conserva su forma en su movimiento descendente, adoptando a menudo morfologías lobuladas.

2.2. Descripción y caracterización de los movimientos de masa.

La caracterización de movimientos en masa se refiere al estudio de fenómenos gravitacionales capaces de producir importantes daños en las infraestructuras y vidas humanas anualmente. El reconocimiento de los movimientos de masa se lleva a cabo a través de diversos indicadores geomorfológicos del terreno. Una vez identificados, el estudio de estos procesos exige una descripción a detalle que incluya, actividad del movimiento, litología, estratigrafía, tipo de movimiento, tipo de material, velocidad, sus dimensiones geométricas, deformación del terreno, los factores condicionantes y desencadenantes, tipo de cobertura y uso del suelo entre otros, debido que en la zona de estudio sufre un gran número de movimientos en masa sobre todo a dos causas, el crecimiento del sector en torno a los escarpados márgenes de los ríos y la litología predominante en la zona. En el presente trabajo investigativo se presentan los principales rasgos geomorfológicos y características geométricas de los movimientos de masa, aplicándolos a un movimiento de gran envergadura que afecta al sector.

[2] LIMA DE MONTES; Generación de mapas de susceptibilidad y riesgos a los deslizamientos mediante un SIG aplicado a la zona central de Asturias.

Adicionalmente al tipo de movimiento es importante definir las características que posee en cuanto a secuencia, estado de actividad, estilo, velocidad, humedad, y material. Tipo de material, los términos siguientes han sido adoptados como descripción de los materiales que componen un determinado movimiento del talud.

Roca, Se denomina "Roca" a la roca dura y firme que estaba intacta en su lugar antes de la iniciación del movimiento.

Se denominan residuos al suelo que contiene una significativa proporción de material grueso. Se considera que si más del 20% del material en peso es mayor de 2 milímetros de diámetro equivalente, debe llamarse como Residuos. Por lo general, deben existir partículas mucho mayores de 2 milímetros para que pueda considerarse de este modo.

Se denomina tierra, al material de un deslizamiento que contiene más del 80% de las partículas menores de 2 milímetros. Se incluyen los materiales desde arenas a arcillas muy plásticas.

Se proponen cuatro términos para definir las condiciones de humedad así: Seco: No contiene humedad "visible". Húmedo: Contiene algo de agua pero no posee agua (corriente) libre y puede comportarse como un sólido plástico pero no como un líquido. Mojado: Contiene suficiente agua para comportarse en parte como un líquido y posee cantidades visibles de agua que pueden salir del material. Muy mojado: Contiene agua suficiente para fluir como líquido, aún en pendientes bajas.
La secuencia de repetición se refiere a movimientos que inician en un área local y progresan o se repiten en una determinada dirección. Varnes (1978) recomienda utilizar la siguiente terminología:

Progresivo, la superficie de falla se extiende en la misma dirección del movimiento. **Retrogresivo,** la superficie de falla se extiende en dirección opuesta al movimiento **Ampliándose,** la superficie de falla se extiende hacia una u otra de las márgenes laterales Alargándose, la superficie de falla se alarga agregando continuamente volumen de material desplazado. La superficie de falla puede alargarse en una o más direcciones.

El término alargándose puede utilizarse indistintamente con el término progresivo. Confinado, Se refiere a movimientos que tienen un escarpe visible pero no tienen superficie de falla visible en el pie de la masa desplazada. Disminuyendo, El volumen de material siendo desplazado, disminuye con el tiempo.

La velocidad del movimiento tiene gran influencia sobre el poder destructivo de un deslizamiento. Generalmente, los deslizamientos extremadamente rápidos corresponden a catástrofes de gran violencia, ocasionalmente con muchos muertos y cuyo escape es poco probable.

Por otro lado los movimientos extremadamente lentos son imperceptibles sin instrumentos y representan, en general un riesgo muy bajo de pérdida de vidas humanas.

Según el estilo, Varnes estableció una nomenclatura de actividad de deslizamiento cuando aparecen conjuntamente diferentes tipos de movimiento:

Complejo, Un deslizamiento complejo es aquel que tiene al menos dos tipos de movimiento, por ejemplo, inclinación y deslizamiento. Compuesto, El término compuesto corresponde al caso en el cual ocurren simultáneamente varios tipos de movimiento en diferentes áreas de la masa desplazada. Múltiple, Se denomina como múltiple un deslizamiento que muestra movimientos repetidos del mismo tipo, generalmente, ampliando la superficie de falla.

Un movimiento sucesivo corresponde a movimientos repetidos pero que no comparten la misma superficie de falla.

Sencillo, Corresponde a un solo tipo de movimiento.

Estado de actividad, Se denomina

Activo, al deslizamiento que se está moviendo en los actuales momentos.
Es Reactivado, Movimiento que está nuevamente activo, después de haber estado inactivo. Por ejemplo, deslizamientos reactivados sobre antiguas superficies de falla.

Suspendido, Deslizamientos que han estado activos durante los últimos ciclos estacionales pero que no se está moviendo en la actualidad.

Inactivo, Deslizamientos que llevan varios ciclos estacionales sin actividad.

Dormido, Deslizamiento inactivo pero que las causas del movimiento aparentemente permanecen.

Abandonado, Es el caso de un río que cambió de curso y que estaba produciendo un deslizamiento.

Estabilizado, Movimiento suspendido por obras remediales artificiales.

Relicto, Deslizamientos que ocurrieron posiblemente, hace varios miles de años se pueden llamar deslizamientos Relictos.

Estructura geológica, la formación geológica del sitio del movimiento es un factor determinante en el mecanismo de falla y en el comportamiento de un movimiento en un talud, especialmente en ambientes tropicales de montaña donde la textura y estructura geológica definen por lo general, la ocurrencia de fallas en los taludes.

2.3. Factores condicionantes y desencadenantes.

Llamados también pasivos que dependen de la naturaleza, estructura, forma de terreno, se basa en lo que es geomecánica de rocas y suelos, generalmente son 5 factores que entran al cálculo: relieve, litología, estructura geología, propiedades geomecánicas, meteorización. El relieve según Varnes (1984-1988), establece o define que toda superficie o talud $>60^{\circ}$ es inestable. El relieve siempre debe estar sumado al tipo de material a deslizarse. La pendiente se define un primer alcance con respecto a su medida.

La litología determina la potencialidad de todos los movimientos de Rocas y Suelos, indica su composición, textura y estructura de Rocas, indica además deformabilidad, permeabilidad, porosidad y grado de disolución porosa. La estructura geológica relaciona tipo de rocas y estratos define además zonas de falla, diaclasamientos y debilidad establece además zonas de elevada meteorización, es específico de un sector y divide a la roca en 4 tipos: tipo 1 granito, tipo 2 areniscas, tipo 3 arcillas consolidadas, tipo 4 coluvial.

Las propiedades geomecánicas consideran a todos los datos rocas y suelos**.** Según Varnes (1988) establece una secuencia información que se adapta al tipo de relieve, litología, estructura geológica, etc.

Cuadro 1. Propiedades Geomecánicas según Varnes

Condiciones iníciales	Composición, textura, estructura, rocas y suelos; fallas, diaclasas; planos de estratificación, Permeabiliabilidad, suelos (Arcillas)
Cambios de material	Roca desintegra – agua, arcillas hidratarse-expanden; arenas lavar.
Acción de agua y material	Precipitación, humedad total Wt (rocas y suelos)
Condiciones estructurales	Sobrecargas estáticas Q, cargas dinámicas Q'

La meteorización se basa en el comportamiento de las rocas y suelos, ante factores externos, que pueden ser (agua superficial y agua subterránea). La meteorización de las zonas de inestabilidad las cuales suelen dividir a la roca en cuatro subzonas. Según Varnes (1988) dice que el agua tanto en rocas y suelos produce: aumento w (peso), aumento o disminución Tcc (Resistencia al corte y cizallamiento).

Los factores desencadenantes llamados también factores activos, según la metodología española se los conoce como factores externos gatillo, generalmente regulan magnitud (volumen) a desplazarse y velocidad (km/h-mm/año). Según de Varnes/García existen factores desencadenantes que son: sismos, precipitaciones y aportes de agua, aplicaciones Q/Q' (cargas y sobrecargas), Cambios de la geometría, acciones climáticos severa, factores antropogénicos.

Los sismos son los mayores orígenes de los deslizamientos, en nuestro país se lo considera como el mayor factor desencadenante, da origen a erupciones volcánicas, deslizamientos, desprendimientos flujos y licuefacción de suelos. Según Hays (1990),

un sismo con magnitud >6 (Richter) en todo lo que sea laderas inestables, pendientes >30˚ y con materiales y suelos arcillosos generan una relación 1:5000.

Las precipitaciones y aportes de agua es el segundo factor desencadenante se traduce en medidas mm, en la columna de agua y % (Aporte de agua). El agua es sinónimo de inestabilidad de taludes, define tipos y formas de movimientos. Las precipitaciones consideran la relación de tiempo. Según Lumb (1975) define zonas de mayor o menor riesgos a deslizamientos en función de la precipitación acumulada y humedad medida. Lumb también considera que los factores de seguridad (Fs) deberían calcularse en función del peso del material saturado de agua.

$$Fs = \frac{Fe}{Fd}$$

$$Fs = \frac{w \cos \mathcal{L}}{w.sen\ \mathcal{L}}$$

$$Wr = \gamma e + (S*N*\gamma w)$$

Wr = Peso del material saturado de agua

Ye = Peso especifico material seco.

S = Saturación (Suelos 15-30%: Rocas 5-10%)

N = Porosidad.

Yw= Peso especifico del agua.

Las aplicaciones Q/Q' definan cargas sobre las cabeceras de los taludes y cabeceras siempre están presenten en las expresiones cuantitativas definen un peso "w" y un asentamiento "s" se puede diferenciar en las sobrecargas estáticas Q.

Los cambios de la geometría se dan en taludes y laderas es decir se establece una relación entre altura (H) vs ángulo de talud (ψ). La relación depende de la tipología y saturación del material rocoso donde se distinguen 3 tipos de zonas: Zonas de rotura, Seco, Húmedo.

Los Factores antropogénicos han sido un permanente modificador de los elementos que conforman la superficie de la tierra y el efecto sobre los taludes ha sido el de agente

desestabilizador. Las principales modificaciones causadas por el hombre y que afectan en forma importante la estabilidad de los taludes son:

Los cambios en la topografía y cargas del talud son las siguientes: descargue del talud por remoción de suelos y rocas por corte, sobrecarga por medio de rellenos, edificios, entre otros, subsidencia o hundimiento por excavaciones subterráneas (túneles). Los cambios en las condiciones de humedad son: la modificación de las condiciones naturales del agua superficial por medio de canales, zanjas, represas; modificación de las condiciones naturales del agua subterránea por medio de pozos de bombeo; concentración de las infiltraciones, infiltración de ductos de agua, especialmente acueductos y alcantarillados; aceleración de infiltración por la presencia de depósitos de basura y residuos sobre el talud; negligencia en el drenaje superficial y subterráneo; cambio general en el régimen de aguas superficiales; construcción de reservorios o presas; saturación de humedad de suelos por actividad agrícola.

Las vibraciones se dan generalmente en las vías de comunicación y por efectos de la construcción de obras (especialmente el movimiento de maquinaria).

Los cambios en la cobertura vegetal se producen por: el cambio de la estructura y condiciones de la capa superficial de suelo por prácticas de agricultura, pastoreo, tala de bosques y por la modificación del uso del suelo.

2.4. Susceptibilidad de Deslizamientos.

La susceptibilidad es la potencialidad de un terreno o área a la ocurrencia de deslizamientos y no implica el aspecto temporal del fenómeno.[3]

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), permiten realizar dicho análisis mediante superposición de mapas temáticos de los diferentes factores condicionantes, gracias al establecimiento de bases de datos asociadas.

[3] SUAREZ; Zonificación de Amenaza y Riesgo.

Los factores que intervienen en el análisis de susceptibilidad se cuantifican mediante variables, que se les asignan un valor numérico a cada factor en función de su importancia en la probabilidad de que se produzcan deslizamientos en una zona y del riesgo de estos para la actividad humana. La cuantificación de estos factores se presta a la subjetividad, aunque es obvio que unos factores son más decisivos que otros.[4]

Análisis de la Susceptibilidad.

Para realizar un estudio exhaustivo hay que considerar todos los aspectos que puedan relacionarse con el medio y que tengan un indudable protagonismo. Sin embargo para un objetivo concreto (obtención del mapa de susceptibilidad a movimientos en masa) se deberán elegir un número determinado de ellos (Baeza y Corominas, 1997; Hansen, 1984; Hutchinson, 1988), a saber: inventario de deslizamientos, litología, tipo de suelo, pendiente del terreno, precipitaciones y vegetación. Dichos factores se encuentran representados en un conjunto de mapas temáticos. También es necesario disponer de la ubicación, lo más precisa posible, de todos los movimientos en masa existentes en la zona de estudio. Debido a las diferentes escalas de los mapas originales y para no perder precisión, se recomienda la utilización de sistemas vectoriales.

Bases Sobre la Información Requerida Para el Análisis de Deslizamientos.

Para el análisis de deslizamientos se puede evaluar de dos formas diferentes:

Sistema de la Experiencia: Se utiliza la observación directa de la mayor cantidad de deslizamientos ocurridos en el área estudiada y se evalúa la relación entre los deslizamientos y la geomorfología del terreno.

Sistema Teórico: Se mapea el mayor número de factores que se considera que puedan afectar la ocurrencia de deslizamientos y luego se analiza la posible contribución de cada uno de los factores.

No existe un procedimiento estandarizado para la preparación de mapas de susceptibilidad a los deslizamientos y existe mucha libertad en la determinación de los

[4] Programa UNIGIS de Postgrado y Máster Internacional a distancia en SIG. Memoria Digital.

pasos a seguir. El mapa de susceptibilidad es aquel en el cual se zonifica las unidades de terreno que muestran una actividad de deslizamientos similar o de igual potencial de inestabilidad, la cual es obtenida de un análisis multivariable entre los factores que pueden producir deslizamientos y el mapa de inventario de deslizamientos

Para la elaboración del mapa de susceptibilidad se tiene en cuenta generalmente tres elementos:

- Inventario de deslizamientos antiguos, después de un cuidadoso análisis de las fotografías aéreas y correlaciones de campo, se digitalizan sobre los mapas topográficos las áreas de deslizamientos activos o inactivos que se han detectado en el área estudiada.

- Topografía y Mapa de pendientes, para la elaboración del mapa de susceptibilidad es importante dibujar previamente un mapa de pendientes adicionalmente a los mapas geológico y de uso del suelo. El objetivo es generar una planta topográfica del área a estudiar delimitando las áreas de pendiente diferente en sectores o fajas de valores previamente establecidos.

- Características geológicas, geomorfológicos y geotécnicas del terreno, se recomienda utilizar un plano geológico-geotécnico en el cual se indiquen los suelos o materiales más susceptibles a sufrir procesos de deslizamiento. El objetivo es definir cuales áreas tienen un comportamiento crítico, si estas se encuentran localizadas en zonas de influencia de corrientes de agua reales o eventuales provenientes de los sistemas de drenaje natural y artificial.

2.5. Zonificación de riesgos sobre base SIG.

El análisis de amenaza a los deslizamientos requiere de la modelación de interacciones complejas entre un número grande de factores parcialmente inter-relacionados y de la evaluación de las relaciones entre varias condiciones del terreno y ocurrencia de deslizamientos. Los sistemas de información geográfica son unas herramientas muy útiles para resolver los modelos que permiten zonificar las amenazas, debido a que permite el almacenamiento y manipulación de la información referente a los diferentes

factores de terreno como capas de datos. La recolección de los datos y su estructuración debe contener:

- Bases cartográficas homogéneas a una escala específica en la cual los niveles climáticos dentro de la misma base deben ser coherentes unos con otros, por ejemplo deben tener la misma escala de trabajo y el mismo sistema de proyección geográfica.

- Estructuración de la información en niveles. Las bases de datos deben ser estructuradas por elementos temáticos independientes, cada uno de los cuales debe contener información que es homogénea, tanto en el contenido como en su origen. Se debe incluir la fuente de la información, la fecha y validez, la escala, y el sistema utilizado de coordenadas.
- Un sistema de información geográfica se define como un poderoso grupo de herramientas para recolectar, almacenar, recuperar, transformar y presentar datos en forma espacial.

Un sistema ideal de utilización de un SIG para zonificación de amenaza de deslizamientos es su combinación con capacidades de procesos de imágenes, tales como aerofotografías escaneadas e imágenes de satélite, por esta razón el sistema "raster" es el más útil. El sistema debe ser capaz de desarrollar análisis espacial sobre mapas múltiples y tablas de atributos. Las funciones necesarias incluye la superposición de mapas, reclasificación y otras funciones espaciales que incorporen condicionantes lógicas o aritméticas. En muchos casos la modelación de deslizamientos requiere la aplicación interactiva de análisis similares, usando parámetros diferentes. Las ventajas de utilizar SIG para la zonificación de amenazas de deslizamiento son las siguientes:

- Se puede utilizar una mayor variedad de técnicas de análisis, debido a la velocidad de los cálculos y a que las técnicas complejas requieren la superposición de un número grande de mapas y tablas.

- Es posible mejorar los modelos, evaluando los resultados y ajustando las variables de entrada. En ocasiones se utiliza un sistema de prueba y error, corriendo el modelo varias veces hasta obtener un resultado satisfactorio.

- Generalmente, en el transcurso del análisis se obtiene nueva información, la cual puede ser actualizada rápidamente en los modelos.

Las desventajas del uso de los SIG, para la zonificación de amenazas de deslizamiento son el tiempo relativamente largo de digitalización y el peligro de poner mucho énfasis en el análisis de datos con poca influencia de la experiencia profesional, la cual es muy útil y generalmente, indispensable para que el modelo no termine siendo un ejercicio teórico no aplicable.

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Materiales.

El presente trabajo investigativo se lo realizo mediante una observación de campo para identificar el número de movimientos en masa y describir sus características generales.

La topografía del sector de estudio se encuentra en la base de datos que se nos proporciono por "EX-PREDESUR" y elaboradas en el año 1998, por lo que se procedió a realizar levantamientos topográficos a detalle de los movimientos en masa obteniendo una base a escala 1:2500. Para posteriormente realizar una observación directa de todos los aspectos de relevancia que existan y además describir la geología del área de estudio; en donde mediante la recolección de muestras, descripción de afloramientos y además de la elaboración de calicatas se obtendrá como resultado una base geológica.

Las actividades propuestas en este trabajo de campo son las siguientes: reconocimiento de campo, identificación y ubicación de fenómenos de movimiento en masa, delimitación del área de cada uno de los movimientos en masa. Dentro del área de cada movimiento se realizaron las siguientes actividades: levantamiento topográfico a detalle, levantamiento geológico, toma de muestras de rocas y suelos.

Los materiales utilizados son los siguientes: GPS (Sistema de Posicionamiento Global), Estación serborobótica trimble DR 5000, Brújula Geológica, Martillo geológico, Fundas plásticas, mapa topográfico escala 1:2500, cinta métrica, Libreta de campo, Formatos para movimientos en masa versión 1.0, Cámara fotográfica

En la fase de gabinete se interpreto los datos del trabajo de campo y la base de datos obtenidos de "EX-PREDESUR" y elaborados en el año de 1998, mismos que fueron otorgados previos a oficios de petición para la entrega de los mismos. Para delimitar el área de estudio y ubicar los movimientos en masa utilizamos el mapa topográfico.

Las actividades a realizarse en la etapa de trabajo de gabinete son las siguientes: recopilación de documentos y bases técnicas digitales:

- Geológicos (Mapa Geológico de Loja a escala 1:25000).
- Topográficos (Mapa Topográfico 1:2500).
- Base digital de uso actual del suelo de la Provincia de Loja.
- Base digital uso potencial del suelo de la Provincia de Loja.
- Base digital de isoyetas del Cantón Loja
- Base digital de isotermas del Cantón Loja
- Mapa de geomorfología de la Provincia de Loja.

Interpretación de resultados obtenidos de las muestras, enviadas al laboratorio: Muestras de suelos, Muestra de rocas y a su vez la interpretación y digitalización de datos tomados en el campo para la elaboración de los siguientes mapas:

- Mapas topográficos de los movimientos en masa.
- Mapa de inventario de movimientos de masa.
- Mapas geológicos.
- Mapa de hidrológico
- Mapa geomorfológico
- Mapa uso actual de suelo
- Mapa uso potencial de suelo
- Mapa de isoyetas
- Mapa de isotermas
- Mapa de pendientes.
- Mapa susceptibilidad

3.2. Métodos.

El presente trabajo investigativo científico está basado en la obtención de información sistemática y se utilizaron los siguientes métodos:

Los **métodos determinísticos** se utilizan para el estudio de la estabilidad de una ladera o talud concreto. Se fundamentan en métodos basados en el equilibrio límite o en

modelos numéricos teniendo una base física, lo que es de una gran ventaja respecto a otros métodos. Los datos de entrada son derivados de ensayos de laboratorio y se utilizan para determinar el factor de seguridad de la ladera. Estos métodos muestran un grado de fiabilidad alto en el caso en que los datos utilizados sean correctos. Su principal inconveniente es su baja idoneidad para zonificaciones rápidas y áreas extensas – regionalización- (Van Westen, 1993).

Los **métodos heurísticos** se basan en el conocimiento a priori de los factores que producen inestabilidad en el área objeto de investigación. Los factores son ordenados y ponderados según su importancia asumida o esperada en la formación de deslizamientos (Carrara et al., 1995). El principal inconveniente radica en que en la mayor parte de los casos, el conocimiento disponible entre los factores ambientales que pueden causar inestabilidad y los deslizamientos es inadecuado y subjetivo, dependiendo de la experiencia del experto.

Las **aproximaciones probabilísticas** se basan en las relaciones observadas entre cada factor y la distribución de deslizamientos actual y pasada (Carrara et al., 1995). Se utilizan cuando se dispone de abundante información, tanto cualitativa como cuantitativa, aplicándose los modelos estadísticos que pueden ser univariantes y multivariantes. La principal ventaja es la objetividad del método. La potencia de los métodos estadísticos depende directamente de la calidad y cantidad de los datos adquiridos. El coste de la adquisición de algunos factores relacionados con la inestabilidad de laderas es el principal inconveniente.

Los **métodos geomorfológicos** se basan en la determinación de condiciones de inestabilidad de ladera mediante técnicas geomorfológicas, cartografía y zonificación. La principal ventaja es la validez y detalle del análisis y mapa resultantes, en el caso de estar realizados por un buen experto. El inconveniente de estos métodos es el alto grado de subjetividad dependiente de la experiencia del autor. [5] Estos métodos son los más comunes que se utilizan para la realización de estos estudios pero tomando en cuenta las condiciones que se presentan se pondrá en práctica el método geomorfológico que se

[5]www.eird.org/deslizamientos/pdf/spa/doc15751/doc15751.htm

basa en la determinación de condiciones de inestabilidad de laderas mediante técnicas geomorfológicas, cartografía y bonificación. La principal ventaja de este método es el análisis a detalle de los mapas.

3.3. Metodología.

3.3.1. Metodología para el Objetivo 1.

"Ubicar e Identificar los principales movimientos en masa existentes en el sector Zalapa".

Para la ejecución del presente objetivo se realizó un recorrido por el sector Zalapa, en donde se ubico los principales movimientos en masa existentes en el lugar de estudio a través de la fotointerpretación y con observación directa. Analizando las diferentes características de cada uno de los movimientos y anotándolos en fichas de campo, la misma que consta de ubicación, características del deslizamiento, tipo de cobertura vegetal y estado actual del sitio, para posteriormente someterlos a análisis y con la utilización del GPS (Sistema de posicionamiento Global), se ubico espacialmente cada uno de los movimientos en masa encontrados, con la obtención de sus respectivas coordenadas geográficas. Por ende se logro determinar 21 movimientos en masa, presentes en el barrio Zalapa, de los cuales consideramos 1 como el principal, el mismo que se lo ubico geográficamente, en el mapa topográfico con sus respectivas coordenadas (WGS 84, hemisferio 17sur), para su posterior ubicación en el mapa base. Se elaboro una base de datos a través de la digitalización del mapa base para identificar el sector de estudio, con la utilización de la herramienta GIS (Sistema de Información Geográfica), donde se procesan los datos obtenidos en la fase campo.

En cuanto a la delimitación del sector de estudio se lo realizo en relación a las divisorias o partes de agua de las cuencas hidrográficas que pueden tener influencia directa. Las coordenadas que se tomaron para la delimitación del sector de estudio son:

Cuadro 2. Coordenadas del área de estudio.

VERTICE SUPERIOR IZQUIERDO	VERTICE SUPERIOR DERECHO	VERTICE INFERIOR IZQUIERDO	VERTICE INFERIOR DERECHO
X: 694675	X: 695529	X: 694523	X: 696741
Y: 9568627	Y: 9568436	Y: 9565383	Y: 9565558

3.3.2. Metodología para el Objetivo 2.

"Determinar los factores condicionantes y desencadenantes referidos a: topografía, geología, pendientes, hidrología y geohidrología; así como cargas, sobrecargas, condiciones antropogénicas".

Una vez ubicados e identificados todos los deslizamientos, para precisar su estado y poderlos caracterizar se realizo un estudio más detallado de cada uno de estos, tomando en cuenta los límites de los deslizamientos, la zona que se ha desplazado y los flancos del mismo. La topografía nos permitió conocer las dimensiones reales de los deslizamientos con lo cual se realizo un aproximado del volumen a desplazarse. El levantamiento topográfico de los deslizamientos fueron localizados y se lo realizo a una escala 1:750, donde determinamos que en su mayoría las pendientes son medianamente abruptas.

- La metodología utilizada para la obtención de la topografía se la realizó mediante la aplicación de un levantamiento topográfico con la estación "TRIMBLE 5000 serie DR 200"; la cual nos arroja datos, estos levantamientos topográficos se los realizó en cada unos de los deslizamientos y los datos se los baja por medio de un software para su posterior dibujo y aplicación dentro del proyecto en estudio.

En cuanto a la georeferencia espacial de los mapas, se utilizó el sistema de coordenadas proyectadas (WGS 84, hemisferio 17sur)

- Una vez terminado el levantamiento topográfico, se procedió a utilizar la base de datos digital topográfica que abarca el barrio Zalapa proporcionada y elaborada en 1998 por "PREDESUR"; para generar un mapa de pendientes, en el cual se pueden distinguir cinco clases de intervalos que sub clasifican el terreno en igual número de partes lo cual nos permite valorar o asignar pesos diferentes a las distintas áreas generadas a partir de esta clasificación.

El método utilizado para esta clasificación fue el de "Reclassify" utilizado en el sistema de información geográfico "ARCGIS 9.2".

Se carga en el view los layers del polígono y las curvas de nivel para luego en la pestaña de **3d analyst** en la opción de **Create/Modify TIN** seleccionamos **Create TIN From Features**, dentro de la nueva ventana seleccionamos el layer de curvas de nivel y al lado izquierdo de la ventana en la opción **height source** seleccionamos la capa que consten los datos de las alturas en esta caso la capa se denomina altitud luego seleccionamos la opción **Triangúlate as** seleccionamos **soft clip**. De igual manera seleccionamos el layer del polígono en la opción de **Triangulate as** seleccionamos **soft clip** las demás opciones en este caso por defecto las dejamos con la opción de **None** por ultimo le damos la carpeta de destino y damos OK este archivo por defecto se denomina tim.

Marcamos el layer del tim y vamos a la pestaña de **3D Analyst**, en la opción de **Surface Analysis** y seleccionamos **slope**. Se despliega una nueva ventana llamada **slope** en la opción **output measurement** marcamos la opción **degree**, en la opcion **output cell size** damos el valor de tres y damos OK y esgenerado un nuevo layer llamado por defecto **Slope of tim.**

Marcamos nuevamente la pestaña de **3D ANALYST** y escogemos la opción de **Reclassify,** se crea una nueva pestaña en la cual primero se encuentra la opción de **Imput raster** en la cual debe estar seleccionado el layer Slope of tim luego en el cuadro **Set values to reclassify** en la pestaña de **classify** en la opción de **classes** se escoje el numero de filas que se desee en nuestro caso 5 y damos un OK, en la columna de **old**

values se ingresa los nuevos rangos de pendientes y se da un **OK** y se genera un nuevo layer llamado por defecto Reclass of Slope of tin que es un archivo temporal.

El archivo temporal antes mencionado es necesario guardarlo en el formato shapefile para lo cual vamos a la pestaña **Spatial Analyst** escogemos la opción **Convert** y damos un clip sobre **raster to features** y con esto obtenemos un nuevo shapefile con el cual se puede trabajar.

En cuanto al levantamiento geológico del sector, se identifico los afloramientos existentes donde se obtuvo muestras de mano para determinar el tipo de roca, y con la ayuda de calicatas se determino la disposición de las capas estratigráficas, para poder obtener datos del tipo de material que se encuentra desplazándose. De igual manera se determino elementos estructurales como fallas, microfallas, diaclasamientos que pudiesen tener algún tipo de influencia en los fenómenos. Con la toma de los datos de campo se procedió a la creación de una base de datos en el programa ARGIS 9.2.

La cobertura vegetal se la realizo mediante la utilización de una foto aérea y con la ayuda de información proporcionada por el EXPREDESUR acerca de los aspectos socio ambientales del proyecto de riego Santiago que pasa por el sector de estudio, estos datos permitirán caracterizar las zonas más estables y las más susceptibles para valorar y correlacionar bases de datos en ARGIS 9.2

El muestreo de suelos y rocas antes de realizarlos se establece los lugares de mayor importancia capaz de obtener los resultados más reales de lo que se va a muestrear, se realiza mediante la observación directa en el campo y luego en el computador en el mapa base para orientarnos mejor en los lugares para tomar las muestras. Para realizar el muestreo de suelos se procedió hacer calicatas hasta llegar a la roca dura siendo estas de dimensión media en algunos casos de hasta 2 metros de ahí se tomo una muestra de suelo equivalente a 2 kilos por muestra que fueron enviadas al laboratorio para su respectivo análisis, para las muestras de roca se tomo fragmentos de 10 a 15 cm los mismos que fueron analizados en el laboratorio geoquímico de la carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial de la Universidad Nacional de Loja con estos resultados se procedió a elaborar algunas obras de contención.

Para el cumplimiento de este objetivo se relacionó los datos obtenidos de cada formato de deslizamientos con la información bibliográfica, esto nos permitió determinar mediante las características físicas del sector, cuales son los posibles factores condicionantes y desencadenantes de los movimientos en masa los cuales se realizó por una serie de características: Para los factores condicionantes se utilizó la siguiente metodología: En cuanto a las pendientes de los taludes, con rangos mayores a 31° - 45° y 46° - 90°, las cuales según la metodología Varnes (1984-1988), son altas y muy altas, de tipo III y IV, que presentan un índice de inestabilidad en la superficie de talud además se relaciono con los factores de relieve.

Cuadro 3. Clasificación del terreno según la Pendientes

Tipos	Clase	Rango
1	Muy baja	0°-10°
2	Baja	11°-20°
3	Media	21°-30°
4	Alta	31°-45°
5	Muy Alta	46°-90°

Después de haber realizado la clasificación de las pendientes (Varnes 1984-1988), se procedió a dar un peso relativo a cada una de las pendientes, para poder realizar el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa del sector.

Cuadro 4. Peso Relativo de acuerdo al Relieve

Tipos	Relieve	Peso Relativo
1	Planos	0
2	Inclinados	1
3	Moderadamente escarpado	2
4	Escarpado	3
5	Muy escarpado	4

Para determinar la litología, el tipo y la resistencia del material existente frente al corte y cizalla y por ende a la ruptura, así como el peso que este ejerce. Otro punto importante que se consideró fue el ángulo de reposo natural de cada tipo de material para relacionarlo con la pendiente existente en donde este se encuentra. Además se realizó el análisis de la geología regional, la que se la obtuvo de las cartas geológicas de Loja Norte, y las juntas a una escala de 1:25000, y la geología local se la realizo mediante la descripción de afloramientos y toma de muestras analizadas en el laboratorio geoquímico de la Universidad Nacional de Loja. Para los factores desencadenantes o factores gatillo, se tomo en cuenta:

El clima general y precipitación del sector es un punto de gran importancia que se debe tomar en cuenta en este sitio, ya que el factor hídrico es determinante en la detonación de deslizamientos, por lo cual se obtuvo los datos de las estaciones La Argelia, San Lucas, La Juntas, La Toma y El Cisne.

Para el estudio de los deslizamientos se realizó el mapa temático de cada uno de estos en el GIS, en donde se incluye una base de datos digital con todas las características superficiales como internas. Cada mapa temático posee cotas, pendiente, geología tanto regional como local, cobertura vegetal, presencia de humedad. Para la elaboración de los mapas generales así como de cada uno de los deslizamientos en el GIS se necesitó conformar una base de datos, con la información obtenida en el campo, la misma que es dispuesta por campos, lo que permite que el programa genere los Shapes dependiendo de la características de la información ingresada. Los diferentes Shapes pueden ser puntos, polígonos y líneas de acuerdo a la necesidad de indicar los componentes que se vaya a representar en el mapa que se desea obtener. Una de las ventajas que proporciona realizar mapas temáticos es que permite obtener por separado cada uno de los mapas de los temas que se encuentran incluidos en este. Para el desarrollo de los mapas generales tanto de clima, como lo que tiene que ver con vegetación, uso actual y potencial del suelo se tomo la base de datos del mapa general.

Se elaboró el mapa de isoyetas e isotermas de la zona de estudio con las bases de datos proporcionados por el CINFA. La información es las estaciones climáticas que se encuentran en Loja.

3.3.3. Metodología para el Objetivo 3.

"Proponer medidas de prevención y control para los principales movimientos de masa".

Al conocer los factores condicionantes y desencadenantes encontrados en el sector de estudio se procedió a realizar un análisis de cada uno de ellos para determinar cuáles son las posibles medidas de prevención y control que se deben tomar dependiendo de la cantidad de saturación que existe en el terreno el volumen desplazado y el peso que ejerce sobre cada uno de ellos y así llegar a establecer un sistema de estabilización adecuado.

La metodología utilizada para el análisis y cálculo de la Susceptibilidad a Movimientos en Masa está basada en la propuesta por "Suarez" en su Libro Zonificación de Amenaza y Riesgo, la cual se basa en un sistema teórico; en donde se analizan el mayor número de variables que puedan afectar directamente a la aparición de movimientos en masa, los cuales se los considera como factores condicionantes.

Seguidamente, esta metodología se la elaboró utilizando los Sistemas de Información Geográfica; específicamente el software Arcgis 9.2. Es así que se realizó la superposición de Mapas, en donde a la vez se elaboró la reclasificación de los campos de la tabla de datos alfanuméricos, el índice de susceptibilidad, la asignación de pesos relativos, elaboración de la matriz de tabulación y la definición de rangos de susceptibilidad.

Este método permite desarrollar una aproximación del grado de susceptibilidad de los movimientos en masa, a partir de parámetros que presentan mayor influencia en la inestabilidad del terreno, los cuales los denominaremos factores condicionantes, mismos que se encuentran intrínsecos en el terreno.

El proceso se basa en la reclasificación de los campos de cada una de las variables que intervienen en la determinación de las categorías de susceptibilidad, estas variables son cada uno de los factores condicionantes antes descritos, entre los que tenemos:

morfometría (pendientes), litología (tipos de roca), tipo de suelo, cobertura vegetal (fisionomía de la vegetación) y clima (precipitaciones); cada una de estas variables contiene campos de clasificación del terreno, a los cuales se les asigna pesos relativos previamente establecidos en función de su incidencia en la susceptibilidad de los movimientos en masa.

Luego se establece el campo sumatoria, el cual es el resultado de la sumatoria de cada uno de los campos de las variables establecidas y antes mencionadas; adicionalmente se agrega un campo llamado rangos, en el cual se especifica el grado de clasificación de cada uno de los valores sumados, desde los valores más bajos a los más altos.

El índice de susceptibilidad a movimientos en masa se expresa a través de la siguiente relación matemática:

Susceptibilidad= P + L + S + V + Pr

En donde:

P= Valor de la variable pendiente

L= Valor de la variable litológica

S= Valor de la variable Tipo de suelo

V= Valor de la variable Vegetación

Pr= Valor de la variable Precipitación

La asignación de pesos o valores numéricos basados en las condiciones biofísicas menos favorables para que se presenten los movimientos en masa, dentro del área de estudio; es decir, en el análisis de cada una de las variables de los factores condicionantes.

Estos pesos relativos van de los rangos de 1 al 5; en donde el valor 1 se refiere a las condiciones menos favorables para que se produzcan los movimientos en masa, y por el contrario el valor 5 se refiere a las condiciones biofísicas favorables que hacen posible la existencia de movimientos en masa las cuales hacen que aumente la susceptibilidad a estos movimientos.

La matriz de tabulación está basada en la generación y análisis de una matriz de doble entrada, a la cual la denominaremos matriz de tabulación. En esta matriz de doble entrada las filas corresponden a las unidades espaciales en análisis, es decir el grado de susceptibilidad y las columnas corresponden a cada una de las variables de los factores condicionantes utilizados; en donde en cada casilla se ubican los pesos relativos basándose en el indicador da cada variable para finalmente realizar la sumatoria total para cada una de las unidades espaciales en análisis.

La definición de rasgos de susceptibilidad se realiza la sumatoria de los pesos relativos asignados a cada una de las variables analizadas, por lo que se determinan 5 clases de susceptibilidad las cuales están definidas a continuación:

Cuadro 5. Definición del Grado de Susceptibilidad. (Suarez; Zonificación de Amenaza y Riesgo)

GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD	DEFINICIÓN DEL ÁREA
Muy Alta	Área Muy Susceptible a Movimientos en Masa
Alta	Área Susceptible a Movimientos en Masa
Media	Área Poco Susceptible a Movimientos en Masa
Baja	Área Muy Poco Susceptible a Movimientos en Masa
Muy Baja	Área Estable a Movimientos en Masa

4. RESULTADOS.

4.1. Descripción general del área de estudio.

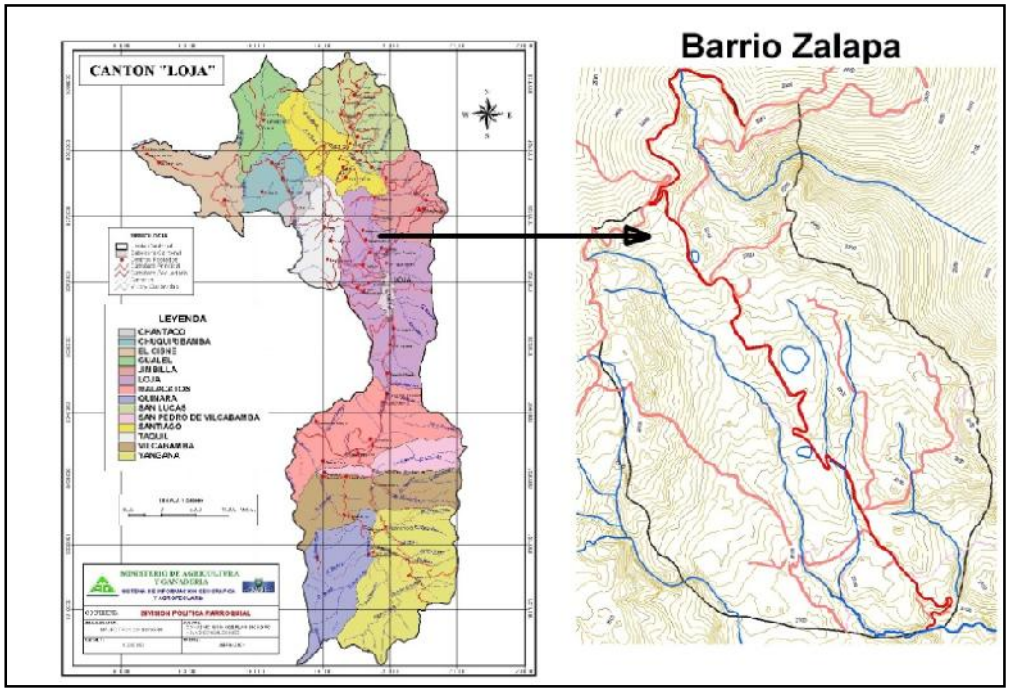


Figura 1. Ubicación geográfica de la zona de estudio

4.1.1. Ubicación.

El área del proyecto se encuentra ubicada en la región Sur del Ecuador, en la Provincia Loja en cantón Loja, corresponde al área cinco de la cuenca sedimentaria de Loja, hacia el Nor-Occidente de la cuidad, con una superficie aproximada de 1800 hectáreas, que involucran a los barrios del sector periférico del área urbana. El área limita: al Norte con el sector de Zalapa Alto, al Sur con los barrios Motupe y la Concepción, al Este con el río Zamora y al Oeste con la Cordillera del cerro Villonaco, para el acceso al sector de estudio se lo hace mediante una vía de segundo orden para el estudio de los deslizamientos.

4.1.2. Accesos.

El acceso a la ciudad de Loja, se realiza a través de los ejes viales de primer orden que unen a las regiones de la costa, sierra y oriente con las principales ciudades del país. Y por vía aérea, desde Quito-Catamayo, y Guayaquil-Catamayo hasta el aeropuerto Camilo Ponce Enríquez. A la zona de estudio, se puede ingresar por una vía de primer orden hasta el perímetro urbano y luego por una de segundo orden que une los barrios periféricos del sector noroccidental de Loja, para esto se emplea un tiempo de 40 minutos aproximados.

4.1.3. Localización de movimientos en masa

Inventarios de los movimientos de masa

En el transcurso del barrio Zalapa se encontró la cantidad de 21 movimientos en masa, los cuales se presentan en la siguiente tabla con su respectiva codificación y coordenadas UTM.

Cuadro 6. Coordenadas de inventario de los movimientos en masa

Inventario de deslizamientos				
Id	Código	Coordenadas UTM		Área (m²)
		X	Y	
1	DBZ-1	695277	9565370	1008
2	DBZ-2	695261	9565294	224
3	DBZ-3	696519	9565420	1056
4	DBZ-4	695960	9565454	576
5	DBZ-5	696166	9565344	768
6	DBZ-6	696216	9565300	975
7	DBZ-7	696195	9565460	256
8	DBZ-8	696237	9565222	240
9	DBZ-9	696327	9565118	1404
10	DBZ-10	696341	9565220	2280

11	DBZ-11	695980	9565634	12320
12	DBZ-12	696012	9565576	1160
13	DBZ-13	696100	9565550	160
14	DBZ-14	696050	9566216	1288
15	DBZ-15	696017	9566306	196
16	DBZ-16	695530	9566840	1056
17	DBZ-17	695480	9566754	672
18	DBZ-18	695420	9566946	9648
19	DBZ-19	695099	9568454	51041,62
20	DBZ-20	695200	9568400	624
21	DBZ-21	694292	9567756	2880

4.1.4. Topografía.

La topografía general del área de estudio fue proporcionada por el EX-PREDESUR con una escala de 1:2500, elaborada en el año 1998 y de registros de campo que se obtuvieron en las constantes salidas que fueron necesarias para este fin. Se procedió a la elaboración de un mapa topográfico netamente limitando el área de estudio de donde presenta que topográficamente irregular está constituido por pendientes del 30% y elevaciones que van desde 2010 m.s.n.m. hasta 2530 m.s.n.m. se la realizó mediante la aplicación de un levantamiento topográfico con la estación "TRIMBLE DR 5000"; la cual nos arroja datos de los movimientos en masa más sobresalientes del sector de estudio, estos levantamientos topográficos se los utilizo por medio de un software para su posterior dibujo y aplicación dentro del proyecto. Una vez terminado el levantamiento topográfico, se procedió a utilizar la base de datos digital topográfica del Canal de Riego Loja Santiago proporcionada y elaborada en 1998 por "EXPREDESUR"; la misma que nos sirvió para generar un mapa de pendientes, en el cual se pueden distinguir seis clases de intervalos que subclasifican el terreno en igual número de partes lo cual nos permite valorar o asignar valores diferentes a las distintas áreas generadas a partir de esta clasificación.

Cuadro 7. Clasificación de pendientes

Clase	(%)	G°	PESO
Muy baja	0 – 15	0 - 8.5	1
Baja	15 – 30	8.5 - 16.7	2
Mediana	30 – 50	16.7 - 26.6	3
Alta	50 – 100	26,6 – 45	4
Muy alta	> 100	> 45	5

Las pendientes del área de estudio se las determino en relación a 5 tipos de pesos teniendo como resultado que las pendientes muy bajas corresponden al peso 3, las pendientes bajas corresponden al peso 3, las medianas al peso 2, las altas al peso 1 y las muy altas al peso 1 es así que las pendientes mayores en el área de estudio en su mayoría son de bajas a muy bajas como se observa en el cuadro 8.

Cuadro 8. Grado de pendientes en el área de estudio

Clasificación	Áreas	%
Muy Baja	2791796,459	37,46
Baja	2415252,816	32,43
Mediana	1274366,594	17,11
Alta	846764,163	11,35
Muy Alta	121434,42	1,65
Total	**7449614,452**	**100**

Cálculo de Pendientes

La pendiente de un terreno entre dos puntos ubicados en dos curvas de nivel consecutivas es igual a la relación entre el intervalo de las curvas de nivel o equidistancia y la distancia longitudinal que los separa.[6]

$$P=e/D \times 100$$

En donde:

P = pendiente del terreno en %

e = equidistancia entre curvas de nivel

D = distancia horizontal entre los puntos considerados.

[6] Leonardo Casanova M. Aplicaciones de las curvas de nivel

4.1.5. Geomorfología.

Geomorfológicamente la mayor parte de la zona, corresponde a un relieve con pendientes bajas y muy bajas, formando drenajes bien separados, como consecuencia de la depositación sedimentaria, hacia el Noreste presenta pendientes escarpadas a abruptas debido a la foliación y erosión de las rocas metamórficas. También presenta pequeñas zonas de coluviales de origen metamórfico, que cubre las rocas sedimentarias, ya que fueron transportados por gravedad desde las partes altas, formando zonas planas. Topográficamente la zona de estudio forma diversas ramificaciones montañosas, que oscilan entre los 2010 m.s.n.m, en la quebrada de cumbe hasta los 2530 m.s.n.m., hacia el norte de la zona en la vía a Cuenca que forman las crestas de las montañas con un relieve muy accidentado (Ver figura 2).

Figura 2. Vista panorámica del área de estudio (S-N)

Geomorfológicamente el área de estudio se clasifica de la siguiente forma:

Teniendo pendientes planas a casi planas en un 32,34% ocupando la mayor parte del área de estudio, en cuanto al terreno suavemente inclinado tenemos el 15,28%, inclinado al 25,61%, escarpado en un 20,82%, y muy escarpado en un 5,95%. (Ver anexos mapa geomorfológico).

Cuadro 9. Geomorfología del área de estudio

Geomorfología	(%)
Plano a casi Plano	32,34
Suavemente Inclinado	15,28
Inclinado	25,61
Escarpado	20,82
Muy Escarpado	5,95
TOTAL	100

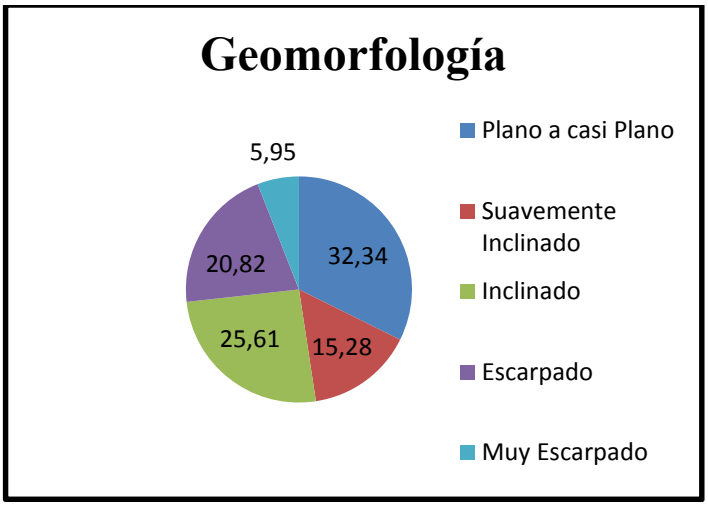


Figura 3. Resultados de la geomorfología

4.1.6. Hidrología.

El principal drenaje que atraviesa la cuenca de Loja, lo constituye el río Zamora situado al Este del área de estudio, las aguas fluyen en dirección Sur-Norte, recibiendo varios tributarios entre los que se destacan, la quebrada del Chirimoyo, El Pailón, León Pamba, cada una con varios ramales afluentes que aportan con un caudal considerable. Localmente la red hidrográfica del sector, se presenta medianamente densa, bastante restringida y espaciada, cuya distribución genera una red de drenaje tipo sub dendrítico a dendrítico que derivan vertientes menores hacia la Quebrada de Caigua, que desemboca en la Quebrada del Chirimoyo que es parte de la cuenca del río Zamora. (Ver anexos mapa isotermas).

Cuadro 10. Temperaturas del Cantón Loja

Temperatura Mensual de Loja (GC), Período 1980-2010													
	Ene	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**	**Media Mensual**
Media de las mínimas	12.3	12.2	11.7	11.9	12	11.3	11.3	10.4	11.9	11.8	11.4	11.8	11.66
Media de las Máxima	20.4	20	21.8	21.7	20.8	20.9	19.2	20.7	20.7	22.10	23.1	23	21.2

4.1.7. Clima.

La Ciudad de Loja, posee una variedad de microclimas, con temperaturas extremas anuales, que oscilan entre 5 y 25ºC y precipitaciones medias anuales entre 750-1650 milímetros, concentrados en los 4 primeros meses del año, razón por lo que es importante su caracterización eco climática. El clima de la zona de estudio, se lo podría considerar entre húmedo a muy húmedo con temperaturas, que oscilan entre los 16 y 18ºC, con frecuentes heladas principalmente durante el verano, por las precipitaciones que recibe correspondería a la formación del bosque húmedo montano bajo, de acuerdo a la clasificación de Holdridge. A pesar que el clima en el área de estudio es totalmente impredecible, se puede considerar un periodo invernal de 7 meses, comprendido entre los meses octubre-abril luego de lo cual las lluvias bajan totalmente la intensidad, teniendo el periodo más seco entre los meses de julio- septiembre y el de mayor pluviosidad entre los meses de febrero-abril.

En lo referido a escenarios de precipitación se tomó como base la información referida a las precipitaciones (Isoyetas) y temperatura (Isotermas) obtenida en base digital del CINFA (Centro Integrado de Geomática Ambiental); así como la interpretación de datos estadísticos obtenidos en el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, de la Estaciones Meteorológicas de la Argelia, las Juntas, San Lucas, el Cisne, la Toma. En el barrio zalapa las precipitaciones van de los 750-1650 mililitros por año, con una media anual de 1200 mm/año y la temperatura presente en la zona de estudio oscila entre los 16-18 °C con una media anual de 17°C. (Ver anexos mapa isoyetas)

4.1.8. Uso del suelo.

En el barrio Zalapa podemos encontrar diferentes tipos de uso del suelo los cuales se encuentran influenciados por los diferentes procesos erosivos ya sean de carácter natural y antrópico, los cuales son acelerados por los cambios climáticos presentes en este sector; anexo. Dichos cambios han permito poder utilizar dichas zonas en un uso racional del suelo, por ende se puede detallar a continuación algunos de sus usos:

Los estudios sobre el uso del suelo analizan y clasifican los diferentes tipos de cobertura y usos asociados que el hombre práctica en una zona determinada.

La interpretación del uso de suelos se realizó bajo criterios de clasificación fisionómica-estructural, las categorías son unidades mixtas dominadas por el elemento que les proporciona el nombre. Se identificaron 5 categorías, utilizando el siguiente cuadro:

Cuadro 11. Uso del suelo

Uso del Suelo	Áreas totales	%
Pastizales	4862196,679	73,76
Bosque Natural	683419,83	10,34
Vegetación Arbustiva	480901,424	7,27
Bosque Plantado	426873,555	6,48
Cultivos	141158,723	2,15
total	**6594550,211**	**100**

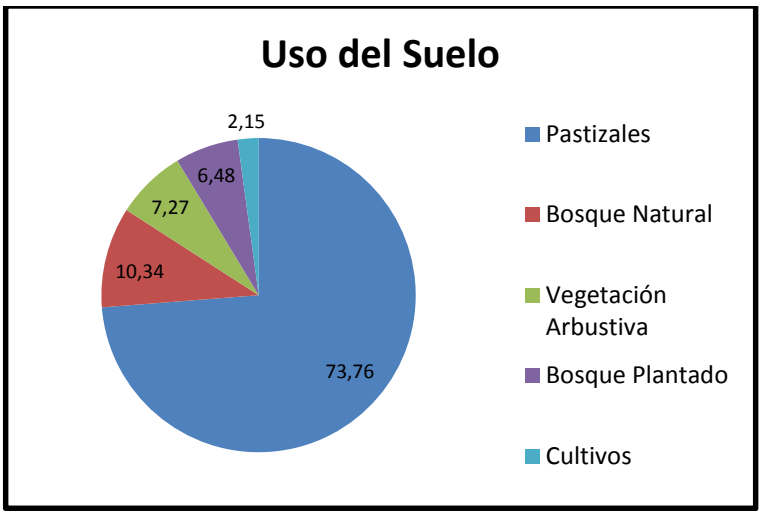


Figura 4. Resultados Uso del suelo.

El suelo de la zona en general está ocupado por actividades como son: en su gran mayoría en un 73,76% se encuentra cubierto de pastizales, en un 10,34% se encuentra ocupadas por bosque natural, un 6,48% son bosques plantados, en un 7,27% la vegetación es arbustiva, y en un 2,15 % ocupado por cultivos. (Ver anexos mapa de uso actual del suelo)

Uso potencial de los suelos

El uso potencial de los suelos, está relacionado al bajo nivel de fertilidad de los suelos (contenido de macronutrientes N, P, K y materia orgánica); mientras que la profundidad permite adecuar áreas de cultivo en zonas de ladera (construcción de terrazas). Con un buen manejo de fertilidad y el buen uso del agua se pueden implementar cultivos de ciclo corto como cebolla, tomate, frejol y otras hortalizas, que constituyen una buena alternativa para la rotación de cultivos, que en la zona no se cultiva.[1]

Cuadro 12. Uso potencial del suelo

Uso Potencial del Suelo	(%)
Terrenos aptos para bosques	29,83
Terrenos aptos para pastos	45,63
Terrenos aptos para cultivos	24,54
TOTAL	100

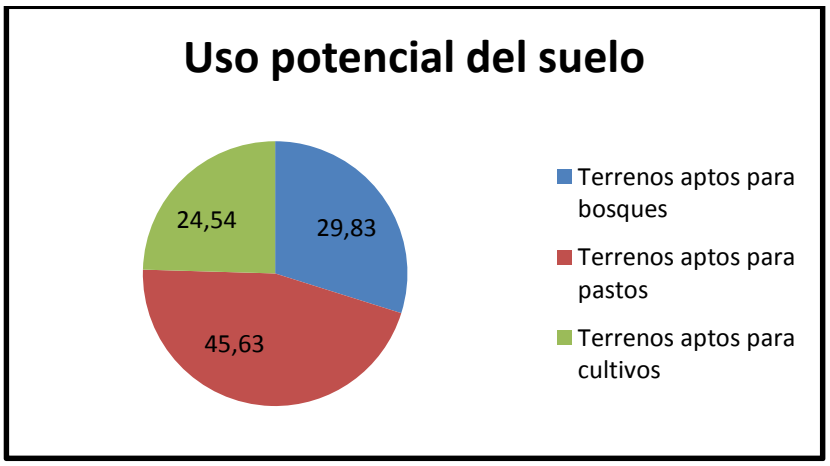


Figura 5. Resultados de uso potencial del suelo

El uso potencial del suelo se determinó que zonas son más aptas para su utilidad en donde: el 45,63% los terrenos son aptos para pastos, un 29,83% de los terrenos son aptos para bosques y el 24,54 % son aptos para cultivos.

4.1.9. Infraestructura.

La infraestructura lineal en el barrio Zalapa se caracteriza por la presencia de construcciones de orden civil principalmente como vías, viviendas, canal de riego Santiago, postes de electrificación, entre los principales. En el área de estudio se puede distinguir todas estas infraestructuras lineales.

Datos poblacionales

Condiciones socio – económicas del sector

Población

Según el *VI Censo de Población y V de Vivienda* realizado el 25 de noviembre de 2001, cuyas etapas fueron ejecutadas bajo la responsabilidad del Instituto Nacional de Estadística y Censos, la población de la ciudad de Loja, era de 118.532 habitantes en la zona urbana (barrios centrales) y de 40.520 en la periferia y suburbios de la ciudad. Según estimaciones, se calcula que la población de Loja sea para el 2008 de 184.895 habitantes, de las cuales una mínima parte lo conforman aquellas que habitan en el barrio Zalapa, en aproximadamente 150 familias (Según las encuestas realizadas en el área de estudio. En donde se determino que el 52.2% de la población del sector se dedica a la agricultura y ganadería mientras que el 16.42% se dedican a diferentes actividades como la construcción, pintura, carpintería y choferes, entre otros, y el 31.38% constituyen estudiantes, amas de casa y niños menores a 5 años.

Población económicamente activa

Se considera población económicamente activa en el Ecuador, aquella que se encuentra entre los 12 y 65 años, que está capacitada y dispuesta a ejercer una actividad

remunerada. Sin embargo en el área de estudio serán considerados como económicamente activas aquellas personas que están comprendidas en los grupos de edad mayores a 65 años, cada vez que en la actualidad realizan actividades agrícolas. De la información obtenida se tiene que el 81.6% de la población mayor de 12 años, está ocupada, siendo la principal ocupación la actividad agropecuaria que cuenta con el 52.2% de los ocupados, en cambio el 29.4% se dedican a otras actividades, debido a la falta de oportunidades de trabajo, la relación de dependencia económica es de 1 a 4, es decir ocupada debe mantener a 3 personas.

Composición Demográfica.

PEA de 5 años y más por sexo; Según ramas de actividad: La Población Económicamente Activa por ramas de actividad en el barrio Zalapa es de 728 personas siendo la Agricultura, Ganadería, la más representativa con 380 personas dedicadas a estas actividades; el resto se dedican a la, Construcción, Comercio, Pintores, Carpintería, Mecánica, Enseñanza y otras actividades.

Cuadro 13. PEA mayores a 5 años por sexo, según Ramas de Actividad.

Ramas de actividad	TOTAL	HOMBRES	MUJERES	%
TOTAL	**728**	**451**	**277**	**100**
Agricultura, Ganadería	**380**	**200**	**180**	**52,2**
Carpintería	**17**	**17**		**2,34**
Mecánica	**8**	**8**		**1,1**
Profesores	**16**	**6**	**10**	**2,2**
Construcción	**36**	**36**		**4,95**
Pintor	**10**	**10**		**1,4**
Policía	**2**	**2**		**0,15**
Tienda	**6**		**6**	**0,85**
Chofer	**9**	**9**		**1,23**
Comerciante	**16**	**10**	**6**	**2,2**
Otras Actividades	**228**	**153**	**75**	**31,38**

Condiciones de vulnerabilidad y susceptibilidad poblacional

Consiste en el nivel de preparación académica de la población presente en el área de estudio, lo cual influye directamente en la forma de reaccionar ante un evento geológico producto de un Movimiento en Masa.

Tasa de Analfabetismo, por Sexo y Áreas: En el área de estudio existe una tasa de analfabetismo de 9,2; lo cual corresponde a un porcentaje medio en relación al área urbana del cantón Loja de acuerdo al INEC.

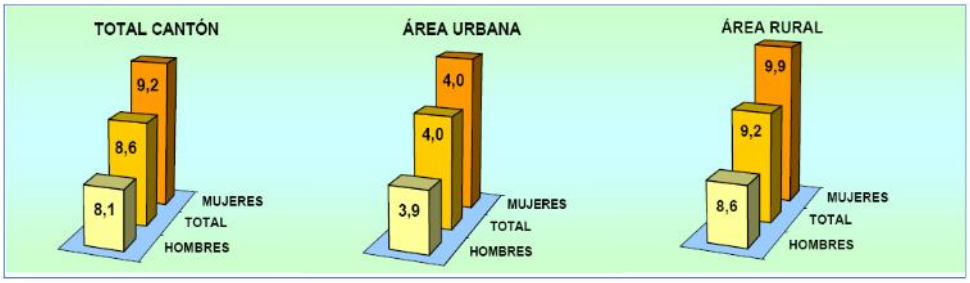


Figura 6. Tasas de analfabetismo en la Provincia de Loja

Condiciones antrópicas del sector

Se refiere a la situación tanto socio-económica como de preparación con respecto a un evento, que se traduce como la condición de vulnerabilidad, en que se encuentra la población presente en la zona de estudio. Es así que se analizará las condiciones Socio-económicas en las que se encuentra la población perteneciente al sector de estudio, dicha información está basada en el IV Censos de Población y V de Vivienda realizado en el año 2001 y la información directa a través de encuestas que se realizo en el sector de estudio.

4.2. Caracterización Geológica.

4.2.1. Geología Regional.

La cuenca de Loja está depositada discordantemente sobre el basamento metamórfico de la Unidad Chiguinda de edad Devoniano a Permiano. **Estratigrafía de la Cuenca de Loja (Ver figura 7).** La cuenca de Loja está constituida por siete formaciones

geológicas (Hungerbühler, Steinman, Winkler, 2002; Macas, Mora, 2006; Toledo 2007).

Unidad Chiguinda (Paleozoico).- Las rocas metamórficas forman la cordillera oriental a través del Ecuador, caracterizada por ser una secuencia potente e indiferenciada de esquistos moscovíticos-biotíticos, aunque hacia el este se conocen paragnéises y gneises graníticos metasomáticos, metamorfismo de más bajo grado (filitas, cuarcitas).

Este tipo de rocas metamórficas de la Unidad Chiguinda están muy bien expuestas en las carreteras que comunica a la ciudad de Loja con Catamayo al oeste y con Zamora al este.

Los esquistos continúan hacia el sur y no sufren discontinuidad al ingresar al Perú, en donde los esquistos del grupo "Excélsior" que son su equivalente, yacen discordantemente por debajo de los sedimentos fosilíferos, no metamorfoseados del triásico (Grupo Zana) y quizá de cuarcitas del devónico (Formación Ñaupe). Entonces podríamos decir que los esquistos son ciertamente del paleozoico.

Al norte la Unidad Chiguinda comprende gran parte del cinturón metamórfico de la parte sur y central de la Cordillera Real Sin embargo, al este de cuenca la serie subyace únicamente al lado oriental de la Cordillera (al este del granito Amaluza), Mientras que al oeste aparecen metavolcánicos y metasedimentos de bajo grado de metamorfismo del grupo paute, se desconoce su espesor pero se supone que es de varios kilómetros, aflora en la parte occidental de la cuenca.

Formación Trigal (Mioceno Medio).- Está formada por areniscas de grano grueso con láminas finas de conglomerados (compuestos por abundantes clastos de rocas metamórficas y pequeños clastos volcánicos (> 1 cm) y capas menores de limonitas Las areniscas muestran estratificación cruzada. La potencia varía cerca de 50 m en el oeste a 150 m en el este hacia el contacto con la Formación La Banda.

Formación La Banda (Mioceno Medio-Tardío).- Constituida por intervalos de calizas blancas las cuales contienen moluscos y ostrácodos; escasa laminas finas de lutitas

carbonatadas, capas de cherts (sílices) y areniscas amarillas de grano fino, tiene un espesor aproximado de 10-20m.

Formación Belén (Mioceno Medio-Tardío).- Descansa concordantemente sobre la Formación La Banda, se caracteriza por gruesas capas de areniscas de color marrón granuladas que contienen lentes de conglomerados de clastos de rocas metamórficas, horizontalmente estratificados, se estima un espesor de 300 m.

Formación San Cayetano (Mioceno Tardío-Último).- Este nombre fue introducido por Alvarado. (1967), y Kennerly (1973), debido a litologías similares. De cualquier modo solo los sedimentos de la cuenca de Loja expuestos al este de la falla de cobijadura a lo largo del Río Zamora pueden ser atribuidos a esta formación, en contraste al mapa existente.[7]

Yace cerca del pueblo de San Cayetano. (700.300/9.596.000) esta solo presente al este del Río Zamora. La formación puede ser dividida en tres miembros con límites transicionales.

El Miembro Inferior de arenisca de color marrón, algunas pequeñas capas de conglomerados y lutitas. Dentro de las lutitas hay varias capas de carbón. Los conglomerados son acanalados y contienen exclusivamente clastos metamórficos, clasificados pobremente, redondeados e imbricados. Las lutitas contienen gastrópodos y una rica macroflora. Hacia la parte superior el grado de areniscas es fino en el miembro limonitas. Este abarca lutitas de color marrón, gris y blanco, abundantes capas de diatomita y algunos piroclásticos horizontales. Este fino material aparece horizontalmente estratificado en capas laminadas de 1 a 2 cm. de espesor. El contacto entre las capas individuales es puntiagudo. Hay también algunas hojas y abundantes gastrópodos impresos entre superficies estratificadas y esqueletos enteros de peces que se encuentran preservados en estas laminaciones. Parte de las lutitas están silicificadas fuertemente y perturbadas por pliegues slumps y laminación convolucionada en escalas

7 J.B. Kennerley (1973); Geología de la Provincia de Loja en la República del Ecuador. Inf. D.G.G.M., Quito, 1974.

métricas. Hay dos intercalaciones prominentes (3 – 5 m. de espesor) de brecha dentro del miembro de limonitas. El grado de lutitas hacia el miembro superior de arenisca está dominado por areniscas de color marrón y lutitas.

Debido al plegamiento, la estimación del espesor de esta formación es difícil. En adición los diferentes miembros muestran cambios fuertes verticales y laterales. El miembro de limonitas muestran un fuerte enlace hacia margen este de la cuenca, su potencia total puede llegar a 800 m.

La Formación San Cayetano descansa discordantemente en la Unidad Metamórfica Chiguinda. La Formación Quillollaco, sobreyace con una discordancia angular a la Formación San Cayetano. Posiblemente hay una discordancia escasa entre el miembro Inferior de areniscas y el miembro de limonitas que están sobreyaciendo. El contacto al occidente con esta serie es la falla de cobijadura a lo largo del Río Zamora.

Wolf (1876) fue el primero en descubrir la macroflora en los sedimentos de Loja, este material fue reestudiado por Engelhardt (1895) y por Berry (1918, 1929, 1934, 1945). El estudio más reciente fue también realizado por Prof. C. Carrión. Berry, concluyó que el depósito fue en un clima tropical de baja elevación, comparable a las áreas del oriente de la Cuenca amazónica. El abundante esqueleto de pescado no pudo ser estudiado previamente y solo una especie fue identificado por White (1927) como Carrionellus dumorterei no es un indicativo de un ambiente especifico. Las especies de gastropodos fue determinado por Bristow y Parodiz (1982) como Dyris cf. Gracilis. Nuttall (1990) reviso la determinación e identifico las especies como Dyris tricarinata. Esta especie es encontrada en el mioceno.

Cuatro muestras de la parte inferior y media de la formación, fueron estudiadas por el método del zircón, determinando una edad entre 13.8 $\pm$ 1.2 a 10.0 $\pm$ 1.4 millones de años.

Formación Quillollaco (Mioceno Tardío).- Sobreyace a la Formación San Cayetano, está dominada por conglomerados muy granulados con pocas intercalaciones de arenisca. Está compuesta por clastos metamórficos redondeados: filitas, cuarcitas, vetas

de cuarzo y esquistos hasta 50 cm en diámetro. Las capas de conglomerados son hasta 4 m de espesor y a veces canalizadas. Hay también intercalaciones de brechas de matriz sostenida con clastos metamórficos. Estas brechas aparecen principalmente a lo largo del margen oriental de la cuenca. En la parte centro-oeste de la cuenca, las capas de conglomerados son predominantes. También intervalos menores de arenisca se encuentran ínter estratificados.

Los conglomerados están compuestos por clastos redondeados de rocas metamórficas; también hay intervalos menores de areniscas interestratificadas, Su espesor varía entre 600 m al sur de la cuenca, 100 m en la parte central y 500 m en la parte este de la cuenca.

La Formación Quillollaco yace en discordancia angular en la mayor parte de la cuenca (Formaciones Trigal, Belén y San Cayetano) y esta sobrepuestas por depósitos Cuaternarios.

Formación Salapa (Plioceno-Último).- Descansa discordantemente sobre el metamórfico que bordea la cuenca, contiene líticos y tobas ricas en vidrio. Las tobas son fuertemente alteradas, también a veces transformadas en caolinita y no se observan estructuras primarias, se estima una potencia aproximada de 10 m.

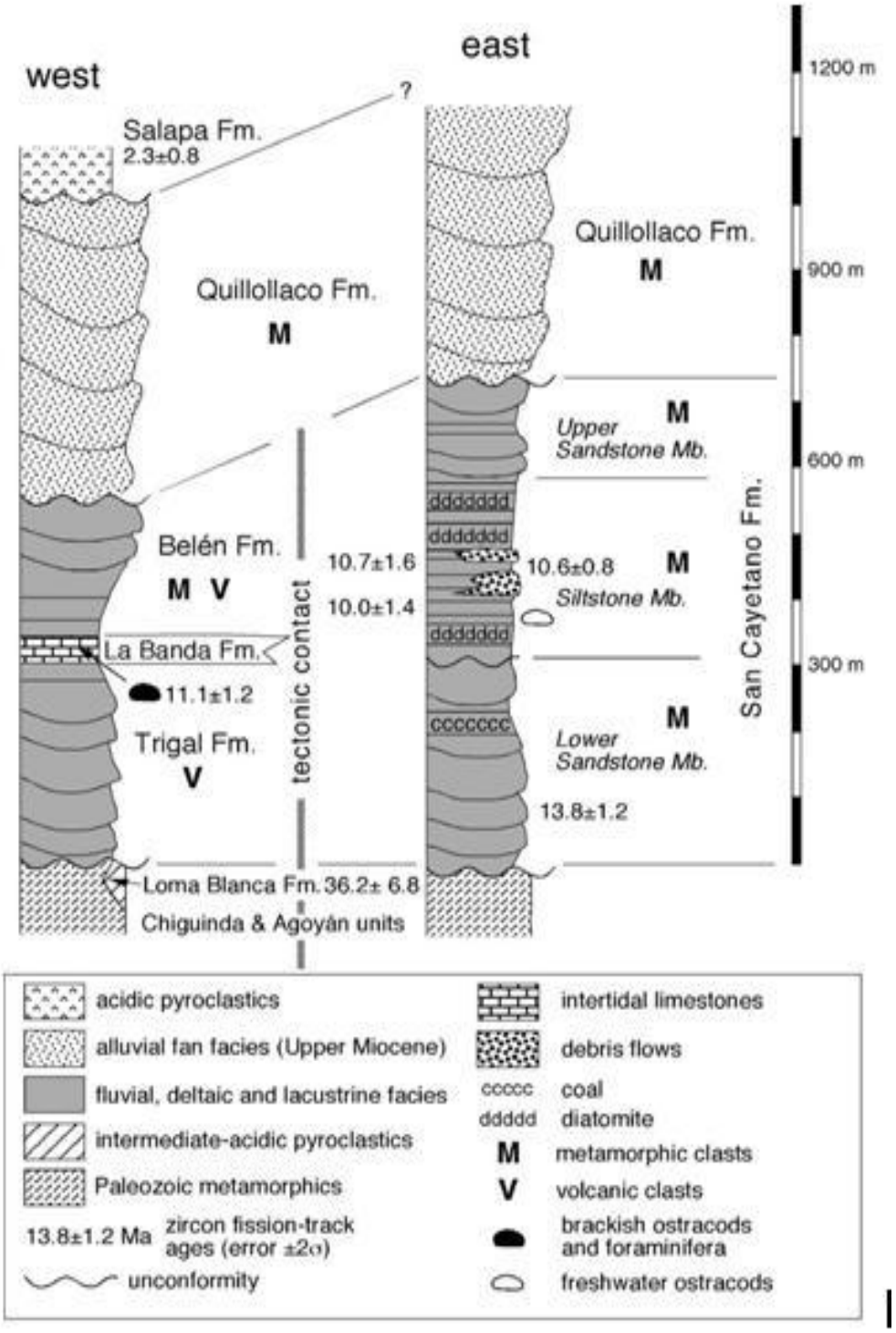


Figura 7. Columna estratigráfica de la hoya de Loja (Grafico tomado de Hungerbühler 1997).

La geología estructural de la hoya de Loja se caracteriza por poseer fallas identificadas que atraviesan a las formaciones geológicas y están representadas por rocas sedimentarias entre las cuales se tienen areniscas, arcillas, conglomerados, y rocas calcáreas que se las puede observar en los flancos este y oeste de la hoya, y por rocas metamórficas como esquistos, pizarras, filitas y cuarcitas que constituyen la base de los depósitos sedimentarios. Las fallas geológicas identificadas son la falla norte-sur, la cual determina la dirección del río Malacatos al Sur y río Zamora al Norte. Esta falla fue identificada con mayor claridad al Sur de la ciudad en la vía Loja-Vilcabamba. Esta falla puede ser considerada como la columna vertebral de todas las fallas incidentes en la hoya de Loja. Otra de las fallas, es aquella que se encuentra casi paralela a la falla N-S. Esta se extiende desde las faldas del cerro Ventanas con dirección suroeste a noreste, para unirse a la falla Norte-Sur a la altura de la Terminal Terrestre.

Otra falla identificada está en el Norte de la ciudad de Loja, nace en las estribaciones de la Cordillera Oriental de los Andes y determina el curso del río Jipiro con dirección noroeste. En esta falla se observa un desplazamiento a la altura del sector Las Pitas, por el cruce de otra falla suroeste a noreste, lo que ha dado lugar a la formación de plegamientos ó doblamientos como anticlinales y sinclinales de las capas de rocas sedimentarias del sector este de la ciudad.

A pesar de la presencia de estos sistemas de fallas geológicas en la ciudad de Loja, es importante recalcar que los mismos no han provocado movimientos recientes en la hoya de Loja. Esto quiere decir que la hoya es una zona estable y que por el momento no ha causado ni causará problema alguno. Actualmente todo el conjunto de fallas, están siendo verificadas con trabajos de campo en la edición del mapa geológico de la Hoya de Loja.

Una falla geológica en particular, que se encuentra causando un grave problema en un sector en específico de la ciudad, es la que se encuentra en el Colegio Adolfo Valarezo la cual está provocando que las instalaciones empiecen a resquebrajarse poco a poco, representando un potencial peligro para los estudiantes de dicho establecimiento, ya que este está al punto del colapso y aún así los estudiantes continúan asistiendo y recibiendo clases normalmente en estas instalaciones y la única solución a este problema es el

reubicar el establecimiento; es decir, buscar otro lugar donde construir uno nuevo, plan que ya se lo está tratando de poner en marcha, pero aún no se lo ejecuta por el motivo de que aún no se cuenta con un terreno en donde se lo pueda construir.

En cuanto al problema de los deslizamientos que están afectando a la ciudad de Loja, no necesariamente están relacionados a fallas geológicas, el problema puede ser causado también por otro tipo de fenómenos.

4.2.2. Geología Local.

Levantamiento geológico de campo

El levantamiento geológico, está enfocado a la descripción de los principales afloramientos, en base a la geología de las Formaciones existentes en la cuenca de Loja; sin embargo las características geológicas y geomorfológicas del área, no están documentadas a mayor detalle por lo que fue necesario el levantamiento de información con el mapa geológico de campo, para realizar un análisis de la depositación geológica de la zona. (Ver figura 8).

Descripción geológica

La descripción geológica se realizará en base a la disposición de las diferentes litologías en el mapa geológico realizado, iniciando desde la base metamórfica de la Unidad Chiguinda y de cada Formación existente en la zona de estudio como son: Trigal, San Cayetano, Quillollaco y Salapa según la secuencia estratigráfica.

Unidad Chiguinda.- La base metamórfica aflora al Este y Oeste a lo largo de zona de estudio, formando relieves irregulares siendo de mayor consideración al Nor-Este y Nor-Oeste, que comprende esquistos moscovíticos, sericiticos, cuarcitas, cuarzo de veta y gneis cuarcíticos, convirtiéndose en material suelto por su grado de meteorización.

Formación Trigal.- En su mayoría aflora en el centro de la zona de estudio, quedando pequeños bloques al Norte, por la actividad tectónica de la falla cerca de la quebrada

Chirimoyo. Esta formación se caracteriza por contener secuencias de pocos metros a centímetros de areniscas, arcillas, limos, lutitas; de color marrón-gris, con azimut entre 95º a 100º y buzamientos 32º a 55ºSE y así mismo presentan capas finas de micro conglomerados, con cantos pequeños de rocas volcánicas y metamórficas menores a 3 cm de diámetro, en una matriz areno-arcillosa.

Formación San Cayetano.- Aflora al Sur y Sur Este de la zona de estudio, se caracteriza por contener capas métricas de conglomerados con cantos de cuarcitas y filitas, menores a 8 cm de diámetro en una matriz areno-arcillosa, así mismo presentan capas inter-estratificadas de arcillas de color marrón, con azimut entre 105º a 190º y buzamientos 8º a 45ºSE. También es notorio la presencia de capas métricas de areniscas carbonatadas que contienen fósiles menores a 1 cm y capas centimétricas de diatomitas de color blanco obscuro, por lo que se correlaciona con el Miembro Inferior de la Formación San Cayetano. Cabe indicar que esta Formación va perdiendo potencia hacia el Sur-Oeste cerca al Barrio La Tenería, donde es evidente zonas de meteorización del Miembro Inferior.

Formación Quillollaco.- Esta Formación aflora al Oeste a lo largo de la zona de estudio, se caracteriza por la presencia de cantos subredondeados entre 5 y 30 cm de diámetro compuesto por tobas volcánicas y escasos cantos de rocas metamórficas como filitas, esquistos, gneis y cuarcitas. Las tobas son más características en esta Formación hacia el Noroeste. Al Norte presenta un azimut de 110º y un buzamiento de 20ºSE. Topográficamente presentan relieves convexos característicos de estos depósitos sedimentarios.

Formación Salapa.- Esta Formación aflora al Nor-Oeste de la zona de estudio en el barrio Zalapa, corresponden a depósitos piroclásticos (definidos por Kennerly 1973), exponiéndose con una potencia de pocos metros ya que ha sido erosionada, siendo evidente grandes bloques de esta formación en el Barrio Zalapa Bajo, con azimut entre 350 a 68º y buzamientos 13º a 55ºSW. También se puede observar que son fuertemente alterados y transformados a Caolinita en el Nor-Oeste en el límite de la zona de estudio, tiene un color blanco.

Coluviales.- Como depósitos cuaternarios, el área presenta amplias zonas de coluvio de origen metamórfico que son más evidentes hacia el Sur de la zona de estudio (barrio Motupe), que fueron arrastrados por gravedad desde la cordillera Occidental. Según las correlaciones de las formaciones existentes en la zona de estudio, se llego a determinar la siguiente columna estratigráfica.

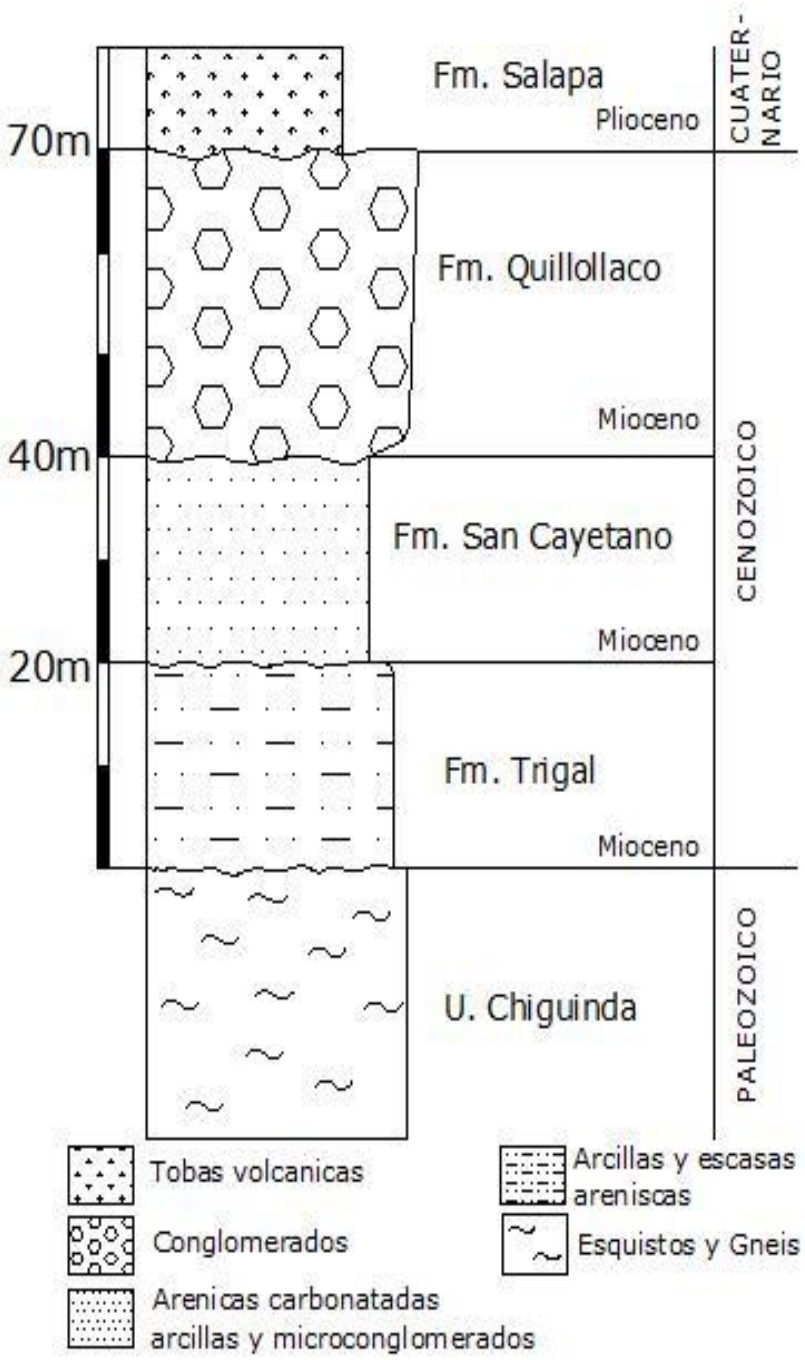


Figura 8. Columna estratigráfica de la zona de estudio

4.2.3. Descripción de afloramientos del barrio Zalapa

Afloramiento Nº 1

Localizado en las coordenadas UTM: x=694413 y=9568698 h=2428, en el barrio Zalapa Alto, cerca de la vía de Zalapa que se une con la vía a cuenca; se observa rocas metamórficas (esquistos con moscovitas) de color café con los siguiente datos estructurales 40/25; corresponden a la base metamórfica de la cuenca de Loja. Tiene una altura de 3 m, por 6 m de ancho (Ver figura 9).

Figura 9. Registro fotográfico Afloramiento de Rocas Metamórficas

Afloramiento Nº 2

Localizado en las coordenadas UTM: x= 695652 y=9566916 h=2223, en la carretera de principal del barrio Zalapa Bajo cerca de la Escuela, se observa rocas metamórficas (gneis cuarcitico) de color café, presenta las siguientes medidas estructurales rumbo110˚/ buzamiento 74˚SE; corresponden a la base metamórfica de la cuenca de Loja. Tiene una altura de 6 m, por 30 m de ancho (Ver figura 10).

Figura 10. Registro fotográfico Afloramiento de Rocas Metamórficas

Afloramiento Nº 3

Localizado en las coordenadas UTM: x= 695378 y=9566164 h=2176, en Barrio Zalapa Bajo en la Cede de Predesur; consta de intercalación de capas métricas de areniscas de color marrón de grano fino, limos y arcillas. Además se observa capas de conglomerados del mismo color con 40% de cantos redondeados < 10 cm de rocas metamórficos y volcánicos, en una matriz areno-arcillosa. Presenta los siguientes datos estructurales rumbo65˚/buzamiento35˚NE. Tiene una altura de 5 m, por 30 m de ancho. En este sector se ubica la plataforma para la construcción de la Cede de la Junta de Usuarios de Riego de Santiago; más del 50% de la plataforma es relleno, debido a la irregularidad del terreno y para mantener el mismo nivel de la carretera de acceso. Las consecuencias son claras, por el alto contenido de material arcilloso y saturación del mismo, se observa un asentamiento de la plataforma. Este afloramiento corresponde a la Formación Trigal (Ver figura11).

Figura 11. Registro fotográfico Afloramiento de areniscas, limos y arcillas

Afloramiento Nº 4

Localizado en las coordenadas UTM: x= 695162 y=9568556 h=2324, en el Barrio Zalapa Alto cerca de la quebrada el Chirimoyo, en el camino que une con el canal de Santiago, a pocos metros de la tubería del Plan Maestro de Agua Potable de Loja; se observan intercalaciones de capas métricas de areniscas, de grano fino-medio-grueso, de color marrón-amarillo, así mismo se observan capas centimétricas de micro conglomerados y lutitas. En la parte inferior se observa la presencia de óxidos rojos. Presenta los siguientes datos estructurales rumbo 95˚/buzamiento 55˚SE. Tiene una altura de 7 m, por 13 m de ancho. Corresponde a la Formación Trigal (Ver figura 12).

Figura 12. Registro fotográfico Afloramiento de areniscas, micros conglomerados y lutitas

Afloramiento Nº 5

Localizado en las coordenadas UTM: x=695470 y=9567812 h=2302, en el Barrio Zalapa Alto en el camino a la Quebrada El Chirimoyo, cerca de la hacienda San Isidro; consta de capas finas de lutitas negras con bitumen, y capas de areniscas de grano fino con óxidos hierro que dan una coloración naranja . Presenta los siguientes datos estructurales rumbo 100˚/buzamiento 32˚SE. Tiene una altura de 1m, por 6m de ancho. Corresponde a la Formación Trigal (Ver figura 13).

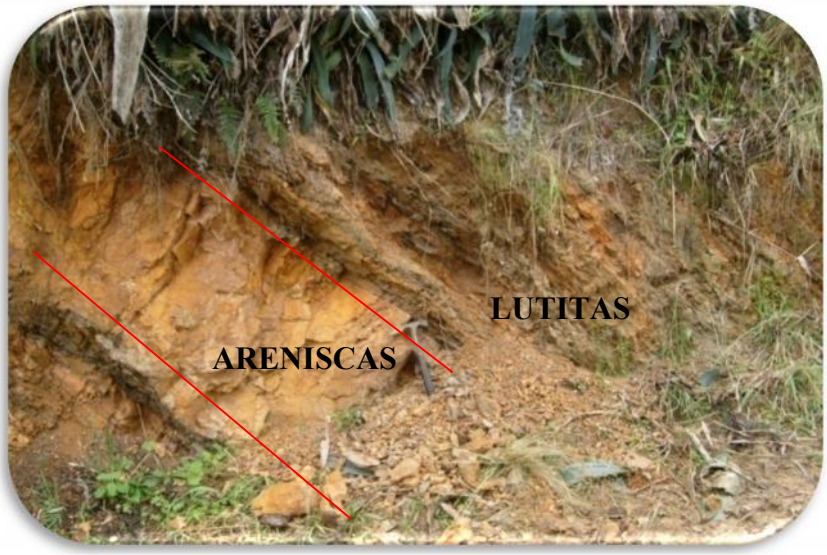


Figura 13. Registro fotográfico Afloramiento de lutitas y areniscas

Afloramiento Nº 6

Localizado en las coordenadas UTM: x=696865 y=9565148 h=2027, en la vía a Zalapa Bajo, cerca a la Quebrada Cumbe; consta de capas de areniscas de grano fino, limos y arcilla. También se observa una capa de 1 m de espesor de arenisca carbonatada con fósiles de 1 cm de diámetro, y en la parte inferior se observa, una capa de 1 m de micro conglomerados con cantos redondeados <3 cm. Presenta los siguientes datos estructurales rumbo 190˚/ buzamiento 45˚SW. Tiene una altura de 10 m, por 40 m. de ancho. Corresponde a la Formación San Cayetano por la presencia de carbonatos en las capas de areniscas y el contenido de fósiles (gasterópodos) (Ver figura 14).

Figura 14. Registro fotográfico Afloramiento de areniscas con carbonatos, limos, arcillas y micro conglomerados

Afloramiento Nº 7

Localizado en las coordenadas UTM: x=696608 y=9564820 h=2020, en la quebrada de cumbe, cerca de la cantera del Municipio de Loja; se observa un pliegue asimétrico de capas centimétricas de areniscas calcáreas y diatomitas de grano fino color blanco, con fósiles 2-6 mm (gasterópodos). Tiene una dureza considerable. Este pliegue está cubierto en la parte superficial por un depósito de coluvios, siendo visible la cresta del pliegue. Presenta los siguientes datos estructurales: flanco izquierdo 325˚/20˚, flanco derecho 115˚/52˚. Tiene una altura de 4 m. por 8 m. de ancho. Corresponde a la

Formación San Cayetano por el contenido de capas carbonatadas de areniscas y carbonatos y contenido fosilífero (Ver figura 15).

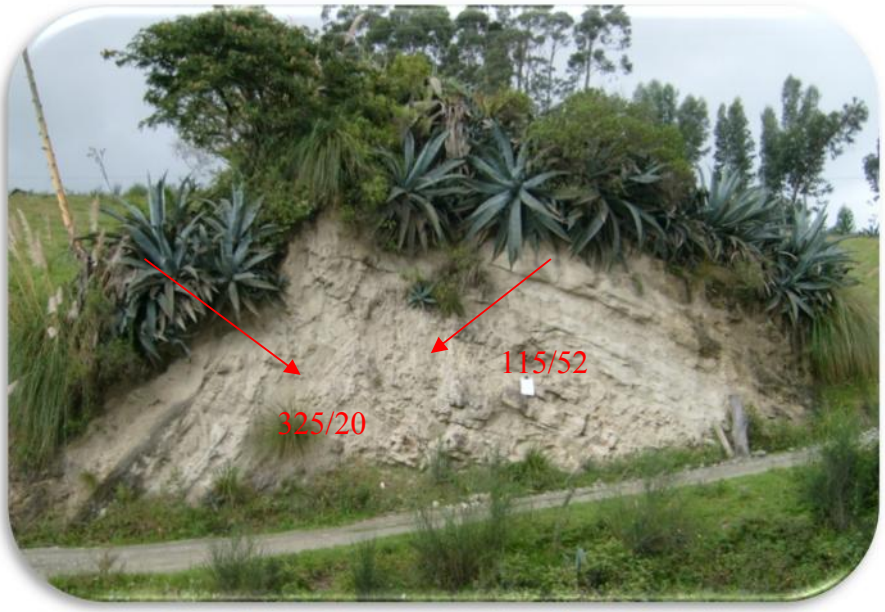


Figura 15. Registro fotográfico Afloramiento de anticlinal con areniscas y carbonatos

Afloramiento Nº 8

Localizado en las coordenadas UTM: x=695912 y=9564232 h=2127, en la urbanización de los Militares en el Barrio la Concepción; consta de intercalación de capas métricas de conglomerados, con clastos redondeados <10 cm de metamórficos (cuarzitas y filitas) de color naranja, esto en la parte superior en una matriz sostenida areno-arcillosa, mientras que en la parte inferior se observa areniscas de grano medio y lutitas, de color marrón. También se observa capa fina de diatomita 10 cm de color blanco en la zona intermedia del afloramiento. Las capas están casi horizontales con las siguientes medidas estructurales 105˚/8˚. Tiene una altura de 4 m, por 15 de ancho. Corresponden a la Formación San Cayetano por el contenido de capa de dolomita y a su vez en el parte superior de microconglomerados (Ver figura 16).

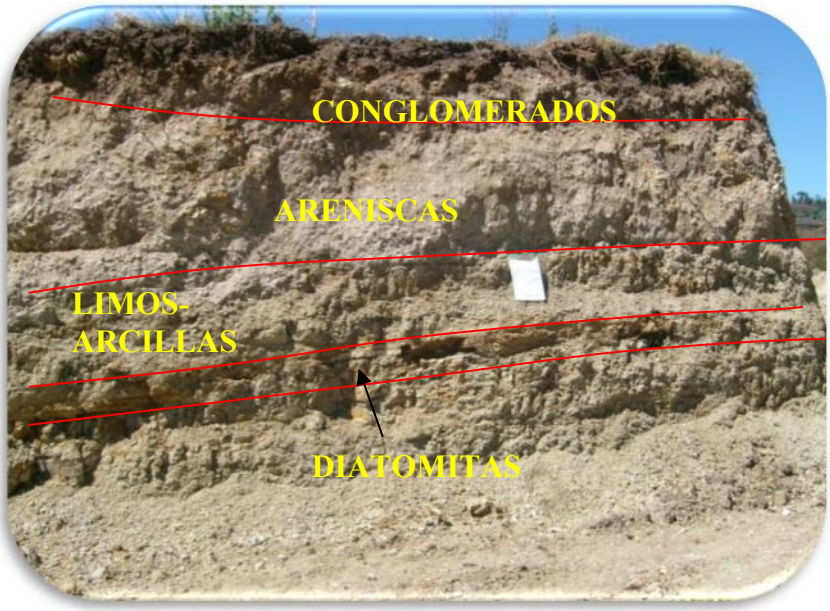


Figura 16. Registro fotográfico Afloramiento de conglomerados, areniscas con carbonatos y lutitas

Afloramiento Nº 9

Localizado en las coordenadas UTM: x=695548 y=9564408 h=2088, a pocos metros de la quebrada La Tenería al norte; consta de arcillas, areniscas carbonatadas, de color marrón-gris. También se observan pequeñas zonas de micro conglomerados con cantos <2 cm. Esta zona de afloramiento está totalmente meteorizada por las precipitaciones fluviales, o ya sea por la circulación de aguas, las mismas que van lixiviando las rocas carbonatadas, formando capas finas de costras de calizas y estalactitas; que corresponden a la Formación San Cayetano. Debido a la fuerte meteorización en esta zona en el afloramiento no se puede tomar medidas estructurales, y la zona aflorante es bien amplia (Ver figura 17).

Figura 17. Registro fotográfico Afloramiento de areniscas con carbonatos y arcillas

Afloramiento Nº 10

Localizado en las coordenadas UTM: x= 695087 y=9566388 h=2301, en el Barrio Zalapa Bajo cerca de la carretera de acceso a la Cede de Predesur, en el camino de herradura; consta de conglomerados, con cantos bien redondeados de rocas volcánicos (tobas 70%), metamórfico (28%) 1-30 cm de diámetro; de color blanco. En una matriz areno-limosa, también se observan escasos cantos de cuarzo de veta (2%). Estos conglomerados afloran a lo largo del camino, donde no se puede apreciar las dimensiones y medidas estructurales del afloramiento (Ver figura 18).

Figura 18. Registro fotográfico Afloramiento de conglomerados

Afloramiento Nº 11

Localizado en las coordenadas UTM: x=694527 y=9567906 h=2388, en el Barrio Zalapa Alto en el canal de Santiago cerca de la Escuela; se observan conglomerados, en su totalidad los cantos son de origen volcánico (tobas 85%) <20 cm y escasos cantos de metamórfico (15%), en una matriz areno-limosa de color blanco-gris. No se observan estructuras primarias. Tiene una altura de 7 m, por 50 m de ancho. A pocos metros de este afloramiento al oeste, se observa el contacto con el basamento de la cuenca, donde se evidencia con una zona de deslizamiento, que afecta en su totalidad al canal de Santiago (Ver figura 19).

Figura 19. Registro fotográfico Afloramiento de conglomerados

Afloramiento Nº 12

Localizado en las coordenadas UTM: x= 695019 y=9569032 h=2381, en el Barrio Zalapa Alto, a pocos metros de la hacienda de Julio Burneo; consta de capas métricas de conglomerados con cantos bien redondeados <15 cm de tobas, en matriz arenosa, limosa y tobacea. También se observan lentes de areniscas de color marrón e interdigitaciones de limos del mismo color. Presenta los siguientes datos estructurales rumbo 110˚/ buzamiento 20˚SE. Tiene una altura de 12 m, por 30 m de ancho.

Figura 20. Registro fotográfico Afloramiento de conglomerados e interdigitaciones de limos

Afloramiento Nº 13

Localizado en las coordenadas UTM: x= 695199 y=9567632 h=2304, en el Barrio Zalapa Alto en el camino a la Quebrada El Chirimoyo; consta de depósitos piro clásticos (tobas volcánicas), la parte superior un poco meteorizada, mientras que en la parte inferior se observa la estratificación de pocos centímetros (1-100cm). Presenta los siguientes datos estructurales rumbo 350˚/ buzamiento 55˚NW. Tiene una altura de 10m, por 40m de ancho (Ver figura 21).

Figura 21. Registro fotográfico Afloramiento de tobas volcánicas

Afloramiento Nº 14

Localizado en las coordenadas UTM: x=694967 y=9568758 h=2379, en el Barrio Zalapa Alto, en la carretera del canal de Santiago cerca de la Hacienda de Julio Burneo; se observan tobas volcánicas competentes donde mantiene la estratificación centimétrica por su competencia. No se evidencia meteorización pero si tienen un alto grado de diaclasamiento, de allí su fragmentación. Presenta los siguientes datos estructurales rumbo 68˚/ buzamiento 13˚NE. Tiene una altura de 3 m, por 10 m de ancho. Debido a la fuerte fragmentación por diaclasamiento, este material en este sector es aprovechado como lastre para las vías del lugar (Ver figura 22).

Figura 22. Registro fotográfico Afloramiento de tobas volcánicas

Afloramiento Nº 15

Localizado en las coordenadas UTM: x= 693978 y=9568936 h=2567, en el Barrio Zalapa Alto cerca de la vía a Cuenca; se observan Volcánicos (tobas), totalmente meteorizados y alterados a caolinita, color naranja-blanco de textura sedosa. Tiene una altura de 6 m, por 5m de ancho (Ver figura 23).

Figura 23. Registro fotográfico Afloramiento de caolinita

Afloramiento Nº 16

Localizado en las coordenadas UTM: x=696959 y=9564684 h=2080, a pocos metros de la Iglesia de Motupe cerca de la carretera a Zalapa; se observa claramente los coluvios que están sobre areniscas de color naranja un poco meteorizadas, donde el contacto parece ser horizontal. En este afloramiento se puede ver el coluvio de color gris a azulado, debido al alto contenido de grafito, también presenta bloques angulosos desde pocos centímetros a varios metros de roca metamórfica, que posiblemente fueron arrastrados por gravedad desde el cerro Villonaco, a su vez se observa clastos pequeños de veta de cuarzo de color blanco. Tiene una altura de 1.5m, por 10m de ancho (Ver figura 24).

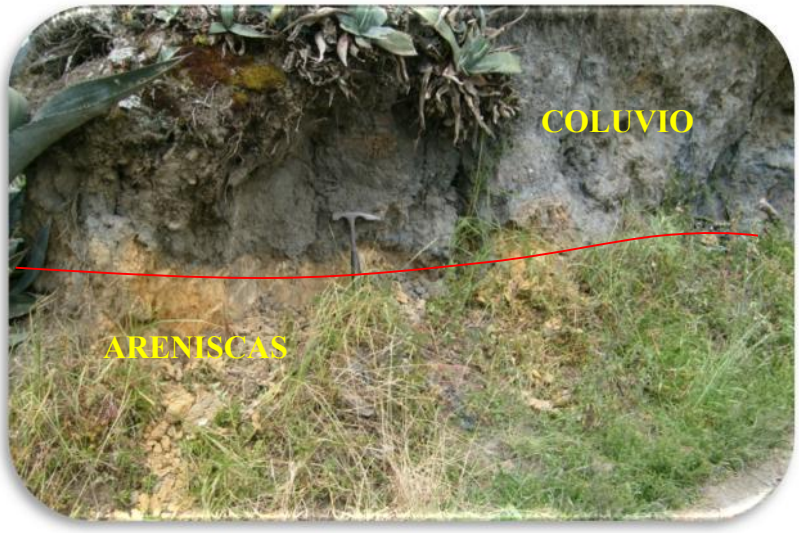


Figura 24. Registro fotográfico Afloramiento de areniscas y coluvio

4.2.4. Estructural.

La zona de estudio, está atravesada por dos fallas normales locales en sentido N-S, y dos fallas perpendiculares en sentido E-W. La fotografía muestra una falla normal trasversal E-W, por donde corre la Quebrada de Cumbe, aquí se puede observar el espejo de falla. (Ver figura 25). Presenta un azimut 70 grado y un buzamiento de 80SE grados.

Figura 25. Registro fotográfico falla 1.

Las fallas Norte-Sur son de tipo longitudinales que atraviesan a lo largo de la zona de estudio (Ver figura 26), tiene un azimut de 340 grados, donde es difícil determinar el buzamiento de las mismas.

Figura 26. Registro fotográfico falla 2 y 3.

Al Sur de la zona cerca a la quebrada cumbe, se encuentra una estructura plegada de tipo anticlinal, donde es evidente la tectónica debido a la falla 1 que atraviesa en sentido E-W (Figura 25), afectando a la formación San Cayetano existiendo una relación directa con la actividad tectónica del lugar.

Figura 27. Registro fotográfico Anticlinal por actividad tectónica

4.2.5. Geología a detalle

Para la realización de la geología a detalle se utilizó la observación directa y descripción de afloramientos presentes a lo largo del deslizamiento traslacional, se recolecto muestras de suelo y roca. En base a esto dentro de la geología puntual del área de estudio podemos distinguir la presencia clara de la Unidad Chiguinda, como basamento, suelos arcillosos, depósitos coluviales y material residual cerca de la quebrada cumbe.

Calicatas

Figura 28. Registro fotográfico calicatas.

Son excavaciones en el subsuelo que permiten la observación y la caracterización de las capas litológicas del suelo, en un método directo de exploración que normalmente entrega la información más confiable dependiendo del grado de interpretación de los resultados y la aplicación de los mismos, en nuestro sector de estudio se realizo 3 calicatas de un metro de ancho y la profundidad varía en cada excavación dependiendo de donde se encontró la roca fresca, se esta forma se recogió información sobre las capas de suelo susceptibles a deslizamientos y la caracterización que permita las medidas correctas para contención de los mismos.

CALICATA 1

Figura 29. Registro fotográfico calicata 1.

Se encuentra en las coordenadas UTM: 694328,212 - 9567442,872, Z=2347 realizada en el estudio del deslizamiento (DBZ- 19), el ancho es de 1 metro y la profundidad 1,80m, el lugar en su totalidad posee pastizales. Las características de esta calicata es de color café desde el inicio con presencia de arcillas y en la base presencia de esquistos micáceos pertenecientes a la Formación Chiguinda.

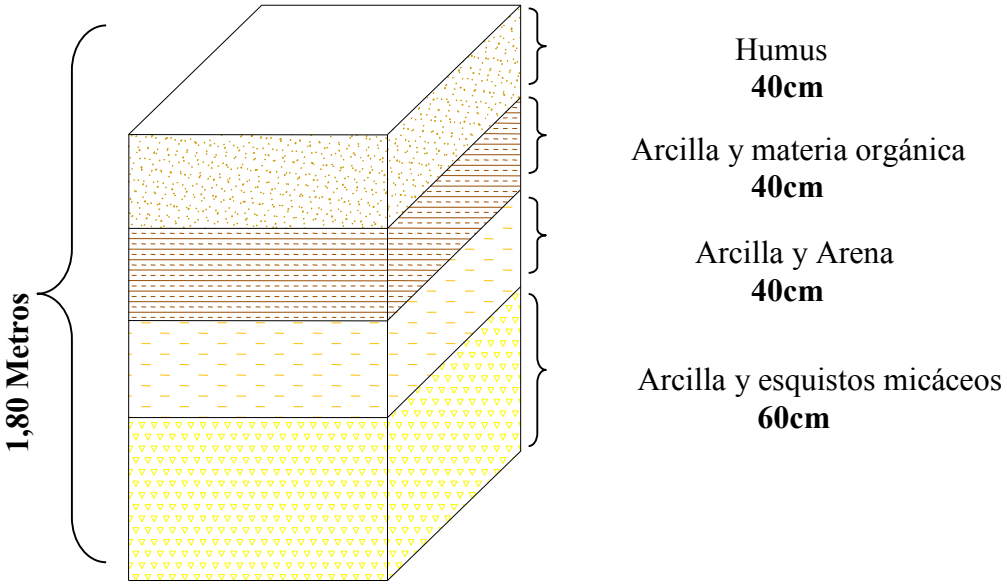


Figura 30. Perfil litológico calicata 1.

CALICATA 2

Figura 31. Registro fotográfico calicata 2.

Excavación ubicada en las coordenadas UTM: 694397,669 - 9567398,781 Z= 2342, tiene una dimensión de 1,10m de altura x 1m de ancho, la primera capa es de humus y materia orgánica, la segunda consta de una capa de arcillas con presencia de oxidación, en la siguiente capa se encontró material areno-arcilloso de color verde amarillento y en la cuarta capa se encontró arcillas de coloración morada.

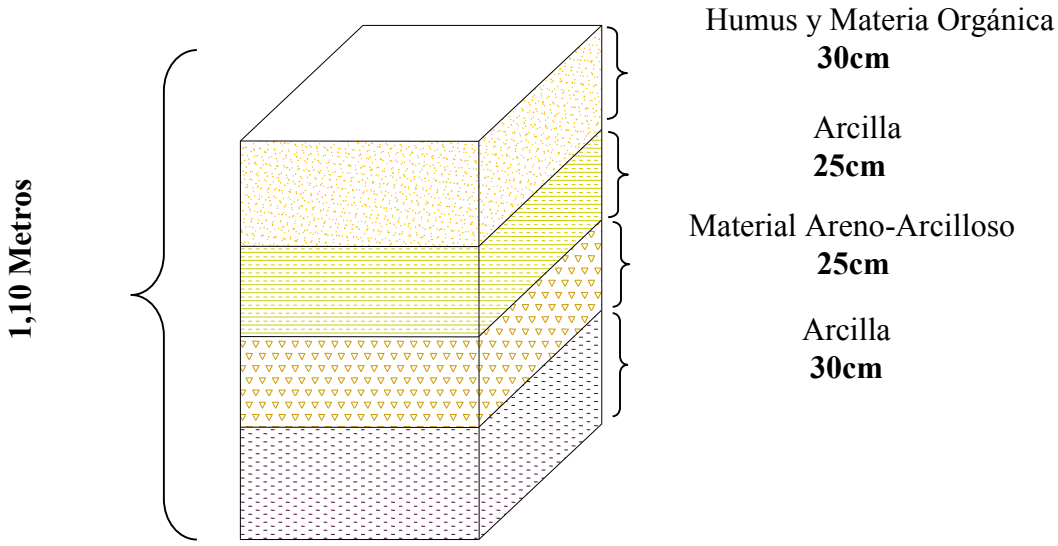


Figura 32. Perfil litológico calicata 2.

CALICATA 3

Figura 33. Registro fotográfico calicata 3.

Ubicada en las coordenadas UTM: 694208,219-9567397,461, Z= 2346 tiene una profundidad de 1,80 m y un ancho de 1 m, se observa la presencia de material areno-limoso desde el inicio de la calicata hasta el final con intercalaciones de arcillas pertenecientes a la Formación Chiguinda.

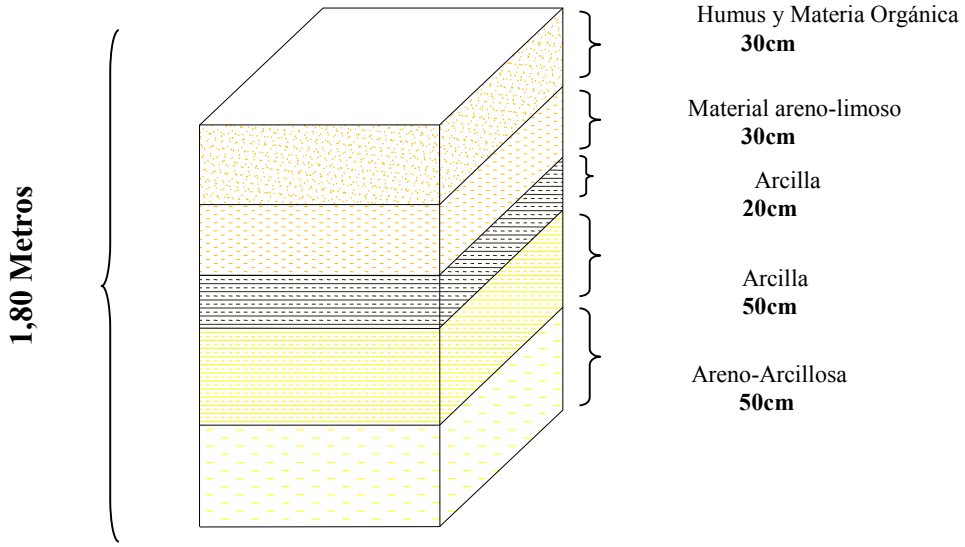


Figura 34. Perfil litológico calicata 3.

Descripción de afloramientos del deslizamiento DBZ-19

Afloramiento Nº 1

Ubicado en las coordenadas UTM: 694377,043 - 9567508,812 y una altitud 2370 m.s.n.m; está compuesto de conglomerados de color blanquecino, con clastos redondeados y subredondeados, el tamaño de los clastos varía desde 0.5 cm hasta 15cm.

Los clastos de sedimentos volcánicos, esquistos sericiticos, cuarcitas, cuarzo, arcillolitas, con una matriz areno-limosa poco sementada con una potencia de 3,5m con intercalaciones de arenisca de grano medio oxidada con potencias de 35cm, existe la presencia de fracturas verticales 75º NE y horizontales 4º NE el rumbo azimutado es de 50º y el buzamiento de 43º SW

Figura 35. Registro fotográfico afloramiento de conglomerados.

Afloramiento Nº 2

Ubicado en las coordenadas UTM: 694385,041-9567475,09 y una altitud de 2356 m.s.n.m; en el Barrio Zalapa Alto cerca de la carretera de segundo orden, está compuesto de rocas metamórficas de color café claro, con una matriz areno-limosa. Tiene una potencia de 2m, pertenece a la Formación Chiguinda.

Figura 36. Registro fotográfico afloramiento de rocas metamórficas.

Afloramiento Nº 3

Ubicado en las coordenadas UTM: 694270,204-9567482,038 , a una altitud de 2365 m.s.n.m; en el Barrio Zalapa Alto cerca de la carretera de segundo orden, está compuesto de roca metamórfica de color café claro, con presencia de esquistos sericiticos, con una potencia de 3m, la matriz es areno-limosa, el rumbo azimutado es de 25º y el buzamiento de 20º SE.

Figura 37. Registro fotográfico afloramiento de esquistos sericiticos.

Afloramiento Nº 4

Ubicado en las coordenadas UTM: 694236,596-9567435,664 , a una altitud de 2365,5 m.s.n.m; en el Barrio Zalapa Alto cerca de la quebrada el Gallo, está compuesto de roca metamórfica de color amarillento, con presencia de bloques, el tamaño de los bloques varía desde 10 cm hasta 15cm, poseen capas foliadas, fracturas que van de 0,1mm a 0,2mm, existe la presencia de esquistos sericiticos, con una potencia de 6m, la matriz es areno-limosa, el rumbo azimutado es de 198º y el buzamiento de 8º SW. Pertenece a la Formación Chiguinda.

Figura 38. Registro fotográfico afloramiento de esquistos sericiticos meteorizados.

Afloramiento Nº 5

Ubicado en las coordenadas UTM: 694268,467-9567414,143 , a una altitud de 2348 m.s.n.m; en el Barrio Zalapa Alto cerca de la quebrada el Gallo, se observa la presencia de roca metamórfica de color café rojizo, con presencia de bloques, el tamaño de los bloques varía desde 0,5 cm hasta 12cm, poseen capas foliadas, fracturas que van de 0,1mm a 0,2mm, existe la presencia de esquistos micáceos, con una potencia de 15m, la matriz es areno-limosa, el rumbo azimutado es de 127º y el buzamiento de 4º SW.

Figura 39. Registro fotográfico afloramiento de rocas metamórficas meteorizadas.

4.2.6. Descripción de muestras

Muestra de suelo N. 1 código MS 1

Este suelo es medianamente acido, con característicos de suelos deficientes en calcio o magnesio que debería ser encalado. El desarrollo de los cultivos es pobre debido a la baja capacidad de cationes cambiables y posible toxicidad de Aluminio. Se presume carencia (deficiencia) de (P) Fosforo. De acuerdo al nombre vulgar de los suelos es generalmente suelos Francos, de textura moderadamente gruesa. Su clase textural, según la U.S.D.A es suelo "Franco Arenoso", en donde la cantidad de Arena es de 52,8%; la cantidad de Limo es de 32,4% y la cantidad de Arcilla es de 14,8%. Su humedad es moderada, el color del subsuelo es café claro y es poco plástico y parcialmente cohesivo. Estos suelos son medianamente erosionables por agua y transporte.

Muestra de suelo N. 2 código MS 2

Este suelo es ligeramente acido, es decir de acidez débil casi invariable, característicos de suelos bajo en cal y debería ser monitoreado. De acuerdo al nombre vulgar de los suelos es generalmente suelos Francos, de textura moderadamente gruesa. Su clase textural, según la U.S.D.A es suelo "Franco Arenoso", en donde la cantidad de Arena es de 52,0%; la cantidad de Limo es de 42,4% y la cantidad de Arcilla es de 5,60%. Su humedad es moderada, es de color blanco gris y es poco plástico y parcialmente cohesivo. Estos suelos son medianamente erosionables por agua y transporte.

Muestra de suelo N. 3 código MS 3

Este suelo es ligeramente acido, característicos de suelos bajo en cal y debería ser monitoreado. De acuerdo al nombre vulgar de los suelos es generalmente suelos Francos, de textura moderadamente gruesa. Su clase textural, según la U.S.D.A es suelo "Franco Arenoso", en donde la cantidad de Arena es de 50%; la cantidad de Limo es de 42,4% y la cantidad de Arcilla es de 7,60%. Su humedad es moderada, es de color café rojizo y es poco plástico y parcialmente cohesivo. Estos suelos son medianamente erosionables por agua y transporte.

Muestreo de rocas

El muestreo de Rocas, tuvo como objetivo la obtención de muestras representativas que nos permitan conocer las propiedades físico-mecánicas. Y con la ayuda del laboratorio geoquímico de la Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial de la Universidad Nacional de Loja, se logro identificar las muestras que nos dio como resultado la presencia de esquistos micáceos, cuarcitas, cuarzo que pertenecen a la Formación Chiguinda.

4.2.7. Geotecnia.

Es la aplicación de la mecánica de suelos y rocas tanto a las obras de ingeniería civil (diseño y construcción) como a la conservación del medio ambiente. Esta disciplina es esencial para el desarrollo de nuestro proyecto, especialmente cuando determinadas propiedades del sustrato condicionan la elección de alternativas de emplazamiento o la introducción de adecuadas técnicas de fundación, producto de obras ingenieriles mal realizadas y por factores condicionantes y desencadenantes que pueden ser naturales o antropicos.

Factores condicionantes y desencadenantes

Análisis de factores condicionantes.

Los factores condicionantes son aquellos denominados también como factores pasivos ya que dependen de su propia naturaleza, forma y estructura del terreno.
En lo concerniente a factor condicionante existe:

El principal drenaje que atraviesa la cuenca de Loja, lo constituye el río Zamora situado al Este del área de estudio, las aguas fluyen en dirección Sur-Norte, recibiendo varios tributarios entre los que se destacan, la quebrada del Chirimoyo, El Pailón, León pamba, cada una con varios ramales afluentes que aportan con un caudal considerable. Localmente la red hidrográfica del sector, se presenta medianamente densa, bastante

restringida y espaciada, cuya distribución genera una red de drenaje tipo sub dendrítico a dendrítico que derivan vertientes menores hacia la Quebrada de Caigua, que desemboca en la Quebrada del Chirimoyo que es parte de la cuenca del río Zamora.

La geodinámica de estudios realizados por otras entidades se ha llegado a saber que existe una falla geológica que afecta a un tramo del área de estudio y que abarca un deslizamiento de grandes dimensiones, dado este conocimiento es obvio decir que el movimiento en masa avanzará según las características presentes en el mismo que le permitan el movimiento.

Según los datos obtenidos de acuerdo al inventario establecido, se pudo apreciar que los factores que influyeron en la inestabilidad de los deslizamientos son relativos a la propia naturaleza a la disposición de la pendiente de laderas entre estas tenemos:

La geología, la litología, la estratigrafía de la roca (orientación y ángulo de inclinación), discontinuidades estratigráficas y estructurales. En la zona la foliación de las rocas metamórficas están a favor de la pendiente lo que produce desestabilización con el posterior, así mismo la presencia de zonas arcillosas en la Formación Trigal con la sobresaturación de agua producen flujos y reptaciones de suelo.

Los geomorfología en áreas con altas pendientes, geometría de los taludes de corte de las vías de acceso, topografía irregular con cambios bruscos de pendiente (Ver figura 40). Estos deslizamientos se dan en pendientes mayores a 40º.

Figura 40. Registro fotográfico. Deslizamiento traslacional en la quebrada El Pailón

Análisis de factores desencadenantes.

Llamados también activos, relacionan fuerzas externas que provocan la inestabilidad, los factores externos condicionan la magnitud y velocidad de un movimiento en masa, presentándose así los siguientes factores:

La precipitación de acuerdo a datos proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología se ha determinado que en el área de estudio los periodos de lluvias se dan con mayor intensidad en el periodo Enero - Abril, Los mismos que a su vez incrementan el aporte de agua que puede darse desde distintos canales naturales que existen en las diferentes zonas ya sea en el entorno o dentro del deslizamiento y a su vez provoca la saturación del suelo llevándolo a ganar peso para que con las fuerzas gravitacionales provoquen movimientos en masa como son los deslizamientos.

La aplicación de cargas: la existencia del canal de riego Santiago y la presencia de lagunas para riego y crianza de peces ha ocasionan la infiltración de agua por no poseer una adecuado sistema de drenaje para su desfogue y así evitar la inestabilidad en las laderas.

Naturales: las precipitaciones pluviales normales y extraordinarias, la filtración de agua pluvial en el terreno, las variaciones de temperatura, el mal uso de los sistemas de regadío con sobresaturación del suelo provocando inestabilidad con el posterior deslizamiento. Que pueden ser provocados por el exceso de riego donde se da la saturación del suelo (Ver figura 41).

Figura 41. Registro fotográfico. Deslizamiento rotacional y flujo en la quebrada Gallo

Antrópicos: Dentro de estos factores están la deforestación, quemas e incendios forestales, cortes de taludes para construcción de carreteras (ver figura 42). El asentamiento humano en las laderas, el uso indebido del suelo como también la excesiva de las actividades agrícolas.

Figura 42. Registro fotográfico. Deslizamiento traslacional cerca de la carretera de segundo orden.

4.2.8. Caracterización del deslizamiento DBZ-19

Descripción del deslizamiento Zalapa Alto (DBZ-19)

El deslizamiento codificado con las siglas **DBZ-19** se constituye como un deslizamiento representativo del sector por las siguientes causas:

1. Es uno de los más grandes posee un área es de 5,1 ha
2. Porque se encuentra cerca de la quebrada
3. Por la presencia de agua

Figura 43. Registro fotográfico DBZ-19.

El deslizamiento en el barrio Zalapa alto se encuentra entre las coordenadas UTM:

Cuadro 14. Ubicación del deslizamiento DBZ-19.

Coordenadas en X	**Coordenadas en Y**	**Cota Z**
694557	9567930	2320

Tiene forma elíptica en su vista de planta, con el eje mayor orientado en la dirección S W, su longitud es de 270m y su ancho de 130m. El deslizamiento actual posee un área aproximada de 5,1 Ha y un volumen total estimado de 759000 metros cúbicos establecido bajo morfometría, y el plano de falla se lo considera a una profundidad de 10 metros

El movimiento tiene un rumbo 50°NE, en donde la actividad del movimiento se encuentra en estado reactivo de estilo sucesivo y una distribución progresiva y

ensanchándose., con capas de metamórficas, conglomerado y sedimentarias que son las que más sobresalen con un espaciamiento <0.06. Las principales causas del movimiento son cada uno de los elementos naturales o artificiales que en relación al deslizamiento pueden provocar una activación total o parcial. Cada uno de estos factores se relaciona entre sí.

Clasificación del Movimiento

Figura 44. Registro fotográfico DBZ-19.

El deslizamiento es traslacional, este progresa indefinidamente a lo largo de la ladera hacia abajo, el tipo de material está constituido en su mayoría por materiales como suelos en un 75%, roca en un 20 %, detritos en un 5%; y suelos de ingeniería como cantos en un 30%, bloques en un 20%, gravas en un 20 %, arena en un 20%, limos en un 5% y material orgánico en un 5%. El suelo es húmedo y su plasticidad es baja debido a que el origen de este suelo es sedimentario, debido a esto el movimiento no es canalizado y su velocidad es de lento a moderado.

Para el presente proyecto se han definido los siguientes factores detonantes y condicionantes: En cuanto a los condicionantes está, el material colapsable tomado en cuenta por la presencia de material propenso a movimiento en épocas de precipitación como son las arcillas y conglomerado, otro de los factores es el material fallado por corte debido a la presencia de una falla geológica en el sector. Seguidamente están los detonantes, que son las lluvias con precipitaciones de 750 a 1650 mm anual, siendo el factor de mayor incidencia porque favorece a la inestabilidad del subsuelo al aportar una suficiente cantidad de agua a través de la presión que ejerce el líquido en los poros y fisuras del suelo a este se suma el hecho de la formación de corrientes de agua por la

superficie (escorrentía superficial), lo que favorece a los procesos de erosión, seguido esta la excavación del talud provocando inestabilidad de la misma, y en menor ocurrencia esta la vibración artificial producto del paso de vehículos pesados y livianos.

Suelos.

La generación de deslizamientos superficiales está directamente relacionada con la textura y profundidad de los suelos, principalmente. Las variables de permeabilidad, rigidez y dureza, son los elementos que permitirán o no el desencadenamiento de otros factores en un deslizamiento. De acuerdo a perfiles observados en el campo tenemos potencias de 1,80 metros es observable debido a que la mayor parte son zonas denudadas, en el perfil consta el horizonte (A) que posee un espesor de 40 cm, color café claro, arcilla de color amarillo y presencia de raíces.

El horizonte B se encontró arcilla y materia orgánica, con una profundidad de 40 cm.
El horizonte C compuesto de arcillas y arena con un espesor de 40 cm.
El horizonte D también posee arcillas y esquistos micáceos con una potencia de 60cm.

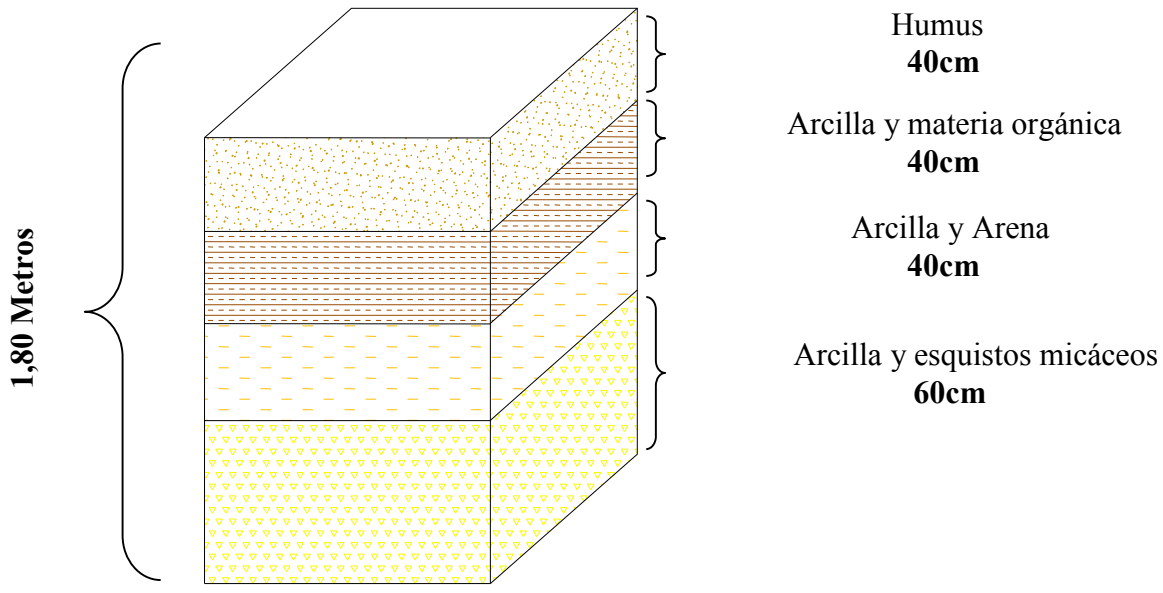


Figura 45. Perfil litológico DBZ-19.

Pendiente.

Este factor está ligado con el tipo de relieve y se refiere al grado de inclinación que presentan las laderas de los relieves, expresado en porcentaje caracterizándose así por poseer bancos de estabilidad de taludes con ángulos superiores a los 75 º medidos desde la base del mismo, tenemos pendientes mayores a 75% en la zona de conglomerado donde se produce el fenómeno, en zonas de arcilla, detritos y tierra tenemos ángulos entre el 45 y 55 % siendo las que se hallan en laderas poco inclinadas por lo que son menos susceptibles.

Cobertura vegetal.

Los movimientos en masa, dependen en gran medida de la cobertura vegetal generándose mayores problemas en terrenos desnudos o cubiertos con vegetación herbácea, lo contrario ocurre con la vegetación boscosa, cuyas raíces hacen las veces de anclas, pero que en zonas cercana a filos de taludes se convierten una carga para los suelos, tornando a la zona más vulnerables a movimientos en masa. Se reconoce 3 tipos de vegetación en el sector, la primera es herbácea que se encuentra en la corona del deslizamiento en un 70%, un 20% de cultivos una pequeña parte de matorrales alrededor del mismo.

Daños a infraestructuras y actividades económicas.

Este deslizamiento afecta principalmente a la vía de segundo orden que comunica al barrio Zalapa ocasionando daños severos como son:

1. Incomunicación.
2. Mal funcionamiento del canal.
3. Represamiento en la quebrada.
4. Falta de intercambio comercial.

La principal actividad económica es la agrícola y ganadera debido a que los productores no pueden comercializar sus productos hacia la ciudad.

Conclusiones del deslizamiento DBZ-19.

El mayor desencadenante para que se produzca el movimiento es la lluvia lo cual favorece a los procesos de erosión, seguido esta la excavación del talud provocando inestabilidad de la misma, y en menor ocurrencia esta la vibración artificial producto del paso de vehículos pesados y livianos.

Descripción del deslizamiento Zalapa Alto (DBZ-19A)

El deslizamiento codificado con las siglas **DBZ-19A** se constituye como un deslizamiento representativo del sector por las siguientes causas:

4. Se encuentra dentro de un movimiento en masa múltiple
5. Porque se encuentra cerca de la quebrada
6. Por la presencia de agua

Figura 46. Registro fotográfico DBZ-19A.

El deslizamiento en el barrio Zalapa alto se encuentra entre las coordenadas UTM:

Cuadro 15. Ubicación geográfica del deslizamiento DBZ-19A.

Coordenadas en X	Coordenadas en Y	Cota Z

694299,62	9567369,611	2335

Tiene forma elíptica en su vista de planta, con el eje mayor orientado en la dirección N E, su longitud es de 20m y su ancho de 35m. El deslizamiento actual posee un área aproximada de 120 m^2 y un volumen total estimado de 1400 metros cúbicos establecido bajo morfometría. El plano de falla se lo considera a una profundidad de 6 metros

El movimiento tiene un rumbo 60°NE, en donde la actividad del movimiento se encuentra en estado reactivo de estilo único y una distribución progresiva y ensanchándose., con capas de metamórficas y arcillas que son las que más sobresalen con un espaciamiento <0.06. Las principales causas del movimiento son cada uno de los elementos naturales o artificiales que en relación al deslizamiento pueden provocar una activación total o parcial. Cada uno de estos factores se relaciona entre sí.

Figura 47. Registro fotográfico DBZ-19A.

El deslizamiento es traslacional, el tipo de material está constituido en su mayoría por materiales como suelos en un 80%, detritos en un 15%, roca en un 5%; y suelos de ingeniería como arena en un 40%, limos en un 30%, material orgánico en un 25% y cantos en un 5%. El suelo es húmedo y su plasticidad es baja debido a que el origen de este suelo es residual, debido a esto el movimiento no es canalizado y su velocidad es de moderado a rápido.

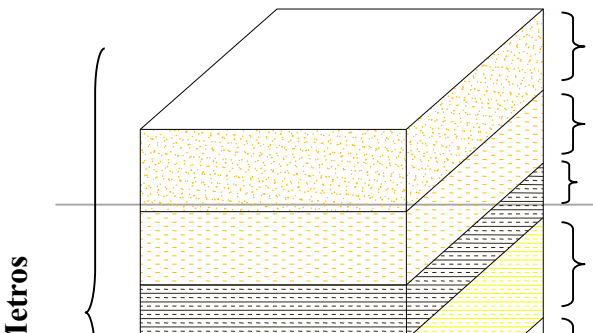
Para el presente proyecto se han definido los siguientes factores detonantes y condicionantes:

En cuanto a los condicionantes está, el material colapsable, sensible y meteorizado tomado en cuenta por la presencia de material propenso a movimiento en épocas de precipitación como son las arcillas, otro de los factores es el material fallado por corte debido a la presencia de una falla geológica en el sector.

Seguidamente están los detonantes, que son las lluvias con precipitaciones de 750 a 1650 mm anual, siendo el factor de mayor incidencia porque favorece a la inestabilidad del subsuelo al aportar una suficiente cantidad de agua a través de la presión que ejerce el líquido en los poros y fisuras del suelo a este se suma el hecho de la formación de corrientes de agua por la superficie (escorrentía superficial), lo que favorece a los procesos de erosión, seguido esta la excavación del talud provocando inestabilidad de la misma, y en menor ocurrencia esta la vibración artificial producto del paso de vehículos pesados y livianos.

La generación de deslizamientos superficiales está directamente relacionada con la textura y profundidad de los suelos, principalmente. Las variables de permeabilidad, rigidez y dureza, son los elementos que permitirán o no el desencadenamiento de otros factores en un deslizamiento. De acuerdo a perfiles observados en el campo tenemos potencias de 1,80 metros es observable debido a que la mayor parte son zonas denudadas, en el perfil consta el horizonte (A) que posee un espesor de 30 cm, color café claro, humus y materia orgánica y presencia de raíces.

El horizonte B se encontró material areno-limoso, con una profundidad de 30 cm.
El horizonte C compuesto de arcillas con un espesor de 50 cm.
El horizonte D también posee material areno-arcilloso con una potencia de 50cm



Humus y Materia Orgánica
30cm

Material areno-limoso
30cm

Arcilla
20cm

Arcilla
50cm

Figura 48. Perfil litológico DBZ-19A.

Este factor está ligado con el tipo de relieve y se refiere al grado de inclinación que presentan las laderas de los relieves, expresado en porcentaje caracterizándose así por poseer bancos de estabilidad de taludes con ángulos superiores a los 65º medidos desde la base del mismo, tenemos pendientes mayores a 50% en la zona residual donde se produce el fenómeno, en zonas de arcilla, detritos y tierra tenemos ángulos entre el 45 y 55% siendo las que se hallan en laderas poco inclinadas por lo que son menos susceptibles.

Los movimientos en masa, dependen en gran medida de la cobertura vegetal generándose mayores problemas en terrenos desnudos o cubiertos con vegetación herbácea, lo contrario ocurre con la vegetación boscosa, cuyas raíces hacen las veces de anclas, pero que en zonas cercana a filos de taludes se convierten una carga para los suelos, tornando a la zona más vulnerables a movimientos en masa.

Se reconoce 2 tipos de vegetación en el sector, la primera es herbácea que se encuentra en la corona del deslizamiento en un 70%, un 30% de matorrales alrededor del mismo. En el sector se distinguió un solo uso del suelo para el desarrollo de la comunidad como es la actividad ganadera 100%.

El mayor desencadenante para que se produzca el movimiento es la lluvia lo cual favorece a los procesos de erosión, seguido esta la excavación del talud provocando inestabilidad de la misma, debido a la presencia de la quebrada que existe en el sector.

Descripción del deslizamiento (DBZ -19B)

El presente deslizamiento es motivo de estudio debido a los siguientes factores:

- Es uno de los más representativos debido a que se encuentra dentro de un deslizamiento múltiple que abarca una gran área de afectación e incidencia.
- Debido al material que presenta lo considera como un área muy susceptible a movimientos en masa por la presencia de agua.

El deslizamiento DBZ-19B se encuentra en el barrio Zalapa alto; se halla ubicada en las siguientes coordenadas UTM:

Cuadro 16. Ubicación geográfica del deslizamiento DBZ-19B

Coordenadas en X	Coordenadas en Y	Cota
694344,084	9567392,311	2330

Presenta una gran potencia, con el eje mayor orientado en la dirección S-E, su longitud es de 27,48m y su ancho de 40m.

El DBZ-19B posee un área de afectación de 164,88 m^2 aproximadamente y un volumen total estimado de 3633,6 m^3. El plano de falla se lo considera a una profundidad de 6 m.

Las principales causas del movimiento son cada uno de los elementos naturales o antrópicos que en relación al deslizamiento pueden provocar una activación total o parcial.

Figura 49. Registro fotográfico DBZ-19B.

Se pudo observar que el deslizamiento se encuentra en estado reactivo, tiene un estilo único y su distribución es progresiva y ensanchandose, caracterizado por la presencia de cobertura vegetal, extendiéndose en la misma dirección de superficie de falla, con capas de rocas metamórficas y arcillas que son las que más sobresalen con una dirección de buzamiento de W-E y un rumbo orientado hacia el sur.

El deslizamiento es traslacional, este progresa indefinidamente a lo largo de la ladera hacia abajo, el tipo de material está constituido en su mayoría de suelo en un 60%, de detritos en un 25% y de roca en un 15%; en cuanto a los suelos de ingeniería presenta arena en un 35%, limos en un 30%, materia orgánica en un 25% y bloques en un 10%. El suelo es húmedo y su plasticidad es baja debido a que el origen de este suelo es coluvial, es un movimiento no es canalizado y su velocidad es moderada.

Para el presente movimiento en masa se han definido los siguientes factores condicionantes y detonantes:
En cuanto a los condicionantes esta, el material plástico débil, material fallado por corte; afectando a la estabilidad del talud y presenta un diferencia en permeabilidad de materiales.

Posteriormente determinamos los detonantes, que en el caso de este deslizamiento es ocasionado por la presencia de lluvias, presenta una precipitación de 750-1650 mm anual siendo el factor de mayor incidencia porque favorece a la inestabilidad del

subsuelo al aportar una considerable cantidad de agua a través de la presión que ejerce el líquido en los poros y fisuras del suelo, a este se suma el hecho de la formación de corrientes de agua por la superficie (escorrentía superficial), lo que favorece a los procesos de erosión, seguido esta la excavación del talud provocando inestabilidad de la misma.

La generación de deslizamientos superficiales está directamente relacionada con la textura y profundidad de los suelos, principalmente. Las variables de permeabilidad, rigidez y dureza, son los elementos que permitirán o no el desencadenamiento de otros factores en un deslizamiento. De acuerdo al perfil litológico observado tenemos que en la primera capa es de humus y materia orgánica, la segunda consta de una capa de arcillas con presencia de oxidación, en la siguiente capa se encontró material areno-arcilloso de color verde amarillento y en la cuarta capa se encontró arcillas de coloración morada.

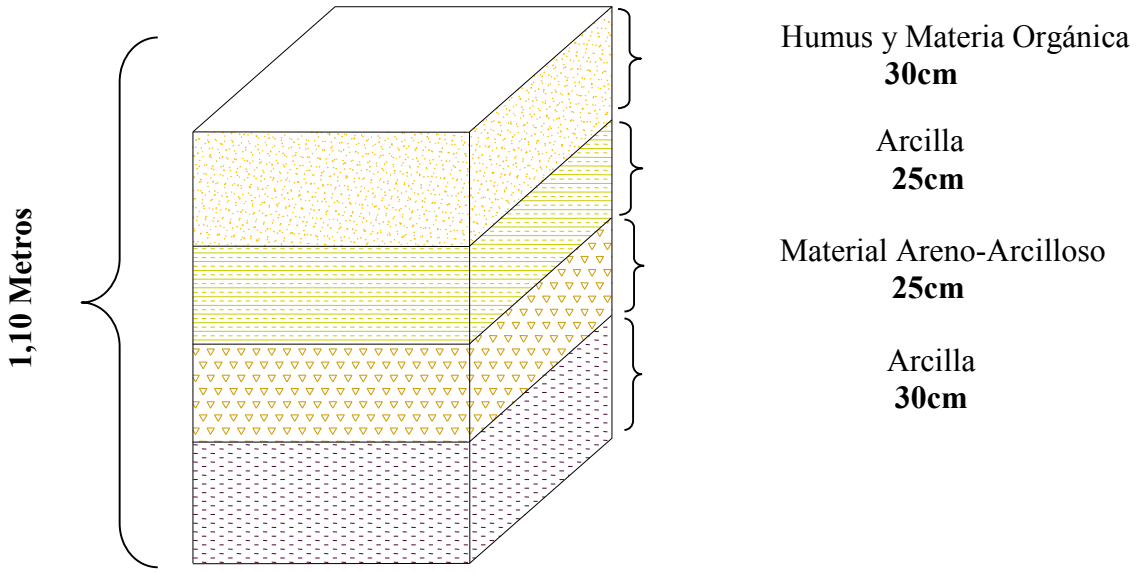


Figura 50. Perfil litológico DBZ-19B.

Este factor está ligado con el tipo de relieve y se refiere al grado de inclinación que presentan las laderas de los relieves, expresado en porcentaje; así, los materiales que se encuentren con pendientes 40-50%.

Los movimientos en masa, dependen en gran medida de la cobertura vegetal generándose mayores problemas en terrenos desnudos o cubiertos con vegetación herbácea, lo contrario ocurre con la vegetación boscosa, cuyas raíces hacen las veces de anclas, pero que en zonas cercana a filos de taludes se convierten una carga para los suelos, tornando a la zona más vulnerables a movimientos en masa. Se reconoció 1 tipo de cobertura en el sector, es herbácea en su totalidad. En el sector se distinguió un solo uso del suelo para el desarrollo de la comunidad como es la ganadera en un100%.

Las principales actividades económicas son ganaderas y agrícolas, ya que sus terrenos han sido afectados por los sucesivos movimientos geológicos acaecidos en la zona.

De lo mencionado se puede concluir lo siguiente:

- El principal desencadenante que se observa en el sector de estudio es la lluvia.
- Debido a la topografía y por sus pendientes el terreno es susceptible a la ocurrencia de un movimiento en masa.

4.3. Susceptibilidad.

El mapa de susceptibilidad nos permitió zonificar las unidades del terreno que muestran una actividad de deslizamientos similar o de igual potencial de inestabilidad, la cual se la obtuvo de un análisis entre los factores que pueden producir un movimiento en masa. Aquí definimos la primera zonificación, parte de un mapa de inventario y define los factores condicionantes y desencadenantes, se define los grados de susceptibilidad presentes en el barrio Zalapa.

El análisis realizado nos da como resultado que las áreas de susceptibilidad baja a los movimientos en masa se localiza en la parte de Zalapa bajo. Las áreas consideradas mediana susceptibilidad a los movimientos en masa se encuentran en el sector Zalapa bajo hacia el este, las áreas consideradas como de alto grado de susceptibilidad se encuentran en su gran mayoría se localizan cerca a las casas y quebradas; las zonas de muy alta susceptibilidad se encuentran en la parte de Zalapa alto hacia el noroeste especialmente en el deslizamiento caracterizado.

Los resultados obtenidos se clasificaron dependiendo del rango obtenido en la sumatoria de pesos relativos en superposición de mapas (ver anexos mapa de susceptibilidad).

Cuadro 17. Tabla Susceptibilidad

Peso Relativo	Susceptibilidad	Rango
1	Baja	0-6
2	Media	7-10
3	Alta	11-13
4	Muy Alta	14-17

Cuadro 18. Resultados de susceptibilidad

Susceptibilidad	(%)
Baja	4,91
Media	35,12
Alta	44,22
Muy alta	15,75
TOTAL	100

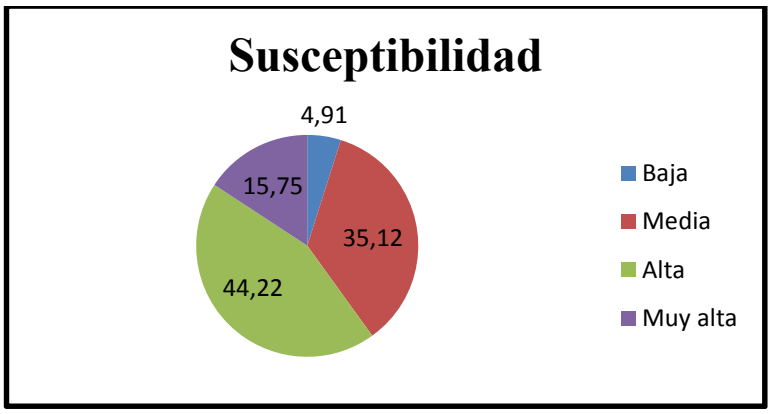


Figura 51. Resultados de susceptibilidad

4.4. Medidas de prevención y control

Está referido a todas aquellas actividades destinadas a evitar la posibilidad de que se presenten riesgos o amenazas, en este caso a movimientos en masa. En el área de estudio existe la presencia de tres zonas claramente delimitadas las cuales representan la posibilidad de que se produzca un riesgo o una amenaza; por lo que se ha planteado un

programa de Prevención que incluye la participación de actores Sociales y Políticos además de la parte Económica.

Diseño de las principales medidas de prevención

De acuerdo a los resultados obtenidos es necesaria la elaboración de obras de ingeniería que ayuden a estabilizar el movimiento en masa.

A continuación se propone tres medidas de estabilización:

- Cunetas de coronación.
- Drenajes.

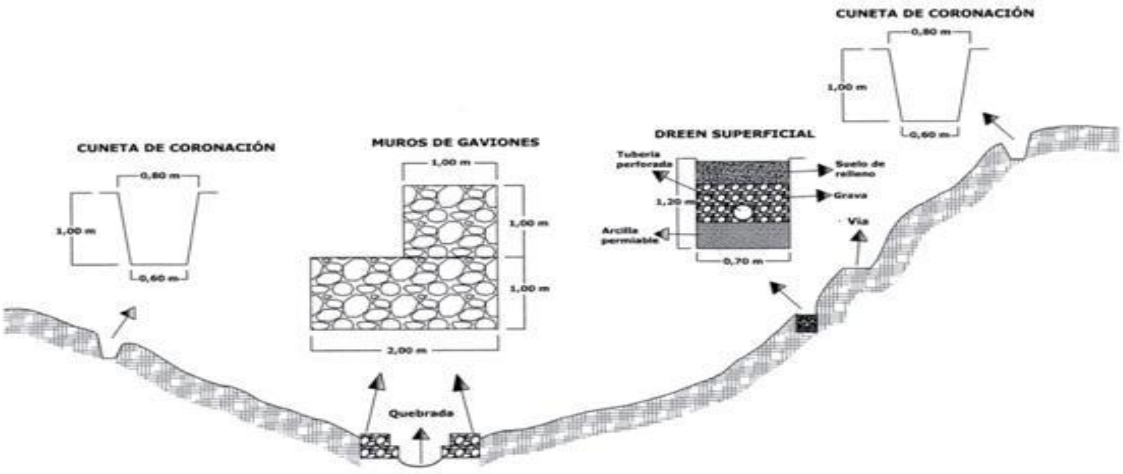


Figura 52. Diseño de las principales medidas de prevención

Zanjas de corona o cunetas de coronación (DBZ-19)

Las zanjas en la corona o parte alta de un talud son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas lluvias, evitando su paso por el talud.

La zanja de coronación no debe construirse muy cerca al borde superior del talud, para evitar que se conviertan en el comienzo y guía de un deslizamiento en cortes recientes o de una nueva superficie de falla (movimiento regresivo) en deslizamientos ya

producidos; o se produzca la falla de la corona del talud o escarpe. Se recomienda que las zanjas de coronación sean totalmente impermeabilizadas, así como debe proveerse una suficiente pendiente para garantizar un rápido drenaje del agua captada. Sin embargo se anota que a pesar de lograrse originalmente una impermeabilización, con el tiempo se producen movimientos en el terreno que causan grietas en el impermeabilizante y por lo tanto infiltraciones que conllevan a una disminución de la resistencia del suelo y por ende a su falla. La recomendación de impermeabilizar se debe adicionar con un correcto mantenimiento. Se sugiere que al menos cada dos años se deben reparar las zanjas de coronación para impermeabilizar las fisuras y grietas que se presenten.

Las dimensiones y ubicación de la zanja pueden variar de acuerdo a la topografía de la zona y al cálculo previo de caudales colectados. Generalmente, se recomienda una zanja rectangular de mínimo 60 centímetros de ancho y 1 metro de profundidad. Se procura que queden localizadas a lo largo de una curva de nivel para un correcto drenaje y que estén suficientemente atrás de las grietas de tensión en la corona. La separación mínima recomendada es de tres metros del borde de la corona.

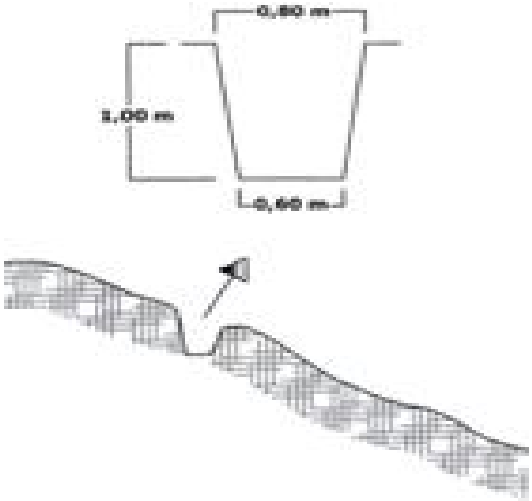


Figura 53. Cuneta de coronación

Drenaje superficial:

Se define como una red o conjunto de redes que como función tienen recoger la escorrentía superficial.

Se considera los siguientes factores:

- Topográficos (altitud, espacio disponible, posible punto de desagüe de cada red).
- Climatológicos (régimen secos, régimen de lluvias).
- Geotécnicos (naturaleza y condiciones de los suelos).
- Los canales son excavados de forma paralela a la corona del talud.

Las medidas de la zanja se recomienda sean las mejores para garantizar a los obreros un trabajo seguro y cómodo, el material retirado de la misma debe ser colocado de forma que no se cree una sobre carga sobre el talud y se incremente el riego de movimientos de masa.

La tubería a utilizar es de tipo PVC corrugada y perforada con un diámetro nominal de 110 mm.

El diseño geométrico de la zanja como de la ubicación de la tubería lo detallamos a continuación:

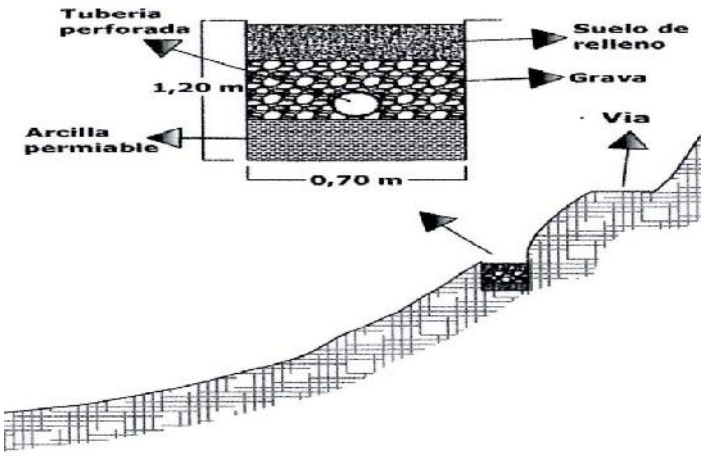


Figura 54. Drenaje superficial

La totalidad en cuanto a longitud de los drenes es de 205 m. aproximadamente, por lo que se utilizará 10 rollos de tubería ya especificada, de 20 m. cada uno. Dicha tubería estará debidamente impermeabilizada con una capa de arcilla permeable en la parte inferior del canal, una capa de grava y finalmente una capa de suelo orgánico, tal como se observa en la figura 34.

Diseño de las medidas de Control

Encierra todas aquellas actividades destinadas a controlar la amenaza antes de que se produzca el riesgo y pueda afectar a la comunidad o a infraestructuras físicas. Estas actividades por lo general son obras de ingeniería destinadas a retener o controlar el movimiento de la masa desplazada.

Muros

De acuerdo a las características de los movimientos se ha establecido la construcción de dos muros para el deslizamiento DBZ-19A y el deslizamiento DBZ-19B se realizará la construcción de un muro flexible de tipo gavión.

- Muro de gaviones

Muro Flexible (DBZ-19A y DBZ-19B)

El muro flexible o de gavión está compuesto por mallas de alambre galvanizado llenas de cantos, formando cajones unidos por amarres de alambre.

Los muros en gaviones son estructuras de gravedad, debe tenerse en cuenta de manera muy especial el amarre entre unidades de gaviones para evitar el movimiento de unidades aisladas y poder garantizar un muro monolítico. Por su flexibilidad el muro de gaviones puede deformarse fácilmente al ser sometido a presiones, diferenciándose un poco su comportamiento de los muros convencionales.

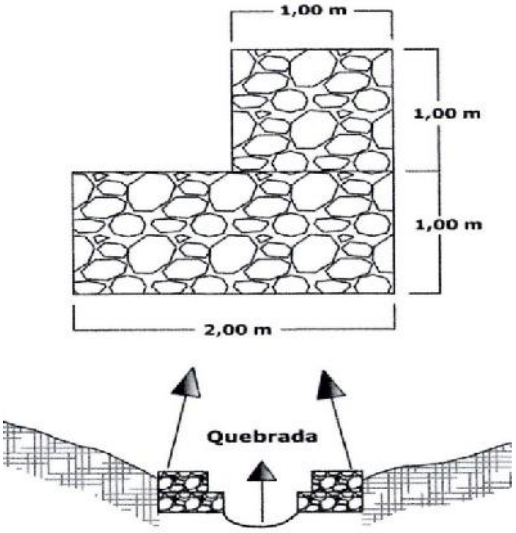


Figura 55. Muro de gaviones

El muro puede flectarse sin necesidad de que ocurra su volcamiento o deslizamiento y es común encontrar deflecciones hasta el 5% de la altura.

Algunas de las ventajas de un muro en gaviones son las siguientes:

- Simple de construir y mantener y utiliza los cantos y piedras disponibles en el sitio. Se puede construir sobre fundiciones débiles.

- Su estructura es flexible y puede tolerar asentamientos diferenciales mayores que otro tipo de muros y es fácil de demoler o reparar.

Las canastas de gavión se colocan unas sobre otras tratando de traslapar lo mejor posible las unidades para darle cierta rigidez que requiere el muro.

La diversidad de empleo de diversas mallas permite escoger un rango de rigidez o flexibilidad en el muro así:

- Si se desea un muro rígido debe emplearse malla electrosoldada, rellenar el gavión con cantos grandes angulosos y colocar una buena cantidad de tirantes de rigidez.

- La malla de triple permite una mayor flexibilidad que la malla electrosoldada. Igualmente la utilización de cantos redondeados permite una mayor deformación de la estructura del muro.

- Las mallas eslabonadas simples no se deben utilizar cuando se requiere que el muro no sufra deformaciones importantes. La malla a utilizar en el sector de estudio será la de triple torsión.

Materiales y dimensiones de los gaviones

Materiales

En lo correspondiente a los materiales tenemos los siguientes: malla, alambre galvanizado de amarre, geotextil, piedra.

Malla

Las mallas son de tipo hexagonal de triple torsión. Las medidas de las mallas son de 8 x 10 cm ó 0.49 m^2

Alambre de amarre

Se tendrá que proveer junto a los gaviones, una cantidad de alambre de amarre que permita efectuar todas las operaciones de amarre durante la construcción de la obra.
El diámetro del alambre de amarre será de 2.2 mm de diámetro.

Geotextil.

Se definen como "un material textil plano, permeable polimérico (sintético o natural) que puede ser no Tejido, Tejido o tricotado y que se utiliza en contacto con el suelo (tierra, piedras, entre otros) u otros materiales en ingeniería civil para aplicaciones geotécnicas".

Piedra.

El tamaño máximo de los cantos debe ser superior a dos veces el ancho máximo de la escuadrilla de la malla, en nuestro caso es de 8 x 10 cm lo que implica que

Dimensiones de los gaviones

Los gaviones presentan dos cuerpos de diferentes dimensiones teniendo así las siguientes medidas:

DBZ -19A Ancho = 2 m, Largo = 70 m, Alto = 2 m;
DBZ- 19B Ancho = 2 m, Largo = 80 m, Alto = 2 m

La longitud del muro es de 150 m y de la misma forma se encuentra junto a la quebrada el Gallo para de esta forma protegerla del represamiento de la quebrada.

Cuadro 19. Precios finales

OBRA: PROYECTO ZALAPA
FECHA: ABRIL DE 2010

ANALISIS DE PRECIOS TOTALES DE LA OBRA CIVIL

RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Excavación manual	m^3	290	6,61	1916,9
Gaviones	m^3	150	43,22	6483
Sistema de dren	ML	205	34,08	6986,4
TOTAL				15386,3

5. DISCUSION.

El barrio Zalapa del área rural del cantón Loja, se caracteriza topográficamente por diversas ramificaciones montañosas, que oscilan entre los 2000 m.s.n.m, en la quebrada de cumbe hasta los 2650 m.s.n.m. hacia el norte de la zona en la vía a Cuenca que forman las crestas de las montañas con relieves muy accidentados.

Se realizó un inventario del barrio Zalapa teniendo como resultado 21 movimientos en masa, de donde se ha considerado estudiar uno de los más grandes en cuanto a su área y volumen el cual provoca condiciones de inestabilidad del terreno, teniendo de esta manera las características topográficas definidas se realizo la caracterización geológica mediante trabajos de campo a través de la descripción de afloramientos y macizos rocosos se puede observar una geología compleja, compuesta principalmente por suelos sedimentarios, residuales en su mayor parte y por estratos de lutitas claramente meteorizadas, con la verificación de los datos recolectados en el campo, se complementan con el análisis de muestras, y a su vez las zonas donde se presentan rocas fracturadas y meteorizadas son más propensas a la susceptibilidad de movimientos en masa, debido a que contribuyen a la inestabilidad del terreno, por el contrario, los suelos residuales arcillosos, mediante procesos de compactación se puede mejorar las condiciones para estabilizar las zonas; por lo que en base a estos criterios la valoración de cada una de estas variables fueron valoradas de mayor a menor grado de susceptibilidad a los movimientos en masa, en toda el área de estudio se puede observar la presencia de suelos arcillosos, los cuales en base al muestreo realizado se los puede clasificar en Suelos Franco Arcillosos Arenosos y Suelos Franco Arcillosos Limosos, estos últimos existe mayor incidencia en la aparición de movimientos en masa debido al contenido de limo, el cual hace más propenso al terreno a la inestabilidad del mismo, ya que de acuerdo al inventario de deslizamientos realizado, tomando como base la topografía del sector y la utilización de fichas de identificación de movimientos en masa a través de visitas de campo, se identificó dos de los movimientos en suelos franco arcillosos limosos y un movimiento en masa en suelos franco arcillosos arenosos, siendo esta la base de valoración de las variables suelos, ya que las condiciones para que se den los movimientos en masa son más aptas en donde existe mayor presencia de los movimientos en masa.

Geomorfológicamente la mayor parte de la zona de estudio corresponde a un relieve con pendientes planas a casi planas en un 32,34% ocupando la mayor parte del área de estudio, en cuanto al terreno suavemente inclinado tenemos el 15,28%, inclinado al 25,61%, escarpado en un 20,82%, y muy escarpado en un 5,95%.

Con respecto al efecto producido por las abundantes precipitaciones en el sector como agente desencadenante de movimientos en masa, y para obtener el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa que correlaciono las precipitaciones, la geología y las pendientes del sector de estudio y de esta manera tomar en cuenta que tipo de movimiento se puede producir. De esta manera se puede pronosticar un incremento constante en los movimientos en masa, en los meses de lluvias, correspondientes al invierno, disminuyen en los meses relacionados a la temporada de verano. En caso de lluvias torrenciales, es altamente probable que ocurran deslizamientos que arrastren hacia la zona de la quebrada parte del material que se ha removido. Considerando la lluvia como un factor importante en la saturación de los sedimentos, se considera de importante mantener condiciones de estabilización adecuadas en el sector de estudio.

En lo correspondiente a cobertura vegetal cabe destacar que se tiene la presencia de vegetación arbustiva en un 7.27%, cultivos en un 2.15%, pastizales en un 73.76%, bosque plantado en un 6,48%, y bosque natural en un 10,34% ; los cuales se encuentran distribuidos en la zona de estudio y de donde se puede determinar que en diferentes áreas no existe tanta variedad de esta cobertura vegetal que permitan mediante la adsorción de agua de sus raíces del subsuelo y hacer que el terreno sea más estable y no se presenten movimientos en masa. El uso actual del suelo en el área de estudio está destinado en su mayor parte a la ganadería, plantación de cultivos, y la construcción de infraestructuras.

El uso potencial del suelo se determinó que zonas son más aptas para su utilidad en donde: el 45,63% los terrenos son aptos para pastos, un 29,83% de los terrenos son aptos para bosques y el 24,54 % son aptos para cultivos.

Los factores condicionantes son aquellos denominados como factores pasivos ya que dependen de su propia naturaleza, forma y estructura del terreno por lo que en el área de estudio se tiene el relieve, la geodinámica, geológicos y geomorfológicos como factores que podrían ocasionar movimientos en masa; no así los factores desencadenantes que se tornan en fuerzas externas que provocan la inestabilidad del terreno debido a factores como la precipitación que en periodos de febrero-abril varían entre 750 – 1650 mm/año, siendo más frecuentes y de mayores proporciones en estos períodos lo que provoca que el suelo se sature y se torne más pesado, aplicación de cargas, factores naturales y antropicos y con pendientes que sobrepasen los 45° podrían producirse deslizamientos; así mismo la construcción de canal de riego Santiago provoca la pérdida de resistencia del talud en la montaña lo que hace posible futuros movimientos en masa como lo son los deslizamientos

La base topográfica en formato digital del sector de estudio, permite una modelación digital del terreno a través del análisis de sistemas vectoriales, los cuales ayudan a la manipulación de mapas temáticos que contienen información correspondiente a los factores que condicionan el terreno para que se produzcan movimientos en masa, para obtener como resultado el establecimiento de zonas susceptibles a movimientos en masa, este sistema vectorial de igual forma permite el manejo de información a diferentes escalas, a diferencia de los sistemas raster, en los cuales es necesario una depuración de la información teniendo como riesgo la perdida de la misma a lo largo del proceso, a su vez los Sistemas de Información Geográfica (SIG), permiten la manipulación de la información de manera más sencilla y directa a través de la superposición de mapas temáticos obtenidos a lo largo de los trabajos de campo realizados, lo cual nos da como resultados la determinación de zonas susceptibles a movimientos en masa; donde se pueden distinguir cinco clases de zonas las cuales están en dependencia del análisis de los factores condicionantes y desencadenantes del terreno; la sumatoria de cada una de las variables analizadas a través de la superposición de los mapas temáticos tratados, nos da como resultado el establecimiento de zonas de riesgo a movimientos en masa, donde las condiciones más favorables serán donde las variables tengan una valoración mayor, por el contrario, las zonas donde las condiciones no se presten para que se produzcan movimientos en masa y la valoración de las variables es la más baja serán las de menor grado de susceptibilidad. La veracidad de la

información obtenida se la debe corroborar a través de visitas de campo que confirmen la ubicación espacial de dichas zonas tanto en la realidad como en el mapa.

La obtención de este conjunto de material cartográfico nos permiten la implementación de medidas de prevención y control las cuales están destinadas a estabilizar las zonas de mayor peligro, teniendo en cuenta el análisis adicional de los factores desencadenantes que puedan contribuir a la inestabilidad de las zonas. Las lluvias, la deficiencia en el canal de riego y en el sistema de alcantarillado se constituyen como el principal problema o factor desencadenante para que se produzcan movimientos en masa en el sector de estudio.

6. CONCLUSIONES.

Topográficamente el área de estudio posee pendientes bajas a muy bajas ocupando el 69.89 %, el porcentaje restante corresponde a terrenos que van de mediana a muy alta pendiente.

Geológicamente el área de estudio se encuentra dentro de la formación Chiguinda que posee en su mayoría rocas metamórficas como esquistos sericiticos, moscovíticos, cuarcitas, con potencias de metros.

Geomorfológicamente en promedio el área corresponde a un relieve con pendientes bajas a muy bajas.

Estructuralmente la zona de estudio, está atravesada por dos fallas normales locales en sentido N-S, y dos fallas perpendiculares en sentido E-W una falla normal trasversal E-W.

La vegetación predominante en el área de estudio son los pastizales en un 73,76 % del total del área.

El área de estudio posee una Temperatura Media Mensual de 17 grados centígrados y una Precipitación Mensual de 100 mm por mes.

La presencia de agua, se constituye como el factor desencadenante principal, causante de los movimientos en masa, el cual hace posible la presencia de Zonas Susceptibles a Movimientos en Masa, o la aparición de estos movimientos dentro de la zona de estudio.

La susceptibilidad del área de estudio en su mayoría corresponde a zonas de mediano a alto riesgo a que se produzcan movimientos en masa.

De acuerdo al inventario en el formato establecido se logro identificar 21 deslizamientos de tipo: rotacional, traslacional, reptación.

El deslizamiento DBZ-19 es de estilo múltiple, se encuentra en estado reactivo y posee un área de afección de 5,1 Ha.

Se determino que existen 2 tipos de movimientos dentro del deslizamiento DBZ-19 uno de tipo traslacional y otro de reptación los cuales podrían producir un represamiento de la quebrada gallo.

Geológicamente el deslizamiento caracterizado está constituido en su mayoría por la Unidad Chiguinda y en menor proporción por la Formación Quillollaco y depósitos coluviales.

El deslizamiento DBZ-19 de estudio se encuentra conformado por suelos Franco arenosos que son susceptibles a deslizarse.

El principal factor detonante son las precipitaciones que se producen en épocas invernales.

La presencia del canal de riego Santiago es otro de los factores que incide en la inestabilidad del deslizamiento DBZ-19 debido a las infiltraciones que se producen por el fisuramiento del mismo.

Las medidas de prevención y control para el deslizamiento DBZ-19 son las cunetas de coronación, drenaje superficial y muros de gaviones.

7. RECOMENDACIONES.

Según los resultados obtenidos sería necesario:

Para la construcción de obras civiles se debe realizar estudios geotécnicos especialmente cuando dichas construcciones se vayan a dar sobre la Formación Trigal; debido al tipo de litología presente.

Realizar un estudio de susceptibilidad para entender los procesos geodinámicas en las zonas de deslizamiento.

Se recomienda completar la topografía del área de estudio.

Realizar un monitoreo de las fallas en el área, para esto se debe ubicar sensores en lugares estratégicos con la finalidad de monitorear su movimiento.

Se debe evaluar la calidad del agua de riego, identificar las fuentes puntuales de contaminación, así como el deterioro de la calidad del suelo y el agua por la agricultura de riego.

Diseñar un nuevo sistema de alcantarillado que reemplace al existente el cual está en malas condiciones y sin uso que es uno de los causantes de las infiltraciones de agua.

Realizar una evaluación del canal de riego Santiago ya que su construcción es de hace muchos años y es uno de los factores desencadenantes en la inestabilidad de todo sector de estudio.

Construir canales que eviten el ingreso de aguas superficiales y subterráneas hacia zonas propensas a deslizarse y que estos se dirijan hacia las quebradas cercanas con el fin de evitar infiltraciones.

Se debe evitar, las acciones antrópicas en los flancos de los ríos o quebradas.

Se recomienda aplicar las medidas de prevención y control previamente establecidas; con la finalidad de informar a la población del sector la importancia de este tipo de estudios y poder así, aumentar la seguridad y bienestar de dicha población.

Concientizar y difundir esta información a las personas para que no se realice construcciones o cualquier infraestructura en zonas propensas a deslizarse o que no se construya sobre deslizamientos.

8. BIBLIOGRAFIA

LIBROS:

- Benítez Stalin, Doctor en Geología, Curso de Estratigrafía y Sedimentación, Marzo del 2000, Loja (Ecuador).
- B.W.D. Yardley, W.S Mackenzie C. Guilford, Atlas de rocas metamórficas y sus texturas, Editorial MASSON, S.A.
- Gonzales de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., Oteo, C., (2004), Ingeniería geológica. Pearson Educación, S.A, Madrid-España.
- Guía metodológica, Ingeominas, Evaluación de riesgos por fenómenos de remoción en masa, Guía metodológica, Ingeominas.
- Hungerbühler, Steinman, Winkler, 2002. Neogene stratigraphy and Andean geodynamics of southern Ecuador. Earth Science Reviews 57 (2002), Pág. 75-124.
- JBC Kennerly UTPL, Proyecto Minero FODEP, Geología de la Provincia de Loja en el Sur del Ecuador. Loja-Ecuador.
- J. Dercurt, J. Paquet, Geologia
- L. Amores Postales, Geología, José.
- Mercier Vergely, Tectónica, editorial limisa 2005
- Moreno Camilo Osorio, Fundamentos de geomorfología, Universidad Autónoma Agraria, editorial Trillas, Barcelona, Bogotá, Buenos Aires, Caracas, México.
- Reed Wicandary James S. Monroe, Fundamentos de Geología, segunda edición.

- R.J. Rice, Fundamentos de Geomorfología de la Edición Española, Paraninfo, S.A, Madrid (España), 1983.

- Suarez Díaz Jaime, 2002.Deslizamientos y Estabilidad de taludes en zonas tropicales. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad Industrial de Santander. Colombia.