UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables

Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

TÍTULO

"SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR PLATEADO BAJO DE LA CIUDAD DE LOJA-ECUADOR"

Previo a la obtención del título de Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial.

AUTORA:
Armijos Gonzaga Sulay del Cisne

DIRECTOR:
Ing. Jorge Enrique Gahona Pacheco, Mg. Sc.

LOJA-ECUADOR
2015

CERTIFICACIÓN

Loja 13 de julio del 2015.

Ing. Jorge Enrique Gahona Pacheco, Mg. Sc.

DOCENTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación cuyo tema versa en **"SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, SECTOR PLATEADO BAJO, DE LA CIUDAD DE LOJA - ECUADOR"**, previo a la obtención del título de Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, realizado por la señorita egresada: Sulay del Cisne Armijos Gonzaga la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Ing. Jorge Enrique Gahona Pacheco, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, **SULAY DEL CISNE ARMIJOS GONZAGA**, declaro ser autora del presente proyecto de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional - Bibliotecario Virtual.

Firma: ----------

Cédula: 110504209-5

Fecha: 13-07-2015

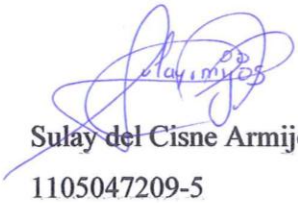
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DE LA AUTORA, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo, **SULAY DEL CISNE ARMIJOS GONZAGA**, declaro ser autora de la tesis titulada: **"SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, SECTOR PLATEADO BAJO, DE LA CIUDAD DE LOJA - ECUADOR"**, como requisito para optar al grado de: **INGENIERO EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL;** autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, 13 días del mes de julio del dos mil quince.



Firma:

Autora: Sulay del Cisne Armijos Gonzaga

Cédula: 1105047209-5

Dirección: Miraflores Bajo

Correo electrónico: sulyarmi15@hotmail.com

Teléfono: 027571420 **Celular:** 0992183945

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de tesis: Ing. Jorge Enrique Gahona Pacheco, Mg. Sc.

Tribunal de grado: Ing. Walter Simón Tambo Encalada, Mg. Sc.
Ing. Fermín Alexander González Sisalima, Mg. Sc.
Dra. Silvia Catalina Loaiza Ambuludí, Ph. D.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en especial a la UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, en su Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, por haberme aceptado ser parte de ella y abierto las puertas para mi formación.

A la planta docente, quienes me impartieron sus conocimientos contribuyendo a mi formación universitaria.

De manera especial al Ing. Jorge Gahona Pacheco Mg. Sc. Director de Tesis, por su valioso conocimiento científico y sugerencias para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis.

DEDICATORIA

A Dios, verdadera fuente de amor y sabiduría.

A mis padres, Jorge y Gloria,
que con su amor y enseñanza han sembrado las virtudes
que se necesita para vivir con anhelo y felicidad.

A mi esposo Cristian que ha sido el impulso durante toda mi carrera
y el pilar principal para la culminación de la misma,
que con su apoyo constante y amor incondicional
ha sido amigo y compañero inseparable, fuente de sabiduría,
calma y consejo en todo momento.

A mi precioso hijo Jorge para quien ningún sacrificio es suficiente,
que con su luz ha iluminado mi vida y hace mi camino más claro.

A mis hermanas Vanessa, Mayra, Aydé y a mi sobrino Santiago,
por el cariño incondicional y sus palabras de motivación.

RESUMEN

El presente trabajo de tesis es realizado en la vía de Integración Barrial, sector Plateado Bajo, de la ciudad de Loja-Ecuador, con el único objetivo de identificar y determinar zonas más susceptibles a deslizamientos.

En este proyecto se realizaron trabajos de campo y de oficina para la obtención de datos en los diferentes levantamientos: Topográfico, Geológico, Cobertura Vegetal y Geomorfología, igualmente se realizó la caracterización geotécnica fundamentada en métodos directos SPT (Ensayo de Penetración Estándar) e indirectos SEV (Sondeos Eléctricos Verticales); los cuales nos sirvió para determinar la litología y el contenido de agua en los estratos en el sector de estudio.

Para la elaboración del mapa de Susceptibilidad a deslizamientos se utilizó el método heurístico y el método de suma de rangos; para esto se incorporó cuatro variables como son Geología, Pendientes, Geomorfología y Cobertura vegetal, bajo la secuencia de la herramienta "**Model Builder**", clasificándolos en cinco categorías; luego esto fue procesado a través de la herramienta informática ArcGis 10.1.

Como resultado del mapa final de susceptibilidad a deslizamientos en el sector de estudio se obtuvo las cinco categorías: Muy Baja (38.10%), Baja (32.67%), Mediana (11.96%), Alta (14.57%) y Muy Alta (2.70%). Además se realizó el inventario a deslizamientos con el objetivo de correlacionar con los resultados obtenidos en el campo y el Ensayo de Penetración Estándar.

El desarrollo del proyecto está enfocado a zonificar zonas susceptibles a deslizarse, de tal manera que sirva de sustento a las autoridades competentes, para una planeación y solución adecuada de los problemas de desestabilización de laderas en el sector de estudio, para descartar riesgos en las obras civiles procedidos de la existencia, presente y futura, de las zonas afectadas por movimientos en masa en este sector y en toda la ciudad de Loja.

ABSTRACT

This thesis is done in the way of integration Barrial, sector Plateado Bajo of Loja, Ecuador city, with the purpose to identify and determine áreas more susceptible to landslides.

In this project were performed field and office work to obtain data in the various surverys were conducted: Topographic, Geological, Vegetative cover and Geomorphology, Geotechnical characterization also direct methods based on SPT (Standard Penetration Test) and indirect (Vertical Electrical Sounding); the same used to determine the lithology and the water content in the layers in the area of study.

For the mapping of landslide susceptibility was utilized: Heuristic method and the ranks sum; for this four variables are incorporated such as Geology, Slope, Geomorphology and Vegetative cover, use under the tool sequence of "Model Builder", classifying them into five categories; all of this was done with the help of the tool GIS (ArcGIS 10.1).

As a result of the final mapa of landslide susceptibility in the field of study were obtained five caterories; very low (38.10%), low (32.67%), medium (11.96%), high (14.57%) and very high (2.70%). Furthermore was performed landslide inventory with the objetive to correlate with the results obtained in the field and Standard Penetration Test.

The development project is focused to zoning at susceptible to slip, so to serve as a support to the competent authorities, for a suitable planning and solve problems of destabilization hillsides in the area of study, to discard risks in processed civil works of the present existence or future, in the areas affected by landslides in the area and in all the Loja city.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN ii

AUTORÍA iii

CARTA DE AUTORIZACIÓN. iv

AGRADECIMIENTO v

DEDICATORIA vi

RESUMEN vii

ÍNDICE DE CONTENIDO ix

ÍNDICE DE FIGURAS xii

ÍNDICE DE TABLAS xvi

1. INTRODUCCIÓN 1

2. OBJETIVOS 2

2.1. OBJETIVO GENERAL 2

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICO 2

3. MARCO TEÓRICO 3

3.1. Importancia de la ingeniería geológica. **3**

3.1.1. Geología 3

3.1.2. Geomorfología 4

3.2. Ensayos de suelos **4**

3.2.1. Ensayo de Penetración Estándar (SPT) 4

3.3. Geofísica 6

3.3.1. Sondeo eléctrico vertical (S.E.V) 7

3.4. Susceptibilidad a deslizamientos 8

3.4.1. Susceptibilidad 8

3.4.2. Movimientos en masa 9

4. MATERIALES Y MÉTODOS 23

4.1. Materiales 23

4.2. Métodos 24

4.2.1. Metodología de campo 24

4.2.2. Metodología de oficina 29

5. RESULTADOS 43

5.1. Descripción biofísica del sector 43

5.1.1. Ubicación y acceso 43

5.1.2. Vegetación 45

5.1.3. Aspectos socio-económica 46

5.1.4. Clima 49

5.1.5. Hidrología 51

5.2. Análisis de Susceptibilidad a Deslizamientos en el Sector de Estudio 53

5.2.1. Topografía 53

5.2.2. Geología 56

5.2.3. Geomorfología 70

5.2.4. Pendiente 73

5.2.5. Cobertura Vegetal 76

5.2.6. Valoración e interpretación de las zonas susceptibles a deslizarse. 78

5.2.7. Inventario a deslizamientos. 84

5.3. Caracterización geotécnica 86

5.3.1. Sondeos eléctricos verticales 86

5.3.2. Ensayo de Penetración Estándar 93

5.3.3. Interpretación Geotécnica 96

5.3.4. Cálculo de factor de seguridad 101

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 105

7. CONCLUSIONES 107

8. RECOMENDACIONES 109

9. BIBLIOGRAFÍA 110

ANEXOS 115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Arreglo Schlumberger 7

Figura N° 2 Desprendimientos y colapso. 10

Figura N° 3. Vuelco por flexión y desplome 11

Figura N° 4. Desplazamientos laterales 12

Figura N° 5 Movimientos de flujo 13

Figura N° 6. Tipos de deslizamiento 14

Figura N° 7 Tipos de deslizamientos rotacionales. 15

Figura N° 8 Deslizamiento translacional de detritos 16

Figura N° 9 Nomenclatura de un deslizamiento. 16

Figura N° 10 Dimensiones de los movimientos en masa 18

Figura N° 11 Materiales de campo y oficina 23

Figura N° 12 Estación total Trimble S6 25

Figura N° 13 Estación Servo Robótica R4 25

Figura N° 14 Descripción de afloramientos 26

Figura N° 15 Syscal Junior/ R1 Plus 28

Figura N° 16 Toma de datos de las resistividades 28

Figura N° 17 Modelo TIN 30

Figura N° 18 Curvas de nivel 31

Figura N° 19 Angulo de estabilidad de algunos materiales. 32

Figura N° 20 Puntos de Afloramientos. 34

Figura N° 21 Mapa de sombras 35

Figura N° 22 Variables utilizadas para el mapa de Susceptibilidad 39

Figura N° 23. Explicacion de la herramienta Suma Ponderada. 41

Figura N° 24 Ubicación geográfica del sector de estudio. 44

Figura N° 25 Vegetación de la zona de estudio (Plateado Bajo) 45

Figura N° 26 Población del cantón Loja en relación a la provincia 46

Figura N° 27 Población del sector de estudio con respecto a la ciudad de Loja. 47

Figura N° 28 Población por sexo de la cabecera cantonal 48

Figura N° 29 Población económicamente activa 49

Figura N° 30 Vertientes del sector de estudio 51

Figura N° 31 Hidrología de la ciudad de Loja 52

Figura N° 32 Secciones estratigráficas de la Cuenca de Loja 56

Figura N° 33 Afloramiento de areniscas en la parte inferior y sobre esta lutitas. 60

Figura N° 34 Afloramiento de lutitas (Vía de Integración Barrial) 61

Figura N° 35 Afloramiento de lutitas 61

Figura N° 36 Afloramiento de lutitas 62

Figura N° 37 Afloramiento de lutitas 62

Figura N° 38 Afloramiento de lutitas y carbonatos de calcio. 63

Figura N° 39 Afloramiento de lutitas 63

Figura N° 40 Afloramiento de lutitas (superior) y calizas (inferior) 64

Figura N° 41 Afloramiento de limonitas 65

Figura N° 42 Afloramiento de limonitas 65

Figura N° 43 Afloramiento de conglomerado (superior) y areniscas (inferior) 66

Figura N° 44 Afloramiento de conglomerado (superior) y areniscas (inferior) 66

Figura N° 45 Afloramiento de areniscas intercaladas con arcillas 67

Figura N° 46 Distribución gráfica de pendientes 73

Figura N° 47 Secuencia Model Builder 80

Figura N° 48 Distribución gráfica de susceptibilidad a deslizamientos 81

Figura N° 49 Curvas de resistividad del SEV 1 en el programa IPI2win 87

Figura N° 50 Perfil litológico del SEV 1 87

Figura N° 51 Curvas de resistividad del SEV 2 en el programa IPI2win. 88

Figura N° 52 Perfil litológico del SEV 2 88

Figura N° 53 Curvas de resistividad del SEV 3 en el programa IPI2win. 89

Figura N° 54 Perfil litológico del SEV 3 90

Figura N° 55 Curvas de resistividad del SEV 4 en el programa IPI2win. 91

Figura N° 56 Perfil litológico del SEV 4 91

Figura N° 57 Equipo de SPT en campo. 93

Figura N° 58 Muestreador partido..... 93

Figura N° 59 Testigo SPT 0-1 m..... 95

Figura N° 60 Testigo SPT 1-2 m..... 95

Figura N° 61 Testigo SPT 2-3 m..... 95

Figura N° 62 Testigo SPT 3-4 m..... 95

Figura N° 63 Clasificación de las partículas por su forma y redondeamiento 97

Figura N° 64 Valores cuantitativos para cálculo de factor de seguridad 98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Categoría de pendientes 33

Tabla N° 2 Categorías del desnivel relativo 36

Tabla N° 3 Categorías de pendientes..... 37

Tabla N° 4 Categorías de longitud de la vertiente..... 37

Tabla N° 5 Formas de relieve según su origen. 38

Tabla N° 6 Condiciones y asignación de pesos a las variables 40

Tabla N° 7 Método de Suma de Rangos..... 41

Tabla N° 8 Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos..... 42

Tabla N° 9 Evolución de la población del cantón Loja 47

Tabla N° 10 Tasa de crecimiento poblacional del cantón Loja 48

Tabla N° 11 Puntos de afloramientos 68

Tabla N° 12. Grado de pendiente para determinar la geomorfología. 70

Tabla N° 13 Variables de unidades morfológicas 70

Tabla N° 14 Colores establecidos para los polígonos de las unidades geomorfológicas. .. 71

Tabla N° 15 Unidades geomorfológicas..... 71

Tabla N° 16 Categoría de pendientes 73

Tabla N° 17 Cobertura Vegetal 76

Tabla N° 18 Condiciones para asignar los pesos..... 78

Tabla N° 19 Pesos asignados a Geología 78

Tabla N° 20 Pesos asignados a Pendientes. 79

Tabla N° 21 Pesos asignados para Geomorfologíal. 79

Tabla N° 22 Pesos asignados para Cobertura Vegetal 79

Tabla N° 23 Categorías de susceptibilidad a deslizamientos 81

Tabla N° 24 Descripción del deslizamiento 84

Tabla N° 25 Ubicación de los sondeos eléctricos verticales 86

Tabla N° 26 Resistividades aparentes y espesor del estrato 87

Tabla N° 27 Resistividades aparentes y espesor del estrato 88

Tabla N° 28 Resistividades aparentes y espesor del estrato 89

Tabla N° 29 Resistividades aparentes y espesor del estrato 91

Tabla N° 30 Descripción general del Sondeo (SPT) 94

Tabla N° 31 Valores de N SPT resistencia a compresión simple y módulo de elasticidad (Modificada) 96

Tabla N° 32 Parámetros cuantitativos para diferentes profundidades. 98

Tabla N° 33 Valoración de los materiales en la zona de estudio 99

1. INTRODUCCIÓN

Los deslizamientos son procesos gravitacionales que representan una reacción del terreno ante un cambio de condiciones producido por procesos naturales, o por la acción antrópica.

Según Cruden & Varnes (1996), los deslizamientos más catastróficos corresponden a las clases clasificadas como rápidas o extremadamente rápidas. Su peligrosidad radica en la capacidad que tienen de recorrer largas distancias en un tiempo muy pequeño y alcanzar zonas inicialmente consideradas fuera de peligro.

De allí que este fenómeno se ha convertido en un riesgo natural como consecuencia del aumento continuo de la población que se ha visto obligada a poblar zonas susceptibles a deslizamientos.

En la ciudad de Loja, específicamente en el sector el Plateado Bajo, es un lugar que en los últimos años ha tenido un crecimiento poblacional excesivo y desordenado, en donde no se ha tomado en cuenta especificaciones técnicas referentes a movimientos susceptibles a deslizamientos que les permita vivir en zonas seguras.

Razón por la cual se plantea realizar este proyecto, en el cual se desarrollará el levantamiento topográfico a detalle, estudio geológico tomando en cuenta que todos estos estudios van a permitir tener un mejor conocimiento sobre el sector y facilitará la determinación de zonas de mayor inestabilidad, para desarrollar el mapa de susceptibilidad, mediante el cual se pueda determinar los sitios propensos a deslizamientos.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar el mapa de susceptibilidad de la vía de Integración Barrial en el Sector Plateado Bajo de la Ciudad de Loja-Ecuador.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICO

- Desarrollar el levantamiento topográfico a detalle de los 200 metros a cada margen del eje de la vía Integración Barrial.
- Realizar el levantamiento geológico a detalle e identificar mediante geofísica (SEV) zonas con mayor problema de inestabilidad.
- Elaborar el mapa de zonas susceptibles a deslizamientos.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Importancia de la ingeniería geológica.

Según González de Vallejo (2002), "La ingeniería geológica es una ciencia empleada al estudio y solución de los problemas de ingeniería y del medio ambiente, producidos por la interacción de las acciones humanas y el medio geológico. El fin de la ingeniería geológica es asegurar que los factores geológicos condicionantes de las obras de ingeniería sean tenidos en cuenta e interpretados adecuadamente, así como evitar o mitigar las consecuencias de los riegos geológicos".[1]

La ingeniería geológica se orienta a realizar estudios orientados a la determinación de las características litológicas y estructurales de los materiales existentes mediante un conjunto de técnicas y procedimientos, evitando o mitigando las consecuencias de los riesgos geológicos en obras de ingeniería.

3.1.1. Geología

Ortiz, Carlos (2002) define a la geología como "la ciencia de la tierra, estudia su composición, su estructura y los fenómenos que se producen y se han producido en ella desde la hora cero de los tiempos geológicos hasta nuestros días, es una ciencia poco independiente, su desarrollo va estrechamente unido al de la astronomía, la física, la química, la biología y otras ciencias."[2]

Según Duque (2003) define a la geología "como una ciencia que estudia el planeta Tierra en su conjunto, describe los materiales que la forman para averiguar su historia y su evolución e intenta comprender la causa de los fenómenos endógenos y exógenos."[3]

Simpson G. G. la define, desde su formación de paleontólogo, en su obra Ciencia Histórica (1963) define como: "Una exploración del universo material que investiga las relaciones ordenadas, naturales, entre los fenómenos observados y que son evidentes por sí mismas".[4]

[1] González de Vallejo (2002). "Ingeniería geológica"
[2] Ortiz, Carlos. 2002. "Ciencias de la tierra".
[3] Escobar, Duque. 2003. "Manual de geología para ingenieros"

3.1.2. Geomorfología

Según Bergoeing, J. P. (2008) define a la Geomorfología "como el estudio de todos los procesos de erosión y sedimentación, por efecto de los diferentes agentes meteóricos, tectónicos, volcánicos, antrópicos, etc. que han actuado y actúan sobre el relieve terrestre, en los últimos dos millones de años, es decir, desde el inicio del Cuaternario, y que afecta hasta los fondos oceánicos (Geomorfología dinámica). También, estudia la estructura terrestre y su origen (Geomorfología estructural). Su estudio permite a la humanidad planificar y ordenar el medio donde habita, respetando el medio ambiente."[5]

Morris, Davis W. (1889) define lo siguiente: "Es la rama de geografía física que tiene como objeto el estudio de las formas de la superficie terrestre enfocado a describir, entender su génesis y su comportamiento de las formas de la superficie terrestre que es el resultado de un balance dinámico que evolucionan en el tiempo entre procesos constructivos y destructivos."[6]

3.2. Ensayos de suelos

3.2.1. Ensayo de Penetración Estándar (SPT)[7]

Para la descripción del ensayo de penetración estándar (SPT) se tomó una bibliografía de la página web, en el que detalla lo siguiente:

Este ensayo de penetración dinámica se realiza en el interior de sondeos durante la perforación. Permite obtener un valor de N de resistencia a la penetración, correlacionado con parámetros geotécnicos como la densidad relativa, el ángulo de rozamiento, la carga admisible y los asientos en los suelos granulares. En el ensayo también se obtiene una muestra alterada, para realizar ensayos de identificación en laboratorio.

---

[4] Simpson G. G. 1963. "Ciencia Histórica"
[5] Bergoeing, J. P. (2008). "Geomorfología de Costa Rica".
[6] Morris, Davis W. 1889. "Geomorfología".
[7] http://www.noticias.espe.edu.ec/hfbonifaz/files/2012/09/ENSAYO-SPT.pdf.

El ensayo SPT puede ejecutarse prácticamente en todo tipo de suelos, incluso en roca muy alterada, aunque es en los suelos granulares donde se realiza preferentemente; la dificultad de obtener muestras inalteradas en este tipo de suelos añade relevancia al SPT.

La frecuencia habitual para la realización del SPT a lo largo del sondeo es de un ensayo de 2 a 5 metros, o incluso mayor, en función de las características del terreno.

El procedimiento consiste en hincar en el terreno un barreno metálico contando el número de golpes necesario para hincar tramos de 15 cm. El golpeo para la hinca se realiza con una maza de 63.5 kg cayendo libremente desde una altura de 76 cm sobre una cabeza de golpeo o yunque.

Luego se procede a limpiar cuidadosamente la perforación al llegar a la cota deseada para el ensayo, tanto las paredes como el fondo, retirando la batería de perforación e instalando en su lugar un muestreador de dimensión estándar. El muestreador consta de 3 elementos: zapata, tubo bipartido y cabeza de acoplamiento con el varillaje.

La lectura del golpeo del primero y último tramo no se debe tener en cuenta, por la alteración del suelo o derrumbes de las paredes del sondeo en el primer caso, y por posible sobre compactación en el segundo.

La suma de los valores del golpeo de los dos tramos centrales de 15 cm es el valor N, denominado también resistencia a la penetración estándar. En ocasiones, dada la alta resistencia del terreno, no se consigue el avance del muestreador.

En estos casos, el ensayo se suspende cuando se exceden 50 golpes para avanzar un tramo de 15 cm, y se considera rechazo.

El resultado de los ensayos SPT pueden ser afectados por factores como:

- Preparación y calidad del sondeo: limpieza y estabilidad de las paredes de perforación

- Longitud del varillaje y diámetro del sondeo: condicionan el peso del elemento a hincar y la fricción con las paredes del sondeo.

- Dispositivo del golpeo: puede ser manual o automático, existiendo diferencias notables entre los resultados de ambos. Deben emplearse dispositivos automáticos, pues garantizan la aplicación de la misma energía de impacto en todos los casos.

Cuando el ensayo se realiza por debajo del nivel freático se utiliza la corrección propuesta por Terzaghi y Peck en el año 1948, aplicable a suelos pocos permeables (limos y arenas finas):

$$N = 15 + [N' – 15)/2]$$

Válida para N' > 15, siendo N el valor corregido y N' el valor medido.

El uso del SPT ha permitido establecer una serie de correlaciones con diferentes parámetros geotécnicos:

- Con la compacidad para suelos granulares.
- Con la densidad relativa, teniendo en cuenta la influencia de la profundidad.
- Con el ángulo de rozamiento en suelos granulares; aplicable a partir de 2 metros de profundidad.

3.3. Geofísica

“Ciencia que se encarga del estudio de la Tierra desde el punto de vista de la Física. Su objeto de estudio abarca todos los fenómenos relacionados con la estructura, condiciones físicas e historia evolutiva de la Tierra. Al ser una disciplina experimental, usa para su estudio métodos cuantitativos físicos como la física de reflexión y refracción de ondas mecánicas, y una serie de métodos basados en la medida de la gravedad, de campos electromagnéticos, magnéticos o eléctricos**”**[8]

[8] www.ecured.cu/index.php/Geofísica

3.3.1. Sondeo eléctrico vertical (S.E.V)

"Se llama Sondeo Eléctrico Vertical a una serie de determinaciones de resistividad aparente, efectuadas con el mismo tipo de dispositivo y separación creciente entre los electrodos de emisión y recepción"[9]

La finalidad del sondeo eléctrico vertical (SEV) es averiguar la distribución vertical en profundidad de las resistividades aparentes bajo el punto sondeado a partir de medidas de la diferencia de potencial en la superficie. Se utiliza sobre todo para detectar y establecer los límites de capas horizontales de suelo estratificado y la resistividad eléctrica que posee dicho sector a estudiarse.

Esta técnica de geofísica constituye en un método que nos permite determinar la presencia de agua en los estratos y delimitar capas del subsuelo, empleando para ello tablas de resistividades de los geomateriales para determinar con exactitud la litología.

En la exploración geofísica se emplea el método eléctrico de resistividad, en su modalidad de Sondeos Eléctrico Vertical (S.E.V), con un arreglo correspondiente al método Schlumberger, para lo cual se utilizan 4 electrodos de acero inoxidable, 2 electrodos de corriente A y B, que son los que transmiten la corriente eléctrica al terreno y el otro par son los electrodos denominados de potencial M y N, los mismos que deben estar los más recto posible para ello se utiliza una piola.

El objetivo principal es obtener un modelo de variación de la resistividad aparente en función de la profundidad, a partir de mediciones realizadas en superficie.

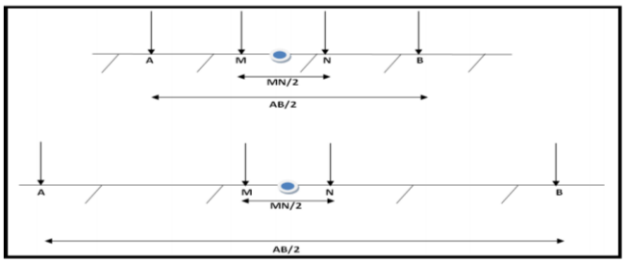


Figura N° 1 Arreglo Schlumberger
Fuente: Elaborado por la Autora

[9] Orellana (1984)

El resultado de esta investigación es la existencia de niveles freáticos que puedan causar deterioros superficiales detectados sobre el terreno.

3.4. Susceptibilidad a deslizamientos

3.4.1. Susceptibilidad

Ayala 2002, manifiesta que: "La susceptibilidad está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada o hallarse bajo la influencia de un proceso determinado, en este caso movimientos en masa. La estimación de la susceptibilidad se basa en la correlación de los principales factores (intrínsecos) que contribuyen en la formación de movimientos en masa. Los mapas de susceptibilidad, se realizan a partir de datos cartográficos de tipo topográfico, geomorfológico, litológico, estructural, vegetación, usos de suelos y otros."[10]

Según González de Vallejo (2002), "La susceptibilidad puede definirse como la posibilidad de que una zona quede afectada por un determinado proceso, expresada en diversos grados cualitativos y relativos. Depende de los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos, que pueden ser intrínsecos a los propios materiales geológicos o externos. La susceptibilidad de un sector se presenta como resultado plasmado en un mapa donde se identifican las áreas con diferentes grados de susceptibilidad (bajo, medio, alto) de la zona de estudio."[11]

La metodología se basa en la realización de mapas temáticos de los factores condicionantes y en la superposición de los mismos, estableciéndose el grado de susceptibilidad en función del peso asignado a cada uno de los factores. Estos mapas se suelen preparar con técnicas SIG (sistema de información geográfica), que permiten el análisis automático de los datos y el establecimiento de bases de datos asociados, entre los cuales los más utilizados son: mapa geológico, geomorfológico, hidrogeológico, de pendientes, cobertura vegetal, uso de suelos entre otros.

10 Ayala, Carcedo (2002). Riesgos Naturales.
11 Luis I. González de Vallejo (2002)

3.4.2. Movimientos en masa

Según Varnes 1978, "Son movimientos hacia abajo y/o hacia fuera, de materiales que forman una ladera o talud, debido a la influencia de la gravedad a partir de un factor que sirve de detonante o fuerza natural desencadenante como son, los sísmicos, volcánicos, presión de gases y exceso de humedad".[12]

Ayala 2002, "Los define como masas de terreno que se mueven por acción de la fuerza de la gravedad. Se aplica, en general, a movimientos rápidos del terreno, éstos suelen estar relacionados principalmente con sismos, aunque también pueden originarse por otras causas. La acción constante de la fuerza de gravedad y el debilitamiento progresivo de los materiales, principalmente por efecto de la meteorización física y química, hacen que los movimientos de masa sean muy abundantes a lo largo del registro geológico".[13]

Estos conceptos nos ayudan a establecer con exactitud los movimientos en masa existentes en el sector de estudio, para de esta manera establecer posibles medidas de estabilidad y disminuir el riesgo a producirse cualquier evento geológico, tales como zanjas drenantes, cunetas de coronación, muros de contención, entre otros.

Clasificación de movimientos en masa

Para la clasificación de los movimientos en masa se basa en algunas de las clasificaciones más extendidas como: Varnes, 1984; Hutchinson, 1988; EPOCH, 1993; Dikau, 1996 y Cruden y Varnes, 1996, Corominas y García Yagüe, 1997, con diversos criterios y fines, son de gran utilidad para abordar el estudio de los movimientos de laderas y el conocimiento del comportamiento de los materiales que sufren estos procesos. Las diferentes definiciones de los distintos mecanismos se han tomado de los autores antes mencionados.

12 Varnes 1978 "Tipos de movimientos de Pendiente y Procesos"
13 Ayala, Carcedo (2002). Riesgos Naturales.

- ✓ **Desprendimientos o caídas (*falls*)**

El desprendimiento se origina por el despegue de una masa de suelo o roca de una pared empinada o acantilado. El movimiento tiene lugar mediante caída libre y posterior rebote o rodadura. Es frecuente que al impactar contra la superficie del terreno, la masa caída se rompe en fragmentos. El movimiento es muy rápido. La rotura suele producirse por deslizamiento o vuelco de pequeña envergadura, proporcionando a la masa despegada una velocidad inicial, como se puede observar en la **Fig. 2.**

La propagación de los desprendimientos en laderas con pendientes superiores a los 76º se produce preferentemente por caída libre, por debajo de este ángulo los impactos contra el terreno son frecuentes mientras que en laderas de menos de 45º la propagación se realiza por rodadura y, eventualmente, por deslizamiento.

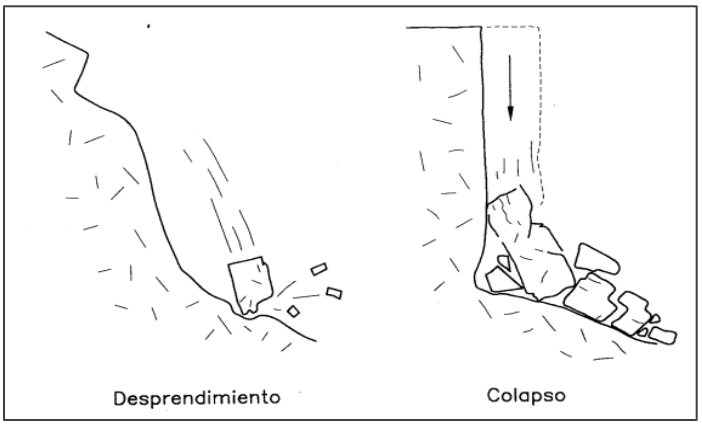


Figura N° 2 Desprendimientos y colapso.
Fuente: Corominas y García Yagüe, 1997

- ✓ **Vuelcos (topples)**

Es la rotación hacia delante y hacia el exterior de la ladera, de una masa de suelo o roca alrededor de un eje situado por debajo de su centro de gravedad. La fuerza desestabilizadora es la gravedad así como el empuje ejercido por el terreno adyacente o los fluidos (agua o hielo) en las grietas. Dentro de este mecanismo se puede diferenciar dos procesos los mismos que se puede observar en la **Fig. 3.**

- **Vuelco por flexión** (flexural toppling).

"Tiene lugar en rocas con un sistema preferente de discontinuidades, formando vigas semicontinuas en voladizo"[14]. Las columnas continuas cuando se doblan hacia delante, rompen por flexión.

Este tipo de movimiento es característico en esquistos, filitas, pizarras y en secuencias rítmicas finamente estratificadas.

- **Desplome.**

La parte movida cae con un movimiento brusco de giro, al menos inicial, apoyado en su base externa. Estos movimientos se producen en bordes acantilados rocosos o de materiales areno-arcillosos compactados. Si la ladera es empinada, las roturas por vuelco pueden transformarse en caídas.

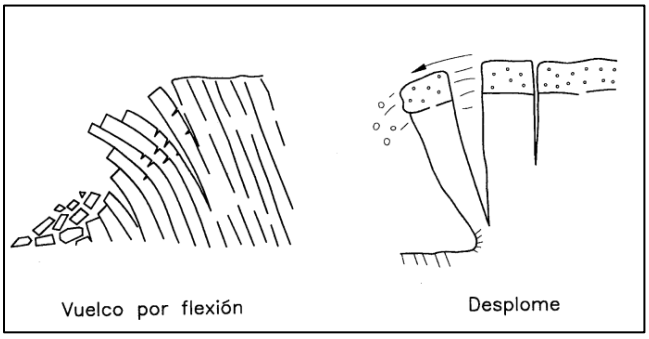


Figura N° 3. Vuelco por flexión y desplome
Fuente: Corominas y García Yagüe, 1997

✓ **Expansiones laterales (lateral spreading)**

Estos movimientos son resultado de la fracturación y expansión de suelos o masas de roca compactos, debido a la licuefacción o fluidización del material subyacente, ocurren cuando materiales gruesos, como fragmentos de rocas, grava, etc., están inmersos en una matriz de material más fino o contienen arcillas. **Fig. 4,** la superficie de cizallamiento no está bien definida, la masa involucrada se mueve rápida y retrogresivamente, y puede tener una

[14] Goodman y Bray, 1976.

duración hasta de algunos minutos. Este tipo de movimientos ocurre principalmente en ambientes lacustres y marinos de poca profundidad, los cuales se localizan en las márgenes de los antiguos casquetes de hielo.

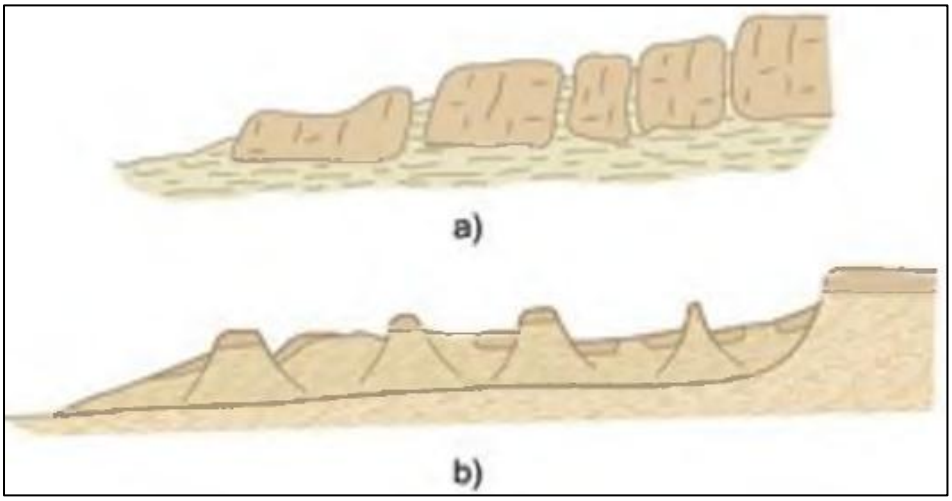


Figura N° 4. Desplazamientos laterales por: **a)** fluencia y extrusión del material infrayacente, **b)** licuefacción.
Fuente: Coraminas y Garcia Yague. 1997.

- ✓ **Flujos (flows)**

Los flujos o coladas son movimientos de masas de suelo (flujos de barro o tierra), derrubios o bloques rocosos con abundante presencia de agua, donde el material esta disgregado y se comporta como un fluido, sufriendo una deformación continua, sin presentar superficies de rotura definidas.

El agua es el principal agente desencadenante, por la pérdida de resistencia a que da lugar en materiales poco cohesivos. Principalmente, afectan a suelos arcillosos susceptibles que sufren una considerable perdida de resistencia al ser movilizados; estos movimientos, poco profundos en relación a su extensión, presentan una morfología tipo glaciar, y pueden tener lugar en laderas de bajas pendientes (incluso menores de 10°).

Existe una gradación desde los deslizamientos a los flujos dependiendo del contenido de agua, movilidad y evolución del movimiento. Un deslizamiento de derrubios puede

convertirse en una corriente o avalancha de derrubios a medida que el material pierde cohesión, incorpora agua y discurre por pendientes más empinadas ver **Fig. 5.**

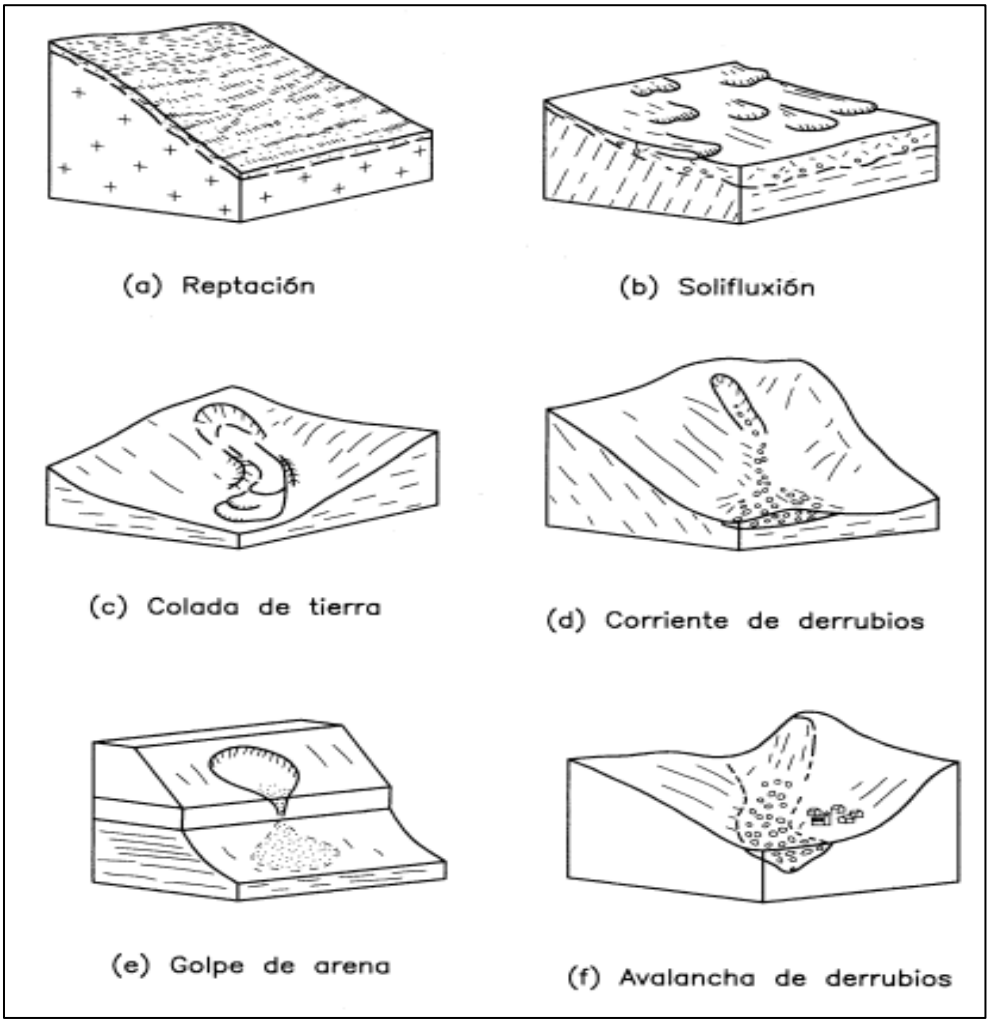


Figura N° 5 Movimientos de flujo
Fuente: Corominas y García Yagüe, 1997.

- ✓ **Deslizamientos (slides)**

"Un deslizamiento es un movimiento ladera abajo de una masa de suelos o rocas, que ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de ruptura o zonas relativamente delgadas de intensa deformación cortante. Muchas veces, los primeros signos de movimiento son grietas en la superficie original del terreno, a lo largo de lo que más tarde será el escarpe principal del deslizamiento"[15] .

[15] Cruden & Varnes, 1996. Los deslizamientos de tierra. Tipos y procesos.

"Los deslizamientos son movimientos de masas de suelo o roca que deslizan, moviéndose relativamente respecto al sustrato, sobre una o varias superficies de rotura netas al superarse la resistencia al corte de estas superficies; la masa generalmente se desplaza en conjunto, comportándose como una unidad en su recorrido; la velocidad puede ser muy variable, pero suelen ser procesos rápidos y alcanzar grandes volúmenes (hasta varios millones de metros cúbicos)."[16]

Es característico que este tipo de movimiento deje tras él una superficie de rotura bien definida. La velocidad de desplazamiento suele ser variable. Se pueden diferenciar varios tipos de deslizamientos tal como se muestra en la **Fig. 6.**

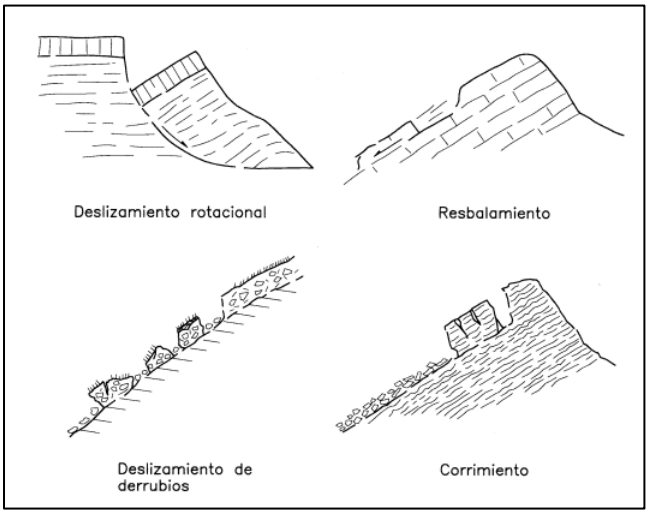


Figura N° 6. Tipos de deslizamiento
Fuente: Corominas y García Yagüe, 1997

- **Deslizamientos rotacionales** (rotational slides, slumps).

Movimiento lento inicialmente de una masa de suelo, roca o ambos, a lo largo de una superficie de ruptura en forma circular y cóncava, sobre la cual se desliza. Eventualmente se da en terrenos homogéneos y cohesivos presentándose en su fase inicial, poca deformación de los materiales, los cuales a medida que la masa se desplaza, progresivamente se van distorsionando, evolucionando en movimientos complejos. Este tipo de movimientos pueden involucrar tanto volúmenes pequeños como volúmenes

[16] González de Vallejo, 2002. Ingeniería Geológica.

grandes de material; y las velocidades de propagación de la masa desplazada pueden ser también muy variables en su fase final.

A su vez estos movimientos se subdividen en simple, sucesivos y múltiples[17]. **Fig. 7.**

- ✓ Deslizamiento rotacional simple: se define cuando la superficie de ruptura rotacional es única.
- ✓ Deslizamiento rotacional múltiple: se define cuando se presentan varias superficies de rupture.
- ✓ Deslizamiento rotacional múltiple sucesivo: cuando el avance del fenómeno se realiza en el mismo sentido del movimiento.

Cruden & Varnes, 1996 "Estos deslizamientos se mueven a lo largo de superficies de ruptura curvas y cóncavas, con poca deformación interna del material."[18]

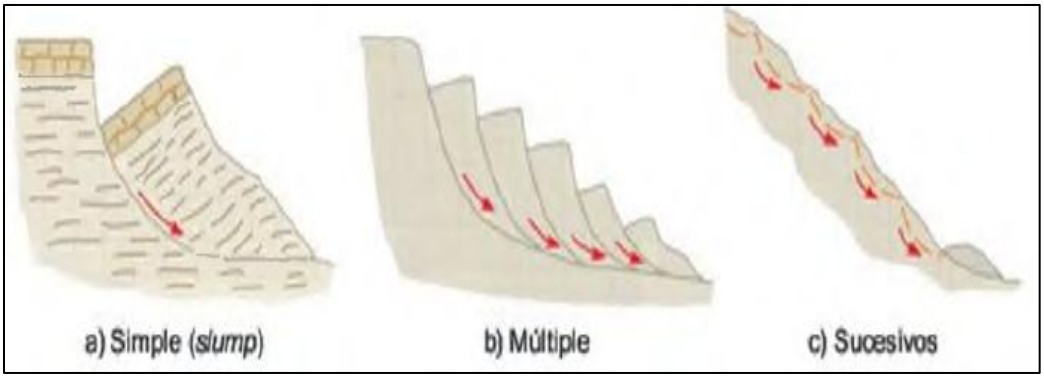


Figura N° 7 Tipos de deslizamientos rotacionales.
Fuente: González de Vallejo, 2002. Ingeniería Geológica.

- ➢ **Deslizamientos traslacionales** (translational slides).

Hoek y Bray, 1981. Define como los ocurridos sobre una superficie de rotura plana, y pueden darse tanto en suelos como en rocas. A medida que la masa desciende puede trocearse y provocar una agrupación desordenada de bloques al pie de la ladera (corrimiento) o caer sobre una superficie rocosa única, como es el caso de los deslizamientos planos.

[17] Vargas, 1999.
[18] Cruden & Varnes, 1996. Los deslizamientos de tierra. Tipos y procesos.

"En los deslizamientos translacionales la masa desplazada puede también fluir, convirtiéndose en un flujo de detritos ladera abajo"[19]. Ver **Fig. 8.**

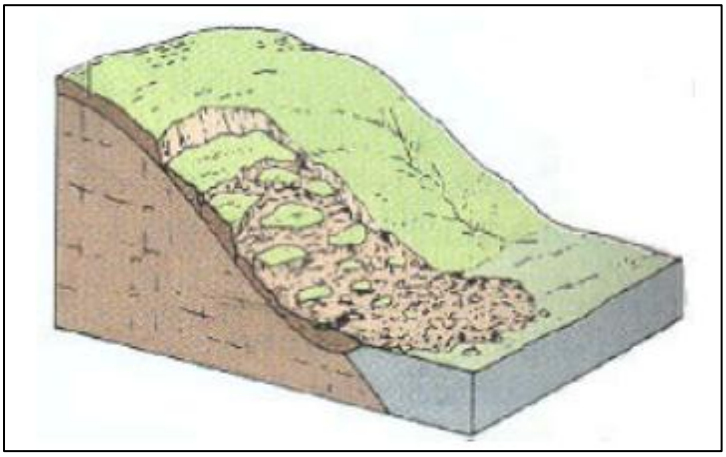


Figura N° 8 Deslizamiento translacional de detritos
Fuente: Skinner & Porter, 1992.

- **Nomenclatura**

Los fenómenos de inestabilidad incluyen, generalmente, una combinación de procesos erosionales y denudacionales interrelacionados entre sí y a menudo mezclados es así que hay movimientos que ocurren generalmente a lo largo de las superficies de falla, por caída libre, movimientos en masa, erosión o flujos. En la **Fig. 9** se describe las principales partes de un deslizamiento.

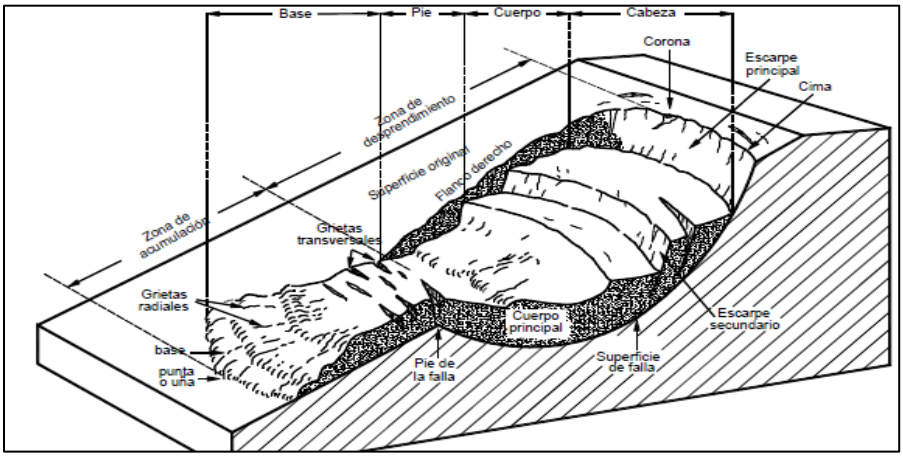


Figura N° 9 Nomenclatura de un deslizamiento.
Fuente: Suarez. 2009

[19] Cruden & Varnes, 1996. Los deslizamientos de tierra. Tipos y procesos.

- ***Cabeza.*** Parte superior de la masa de material que se mueve. La cabeza del deslizamiento no corresponde necesariamente a la cabeza del talud. Arriba de la cabeza está la corona.

- ***Cima***. El punto más alto de la cabeza, en el contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.

- ***Corona.*** El material que se encuentra en el sitio, (prácticamente inalterado), adyacente a la parte más alta del escarpe principal, por encima de la cabeza.

- ***Escarpe principal.*** Superficie muy inclinada a lo largo de la periferia posterior del área en movimiento, causado por el desplazamiento del material. La continuación de la superficie del escarpe dentro del material conforma la superficie de la falla.

- ***Escarpe secundario.*** Superficie muy inclinada producida por el desplazamiento diferencial dentro de la masa que se mueve. En un deslizamiento pueden formarse varios escarpes secundarios.

- ***Superficie de falla.*** Área por debajo del movimiento y que delimita el volumen del material desplazado. El suelo por debajo de la superficie de la falla no se mueve, mientras que el que se encuentra por encima de ésta, se desplaza. En algunos movimientos no hay superficie de falla.

- ***Pie de la superficie de falla.*** La línea de interceptación (algunas veces tapada) entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno.

- ***Base.*** El área cubierta por el material perturbado abajo del pie de la superficie de falla.

- ***Punta o uña.*** El punto de la base que se encuentra a más distancia de la cima.

- ***Cuerpo principal del deslizamiento.*** El material desplazado que se encuentra por encima de la superficie de falla. Se pueden presentar varios cuerpos en movimiento.

- ***Superficie original del terreno.*** La superficie que existía antes de que se presentara el movimiento.

- ***Costado o flanco.*** Un lado (perfil lateral) del movimiento. Se debe diferenciar el flanco derecho y el izquierdo.

- ***Derecha e izquierda.*** Para describir un deslizamiento se recomienda utilizar la orientación geográfica (Norte, Sur, Este, Oeste); pero si se emplean las palabras derecha e izquierda, deben referirse al deslizamiento observado desde la corona hacia el pie.

➢ **Dimensiones**

Para definir las dimensiones de un movimiento se utiliza la terminología recomendada por el IAEG como se muestra en la **Fig. 10.**

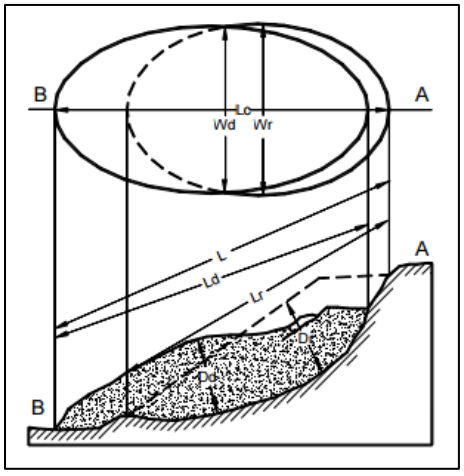


Figura N° 10 Dimensiones de los movimientos en masa
Fuente: IAEG Commission on Landslides (1990)

- **Ancho de la masa desplazada Wd.** Ancho máximo de la masa desplazada, perpendicular a la longitud Ld.

- **Ancho de la superficie de falla Wr.** Ancho máximo entre los flancos del deslizamiento perpendicular a la longitud Lr.

- **Longitud de la masa deslizada Ld.** Distancia mínima entre la punta y la cabeza.

- **Longitud de la superficie de falla Lr.** Distancia mínima desde el pie de la superficie de falla y la corona.

- **Profundidad de la masa desplazada Dd.** Máxima profundidad de la masa movida perpendicular al plano conformado por Wd y Ld.

- **Profundidad de la superficie de falla Dr.** Máxima profundidad de la superficie de falla con respecto a la superficie original del terreno, medida perpendicularmente al plano conformado por Wr y Lr.

- **Longitud total L.** Distancia mínima desde la punta a la corona del deslizamiento.

- **Longitud de la línea central Lc.** Distancia que hay desde la punta (o uña) hasta la corona del deslizamiento, a lo largo de los puntos ubicados sobre la superficie original y equidistantes de los bordes laterales o flancos.

3.4.3. Sistema de información geográfica (SIG).

La primera referencia al termino S.I.G. aparece por Tomlinson en 1989, referida "una aplicación informática cuyo objetivo es desarrollar un conjunto de tareas con información geográfica digitalizada".[20]

En 1987, Berry definió un Sistema de Información Geográfica como "un sistema informático diseñado para el manejo, análisis y cartografía de información espacial".[21]

En 1988 Burrough y McDonnell, amplia el concepto a "un sistema de herramientas para reunir, introducir, almacenar, recuperar, transformar y cartografiar datos espaciales sobre el mundo real con el fin de satisfacer múltiples propósitos".[22]

En 1990, el National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA) de USA los define como "un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión".[23]

- ✓ **Susceptibilidad a deslizamientos.**

Suárez. 2009. "La susceptibilidad, generalmente, expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno. La susceptibilidad es una propiedad del terreno que indica qué tan favorables o desfavorables son las condiciones de éste, para que puedan ocurrir deslizamientos. El mapa de susceptibilidad clasifica la estabilidad relativa de un área, en categorías que van de estable a inestable."[24]

El mapa de susceptibilidad muestra donde hay o no, condiciones para que puedan ocurrir deslizamientos. La probabilidad de ocurrencia de un factor detonante como una lluvia o un sismo no se considera en un análisis de susceptibilidad.

[20] Tomlinson .1967.
[21] Berry. 1987.
[22] Burrough y McDonnell. 1988.
[23] NCGIA. 1990
[24] Suárez J. 2009 "Análisis Geotécnico

- ✓ **Mapas de susceptibilidad**[25]

Los mapas de "susceptibilidad" a los deslizamientos fueron desarrollados por primera vez, por Brabb en San Mateo County California, para el USGS en 1978.

Los primeros mapas se realizaban superponiendo mapas con los diferentes factores geológicos que influían en las fallas de los taludes. En 1988, se inició el uso de Sistemas de Información Geográfica para la elaboración de los mapas de susceptibilidad. En 1991, se involucraron los métodos determinísticos con el análisis de factores de seguridad para las fallas de talud infinito con el programa DLISA. En 1994, el programa SHALSTAB (Montgomery y Dietrich) creó subrutinas que facilitaban el análisis de deslizamientos poco profundos. En 1999, se presentaron dos programas SINMAP (Pack y otros) y SMORPH (Vaugeois y Shaw) y se inició la utilización de la lógica difusa en los SIGs. En el 2006, el programa PISAm incluyó los modelos digitales de elevación y se desarrolló en Estados Unidos y Canadá el programa ArcSDM3.

En la actualidad, hay una gran cantidad de programas de software geotécnico con subrutinas para el análisis de susceptibilidad.

- ✓ **Elaboración de Mapas de Susceptibilidad a los Deslizamientos.**

El mapa de susceptibilidad es un mapa en el cual se zonifican las unidades de terreno que muestran una actividad de deslizamientos similar o de igual potencial de inestabilidad, que se obtiene de un análisis multivariable entre los factores del terreno que afectan la susceptibilidad a los deslizamientos y el mapa de inventario de deslizamientos.[26]

La susceptibilidad 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.

[25] Suárez J. 2009 "Análisis Geotécnico
[26] Suárez J. 2009 "Análisis Geotécnico"

- ***Sistema teórico.*** Se mapea el mayor número de factores que se considera que pueden afectar la ocurrencia de deslizamientos y luego, se analiza la posible contribución de cada uno de estos factores.

✓ Elementos para Elaborar un Mapa de Susceptibilidad

Para la elaboración del mapa de susceptibilidad se tienen en cuenta generalmente tres elementos[27]:

- Mapa de pendientes.
- Características geológicas, geomorfológicas y geotécnicas del terreno.
- Inventario de deslizamientos ocurridos en el pasado.

[27] Suárez J. 2009 "Análisis Geotécnico"

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales

Para la elaboración del proyecto se utilizaron los siguientes materiales que se detallan a continuación:

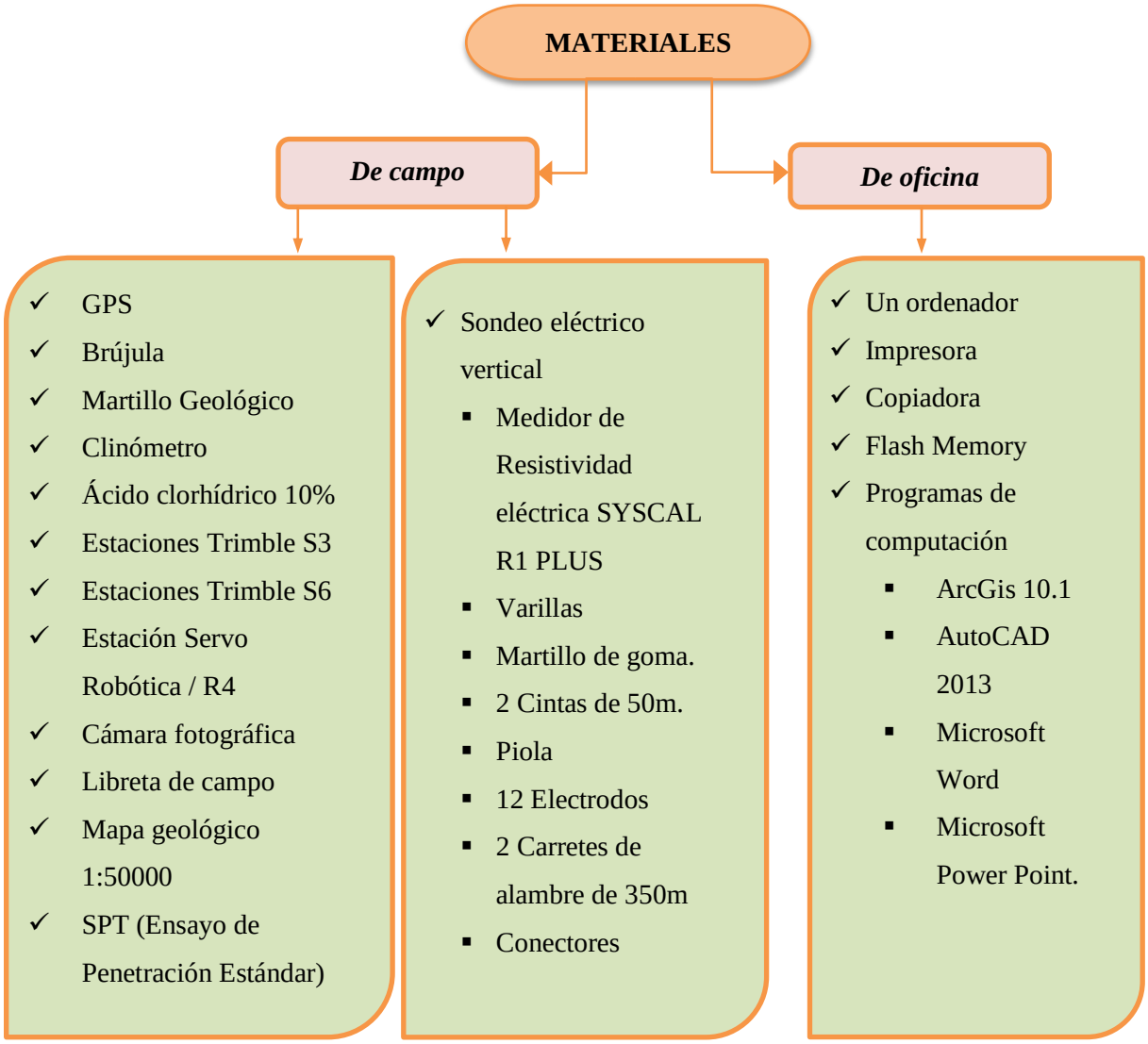


Figura N° 11 Materiales de campo y oficina
Fuente: Elaborado por la Autora

4.2. Métodos

En la presente investigación el método a utilizar será el método heurístico, el mismo que se basa en categorizar y ponderar los factores causantes de inestabilidad según su influencia esperada de éstos en la generación de fenómenos de remoción en masa. (Santacana, 2001).

Un procedimiento de este tipo es el análisis cualitativo basado en combinación de mapas de factores. Cada uno de estos factores forma un mapa que se combinará con los demás para la obtención del mapa final de zonificación de inestabilidad. (Santacana, 2001).

Para la elaboración del mapa de susceptibilidad a deslizamientos se utilizará el método de suma de rangos publicado por Janssen y Van Herwinjnen, 1994, se tomará éste método porque proporciona valores cercanos entre ellos, dando valor significativo a todos los pesos, tal es el caso, en el trabajo investigativo se dará pesos a cuatro variables (Geología, Geomorfología, Pendientes y Cobertura Vegetal), los mismos que deben ser asignados con valores próximos entre ellos (0.4, 0.3, 0.2, 0.1), ya que las cuatro variables aportan una influencia significativa para la inestabilidad del terreno. Dichos pesos serán asignados de acuerdo a la influencia en la inestabilidad del terreno, donde tal suma debe ser igual a 1.

La metodología a seguir para la realización del trabajo de tesis se describe a continuación:

4.2.1. Metodología de campo

- **Levantamiento topográfico**

El levantamiento topográfico se realizó con equipos tecnológicos como es la estación total TRIMBLE S3 y S6 (**Fig. 12**) y con la estación Servo Robótica R4 (**Fig.13**), se efectuó el levantamiento a 200 metros a cada margen del eje de la vía de integración barrial, en la que se pueda evidenciar infraestructuras, zonas de cultivo, deslizamientos, vías secundarias, postes, quebradas y formas de relieve.

La estación Servo Robótica R4, es una maquina con un margen de error mínimo (1cm), la misma que se comunica por vía bluetooth a la estación base, debido a la exactitud se pone

puntos estratégicos para las estaciones totales para minimizar el error de trabajo que se realiza con la ayuda de los prismas.

Obtenidos los datos se proceden a descargarlos a un computador con el software del equipo de topografía (ActiveSync), el cual nos da en un formato delimitado por comas relacionado con Excel, el mismo que nos muestra en coordenadas en tres dimensiones (X,Y,Z), estos datos son agregados al programa ArcGIS 10.1, el cual nos ayuda a generar las curvas de nivel y por ende la elaboración del plano topográfico.

Figura N° 12 Estación total Trimble S6
Fuente: Elaborado por la Autora

Figura N° 13 Estación Servo Robótica R4
Fuente: Elaborado por la Autora

- **Levantamiento geológico**

El levantamiento geológico consistió en realizar el mapeo y ubicación geográfica de afloramientos con la ayuda del GPS, los mismos que nos sirve para realizar la descripción de la litología y a su vez tomar datos estructurales de los estratos (rumbo y buzamiento).**Fig.14**.

Para el reconocimiento litológico se basó principalmente en la visualización directa con la ayuda de una piqueta y ácido clorhídrico al 10% en afloramientos naturales y artificiales; con la ayuda de mapas geológicos preexistentes (Mapa Geológico de la zona urbana de Loja, escala 1: 50 000) se logró corroborar la litología del sector.

Es importante mencionar que se utilizó fichas para la descripción de afloramientos (**ver Anexo 1**), donde se registraron datos estructurales, coordenadas y la descripción geológica, los cuales nos ayudaron a la realización del informe y el mapa geológico final, toda la información fue procesada mediante el software ArcGis 10.1.

Figura N° 14 Descripción de afloramientos
Fuente: Elaborado por la Autora

- **Sondeos eléctricos verticales**

Para el trabajo investigativo se consideró realizar sondeos eléctricos verticales, con la finalidad de conocer la estratificación. Por tal razón se analizó la información existente del área tales como mapas topográficos y geológicos.

Tomando en cuenta la información existente se determinó zonas relativamente planas y libres de construcciones civiles. Posteriormente se empleó el método de prospección geoeléctrica (SEV), que consisten en lo siguiente:

La inyección de corriente y la medida de la diferencia de potencial eléctrico se lo realizó clavando los electrodos en el suelo, estos están conectados por cables al generador de corriente alterna Syscal Junior/ R1 Plus (Standard & Switch (48-72) Versión). **Fig. 15.**

El Syscal Junior/ R1 Plus (Standard & Switch (48-72) Versión), lo que hace es generar una corriente alterna que la envía a la Fuente transformadora para convertirla en continua, que a su vez pasa a las electrodos metálicos, y que a su vez en el mismo equipo pasa por un sistema de amperímetros conectados en serie para medir la **Ia**.

La corriente de **Ia** penetrara por el punto A en el subsuelo, esta regresará por el electrodo B, con una **Ib** volviendo al dispositivo para cerrar el circuito.

Con la ayuda de una brújula se coloca una piola, donde nos permitió una alineación lo más recto posible de los electrodos, en la cual los electrodos inyectores A y B se separan progresivamente dejando los electrodos detectores M y N fijos.

Este arreglo utilizado en la ubicación de los electrodos se denomina Schlumberger el cual se trata de una composición simétrica de los electrodos AMNB dispuestos en línea, donde la distancia de los electrodos detectores MN es mucho menor que la de los inyectores AB, las ventajas de este método es que esta configuración es menos sensible a las variaciones laterales del terreno o buzamiento de los estratos, debido a que los electrodos de potencia (M y N) permanecen fijos, lo cual conlleva a una medición definida ya que los electrodos inyectores (A y B) se mueven progresivamente a distancia iguales en ambos lados.

Una vez realizado el arreglo se procedió a configurar el equipo en la que se ingresó las coordenadas geográficas, y también se estableció el número de lecturas con un mínimo de 4 y máximo de 8 lecturas, luego se registraron los datos obtenidos del equipo en una ficha técnica (**Anexo 2**), en la que se puede ver los espaciamiento tanto de AB como de MN.

Figura N° 15 Syscal Junior/ R1 Plus
Fuente: Elaborado por la Autora

Figura N° 16 Toma de datos de las resistividades
Fuente: Elaborado por la Autora

Obtenidos los datos registrados en las fichas técnicas se realiza el procesamiento de los datos en la que se utilizaron tres programas: Microsoft Excel (para obtener de manera cuantitativa las resistividades aparente del subsuelo en cada sondeo), Bloc de Notas (permite exportar los valores de resistividades aparente al IPI2WIN) y el software IPI2WIN, que permitió representar gráficamente los espesores de las capas, resistividades teóricas y verdaderas del subsuelo, y correlacionar valores de resistividades entre sondeos eléctricos verticales.

El software IPI2Win fue desarrollado por la Moscow State University, Geological Faculty, Department Of Geophysics, el mismo que es capaz de realizar interpretación 1D interactiva e inversión, con una variedad de arreglos electródicos comúnmente utilizados, para secciones verticales con constaste de resistividad en el rango de 0.0001 a 10000.

IPI2Win está diseñado para la interpretación de las curvas de datos obtenidas de los sondeos ectricos verticales a lo largo de un perfil. El objetivo principal es obtener un

resultado geológico que nos permita definir las características del subsuelo en la zona estudiada.

La principal ventaja de este programa es la interpretación manual confortable. Se puede cambiar los parámetros del modelo en diferentes formas:

- En la hoja de cálculo
- En sección transversal resistividad
- Arrastrar y soltar la parte de la curva de resistividad (el azul).

Simultáneamente se podía ver cómo los nuevos parámetros se ajustan a la curva de campo.

El programa IPI2WIN tiene una desventaja la misma que radica en su interpretación, ya que solo se manifiesta en 1D, la cual no se evidencia claramente los perfiles de los Sondeos Eléctricos Verticales.

4.2.2. Metodología de oficina

Una vez finalizado el trabajo de campo se realizó el procesamiento de la información recolectada, la misma que se realizó con el software ArcGIS 10.1, para de esta manera realizar el análisis de susceptibilidad a deslizamientos en el sector de estudio.

- **Mapa topográfico**

Obtenidos todos los datos de las estaciones, los cuales se encuentran en formato Excel, son importados al programa ArcGIS 10.1, luego le damos un sistema de coordenadas UTM WGS-1984 - Zona 17S.

Para la generación de las curvas de nivel se activa las extensiones en este caso 3D análisis y se escoge la opción crear TIN (**Fig. 17).** Luego en la herramienta ArcToolbox, en 3D análisis escogemos la opción superficie triangulada y luego curvas de nivel de superficie, cabe destacar que las curvas principales serán cada 5m y las secundarias cada 1m. (**Fig. 18**). Obtenidas las curvas de nivel del sector de estudio se procede a digitalizar lo que es cultivos, infraestructuras, vías, quebradas, deslizamientos entre otros.

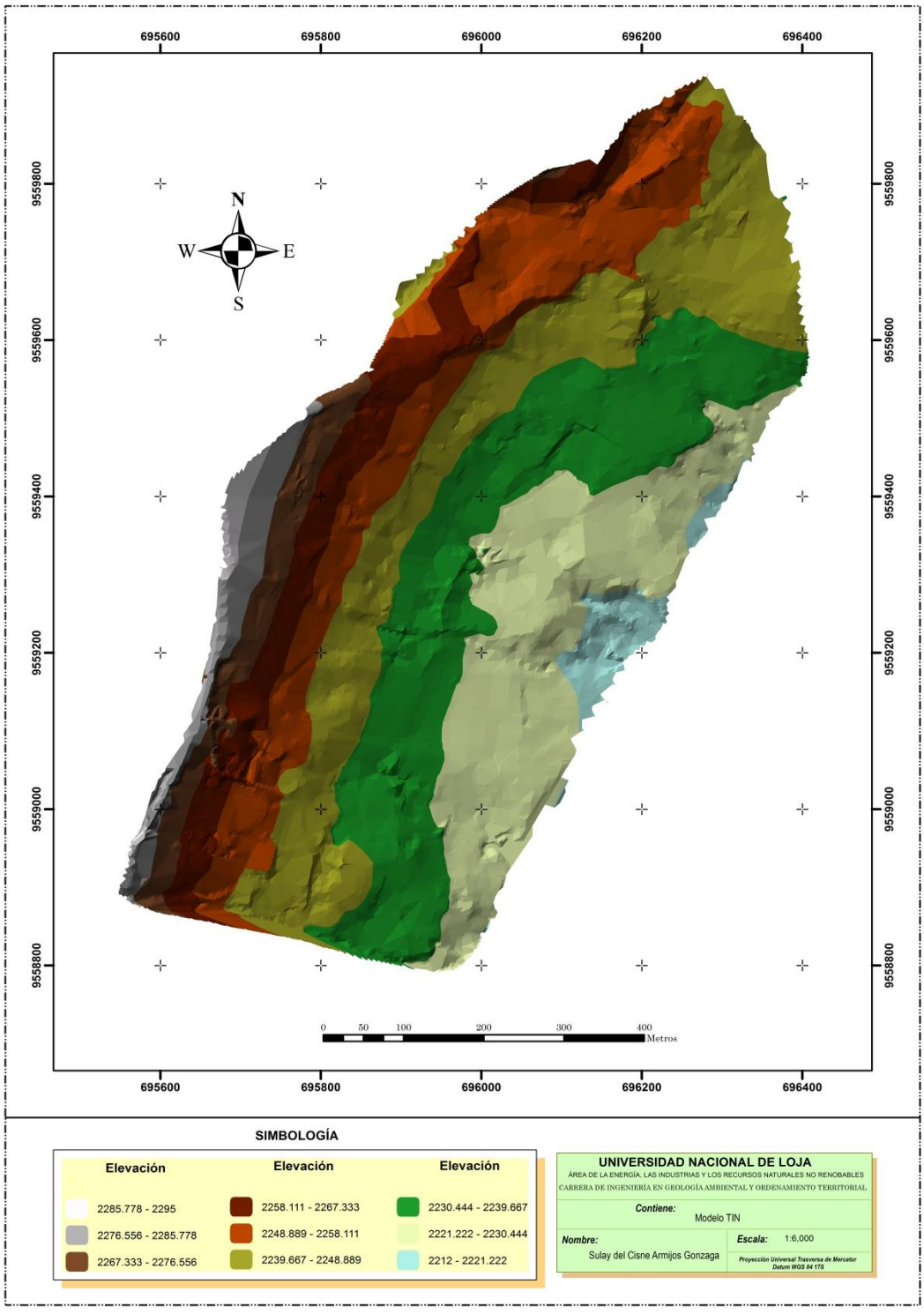


Figura N° 17 Modelo TIN
Fuente: Elaborado por la Autora

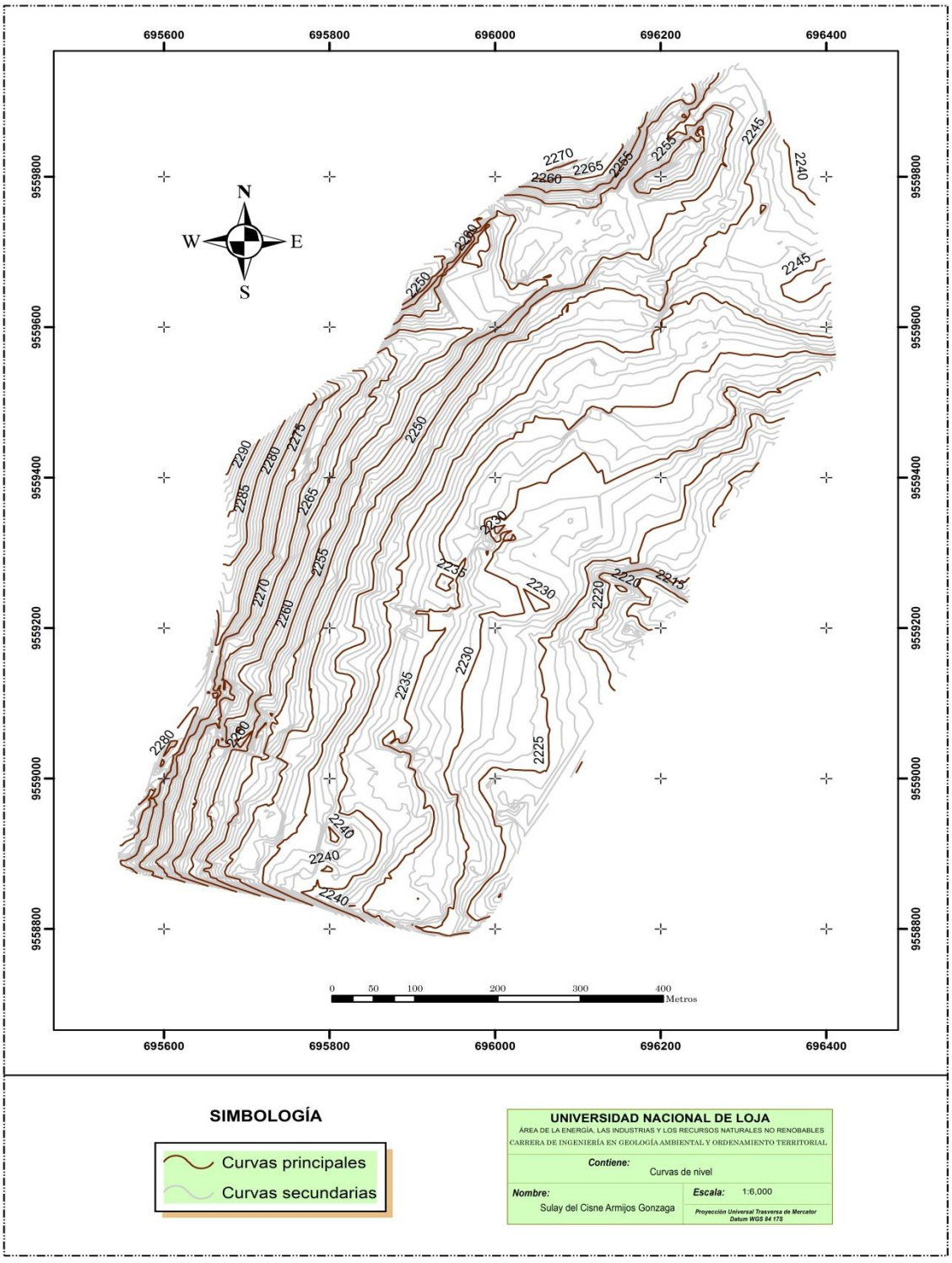


Figura N° 18 Curvas de nivel
Fuente: Elaborado por la Autora

- **Mapa de pendientes**

Para realizar el mapa de pendientes nos basamos en el modelo de elevación, luego en la herramienta ArcToolbox en la opción 3D análisis, seleccionamos la opción Conversión – desde TIN a Raster, posteriormente aplicamos la herramienta – Superficie de Raster – Pendientes.

Con las herramientas de 3D análisis aplicamos la Reclasificación, para aquello se utilizó la clasificación de Demek, 1972, justificando esta clasificación por estar relacionado con su composición de los materiales en el área de estudio, en la cual tenemos litología sedimentaria; este autor da una serie de ángulos de pendiente donde diferentes materiales obtienen su estabilidad como se muestra en la **Fig. 19.**

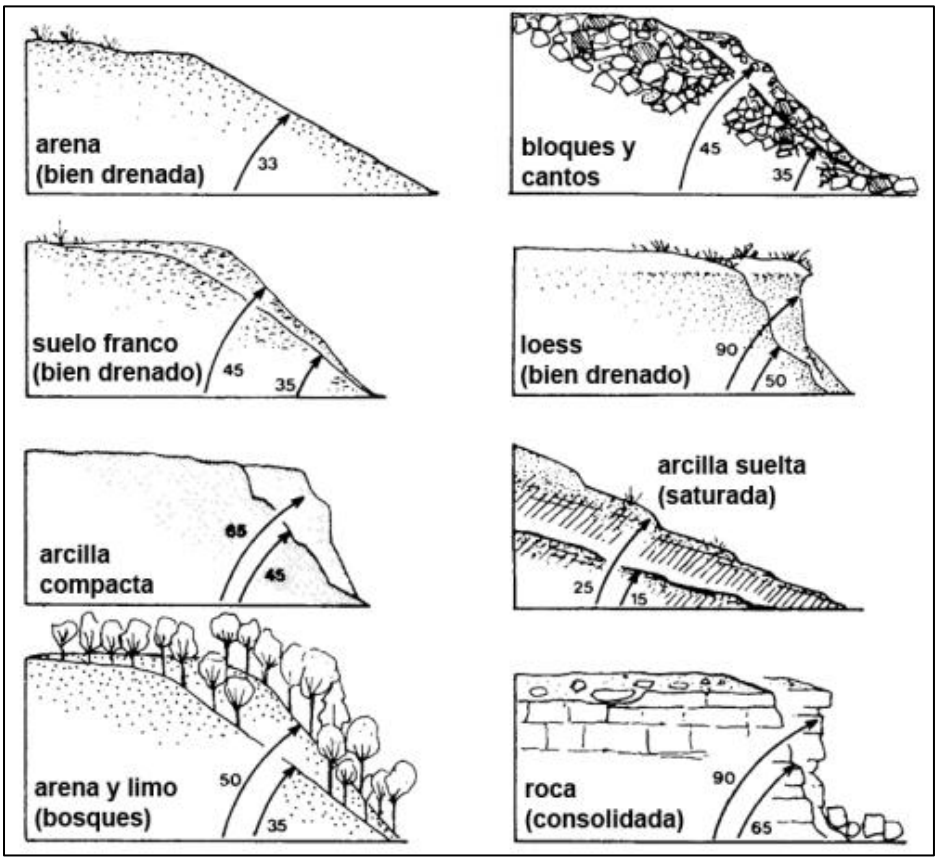


Figura N° 19 Angulo de estabilidad de algunos materiales de acuerdo a su composición y estado físico, de acuerdo a la clasificación de Demek, 1972.
Fuente: Marsh, 1991

Dicha clasificación fue modificada según la autora determinando en cinco categorías las mismas que se detalla en la siguiente tabla:

Tabla N° 1 Categoría de pendientes

PENDIENTES	
RANGOS (°)	**DESCRIPCIÓN**
0 a 5	Ligeramente inclinada
5 a 15	Moderadamente inclinada
15 a 35	Muy inclinado
35 a 55	Empinado
55 a 90	Vertical

Fuente: Clasificación del ángulo de pendientes. Demek 1972.
Elaborado: Por la Autora

Luego de la reclasificación se procede a convertir de Raster a Polígono para una mejor visualización, para finalizar se aplica la herramienta Disolver para agrupar las categorías antes expuestas y dar los colores respectivos.

- **Mapa geológico**

Para la elaboración de este mapa se basó principalmente en los puntos de afloramientos (**Fig. 20**), para ello se creó shapefiles de tipo Polígono en el programa ArcGIS 10.1, para ir determinando las formaciones geológicas. Con los puntos de los afloramientos se logró determinar contactos geológicos y datos estructurales como: rumbo y buzamiento de las capas, lo cual ayudó a determinar el mapa final (mapa geológico).

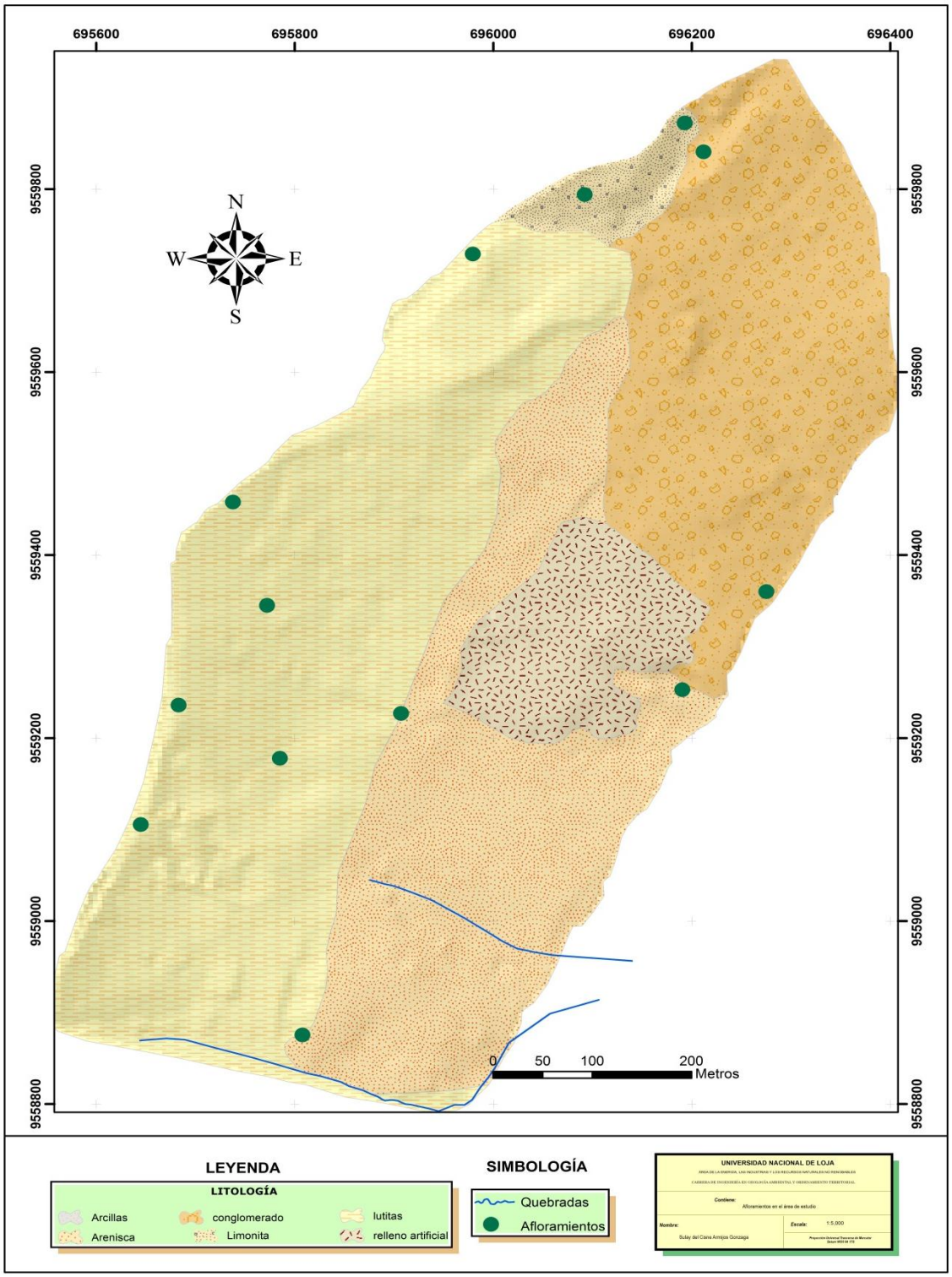


Figura N° 20 Puntos de Afloramientos.
Fuente: Elaborado por la Autora.

- **Mapa geomorfológico**

Para la realización del mapa geomorfológico se utilizó la metodología empleada por CLIRSEN en un proyecto denominado "Generación de Geo-información para la gestión del territorio a nivel nacional 2010", conjuntamente con visitas de campo y con el programa ArcGIS 10.1. en la que se realizó el mapa de sombras (**Fig. 21**) que se parte del raster inicial, este es de gran utilidad para la terminación de las geoformas.

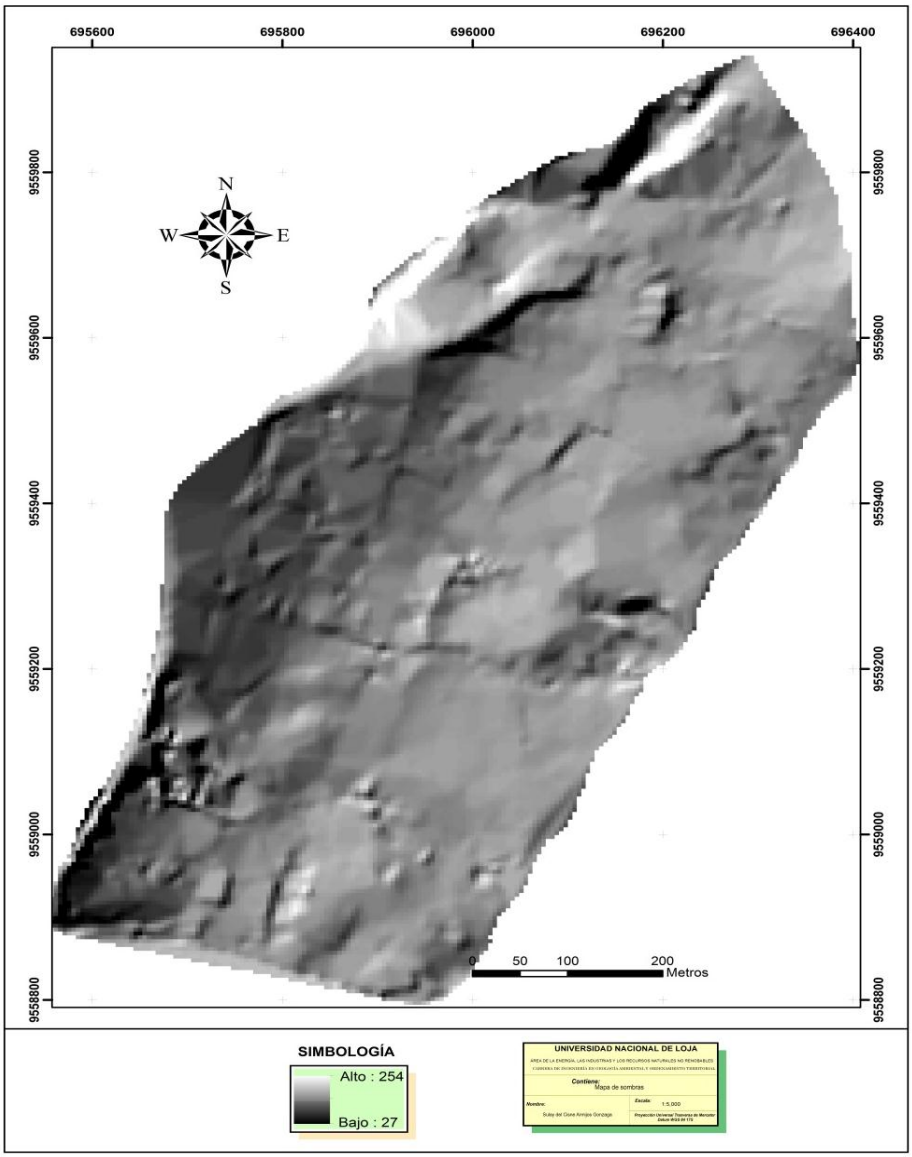


Figura N° 21 Mapa de sombras
Fuente: Elaborado por la Autora

Para la determinación de las geoformas se creó un Shapefiles en el programa ArcGIS 10.1 donde se determinó campos como: Unidad Genética, Unidad Morfológica, Forma de Relieve, Pendiente y Litología, para la determinación de la misma nos basaremos de lo siguiente:

- **Morfometría**

Corresponde al análisis cuantitativo del relieve, es decir que toma en cuenta los aspectos medibles de la descripción de la morfología. Las variables morfométricas deben estar acordes con los datos que provee el MDT(Modelo Digital del Terreno).

- ✓ **Desnivel relativo**

Este parámetro corresponde a la altura existente entre la parte más baja, generalmente el cauce de los ríos o quebradas (nivel base) y la parte más alta de las unidades geomorfológicas. Se mide en metros.

Tabla N° 2 Categorías del desnivel relativo

Cód.	Tipo
1	0 a 5 m
2	5 a 15 m
3	15 a 25 m
4	25 a 50 m
5	50 a 100 m
6	100 a 200 m
7	200 a 300 m
8	> a 300 m

Fuente: Ficha de Fotointerpretación geomorfológica - CLIRSEN, 2012.

- ✓ **Pendiente**

Se refiere al grado de inclinación de las vertientes con relación a la horizontal; está expresado en porcentaje.

Tabla N° 3 Categorías de pendientes

Código	Pendiente	Porcentaje (%)
1	Plana	0 a 2
2	Muy suave	2 a 5
3	Suave	5 a 12
4	Media	12 a 25
5	Media a fuerte	25 a 40
6	Fuerte	40 a 70
7	Muy fuerte	70 a 100
8	Escarpada	> a 100

Fuente: Ficha de Fotointerpretación geomorfológica - CLIRSEN, 2012.

- ✓ **Longitud de la vertiente**

Corresponde a la distancia inclinada existente entre la parte más alta y la más baja de una unidad geomorfológica, la misma que se mide en metros. Tiene una relación directa principalmente con los procesos de erosión y movimientos en masa.

Tabla N° 4 Categorías de longitud de la vertiente

Tipo	Descripción
Muy corta	< a 15 m
Corta	15 a 50 m
Mod. larga	50 a 250 m
Larga	250 a 500 m
Muy larga	> a 500 m

Fuente: Ficha de fotointerpretación geomorfológica - CLIRSEN, 2012.

De acuerdo con los datos obtenidos en base a la morfometría se clasifica de acuerdo a las diferentes formas de relieve tal como se describe a continuación:

Tabla N° 5 Formas de relieve según su origen.

Origen	Descripción	Forma de relieve	Descripción
DENUDATIVO	Incluye un grupo de procesos de desgaste de la superficie terrestre. En este contexto, el principal proceso identificable como forma de relieve son los coluviones y coluvio aluviales, formas originadas en la acción de la gravedad en combinación con el transporte de las aguas.	**GARGANTA**	Caracterizado por laderas pronunciadas, las cuales poseen desniveles superiores a los 5 m. y pendientes mayores al 12%. Se origina a partir de un proceso de erosión por un curso de aguas. Sus pendientes son más pronunciadas que aquellas de los relieves circundantes.
ESTRUCTURAL	Obedece a un patrón estructural del buzamiento de los estratos y al plegamiento de rocas sedimentarias consolidadas y metamórficas de origen sedimentario.	**SUPERFICIE DE CUESTA**	Se refiere a una ladera estructural de una cuesta, la cual está formada por series monoclinales de escaso buzamiento, formada como consecuencia de la degradación parcial de los estratos sedimentarios suavemente plegados.
		FRENTE DE CUESTA	Corresponde a la parte más escarpada y de menor longitud que presenta una cuesta.

Fuente: Base conceptual de la cartografía geomorfológica - CLIRSEN, 2012.

- **Mapa de Cobertura Vegetal**

Para la elaboración del mapa de cobertura vegetal nos basamos en el mapa topográfico y observación directa en el campo, para determinar mediante polígonos en el software ArcGIS 10.1 los cuales nos dieron los siguiente: pastos, cultivos, zonas pobladas, etc.

- **Mapa de susceptibilidad a deslizamientos**

Para realizar el mapa final utilizaremos el programa ArcGIS 10.1, en donde nos basaremos principalmente en el método heurístico y en el método de la suma de rangos.

El método heurístico se basa en el conocimiento a priori de los factores que producen inestabilidad en el área de estudio (**Fig.22**). Los factores son ordenados y ponderados según su importancia asumida o esperada en la formación de deslizamientos (Carrara *et al.*, 1995). Para la determinación del grado de influencia de inestabilidad nos basamos en la **tabla 6** donde se determina las condiciones para la asignación de los pesos correspondientes.

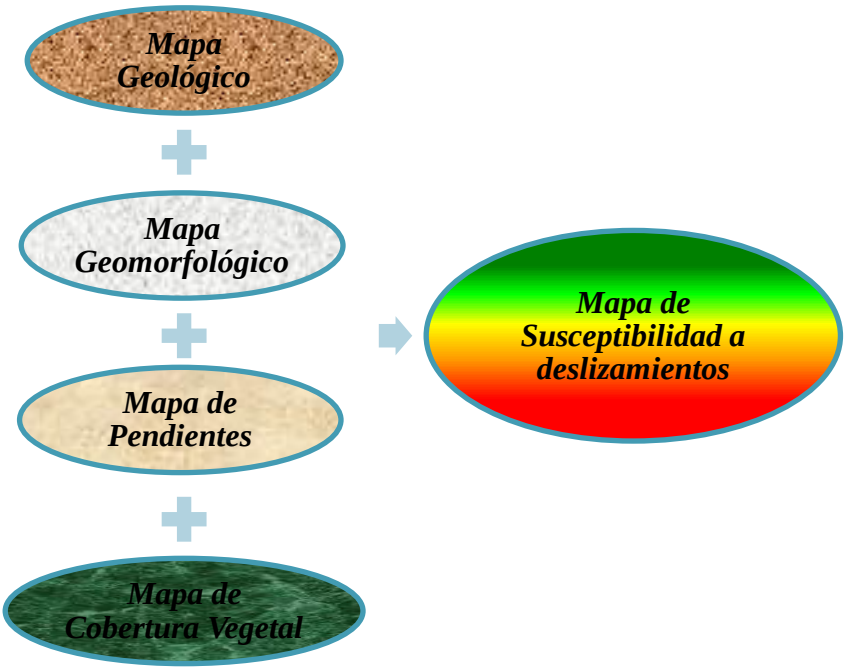


Figura N° 22 Variables utilizadas para el mapa de Susceptibilidad
Fuente: Elaborado por la Autora

Tabla N° 6 Condiciones y asignación de pesos a las variables

CLASE	PESO
Condiciones biofísicas muy bajas para que se produzcan deslizamientos	1
Condiciones biofísicas menos favorables para que se produzcan deslizamientos	2
Condiciones biofísicas desfavorables para que se produzcan deslizamientos	3
Condiciones biofísicas severas haciendo que los espacios geográficos que presentan estas características, sean muy peligros a deslizamientos	4
Condiciones biofísicas muy severas haciendo que los espacios geográficos que presentan estas características, sean altamente peligrosos a deslizamientos	5

Fuente: Tambo Walter**.** 2011 "Estudio del Peligro de deslizamiento del Norte de la ciudad de Loja, Provincia de Loja. Ecuador".

Asignados los pesos a cada uno de las variables se continúa con el método de suma de rangos el mismo que consta de lo siguiente:

La suma de rangos "es un método para generar pesos numéricos en un orden según su importancia de los criterios. Este método calcula el peso, wk, para el criterio k de acuerdo con la fórmula, donde n es el número de criterios. Una vez más, los pesos se ajustan a la orden de rango de criterios definidos por el conjunto S, lo que significa que w1 ≥w2 ≥ ... ≥ wn ≥ 0"[28]. (Definición traducida del manual de ILWIS).

Fórmula:

$$wk = \frac{n + 1 - k}{\sum_{i-1}^{n}(n + 1 - i)}$$

En la **tabla 7** se muestran los pesos para varios números de criterio según la formula antes mencionada.

En el trabajo investigativo se tomó el número de criterios cuatro, ya que tenemos cuatro variables (geología, geomorfología, pendientes y cobertura vegetal), las mismas que serán

[28] Janssen, R, and Van Herwijnen, M. (1994); Saaty, T. (1980).

asignadas por los respectivos pesos según su grado de influencia en el desarrollo de deslizamientos.

Tabla N° 7 Método de Suma de Rangos

Número de Criterio	Pesos de Criterio usando el método de Suma de Rango					
#	W1	W2	W3	W4	W5	W6
2	0.66	0.33				
3	0.50	0.33	0.17			
4	0.40	0.30	0.20	0.10		
5	0.33	0.27	0.20	0.13	0.07	
6	0.29	0.24	0.19	0.14	0.10	0.05

Fuente: Janssen y Van Herwijnen (1994)

Una vez asignados los pesos a las variables, usamos la herramienta **Model Builder,** "que es una herramienta que se utiliza para crear, editar y administrar modelos. Los modelos son flujos de trabajo que encadenan secuencias de herramientas de geoprocesamiento y suministran la salida de una herramienta a otra herramienta como entrada"[29].

También se utilizó la herramienta **Suma Ponderada,** la misma que ofrece la posibilidad de ponderar y combinar varias entradas para crear un análisis integrado, tal como se muestra en la **figura 23.**

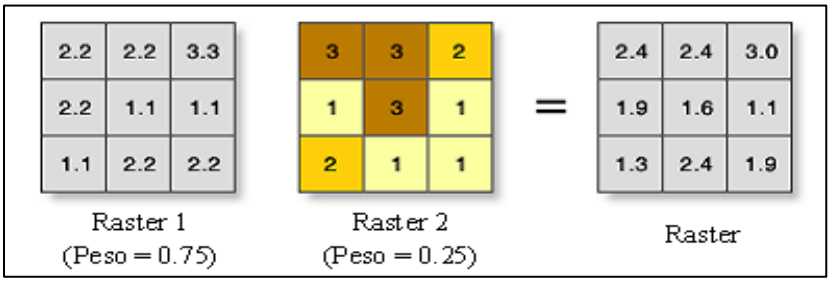


Figura N° 23. Explicacion de la herramienta Suma Ponderada.

En la figura antes expuesta los valores de las celdas se multiplican por su factor de peso, y los resultados se suman para crear el ráster de salida. Por ejemplo, considere la celda superior izquierda. Los valores para las dos entradas se convierten en (2,2 * 0,75) = 1,65 y (3 * 0,25) = 0,75. La suma de 1.5 y 0.75 es 2,4.[30]

[29] Catálogo de Ayuda de ArcGIS 10.1
[30] Catálogo de Ayuda de ArcGIS 10.1

Finalmente se procede a la categorización del mapa de susceptibilidad de acuerdo a los criterios expuestos por Sarkar y Kanungo, 2004, en la que se detalla a continuación:

Tabla N° 8 Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos

Categorías	Susceptibilidad	Criterio
1	*Muy baja*	Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que puedan ocurrir deslizamientos.
2	*Baja*	Laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados, no saturados, con discontinuidades favorables, donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos.
3	*Moderada*	Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados, donde no han ocurrido deslizamientos, pero no existe completa seguridad de que no ocurran.
4	*Alta*	Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran.
5	*Muy alta*	Laderas con zonas de falla, masas de suelo altamente meteorizadas y saturadas y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe una alta posibilidad de que ocurran.

Fuente: Sarkar y Kanungo, 2004

5. RESULTADOS

5.1. Descripción biofísica del sector

5.1.1. Ubicación y acceso

La ciudad de Loja se encuentra en el cantón del mismo nombre, situada en la parte oriental de la provincia de Loja, al sur del Ecuador.

Geográficamente el cantón Loja se encuentra limitando al Norte con el cantón Saraguro, al Sur y Este con la provincia de Zamora Chinchipe y al Oeste con los cantones Catamayo, Gonzanamá, Quilanga y la provincia de El Oro,

El área de estudio se halla ubicado al Nor-Oeste de la ciudad de Loja, específicamente en la parroquia urbana Sucre (**Fig. 24**); en la vía de integración barrial comprendido el tramo desde el barrio Bolonia hasta el sector Plateado Bajo (7+700m-8+700m) longitud de 1 km y una altura media de 2240 m. s. n. m. se encuentra a unos 3 Km aproximadamente del centro de la Ciudad de Loja.

El acceso al lugar de estudio se puede realizar vía terrestre desde el cantón Catamayo hacia la ciudad de Loja en un tiempo aproximado de 40 minutos por la vía nueva, al llegar a la ciudad de Loja, aproximadamente al kilómetro 30 se encuentra la vía de Integración Barrial, sector en el que se encuentra el barrio Plateado Bajo.

Otro de los accesos se da por la vía Cuenca – Loja; en donde al llegar al sector del redondel de Carigan se desvía a la derecha y se toma la vía de integración barrial, hasta llegar a la intersección de la vía que conduce a Catamayo. También lo pueden hacer llegando al terminal terrestre y dirigiéndose por la vía a Catamayo en un tiempo aproximado de 10 minutos hasta llegar al sector Plateado Bajo.

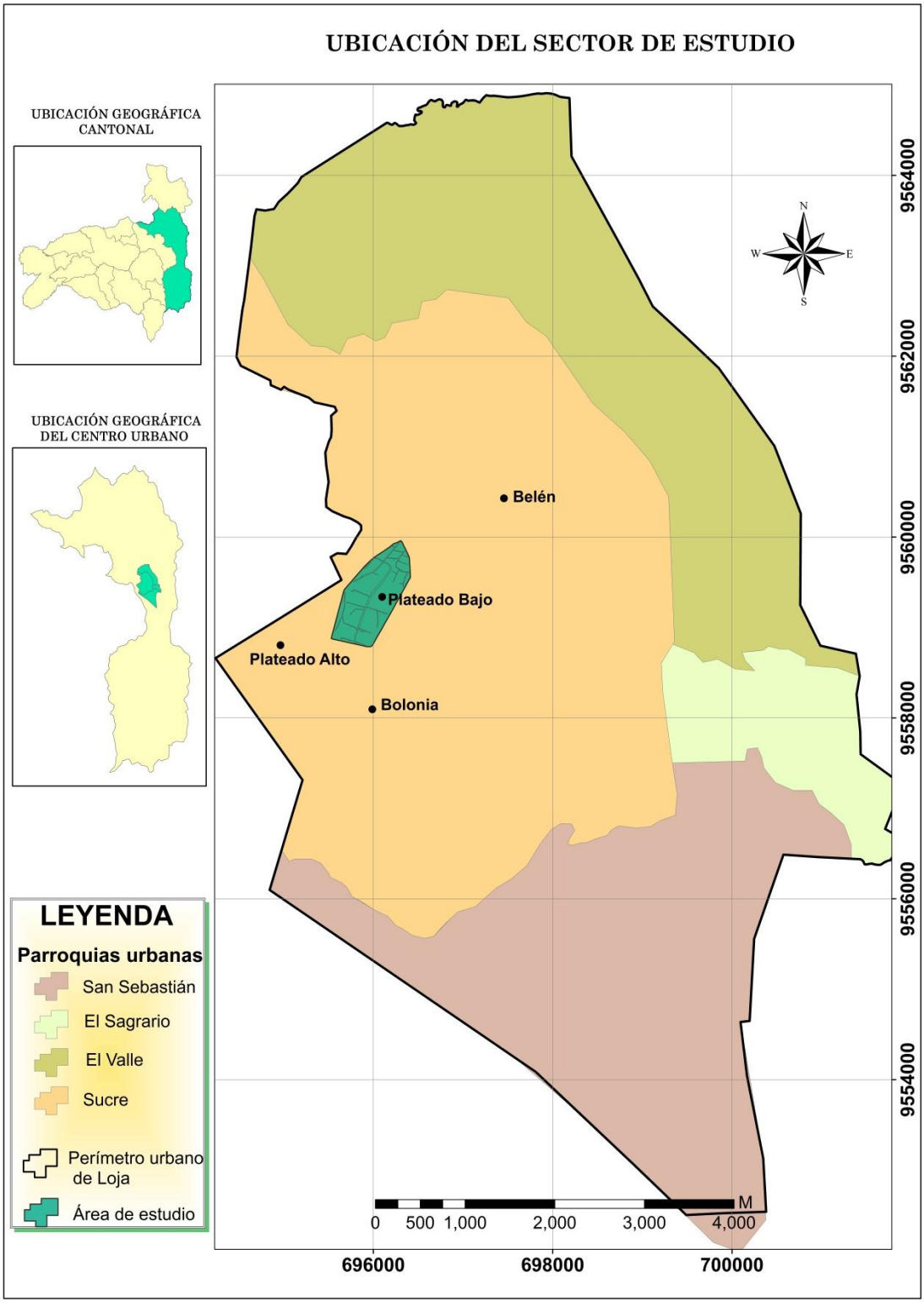


Figura N° 24 Ubicación geográfica del sector de estudio.
Fuente: Municipio de Loja.2008 Esc. 1:25 000.
Elaborado: Por la Autora

5.1.2. Vegetación

"La vegetación en la hoya de Loja básicamente se encuentra representada por dos tipos que son característicos de acuerdo a la ubicación en la que se encuentran: el uno como bosque de montaña baja, que está constituido por cerros colinas y nudos en los que se encuentran plantaciones de *Alnus acuminata Kunth* (Aliso), *Pinus patula* (Pino), *Eucaliptus globulus labil* (Eucalipto), y *Podorcarpus spp* (Romerillo) principalmente; de igual forma se observa vegetación silvestre típica de la zona como: *Dodonaea viscosa* (chamana) y *Gynoxys sp* (chilca). El otro tipo de vegetación tales como cultivos de hortalizas, cereales, frutales y árboles ornamentales, mismo que se encuentra principalmente constituido por valles y llanuras"[31].

En cuanto a la vegetación, en el sector de estudio se pueden evidenciar áreas de bosque que se encuentra ocupando las colinas y partes bajas del sector. Básicamente el área de estudio está constituida por pasto natural, el mismo que es utilizado para alimento del ganado, además se puede evidenciar cultivos de maíz y hortalizas.

Figura N° 25 Vegetación de la zona de estudio (Plateado Bajo)
Fuente: Elaborado por la Autora.

[31] Sierra et al., 1999.

5.1.3. Aspectos socio-económica

- **Población**

El proyecto se desarrolla en el sentido oeste de la ciudad de Loja, perteneciente al cantón y provincia de Loja, ésta vía de integración barrial tiene significativa importancia, ya que servirá como un mejoramiento de transitabilidad, comercialización de productos y los tiempos de viaje, y un descongestionamiento del centro de la ciudad, además también servirá como un enlace entre las parroquias rurales del cantón Loja (Malacatos y Vilcabamba), con la vía panamericana que conduce al cantón Catamayo y por otro lado al cantón Saraguro.

Según el Censo de Población y Vivienda 2010, el cantón Loja, tiene una población de 214,855 personas, que corresponde al 47% de la población de la provincia, la cual tiene 448.966 habitantes.

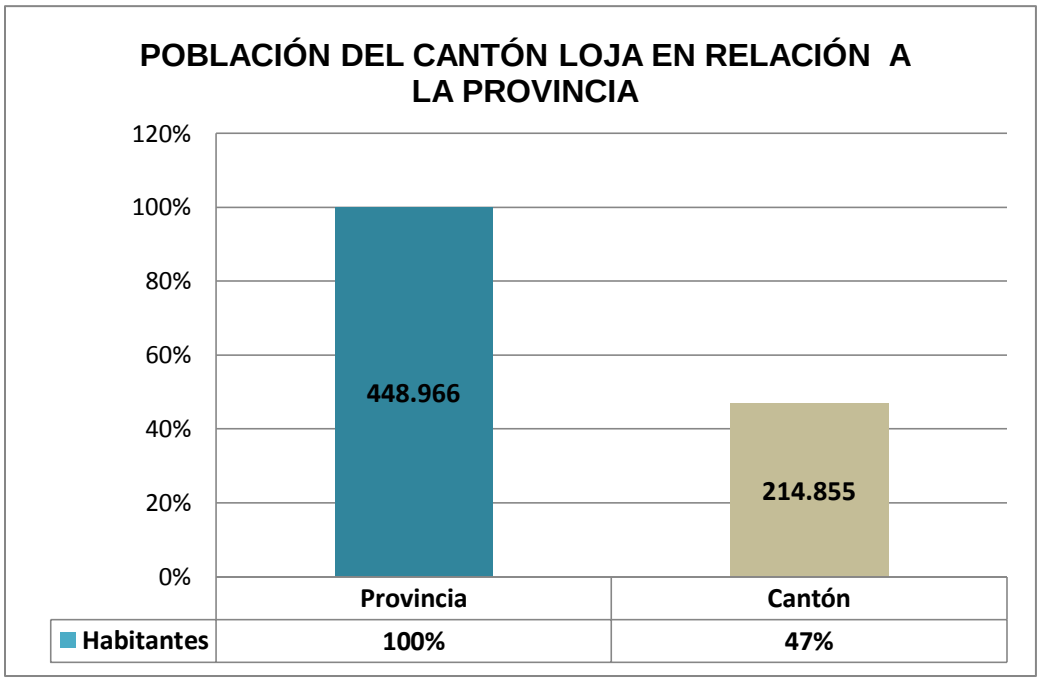


Figura N° 26 Población del cantón Loja en relación a la provincia
Fuente: INEC. VII Censo de población y VI de vivienda 2010.
Elaborado: Por la Autora

La población urbana asciende a 170.280, que representa el 79.3% de la población total. En el área rural, viven 44.575 personas, que representa el 20.7% de la población.

En lo que respecta a la población del sector en estudio existen aproximadamente 1000 personas que corresponde al 0.58 % de la población urbana.

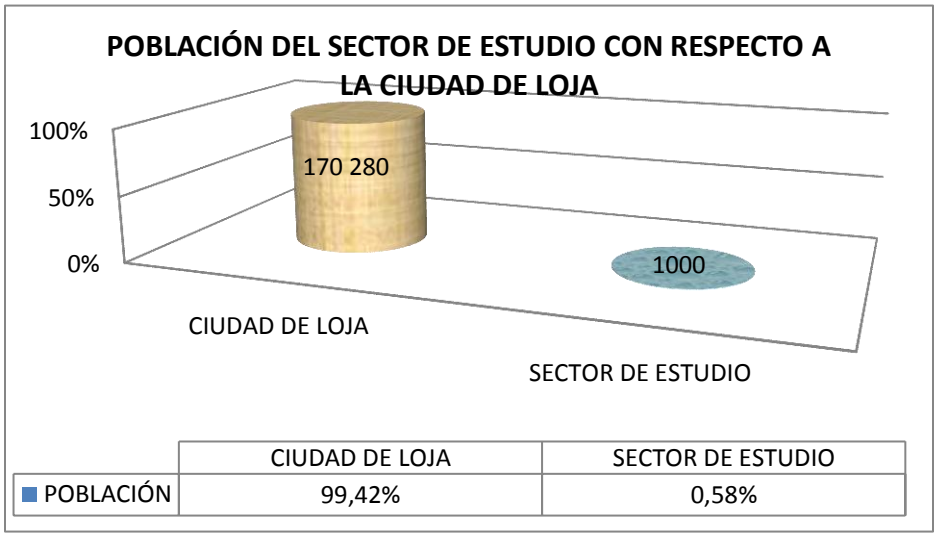


Figura N° 27 Población del sector de estudio con respecto a la ciudad de Loja.
Fuente: INEC. VII Censo de población y VI de vivienda 2010.
Elaborado: Por la Autora

Sin duda alguna, el cantón Loja registra un incremento de su población, ya que se establece como el centro de atracción de la provincia, el mismo que presta mejores condiciones de vida, ya que hay un mayor número de centros educativos, comercios, empresas, actividad financiera, etc. Donde esto ha producido un aumento constante de personas dando un crecimiento notorio en todos los censos poblacionales realizados en el período 1950 - 2010 su población se ha incrementado casi cuatro veces lo que constituye un importante aumento a nivel provincial (de 60 158 habitantes a 214 855 habitantes).

Tabla N° 9 Evolución de la población del cantón Loja

Censo	1950	1962	1974	1982	1990	2001	2010
Cantón Loja	60158	79748	111980	121317	144493	175077	214855

Fuente: INEC. VII Censo de población y VI de vivienda 2010.

Tabla N° 10 Tasa de crecimiento poblacional del cantón Loja

Período	Tasa
1950 - 1962	2.32%
1962 - 1974	1.53%
1974 - 1982	0.66%
1982 - 1990	0.81%
1990 - 2001	0.46%
2001 - 2010	1.16%
1950 - 2010	1.22%

Fuente: INEC. VII Censo de población y VI de vivienda 2010.

De la población total de la cabecera cantonal (180 617 habitantes), el 47.96% son hombres (86 631 habitantes) y el 52.03% son mujeres (93 986 habitantes).

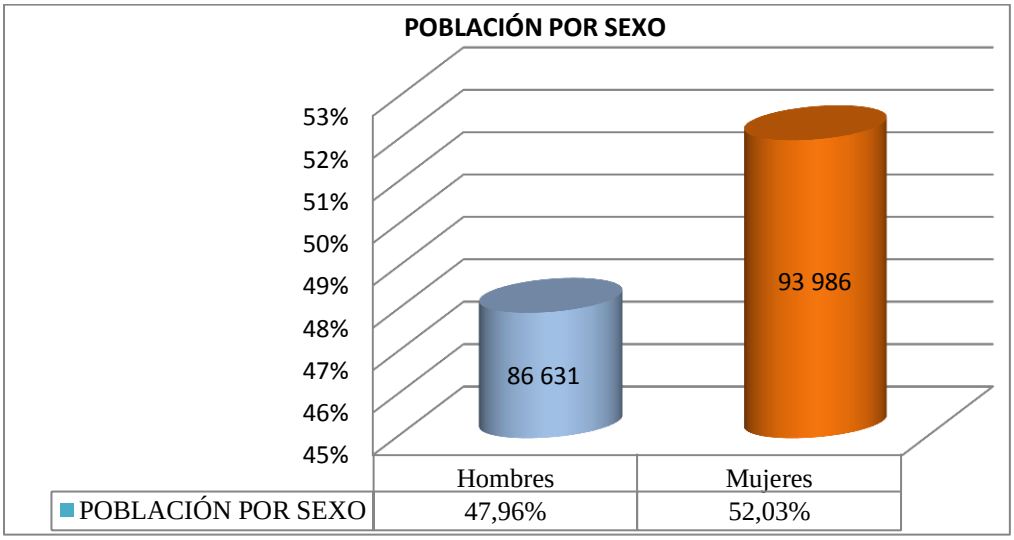


Figura N° 28 Población por sexo de la cabecera cantonal
Fuente: INEC. VII Censo de población y VI de vivienda 2010.
Elaborado: Por la Autora

- **Pobreza por Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)**

En la cabecera cantonal viven 20.662 personas pobres extremas por NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas) y 43.220 pobres no extremos por NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas), que corresponden al 11.44% y 23.93% de su población respectivamente. Del total de pobres extremos por NBI en el cantón Loja el 56.63% se concentran en su cabecera cantonal y del total de no pobres extremos por NBI el 77.66%.

➢ **Población Económicamente Activa**

En el ámbito del empleo, en el cantón la Población Económicamente Activa es de 82.1 mil personas. De los cuales más de la mitad (59%) son hombres. El 94.5% de la PEA está ocupada. La principal rama de actividad de la PEA es el comercio al por mayor y menor (20.7%) y construcción (10.7%), industrias manufactureras (8.5), agricultura ganadería y pesca (7.9%), administración pública (7.6%), transporte y comunicación (6.2%) y el resto de la población se dedica a otras actividades (27.8%). **Fig. 29**. En el sector de estudio la población económicamente activa se dedica a la construcción, actividades agropecuarias, obreros, los mismos que prestan su mano de obra dentro de la ciudad y fuera de ella, así mismo raras veces en su propio sector.

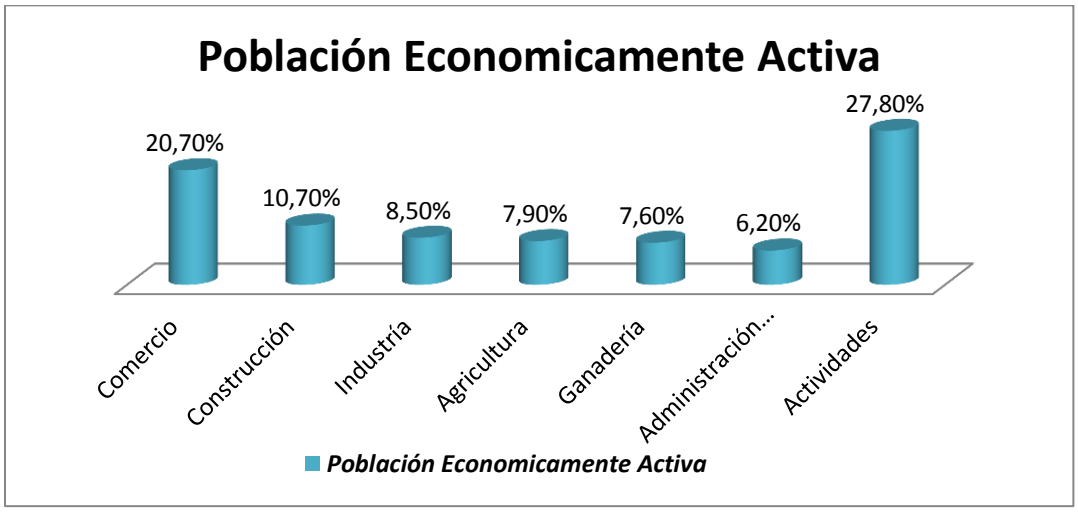


Figura N° 29 Población económicamente activa
Fuente: INEC. VII Censo de población y VI de vivienda 2010.
Elaborado: Por la Autora

5.1.4. Clima

El clima de la ciudad de Loja es templado- andino, caracterizado por una temperatura promedio del aire de 16.96° C y una precipitación promedio anual de 1028,91 mm/año. De acuerdo con los datos publicados por INAMHI del monitoreo de la Estación La Argelia la encuentra a una altura de 2160 m.s.n.m. para un periodo de 10 años (2003-2012), encontrando una temperatura máxima de 19.9°C en el mes de mayo del año 2010 y la más baja en el mes de julio del 2008 con 15.1°C. Dentro de los meses con menor temperatura media podemos mencionar que se sitúan los meses de junio julio y agosto. (**Anexo 2**).

A lo que se refiere a las precipitaciones de lo registrado en los 10 años (2003-2012) se tiene un promedio anual de 1028,91 mm/año registrándose un pico máximo en los meses de febrero, marzo, abril y un mínimo en el periodo de julio, agosto y septiembre. Cabe señalar que durante el año 2008 la cantidad de lluvias aumentó, mientras que en el año 2010 disminuyo con respecto a los demás años. (**Anexo 3**).

La Humedad relativa media en la ciudad de Loja en los años 2003 al 2012 registran un promedio de 58.58 % con una máxima de 65.71 % y una mínima de 40.50%, los meses que registran menor humedad son los de octubre y noviembre mientras que los meses de marzo, abril, junio y agosto presentan una mayor concentración de humedad en el aire.

Las corrientes de viento que sopla sobre la ciudad de Loja, derivadas del gran frente del Este, sufren modificaciones locales debidas principalmente a la acción del relieve, pero conservan en términos generales algunas de las características comunes del componente Regional, sobre todo en cuanto a dirección y humedad. El relieve local disminuye la fuerza del viento y contribuye a desviar hacia el Norte la dirección SE predominante de los vientos. Los vientos en la ciudad de Loja en base a los registros generados por el INAMHI del 2003 al 2012 registran una velocidad promedio de 7.82 m/s, registrándose los meses con mayor intensidad de vientos los de junio y agosto cuyos máximos valores son de 9.8 y 11.6 m/s, así mismo la menor intensidad de vientos se registra en los meses de octubre y noviembre con valores de 5.2 y 4.2 m/s.

5.1.5. Hidrología

La red hidrográfica de la cuenca de Loja es de tipo dendrítico (**Fig. N° 31).** Está drenado principalmente por los ríos Zamora y Malacatos cuyos caudales fluyen hacia el Norte por el centro de la cuenca y descienden por el Este, a la cuenca Amazónica para desembocar en el Océano Atlántico. Como unidades hidrográficas de segundo orden, cuya fluencia es más o menos perpendicular a los drenajes principales antes mencionados, se puede citar los ríos Jipiro y Zamora Huayco, así como las quebradas Mónica, Quillollaco, Potrerillos, La Banda, Las Pavas, San Cayetano, El Salado, etc., cuyas configuraciones forman una red dendrítica con caudales que en la mayor parte de los casos presentan volúmenes poco considerables. Se puede notar mayor densidad de drenaje en la parte oriental de la cuenca debido a la presencia de rocas metamórficas, en las cuales es característico un aumento en la pendiente de acuerdo a su orografía.

En la zona de estudio nacen dos vertientes, cuya dirección va de sur-este, con poco caudal, las mismas que aguas abajo forman una quebrada denomina Pavas, y ésta a su vez forman la quebrada Turunuma donde desembocan en el Rio Zamora.

Los caudales son bien bajos en las vertientes en épocas de verano, mientras que en época de invierno hay un incremento considerable, aumentando así los caudales a las quebradas aguas abajo y por ende produciendo inundaciones en los barrios cercanos a dichas quebradas.

Figura N° 30 Vertientes del sector de estudio
Fuente: Elaborado por la autora

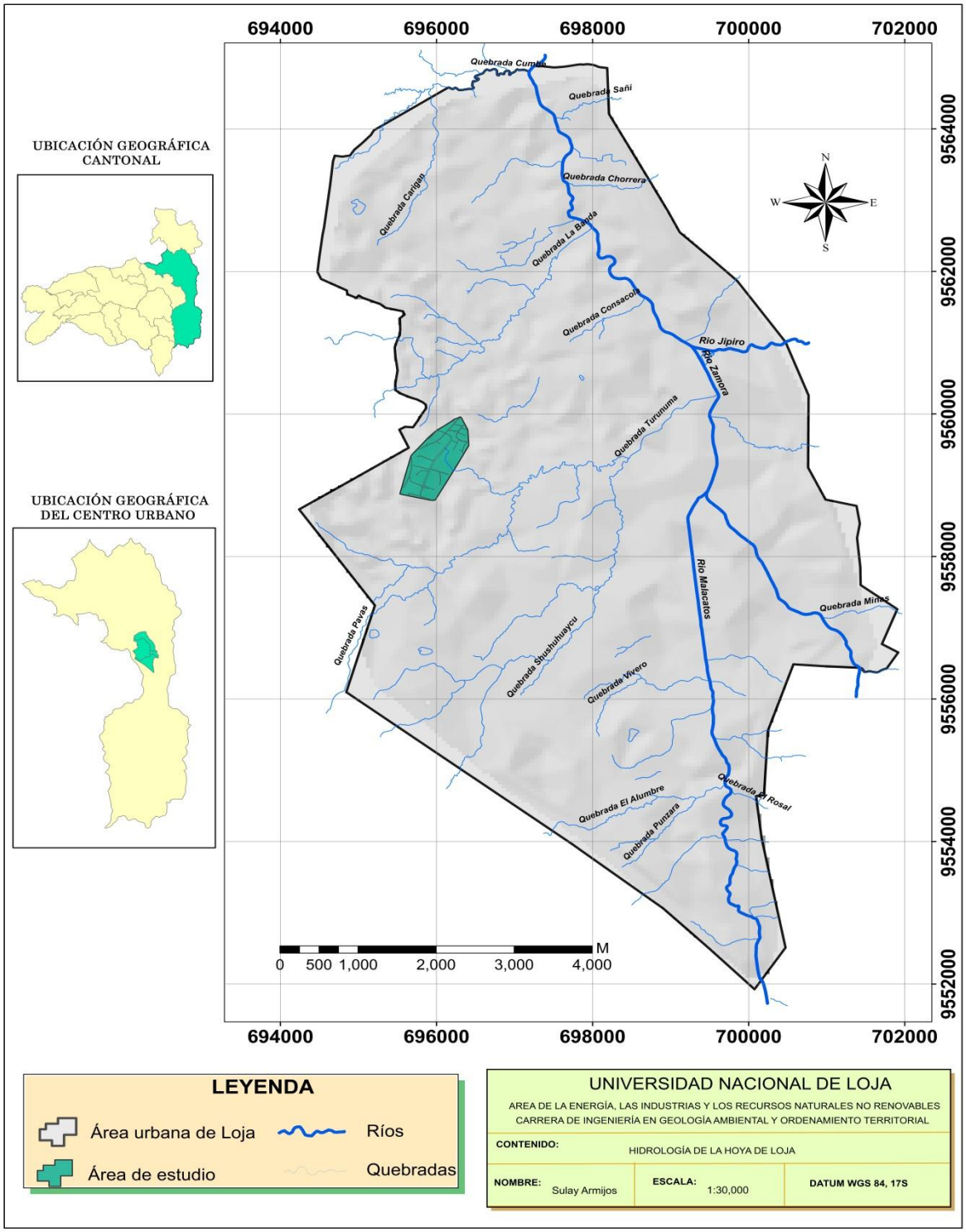


Figura N° 31 Hidrología de la ciudad de Loja
Fuente: Municipio de Loja. Esc. 1:30 000.
Elaborado: Por la Autora

5.2. Análisis de Susceptibilidad a Deslizamientos en el Sector de Estudio

5.2.1. Topografía

La topografía del sector fue levantada con las estaciones Servo Robótica R4, Trimble S3 y Trimble S6, una superficie de 53.33 ha, en la que comprende una longitud de vía de 1 km y 200 m a cada margen del eje vial.

Estos datos son procesados en el software ArcGIS 10.1, en la que generamos curvas de nivel secundarias cada 1 metro y principales cada 5 metros, en la que se generó altitudes que varían entre 2212 y 2295 m s.n.m.

En base a los datos recolectados en el campo se crea polígonos y polilíneas uniendo puntos levantados, para luego dibujar vías, viviendas, cultivos, quebradas, deslizamientos, entre otros elementos.

De acuerdo a la topografía obtenida se puede determinar que se encuentra una pendiente más empinada en el sector donde predomina más la infraestructura (Sur-Oeste), por otro lado la topografía más plana está actualmente ocupada con cultivos y escasas infraestructuras (Nor-Este).

El mapa topográfico se lo realizó en un formato A3, con una escala de 1:4 000 con una proyección Universal Transversa de Mercator Datum WGS 1984, Zona 17 S.

De acuerdo al mapa topográfico se tiene cultivos de maíz los cuales abarca una superficie de 3.47 Ha, parcelas (0.248 Ha), vías (4.14 Ha) y viviendas con un área de 3.47 Ha.

MAPA TOPOGRÁFICO

CORTES TOPOGRÁFICOS

5.2.2. Geología

- **Geología general**

La cuenca sedimentaria de Loja se encuentra sobrepuesta discordantemente sobre el basamento de rocas metamórficas de edad Paleozoico (Unidades Chiguinda y Agoyán).

Según D. Hungerbühler (2002), la cuenca de Loja se encuentra dividida en dos secciones estratigráficas: sección Occidental y sección Oriental, ambas con diferentes nombres de formaciones geológicas que no se han podido correlacionar en sus partes inferiores a diferencia de la formación Quillollaco que aflora en las dos secciones. **Fig. 32.**

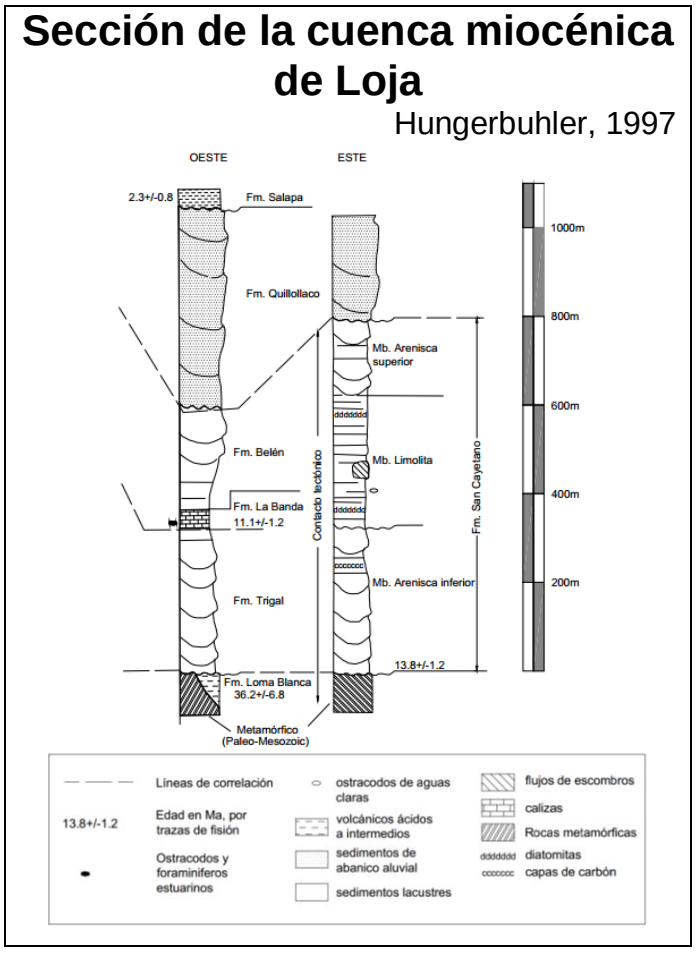


Figura N° 32 Secciones estratigráficas de la Cuenca de Loja

- **Unidad Chiguinda.-** Correspondiente a la Cordillera Real, constituye el basamento de la cuenca de Loja. Formada por rocas metamórficas de edad

Paleozoica, comprende cuarcitas, filitas, esquistos, pizarras y escasas metacuarcitas.

Se desconoce su espesor pero se supone que es de varios kilómetros. Esta unidad aflora en la parte occidental de la Cuenca de Loja, en las vía Loja-Catamayo; en la parte oriental Loja- Zamora.

La cuenca de Loja está constituida estratigráficamente en las siguientes formaciones geológicas:

- Formación Trigal (Mioceno).
- Formación La Banda (Mioceno medio tardío).
- Formación Belén (Mioceno inferior).
- Formación San Cayetano (Mioceno medio a tardío).
- Formación Quillollaco (Mioceno tardío).
- Formación Salapa (Mioceno).

- **Formación Trigal (Mioceno).-** esta se halla en la localidad de la Cuenca de Loja en el río Trigal a lo largo de la carretera Loja a Catamayo, y solo está presente a lo largo del margen nor-occidental de la cuenca, esta formación consiste de arenisca de grano grueso con láminas finas de conglomerados y capas menores de limonitas, los conglomerados son compuestos por pequeños clastos volcánicos (> 1 cm) que existe capas paralelas estratificadas dentro de las areniscas. Las areniscas muestran estratificación horizontal, planos estratificados cruzados y también contienen pequeños fragmentos de madera. La potencia varía de 50 a 150 m. La Formación Trigal está en contacto concordante con la Formación San Cayetano hacia el Este, discordantemente descansa sobre la Unidad Chigüinda al Oeste.

- **Formación La Banda (Mioceno medio - tardío).-**yace en la parte nor-occidental de la Cuenca de Loja, a lo largo de la carretera principal desde Loja a Cuenca cerca de la quebrada La Banda. Esta formación esta solo presente al

Nor-Oeste de la cuenca donde forma un intervalo muy persistente. Está constituida por intervalos de calizas blancas entre que destacan: calizas masivas conteniendo moluscos y ostrácodos; repetición rítmica de escasas láminas finas de lutitas carbonatadas y calizas; capas de cherts (sílices) y areniscas amarillas de un granulado fino. La Formación La Banda sobreyace a la Formación Trigal, observándose localmente con un contacto poco erosivo o concordantemente, y está sobrepuesta concordantemente por la Formación Belén. Posee una abundante fauna de ostrácodos y varios foraminíferos. La fauna indica una depositación marina poco profundo, en ambiente de estuario.

- **Formación Belén (Mioceno inferior)**.-esta formación se localiza al Oeste del río Zamora en la parte Nor-Occidental de la cuenca. La formación está caracterizada por gruesas capas de areniscas de color marrón granuladas, que contienen lentes de conglomerados de clastos de rocas metamórficas, horizontalmente estratificados y depósitos de desfase. Descansa concordantemente sobre la Formación La Banda. El límite es un cambio gradual desde una caliza predominante a arenisca; el contacto entre las Formaciones Belén y San Cayetano es formado por una falla de cobijadura limitada o bordeada al Oeste.

- **Formación San Cayetano (Mioceno medio - tardío).-**aflora en el barrio san Cayetano en la parte centro-oriental de la ciudad de Loja y está presente en su mayor parte al este del río Zamora. La formación puede ser dividida en tres miembros con límites transicionales: ***Miembro Inferior de Arenisca***, contiene areniscas de color marrón, algunas pequeñas capas de conglomerados y lutitas. Los conglomerados son canalizados y contienen exclusivamente clastos metamórficos redondeados e imbricados, clasificados pobremente; las lutitas contienen gastrópodos y una rica macroflora; ***Miembro Limonitas***, abarca lutitas de color marrón, gris y blanco, abundantes capas de diatomita y algunos piroclastos horizontales. Existen también algunas hojas y abundante gastrópodos impresos entre superficies estratificadas y esqueletos enteros de

peces que se encuentran preservados en estas laminaciones de superficies estratificadas; ***Miembro Superior de Areniscas***, está dominado por areniscas de color marrón y lutitas. La Formación San Cayetano descansa discordantemente en la Unidad Metamórfica Chigüinda.

- **Formación Quillollaco (Mioceno tardío**).- aflora en toda la cuenca, excepto en el borde nor-occidental.La formación está dominada por conglomerados muy granulados con pocas intercalaciones de areniscas. Los conglomerados son sostenidos y están compuestos 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. Su espesor varía desde de 600 m al Sur de la Cuenca, mientras que la parte central solo alcanzan 100 m a lo largo del margen Este de la cuenca el espesor es 500 m. La formación Quillollaco yace con discordancia angular en la mayor parte de la cuenca con las formaciones: Trigal, Belén y San Cayetano.

- **Formación Salapa (Mioceno).-**Formación Salapa contiene líticos y tobas ricos en vidrio. Las tobas son fuertemente alterados también en instantes completamente transformados a caolinita por fenómenos de meteorización. Tiene una potencia de 10 m. La Formación Salapa descansa discordantemente en rocas Metamórficas Paleozoicas que bordean la cuenca de Loja.

- **Geología estructural**

La evolución tectónica de los Andes se debe a la acción generada por los procesos de subducción de la placa de Nazca, que al fluir en sentido Oeste-Este, penetra bajo la Placa continental Sudamericana; este proceso se inicia a finales del cretácico con la formación de la cordillera andina, limitada por una falla inversa, este proceso se extiende hasta el Eoceno con la emersión de la cordillera Occidental de los Andes. (Egüez A. 1993).

La cuenca de Loja se encuentra dividida en dos áreas: una oriental y una occidental por una falla longitudinal de rumbo aproximado N-S que coincide con el curso actual del Río

Zamora. No se tiene evidencia morfológica de esta falla debido al recubrimiento aluvial. (Hungerbühler, 1997).

La actividad de otras fallas con rumbo aproximado E-O en el extremo oriental de la cuenca, como las que se encuentra a lo largo de la Qda. Pangora y el Río Jipiro; al igual que los sistemas de pliegues encontrados en Virgenpamba y la nueva vía Loja-Zamora, evidencian mayor actividad tectónica en ese lado de la cuenca (Izquierdo, 1991).

- **Geología local**

La zona de estudio se situá en el borde Occidental de la cuenca sedimentaria de Loja, una vez recorrido y descrito los afloramientos del sector en fichas técnicas tal como se muestra en el **Anexo 4**, donde se evidencian diferentes tipos de litologías como se describen a continuación:

Lutitas.- Se encuentran presentes al Oeste del área de estudio, donde se pudo evidenciar 8 afloramientos, pertenecientes todos a la formación La Banda.

- ✓ **Afloramiento 1**.- Se encuentra junto a la vía de Integración Barrial al Sur-Oeste, donde se evidencia un contacto litológico, como se muestra en la figura 33, la misma que consta en la parte superior izquierda de lutitas con un espesor de 1m, con una coloración blanquecina, cuya dirección en el contacto de los estratos es N76°W, y un buzamiento de 14^{o} SW. Así mismo en la parte inferior derecha se evidencia un estrato de areniscas de grano medio con un espesor de 1.20 m, y una coloración anaranjada, perteneciente a la Fm. Belén.

Figura N° 33 Afloramiento de areniscas en la parte inferior y sobre esta lutitas.
Fuente: Elaborado por la Autora

- ✓ **Afloramiento 2.-** Localizado al Oeste del sector de estudio, junto a la vía de Integración Barrial, cuyo afloramiento está constituido por lutitas; debido a la actividad agrícolas y por presencia de agua se evidencia en la parte superior un estrato de 3.81 m de lutitas meteorizadas, las mismas que están mezcladas con material orgánico obteniendo así un color gris oscuro; en la parte inferior se muestra un estrato de lutitas más consolidadas con una dirección N68°W y un buzamiento de 14°SW, con un espesor de 2.59m.

Figura N° 34 Afloramiento de lutitas (Vía de Integración Barrial)
Fuente: Elaborado por la Autora

- ✓ **Afloramiento 3.-** Se encuentra al Oeste del área, está constituido por lutitas de color blanquecino**,** con un grado de meteorización medio; su espesor de 3.58 m y su dirección es N30°E y su buzamiento de 17°SE.

Figura N° 35 Afloramiento de lutitas
Fuente: Elaborado por la Autora

- ✓ **Afloramiento 4.-** Este afloramiento se localiza al oeste del sector, junto a una vía de segundo orden, está constituido en su totalidad por lutitas con un grado de meteorización medio, cuyo estrato consta de un espesor de 3.30 m y una dirección de N18°E con un buzamiento de 22°SE, así también hay presencia de fisuras de 1 a 2 mm, como también óxidos de hierro que dan una coloración rojiza debido a las infiltraciones de agua.

Figura N° 36 Afloramiento de lutitas
Fuente: Elaborado por la Autora

- ✓ **Afloramiento 5.-** Ubicado al Oeste del área de investigación, consta en su totalidad de lutitas de color blanquecino con un grado de meteorización medio, un espesor de 4.10 m y una dirección del estrato de N8°E y su buzamiento de 13°SE; hay presencia de fisura de 1 a 2 mm, como también óxidos de hierro.

Figura N° 37 Afloramiento de lutitas
Fuente: Elaborado por la Autora

- ✓ **Afloramiento 6.-** Está constituido por lutitas, la misma que esta intercala por pequeñas capas (1 cm) de carbonatos de calcio, los cuales reaccionaron con el ácido clorhídrico al 10 %, cuyo estrato consta de un espesor de 2.12 m, con presencia de fisuras y óxidos de hierro; su dirección es N16°W con un buzamiento de 19°NE y se encuentra al Oeste del área de estudio.

Figura N° 38 Afloramiento de lutitas y carbonatos de calcio.
Fuente: Elaborado por la Autora

- ✓ **Afloramiento 7.-** Se localiza al Oeste, junto a la vía que conduce al barrio Plateado Alto, este afloramiento consta de lutitas de color blanquecino con un espesor de 2.57m y una dirección N16°E con un buzamiento de 38°SE. En el estrato se evidencian fisuras de 1 a 2 mm, por lo que hay la presencia de raíces a una profundidad de 0.60m.

Figura N° 39 Afloramiento de lutitas
Fuente: Elaborado por la Autora

- ✓ **Afloramiento 8.-** Se encuentra al Nor-Oeste del área en estudio, junto a la vía de Integración Barrial, en la que se puede evidenciar un estrato de lutitas en la parte superior con un espesor de 10 m. con una coloración gris y un grado de meteorización de medio a alto, debido a la facilidad de desintegración del material; también se evidencia fisuras de 1 a 3 mm. En la parte inferior hay la presencia de calizas con una meteorización baja y un espesor de 3 m; cuya estratificación tienen una dirección N39°E y su buzamiento de 19°SE donde su principal composición mineralógica es la calcita y arcilla, predominando la calcita, lo que le confiere un color blanquecino.

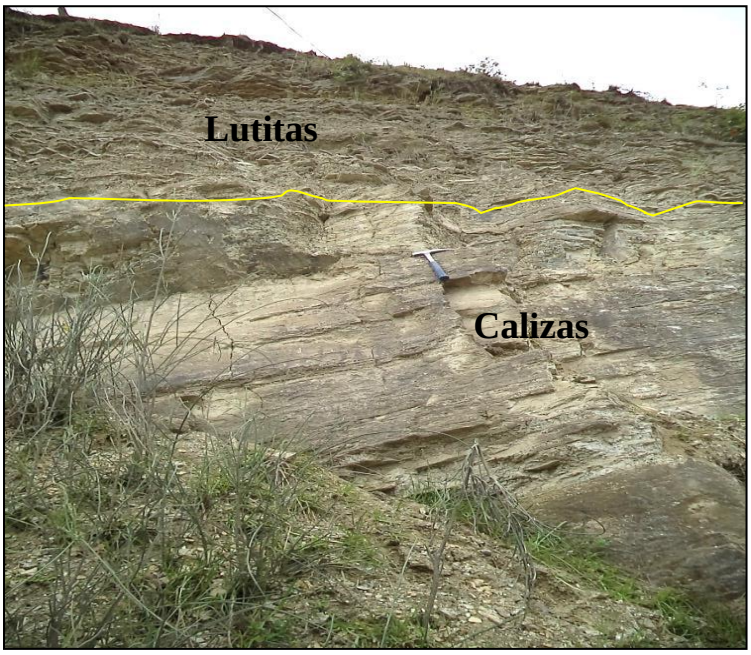


Figura N° 40 Afloramiento de lutitas (superior) y calizas (inferior)
Fuente: Elaborado por la Autora

Limonitas, Conglomerado y Areniscas.- Se encuentran presentes al Nor-Este del área de estudio, donde se pudo evidenciar 5 afloramientos, pertenecientes a la formación Belén.

- ✓ **Afloramiento 9.-** Este afloramiento se encuentra al norte del sector de estudio, está constituido por limonitas, las cuales tienen un espesor de 5.97 m, con un grado de meteorización de medio a alto, debido a la facilidad de desintegración del material y una coloración gris claro a anaranjado, esto debido a la presencia de capillas (1 a 3mm)

de óxidos de hierro**;** su estratificación tiene una dirección N16°E y un buzamiento de 38°SE.

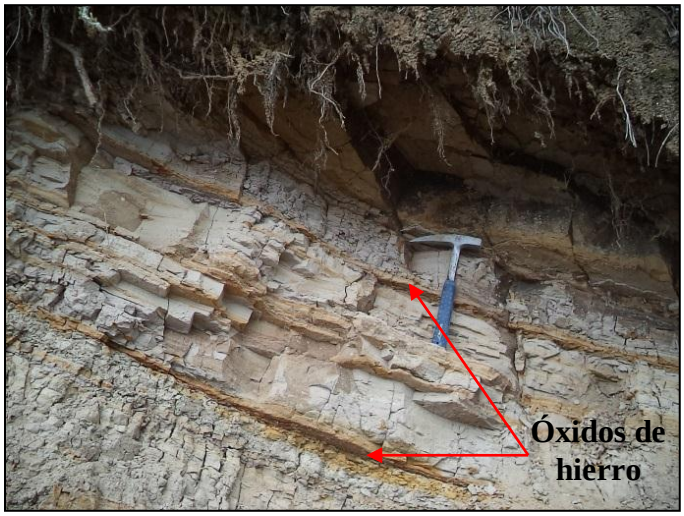


Figura N° 41 Afloramiento de limonitas
Fuente: Elaborado por la Autora

- ✓ **Afloramiento 10.-** Esta ubicado al norte, junto a la vía a Catamayo, litológicamente se encuentra formado por limonitas intercalado con arcillas saturadas, cuya dirección es N13°E y su buzamiento de 25°NW. Las limonitas se encuentran depositados con espesores de 0.50 a 1m; mientras que las arcillas tiene un espesor de 0.65m, donde dicho estrato se encuentra saturado, manteniendo una coloración gris verdosa por la presencia de agua, éste material tiende hacer impermeable y suelen comportarse como un material expansivos el mismo que vuelve a su estado normal y forma grietas de desecación, lo cual se vuelve un problema de inestabilidad en los suelos.

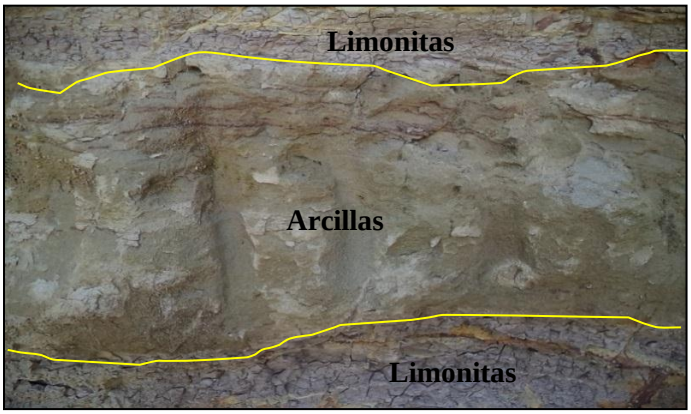


Figura N° 42 Afloramiento de limonitas
Fuente: Elaborado por la Autora

- ✓ **Afloramiento 11.-**Localizado al norte, paralelo a la vía a Catamayo, donde se evidencia conglomerado con cantos subredondeados de material metamórfico de 2 a 4 cm con matriz arenosa, presentando una meteorización media, cuyo espesor es de 4.8 m, la cual esta predominando sobre el estrato de areniscas teniendo estas un espesor de 1.58 m, donde hay presencia de óxidos de hierro y fisuras pequeñas de 3 mm. En este afloramiento no hay presencia de estratificación por lo tanto no hay medidas estructurales.

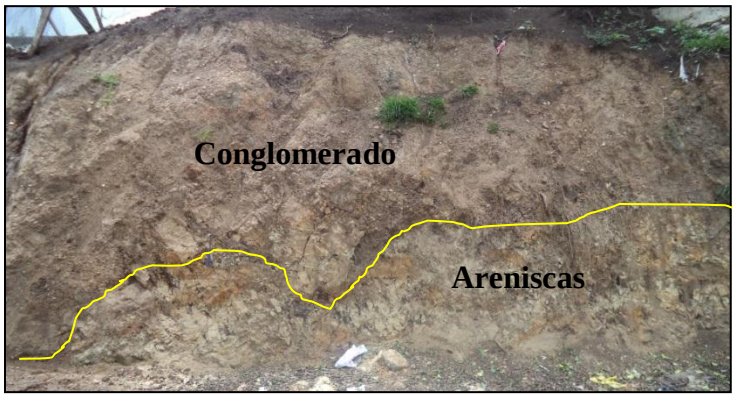


Figura N° 43 Afloramiento de conglomerado (superior) y areniscas (inferior)
Fuente: Elaborado por la Autora

- ✓ **Afloramiento 12.-** Está constituido por conglomerados con un espesor de 0.73 m predominando sobre el estrato de areniscas, en la que se encontró cantos angulosos de 1 a 2 mm con matriz arenosa. En la parte inferior se encuentra areniscas (0.43m) de grano medio, con presencia de óxidos de hierro y fisuras de 2 a 4 mm. Ubicado al este del sector de estudio, en dicho afloramiento no hay estratificación, por lo que no hay medidas estructurales.

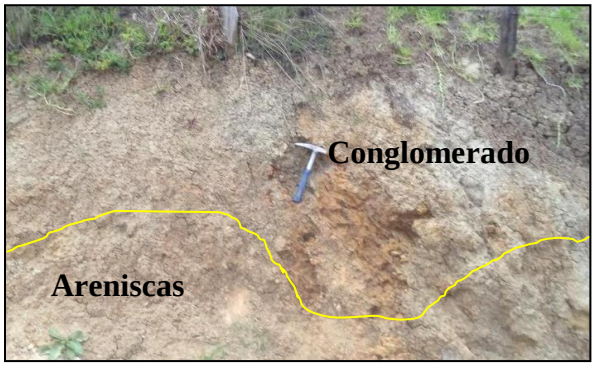


Figura N° 44 Afloramiento de conglomerado (superior) y areniscas (inferior)
Fuente: Elaborado por la Autora

- ✓ **Afloramiento 13.-** Ubicado al Este del área de estudio**,** donde se encuentra areniscas de grano fino con un espesor de 0.53 m en la parte superior y 0.71 m inferior, obtienen una coloración anaranjado-rojizo, esto debido a la presencia de óxidos de hierro, como también se observa raíces en todo el talud y fisuras de 1 a 3 mm. Las areniscas se encuentran intercaladas por una pequeña capa de 0.02 m de espesor de color gris bien compacta. Su dirección de estratificación es N46°E y su buzamiento de 9°SE.

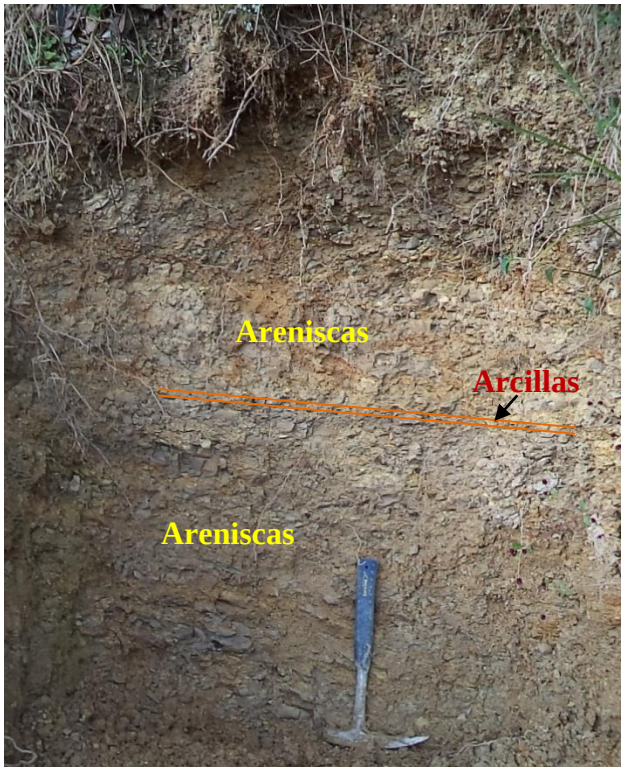


Figura N° 45 Afloramiento de areniscas intercaladas con arcillas
Fuente: Elaborado por la Autora

En la **tabla 11** se muestran los puntos de afloramientos descritos en el campo, los cuales fueron la base para la elaboración del mapa geológico a escala 1: 4 000.

Tabla N° 11 Puntos de afloramientos

N°.-	X	Y	Z	Orientación
1	695807	9558875	2241	N76°W/14°SW
2	695907	9559227	2237	N68°W/14°SW
3	695785	9559178	2251	N30°E/17°SE
4	695644	9559105	2278	N18°E/22°SE
5	695682	9559236	2282	N8°E/13°SE
6	695772	9559345	2266	N16°W/19°NE
7	695737	9559457	2286	N16°E/38°SE
8	695979	9559728	2253	N39°E/19°SE
9	696092	9559794	2263	N16°E/38°SE
10	696192	9559872	2254	N13°E/25°NW
11	696211	9559840	2252	
12	696275	9559360	2220	
13	696190	95595252	2214	N46°E/9°SE

Fuente: Elaborado por la Autora

MAPA DE GEOLOGÍA LOCAL

5.2.3. Geomorfología

La determinación de las diferentes unidades geomorfológicas en el sector de estudio se lo realizó mediante la clasificación de pendientes establecida por Demek, 1972 (**tabla 12**), la cual fue correlacionada con la tabla modificada de CLIRSEN, para asignar la terminología a cada unidad morfológica, para luego realizar la descripción de las variables de pendiente, génesis y litología de cada geoformas, como se muestra en la **tabla 13**.

Tabla N° 12. Grado de pendiente para determinar la geomorfología.

Pendiente	Rango	Rango (%)
Ligeramente inclinada	0-5°	0-9
Moderadamente inclinada	5-15°	9-27
Muy inclinada	15-35°	27-70
Empinado	35-55°	70-143
Vertical	>55°	>143

Fuente: Clasificación de Demek, 1972.
Elaborado: Por la Autora

Tabla N° 13 Variables de unidades morfológicas, pendientes, desnivel relativo y litología

Unidad Genética	Unidades Morfológicas	Pendientes	Desnivel relativo	Litología
Denudativo	Garganta	9-70%	35 m	Lutitas con intercalación de areniscas.
		9-70%	10 m	Conglomerado y limonitas.
		9-27%	10 m	Areniscas de grano medio
		9-70%	16 m	Areniscas, intercalado con arcillas.
Estructural	Superficie de cuesta	9-27%	18 m	Areniscas de grano medio
		27-70%	58 m	Lutitas
		9 -27%	40 m	Conglomerado con matriz arenosa.
		9-70%	10 m	Conglomerado con matriz arenosa.
		9-27%	11 m	Lutitas con capas de calizas.
		9-70%	17 m	Limonitas con intercalaciones de arcilla
	Frente de cuesta	9-70%,	29 m	Lutitas moderadamente meteorizadas.
		9-143%	14 m	Lutitas moderadamente meteorizadas.

Fuente: Tabla modificada de CLIRSEN, 2010.
Elaborado: Por la Autora.

Adicionalmente a esto y para mayor confiabilidad se basó en el mapa geomorfológico de la ciudad de Loja Esc: 1: 15000; proporcionada por autoridades del municipio de Loja.

Los colores y tramados de los polígonos que representan las unidades morfológicas se basaron en la propuesta por Carvajal, 2002 (**ver Tabla 14**), se asignó el color púrpura en distintas tonalidades a los diferentes unidades geomorfológicas que se encuentran dentro de la génesis estructural; así mismo se le atribuyó el color marrón a la génesis denudativo, en varias tonalidades, con su respectivo tramado.

Tabla N° 14 Colores establecidos para los polígonos de las unidades geomorfológicas.

UNIDAD DE MAPEO POR GÉNESIS DE LAS GEOFORMAS	COLOR
Formas de Origen Estructural	**Púrpura**
Formas de Origen Volcánico	**Rojo**
Formas de Origen Denudativo	**Marrón**
Formas de Origen Fluvial	**Azul**
Formas de Origen Lacustre/Marino	**Verde**
Formas de Origen Glaciar/Periglaciar	**Grises**
Formas de Origen Eólico	**Amarillo**
Formas de Origen Cárstico	**Naranja**
Formas de Origen Antrópico/Biológico	**Negro**

Fuente: Carvajal 2002.

En base a la descripción realizada anteriormente se encuentra 2 unidades geomorfológicas (Estructural y Denudativo) y tres formas de relieve (Superficie de cuesta, Frente de cuesta y Garganta).

En el sector de estudio predominan la superficie de cuesta con un 85.35%, abarcando la mayoría del área; seguidamente por gargantas con un 8.63% localizadas al Norte y Sur-Este del área y finalmente por frentes de cuesta con un 6.02 %, ubicados al Nor-Oeste.

Tabla N° 15 Unidades geomorfológicas

FORMAS DE RELIEVE	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Superficie de cuesta	45.52	85.35
Frente de cuesta	3.21	6.02
Garganta	4.60	8.63
TOTAL	**53.33**	**100**

Fuente: Elaborado por la Autora

MAPA GEOMORFOLÓGICO

5.2.4. Pendiente

Para la obtención del mapa de pendientes se realizó en base al mapa topográfico donde se realizó el Modelo Digital de Elevación (DEM), en el programa ArcGIS 10.1, posteriormente se clasificó en cinco categorías según Demek 1972, cuyo mapa se elaboró en formato A3 a escala 1:4000.

Tabla N° 16 Categoría de pendientes

PENDIENTES			
RANGOS (°)	**CATEGORÍAS**	**ÁREA(Ha)**	**ÁREA (%)**
0 a 5	Ligeramente inclinada	18.46	34.61
5 a 15	Moderadamente inclinada	28.10	52.70
15 a 35	Muy inclinado	6.57	12.32
35 a 55	Empinado	0.18	0.34
>55	Vertical	0.017	0.03
TOTAL		**53.33**	**100**

Fuente: Elaborado por la Autora a partir de la clasificación de Demek 1972.

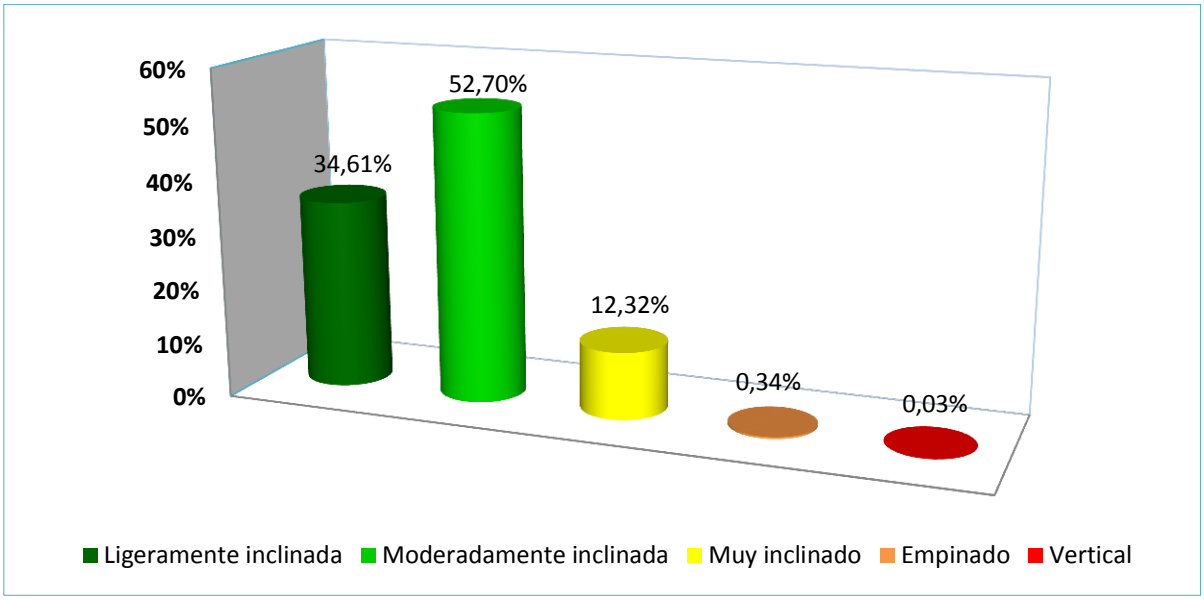


Figura N° 46 Distribución gráfica de pendientes
Fuente: Elaborado por la Autora

Al Oeste del sector de estudio prevalecen pendientes de 5 a 15° (moderadamente inclinado), con un 52.70% del área total, en el cual predominan pastos y viviendas; así mismo con un 34.61% se encuentra una pendiente ligeramente inclinada, al Este del área en estudio, encontrándose en su mayoría pastos y sembríos; seguidamente por una pendiente muy inclinada (15-35°), hallándose en su mayor parte al Nor-Oeste del sector con un 12.32% y finalmente con un mínimo porcentaje de 0.34% y 0.03% ocupando las pendientes empinados y verticales, localizadas al Oeste y Este, determinando así que la variable de pendientes no es una influencia significativa para que se produzcan los movimientos en masa, ya que prevalecen en su mayoría pendientes de 0 a 15°, considerando un terreno relativamente estable.

MAPA DE PENDIENTES

5.2.5. Cobertura Vegetal

El mapa de cobertura vegetal se constituye en una de las condiciones de estabilidad del terreno, ya que muchos movimientos en masa se producen en terrenos denudados o estos cubiertos con vegetación herbácea, y en algunos casos sectores urbanizados. La cobertura vegetal del suelo se realizó en base al levantamiento de información en el sector el cual se realizaron polígonos que describen la cobertura vegetal actualmente en el sector. En total se registran 6 polígonos. **Tabla N°17**.

Tabla N° 17 Cobertura Vegetal

VARIABLE	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Zona poblada	19.11	35.83
Área desnuda	6.61	12.40
Vía suelo desnudo	4.23	7.93
Pastos	16.80	31.50
Bosques	0.85	1.60
Cultivos	5.73	10.74
TOTAL	**53.33**	**100**

Fuente: Elaborado por la Autora

En la cual se tiene un 35.83% zonas pobladas, seguidamente por pastos con un 31.50%, área desnuda las misma que ha sido intervenida de forma antrópica (relleno artificial), obteniendo un 12.40%; con un 10.74% se tiene cultivos de maíz y hortalizas, aumentando así la inestabilidad del terreno ya que estos requiere de un contenido de agua permanente y finalmente se tiene un 7.93% lo que son vías (suelo desnudo) y bosques con 1.60% del total de área de estudio.

MAPA DE COBERTURA VEGETAL

5.2.6. Valoración e interpretación de las zonas susceptibles a deslizarse.

El mapa de susceptibilidad permite determinar zonas propensas a sufrir deslizamientos en el sector el Plateado Bajo, para ello se basó en los factores como: pendientes, geología, geomorfología y uso del suelo. Todos estos mapas se elaboraron en el programa ArcGIS 10.1, a escala 1:4000 donde se realizó la respectiva suma y finalmente la obtención del mapa final de susceptibilidad.

La metodología consiste en asignar diferentes pesos a los factores según su influencia en la inestabilidad del terreno, como se manifiesta en la siguiente tabla:

Tabla N° 18 Condiciones para asignar los pesos

CLASES	PESOS
Condiciones biofísicas muy bajas para que se produzcan deslizamientos.	1
Condiciones biofísicas menos desfavorables para que se produzcan deslizamientos.	2
Condiciones biofísicas desfavorables para que se produzcan deslizamientos.	3
Condiciones biofísicas severas haciendo que los espacios geográficos que presentan estas características, sean muy susceptibles a deslizamientos.	4
Condiciones biofísicas muy severas haciendo que los espacios geográficos que presentan estas características, sean altamente susceptibles a deslizamientos.	5

Fuente: Tambo Walter**.** 2011 "Estudio del Peligro de deslizamiento del Norte de la ciudad de Loja, Provincia de Loja. Ecuador".

Tomando estas condiciones se asignaron pesos según su influencia en el desarrollo de deslizamientos, para lo cual se indican las siguientes variables:

Tabla N° 19 Pesos asignados a Geología

VARIABLE	PESOS
Areniscas	3
Conglomerado	3
Limonitas	5
Lutitas	4
Relleno	5

Fuente: Elaborado por la Autora

Tabla N° 20 Pesos asignados a Pendientes**.**

VARIABLE	PESO
Ligeramente inclinada	1
Moderadamente inclinada	2
Muy inclinado	3
Empinado	4
Vertical	5

Fuente: Elaborado por la Autora

Tabla N° 21 Pesos asignados para Geomorfología.

INDICADOR	PESO
Superficie de cuesta	3
Frente de cuesta	4
Garganta	5

Fuente: Elaborado por la Autora

Tabla N° 22 Pesos asignados para Cobertura Vegetal

VARIABLE	PESO
Zona poblada	4
Área desnudada	5
Vía suelo desnudo	5
Pastos	4
Bosque plantado, pinos	1
Cultivos	4

Fuente: Elaborado por la Autora

Seguidamente se realizó el cruce de aquellos mapas a través de la Suma de Rangos, donde el mayor peso se le asignó a Geología (0.40), seguidamente por Geomorfología (0.30), luego por Pendientes (0.20), y finalmente Cobertura Vegetal (0.10); esta asignación se la realizó en base al grado de influencia a la inestabilidad del terreno, se dedujo en esa jerarquía, por lo que la litología presente en el sector de estudio consta de rocas sedimentarias, las cuales son consideradas conjuntamente con el agua como un material inestable; seguidamente escogimos la variable Geomorfología, la cual con las geoformas presentes en el sector nos ayudan a determinar zonas inestables.

El área de estudio consta con pendientes generalmente bajas por lo que se le atribuyó el peso 0.20, y finalmente se le dio un peso de 0.10 a Cobertura vegetal, por lo que puede ser modificado en lo que respecta al uso del suelo y ser relativamente un terreno estable.

Para el análisis cartográfico de susceptibilidad se realizó bajo la secuencia del modelo de construcción (*Model builder)*, la misma que trata de un procedimiento de datos y herramientas en modo de un diagrama de flujo, lo cual va detallando los procedimientos utilizados mediante las herramientas que nos proporciona el programa ArcGis 10.1, para posteriormente obtener el mapa de susceptibilidad a deslizamientos.

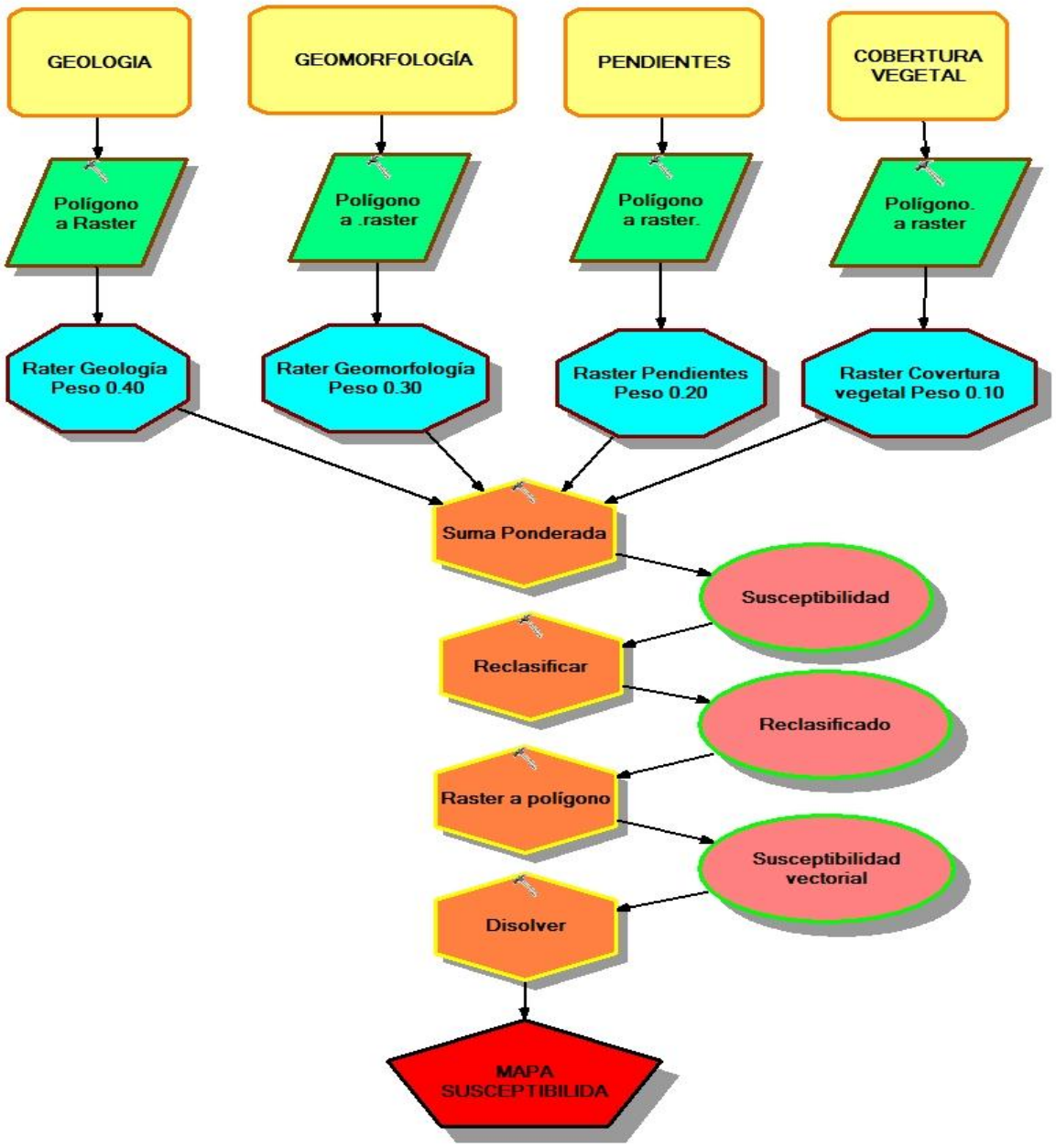


Figura N° 47 Secuencia Model Builder
Fuente: Elaborado por la Autora

De acuerdo a las condiciones del terreno analizadas (geología, geomorfología, pendientes y cobertura vegetal), se obtuvo el mapa de susceptibilidad, el mismo que define áreas con mayor a menor grado de ocurrencia de movimientos en masa, la cual se clasificó en 5 categorías que van desde muy alta a muy baja susceptibilidad, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 23 Categorías de susceptibilidad a deslizamientos

SUSCEPTIBILIDAD		
CATEGORÍAS	**ÁREA (Ha)**	**ÁREA (%)**
Muy baja susceptibilidad	20.32	38.10
Baja susceptibilidad	17.42	32.67
Moderada susceptibilidad	6.38	11.96
Alta susceptibilidad	7.77	14.57
Muy alta susceptibilidad	1.44	2.70
TOTAL	**53.33**	**100**

Fuente: Elaborado por la Autora.

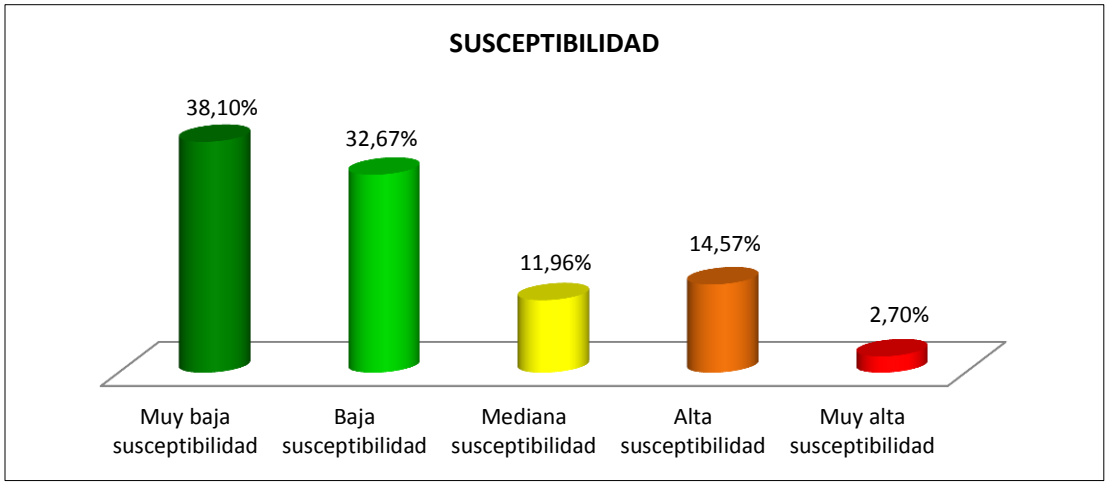


Figura N° 48 Distribución gráfica de susceptibilidad a deslizamientos
Fuente: Elaborado por la Autora

- **Susceptibilidad muy baja**

Corresponde a una zona con pendientes entre 0 y 5°, abarca una área de 20.32 Ha, ocupando un 38.10%**,** donde sus condiciones son pocas para producirse un movimiento en

masa, en cuanto a la litología está conformado por conglomerado perteneciente a la Formación Belén, en estos sectores hay la predominancia de zonas pobladas y pastos.

- **Susceptibilidad baja**

Zonas relativamente estable abarca un 17.42 Ha equivalente a un 32.67%, caracterizado por presentar pendientes moderadamente inclinadas, formado litológicamente por Lutitas (Fm. La Banda), estos suelos son ocupados en su mayoría por zonas pobladas, pastos y sembríos.

- **Susceptibilidad media**

Corresponde a zonas donde las condiciones del terreno puedan ocurrir movimientos en masa, estas zonas presentan pendientes de 15 a 35°, en estos terrenos existe presencia de zonas pobladas y pastos, ocupando de esta manera una área de 6.38 Ha correspondiente a un 11.96 % del total del área de estudio, en esta zona litológicamente se encuentra formado por lutitas, areniscas y limonitas.

- **Susceptibilidad alta**

Estas zonas presentan las condiciones más favorables para que se produzcan los deslizamientos, estas zonas se presentan en lugares puntuales donde existen pendientes de 35 a 55°, en estos terrenos hay la existencia de zonas pobladas, relleno artificial, cultivos de ciclo corto, pastos, en estas zonas hay la presencia de limonitas y lutitas meteorizadas incrementando así la posibilidad a producirse los movimientos en masa, ocupando un área de 7.77 Ha equivalente a un 14.57%.

- **Susceptibilidad muy alta**

Pertenecen a áreas críticas, en donde las condiciones del terreno son muy favorables a sufrir procesos de deslizamientos, considerándose así zonas muy inestables; cuyos sectores ocupan un área de 1.44 Ha (2.7% del área total de estudio), poseen pendientes > 55°, con presencia de lutitas, limonitas y relleno artificial este con el objetivo de la construcción de la vía de integración.

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS

5.2.7. Inventario a deslizamientos.

En el sector de estudio se identificó 1 deslizamiento que ocupa una superficie de 0.12 hectáreas aproximadamente, ocupando un 0.23 % del área total del sector de estudio, como se muestra en el mapa de inventario de deslizamientos a escala 1:4000 en formato A3, este deslizamiento fue caracterizado en una tabla técnica que se muestra en el **Anexo 5**.

La caracterización de este deslizamiento nos ayuda a corroborar con los resultados del mapa de susceptibilidad, en la que se logró determinar que el deslizamiento se encuentra en la zona de susceptibilidad Baja a Media, como se observa en la **tabla 24**.

Tabla N° 24 Descripción del deslizamiento

DESLIZAMIENTO	COORDENADAS		ÁREA (Ha)	CATEGORÍA
	X	Y		
D1	695676	9558960	0.12	Baja a Media susceptibilidad

Fuente: Elaborado por la Autora

MAPA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS

5.3. Caracterización geotécnica

5.3.1. Sondeos eléctricos verticales

Tomando en cuenta el alcance de la investigación, se consideró realizar 4 Sondeos Eléctricos Verticales (**Tabla 25**), en sectores estratégicos de la zona a estudiarse.

Tabla N° 25 Ubicación de los sondeos eléctricos verticales

LÍNEA	PUNTO INICIAL		PUNTO FINAL	
	X	Y	X	Y
1	695654	9558979	695640	9558936
2	695976	9558931	695959	9558890
3	696108	9559477	696046	9559405
4	695948	9559500	696000	9559580

Fuente: Elaborado por la autora

Las actividades de campo se realizaron con el equipo digital resistividades eléctricas marca SYSCAL R1 PLUS, con el mismo se obtiene el valor de intensidad, con estos resultados (**ver Anexo 6)** se procedió a calcular los Sondeos Eléctricos Verticales y con la ayuda de tablas de resistividad natural de los geomateriales (**Anexo 7**) se logró establecer la litología, y posteriormente se realizó dos cortes geoeléctricos.

- **Línea 1**

Esta línea se realizó al Oeste de la vía de Integración Barrial en dirección S-W, donde se llegó hasta una abertura máxima AB/2 de 21.5 m, se efectuó 13 mediciones de campo.

A través del programa IPI2Win se generó 2 capas, con un error de corrección de 3%, obteniendo así la curva de resistividad aparente.

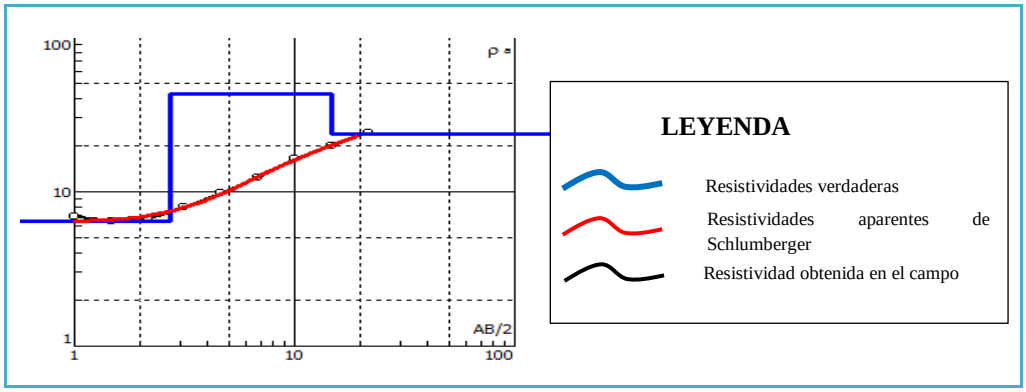


Figura N° 49 Curvas de resistividad del SEV 1 en el programa IPI2win
Fuente: Elaborado por la Autora

Tabla N° 26 Resistividades aparentes y espesor del estrato

Resistividades aparente Ohm	Espesor del estrato	Profundidad interpretada
6.44	2.71 m	5 m
42.8	11.9 m	10.75 m
23.6	……..	……

Fuente: Elaborado por la Autora

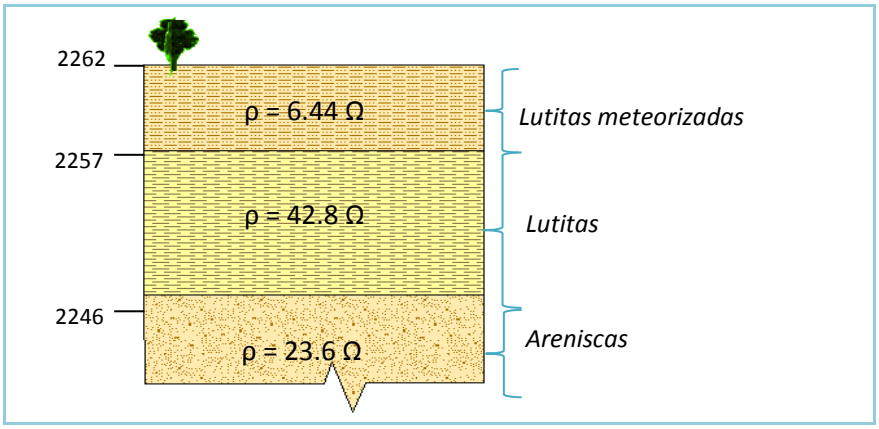


Figura N° 50 Perfil litológico del SEV 1
Fuente: Elaborado por la Autora

La primera capa contiene **lutitas meteorizadas** con una profundidad aproximada de 5 m y un espesor de 2.71m, cuya resistividad es 6.44 Ω-m, seguida por **lutitas** con un espesor de 11.9m y 10.75 m de profundidad con una resistividad de 42.8 Ω-m, en la última capa se encuentran **areniscas** con una profundidad indefinida cuya resistividad es de 23.6 Ω-m.

- **Línea 2**

Esta línea se realizó al Este de la Vía de Integración Barrial en dirección S-W, donde se llegó hasta una abertura máxima AB/2 de 21.5 m, se efectuó 13 mediciones de campo.

A través del programa IPI2Win se generó 2 capas, con un error de corrección en este caso de 3.12%, en las que se efectuaron las curvas de resistividad (**Fig. 44**)

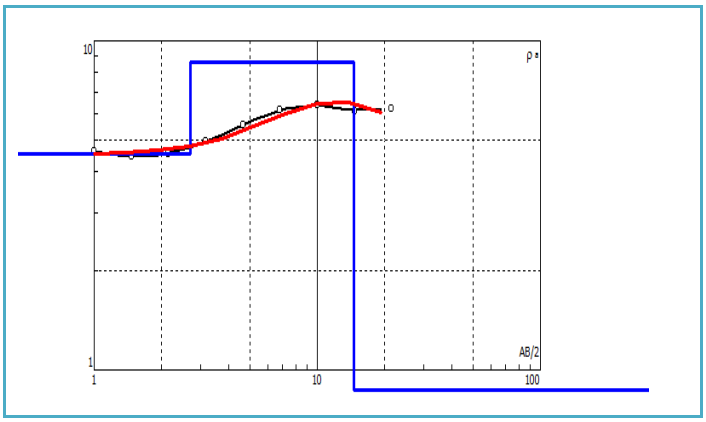


Figura N° 51 Curvas de resistividad del SEV 2 en el programa IPI2win.
Fuente: Elaborado por la Autora

Tabla N° 27 Resistividades aparentes y espesor del estrato

Resistividades aparente Ohm	Espesor del estrato	Profundidad interpretada
4.53	2.7 m	2.32 m
8.62	11.9 m	10.75 m
0.63	……..	……..

Fuente: Elaborado por la Autora

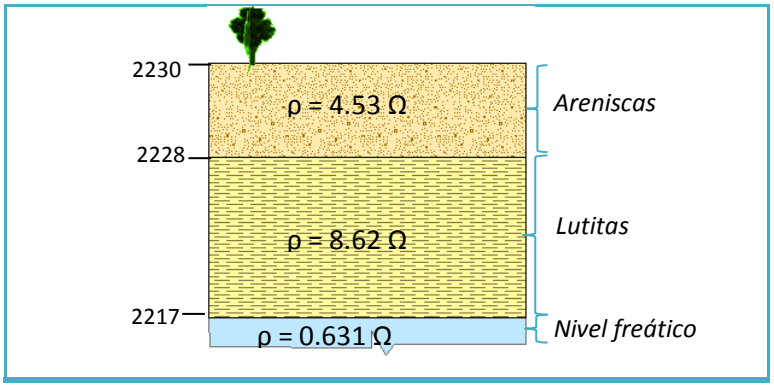


Figura N° 52 Perfil litológico del SEV 2
Fuente: Elaborado por la Autora

La primera capa está constituida por **Areniscas** con una potencia aproximada de 2.70 m y una resistividad de 4.53 Ω-m, seguida por **lutitas** de 11.9 m de potencia y una resistividad de 8.62 Ω-m, en la última capa indefinida se encontró el **nivel freático,** con una resistividad de 0.631 Ω-m.

- **Línea 3**

Este sondeo se realizó al Este de la Vía de Integración Barrial en dirección S-W, donde se llegó hasta una abertura máxima AB/2 de 46.40 m, se efectuó 16 mediciones de campo.

A través del programa IPI2Win se generó 3 capas, con un error de corrección en este caso de 1.99 %. En la **figura 53** se muestra las curvas de resistividades.

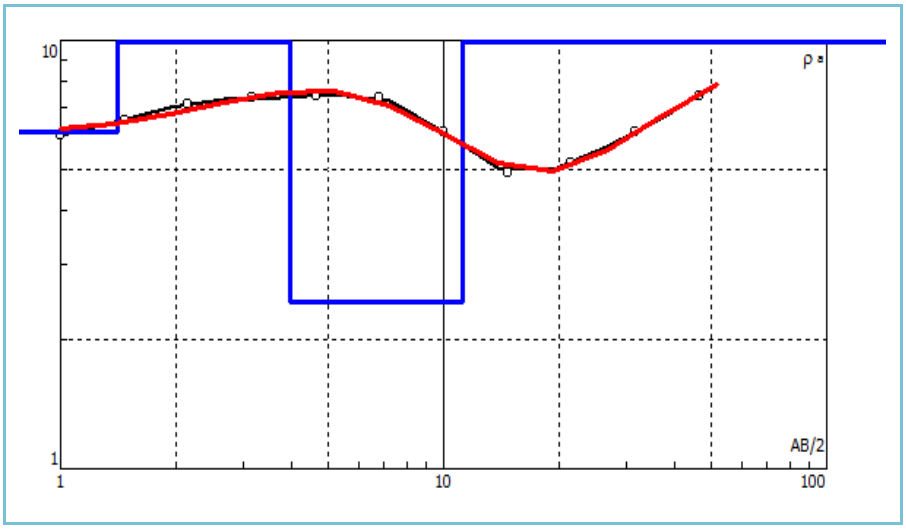


Figura N° 53 Curvas de resistividad del SEV 3 en el programa IPI2win.
Fuente: Elaborado por la Autora

Tabla N° 28 Resistividades aparentes y espesor del estrato

Resistividades aparente Ohm	Espesor del estrato	Profundidad interpretada
6.12	1.41 m	1.58 m
11.50	2.56 m	5.0 m
2.45	7.22 m	23.20 m
13.40	……	…….

Fuente: Elaborado por la Autora

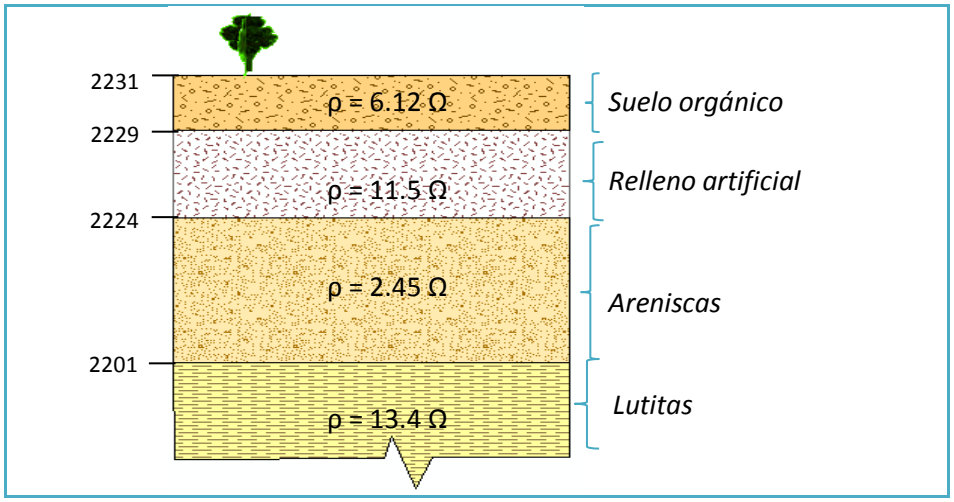


Figura N° 54 Perfil litológico del SEV 3
Fuente: Elaborado por la Autora

De acuerdo a las tablas de resistividades de los geomateriales el primer estrato corresponde a **suelo orgánico** con una potencia aproximada de 1.41 m y una resistividad de 6.12 Ω-m, seguida por **relleno artificial** de 2.56 m de potencia y una resistividad de 11.5 Ω-m, la tercera capa pertenece a un **areniscas** con un espesor 7.22 m, y una resistividad de 2.45 Ω-m, y finalmente encontrándose con un estrato indefinido de **lutitas** con una resistividad de 13.4 Ω-m.

- **Línea 4**

La cuarta línea se efectuó al Oeste de la Vía de Integración Barrial en dirección S-W, donde se efectuó 16 mediciones de campo, obteniendo así una abertura máxima AB/2 de 46.40 m. A través del programa IPI2Win se generó 2 capas, con un error de corrección de 3.28 %, en la que se generó las curvas de resistividades como se muestra en la **Fig. 55**.

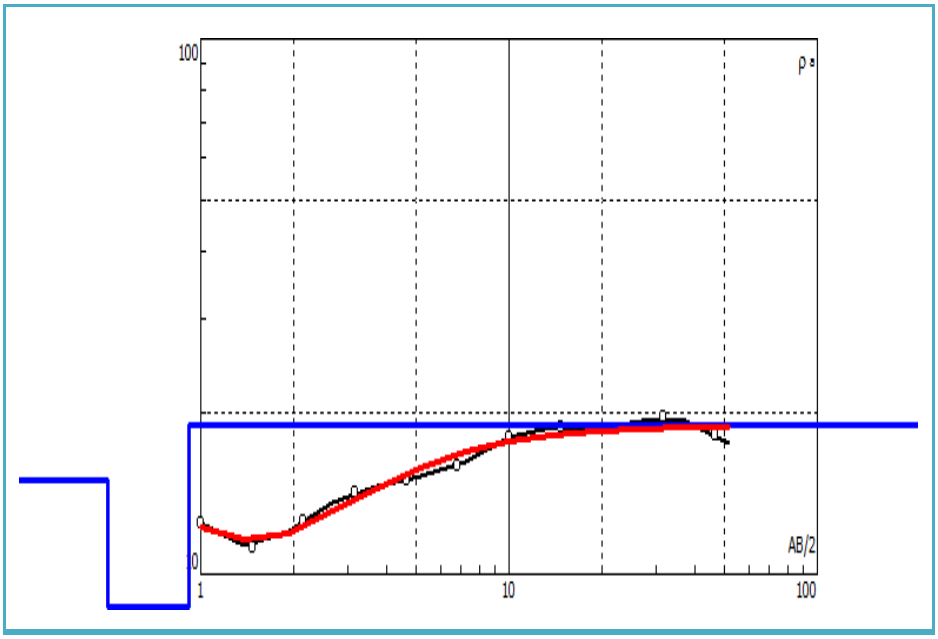


Figura N° 55 Curvas de resistividad del SEV 4 en el programa IPI2win.
Fuente: Elaborado por la Autora

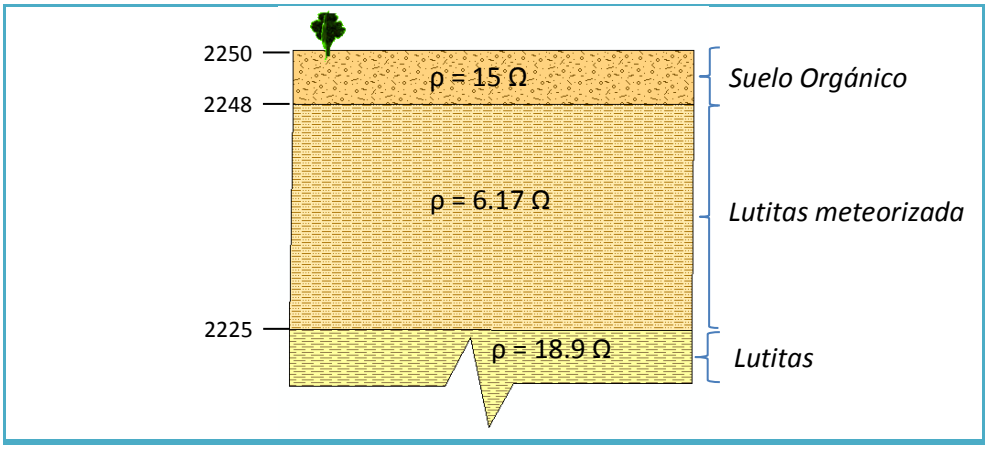


Figura N° 56 Perfil litológico del SEV 4
Fuente: Elaborado por la Autora

Tabla N° 29 Resistividades aparentes y espesor del estrato

Resistividades aparente Ohm	Espesor del estrato	Profundidad interpretada
15	0.5 m	1.58 m
6.17	0.42 m	23.20 m
18.9	……	……

Fuente: Elaborado por la Autora

En esta línea se definen dos estratos, el primero consta de un **suelo orgánico** con un espesor de 0.5 m y una resistividad de 15 Ω-m; la segunda capa es **lutitas meteorizadas** con un espesor de 0.417 m, con una resistividad de 6.17 Ω-m y finalmente el último estrato de **lutitas** con un espesor indefinido y una resistividad de 18.9 Ω-m.

CORTES GEOELÉCTRICOS

Para la elaboración de los cortes geoeléctricos se utilizó dos sondeos eléctricos como mínimo, en este caso se correlacionó de forma paralela intersecando la vía de Integración Barrial en la cual se relacionó la línea 1 con la 2 y la línea 3 con la línea 4.

Los resultados obtenidos en cada uno de los sondeos eléctricos se correlacionó con la geología local obteniendo así 2 cortes geoeléctricos como se puede observar en el **Anexo 8.**

Corte 1

Este corte geoeléctrico se lo realizó en base a la interpolación de las líneas 1 y 2, en dirección Oeste-Este en forma paralela, en el que se puede observar capas de lutitas, lutitas meteorizadas y areniscas; correlacionándose con la línea 2 la cual presenta capas de areniscas, lutitas y la presencia del nivel freático a una profundidad de 10.75 m.

Corte 2

Es el resultado de la interpolación de las líneas 3 y 4 en forma paralela con una dirección Este-Oeste, en el sondeo 3 se evidencia tres estratos, los mismos que constan de suelo orgánico, relleno artificial, areniscas saturadas y areniscas; así mismo en la correlación con el sondeo 4 se evidencia un suelo orgánico, lutitas meteorizadas y lutitas más compactas.

5.3.2. Ensayo de Penetración Estándar

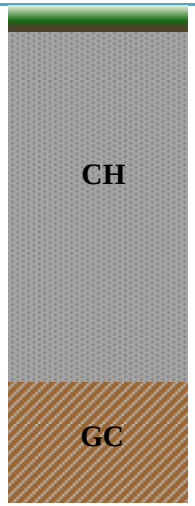
El ensayo de SPT tiene como principal objetivo hacer una prospección del subsuelo, realizando la caracterización de las muestras recuperadas a partir de las perforaciones, con el objetivo de comprobar la geología y contenido de agua en los estratos.

Se realizó 1 perforación al SW del sector en estudio en las coordenadas X: 695726, Y: 9558970 y Z: 2251, cuya profundidad llegó a 4 metros. La caracterización del perfil del subsuelo se realizó analizando la muestra recuperada a cada metro de la perforación. Este ensayo fue realizado por los servicios del laboratorio SUELOS Y PAVIMENTOS, cuyos resultados se muestra en el **anexo 9**.

Figura N° 57 Equipo de SPT en campo.
Fuente: Elaborado por la Autora

Figura N° 58 Muestreador partido
Fuente: Elaborado por la Autora

Tabla N° 30 Descripción general del Sondeo (SPT)

REGISTRO DEL SONDEO SPT				
PROYECTO: Susceptibilidad de deslizamientos en la vía de integración barrial sector Plateado Bajo			**COORDENADAS:** **X**: 695708 **Y:** 9558977 **Z:** 2253	**DATUM:** WGS 84
SONDEO N° 1 **FECHA:** 23/07/2014			**LOCALIZACIÓN:** Plateado Bajo	**PROFUNDIDAD:** 4 m
Profundidad (m)	**Longitud tramo (m)**	**Columna**	**Descripción**	**Composición**
4	0.00 – 0.30 0.30 – 3.00 3.00 – 4.00		Capa de suelo con un espesor de 0.30 m Suelo fino de color gris claro a gris oscuro, clasificado con la norma SUCS como arcilla inorgánica de alta plasticidad. Suelo de color café, clasificado con la norma SUCS como grava arcillosa con arena.	**CH** = 43.33 % **LL** = 72.80 % **LP** = 21.40% **IP** = 51.40 % **CH** = 17.21 % **LL** = 54 % **LP** = 28.3% **IP** = 25.7 %

Fuente: Elaborado por la Autora

Posteriormente se visualiza los testigos de perforación a cada metro muestreado:

Figura N° 59 Testigo SPT 0-1 m
Fuente: Elaborado por la Autora

Figura N° 60 Testigo SPT 1-2 m
Fuente: Elaborado por la Autora

Figura N° 61 Testigo SPT 2-3 m
Fuente: Elaborado por la Autora

Figura N° 62 Testigo SPT 3-4 m
Fuente: Elaborado por la Autora

5.3.3. Interpretación Geotécnica

La interpretación se prioriza en conocer el comportamiento del terreno, con el fin de establecer la calidad de suelo para la construcción de cimentaciones.

En la zona de estudio se encuentran depósitos del Mioceno Medio y Mioceno inferior en los que existe la presencia de lutitas, areniscas, limonitas y conglomerados.

En la zona de estudio se han identificado claramente dos unidades geológicas-geotécnicas:

- ✓ Depósitos de lutitas del Mioceno Medio Tardío.
- ✓ Mioceno Inferior constituido por areniscas, conglomerados y limonitas.

Descripción geotécnica de los materiales

En base a las unidades geológicas consideradas y de los resultados de los ensayos del laboratorio se describen a continuación:

a) Mioceno Inferior: areniscas, conglomerados y limonitas.

Las areniscas presentan un porcentaje bajo de finos (35%) y plasticidades medias (LL<54%, LP<28%)

Relacionando el tipo de material con los valores de SPT y tablas referidas a geotecnia de suelo este material se refiere a un **suelo compacto o duro. (Tabla 28)**

Tabla N° 31 Valores de N SPT resistencia a compresión simple y módulo de elasticidad (Modificada)

Tipo de suelo	N_{SPT}	qu (kN/m^2)	qu (kp/cm^2)	E (MN/m^2)	E (kp/cm^2)/F=2
Suelos muy flojos o muy blandos	< 10	0- 80	0- 0.82	< 8	40.77
Suelos flojos o blandos	10 - 25	80 - 150	0.82 – 1.53	8 – 40	40.77-203.87
Suelos medios	25 - 50	150 - 300	1.53 – 3.06	40 – 100	203.87-509.68
Suelos compactos o duros	50 – Rechazo	300 - 500	3.06 – 5.10	100 – 500	509.68-2548.42
Rocas blandas	Rechazo	500 – 5.000	5.10– 50.97	500 – 8.000	2548.42-40774.67
Rocas duras	Rechazo	5.000 – 40.000	50.97 – 407.75	8.000 – 15.000	40774.67-76452.59
Rocas muy duras	Rechazo	> 40.000	> 407.75	>15.000	>76452.59

Fuente: Noriega José M. 2008. "Técnicas de Investigación del suelo: Elaboración e interpretación de estudios geotécnicos.

Estos suelos se caracterizan por tener un contenido de humedad de 17.21%, en cuanto al coeficiente de permeabilidad van entre 10^{-5} - 10^{-9} m/seg, en relación a materiales con arena y arcillas.

Los golpes registrados en el ensayo SPT han sido superiores a 50. Estos materiales poseen una consistencia rígida, obteniendo una resistencia a la compresión simple de 5 Kg/cm^2, la base de este material indica una **expansibilidad nula**.

b) Mioceno Medio Tardío: lutitas

En la zona de estudio se encuentra dos geomateriales litológicos que son las lutitas y arcillas en la superficie, pertenecientes a la formación La Banda.

- Los tres primeros metros, se encuentra suelos arcilloso relacionando con la plasticidad, cuya granulometría fina 89% y un contenido de humedad de 43 %.
- Según Krumbrein y Sloss (1995), la relación de clasificación de las partículas de arcilla son 09/09 (forma/ redondeamiento) el color en rangos de gris oscuro a gris verdoso.

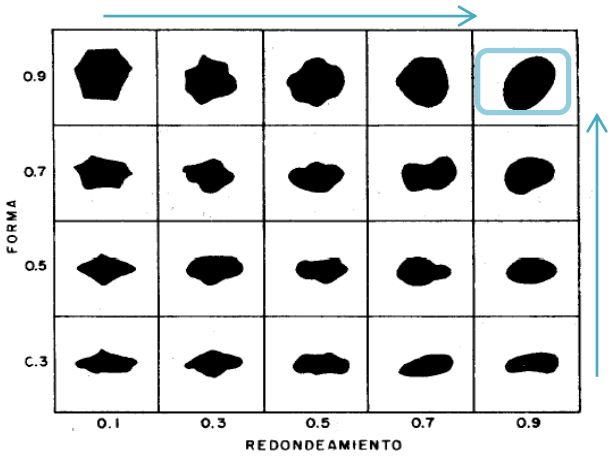


Figura N° 63 Clasificación de las partículas por su forma y redondeamiento
Fuente: Krumbrein y Sloss 1995

- Las arcillas se consideran como material de consistencia media, los valores del LL>50%, tomando características de las arcillas de **alta plasticidad**.

Los parámetros cuantitativos fueron tomados de tablas referidas a geotecnia (**Tabla 32**), estos valores serán utilizados para cálculos de factor de seguridad de los deslizamientos dependiendo de la profundidad.

Tabla N° 32 Parámetros cuantitativos para diferentes profundidades.

Nivel	Profundidad media desde boca ensayo	Descripción resumen de los niveles	Valores medios ensayados y/o deducidos: Expansividad	Resistencia	Otros parámetros			
de	0,00	**Rellenos**	No crítico	Blando-Heterogéneo	USCS	SC	N_{SPT}	4
1		Arena limo arcillosa marrón parda. - Estructura desordenada - Restos de raíces y materia orgánica - Indicios de restos de origen antrópico			Wl	23,4	N_B	3
					Wp	12,2	q_u kp/cm2	0,30-0,40
					%W	9,3	γ t/m3	1,70-1,80
					Tamiz 4	64,6	C kp/cm2	0,00
a	0,80				Tamiz 200	38,4	Φ (°)	17°-19°
de	0,80	**Horizontes de transición**	Marginal	Media-Firme	USCS	CL	N_{SPT}	13
2		Arcilla limo arenosa y arena limo arcillosa marrón anaranjada a rojiza. - Nódulos carbonatados - Tonalidades rojizas por fenómenos de oxidación Representa un tramo de transición entre los rellenos superficiales y el terreno natural			Wl	28,9	N_B	10
					Wp	16,6	q_u kp/cm2	1,00-1,50
					%W	12,5	γ t/m3	1,90-2,00
					Tamiz 4	38,3	C kp/cm2	0,10-0,15
a	1,60				Tamiz 200	62,6	Φ (°)	22°-24°
de	1,60	**Plioceno carbonatado**	Marginal-Crítico	Firme-Dura	USCS	CL	N_{SPT}	34
3		Arcilla limosa marrón amarillenta. - Algún nódulos carbonatado Alternancia de alguna lente algo mas limosa e incluso algo arenosa			Wl	35,6	N_B	26
					Wp	22,3	q_u kp/cm2	2,20-3,20
					%W	25,8	γ t/m3	2,00-2,20
					Tamiz 4	18,7	C kp/cm2	0,20-0,30
a	6,00				Tamiz 200	84,7	Φ (°)	24°-26°

Fuente: Noriega José M. 2008. "Técnicas de investigación del Suelo: Elaboración e Interpretación de Estudios Geotécnicos"

Para la realización de las cimentaciones se tomara en cuenta profundidades hasta 2 metros.

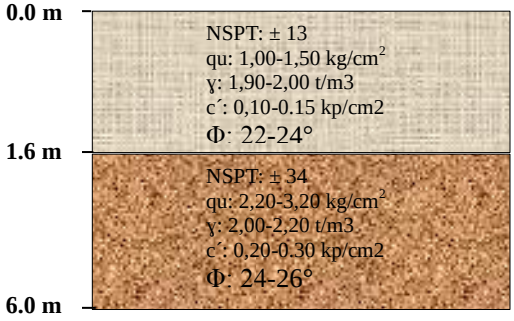


Figura N° 64 Valores cuantitativos para cálculo de factor de seguridad
Fuente: Elaborado por la Autora a partir de la tabla 28 (Noriega José M. 2008)

Las valoraciones Geológicas-Geotécnicas se basan en la interrelación de criterios litológicos y propiedades físico- mecánicas de los geomateriales. Las condiciones geotécnicas son:

- Capacidad portante
- Deformabilidad
- Excavabilidad
- Morfología/ Relieve
- Tipo de material
- Drenaje

La valoración se da en rangos de 0 a 2, donde: 0 es menos favorable y 2 es más favorable para cimentación.

La sumatoria de la valoración nos dará la categoría para cada uno de los geomateriales, para ello se tiene ≤ 5 puntos se denomina *deficiente*, 6-9 puntos *aceptable* y > 9 puntos *bueno*.

En relación a esta base numérica se procede a la categorización de los materiales, basándose principalmente en la experiencia de campo.

Tabla N° 33 Valoración de los materiales en la zona de estudio

	MIOCENO INFERIOR	**MIOCENO MEDIO**
	Areniscas	**Lutitas**
Capacidad portante	1.5	1.0
Deformabilidad	2.0	1.5
Excavabilidad	2.0	2.0
Morfología/ Relieve	2.0	1.0
Tipo de material	1.5	1.0
Drenaje	1.0	0.0
TOTAL	**10.0**	**6.5**
CATEGORÍA	**Bueno**	**Aceptable**

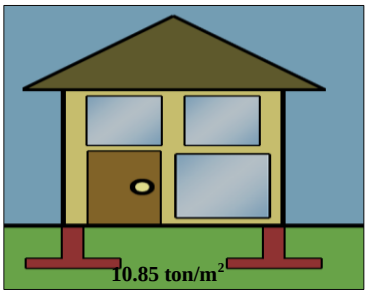
Fuente: Elaborado por la Autora

Luego de la categorización de los suelos se obtiene que las areniscas es considerada como suelo Bueno, mientras que para las lutitas poseen una puntuación de 6.5 obteniendo una categoría aceptable, teniendo en cuenta los resultados del laboratorio la capacidad portante

para 2 m considerada aceptable para cimentación, para ello realizaremos el siguiente cálculo aproximado para una vivienda:

CÁLCULO CIMENTACIÓN

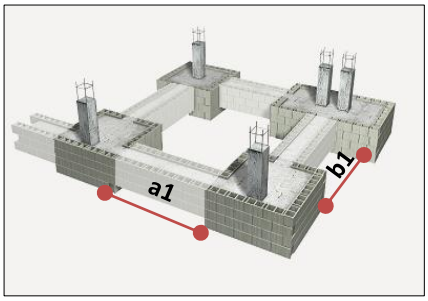
DATOS:



Área de cimentación (zapata): 1.5m x 1.5 m
Carga muerta: 250 kg/m^2
Carga viva: 250 kg/m^2
Carga admisible: 10.85 ton/m^2

1) **Área colaborante**

$$Ac = a1 * b1$$
$$Ac = 3.5m * 4.5m$$
$$Ac = 15.75m^2$$

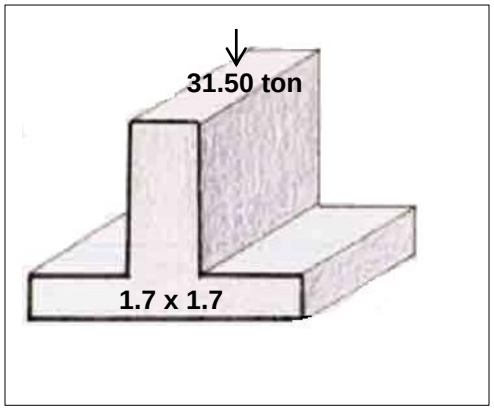


2) **Carga Total**

$$\mathrm{C} = \mathrm{CM} + \mathrm{CV}$$
$$\mathrm{C} = 250\frac{\mathrm{Kg}}{\mathrm{m}^2} + 250\frac{\mathrm{Kg}}{\mathrm{m}^2}$$
$$\mathrm{C} = 500\frac{\mathrm{Kg}}{\mathrm{m}^2}$$

3) **Carga Total (Q)**

$$Q = (C * Ac) * 4$$
$$C = \left(500\frac{Kg}{m^2} * 15.75m^2\right) * 4$$
$$Q = 31500\ Kg$$
$$\mathrm{Q} = 31.5\ \mathrm{ton}$$



4) **Carga Vs qPortante**

$$\mathrm{q} = \frac{\mathrm{Q}}{\mathrm{A}}$$
$$\mathrm{q} = \frac{31.5\ \mathrm{ton}}{2.25\ \mathrm{m}^2}$$
$$\mathrm{q} = 14\frac{\mathrm{ton}}{\mathrm{m}^2} > 10.85\frac{\mathrm{ton}}{\mathrm{m}^2}$$

5) **Acimentación**

$$\mathrm{Aci} = \frac{\mathrm{Q}}{\mathrm{q\ admisible}}$$
$$\mathrm{Aci} = \frac{31.5\frac{\mathrm{ton}}{\mathrm{m}^2}}{10.85\frac{\mathrm{ton}}{\mathrm{m}^2}}$$
$$\mathrm{Aci} = 2.9\mathrm{m}^2$$
$$\mathbf{Aci = 1.7\ * 1.7\ m}$$

Debido a que la carga (14 ton/m^2), es mayor que la carga admisible (10.85 ton/m^2), por lo tanto se realiza una acimentación determinando de esta manera una cimentación de 1.7 x 1.7 m. Por motivos de seguridad se recomienda realizar zapatas de 2 x 2 m.

5.3.4. Cálculo de factor de seguridad

El método de Bishop, 1955 es originalmente desarrollado para superficie de deslizamiento circular, este método es el más utilizado para el cálculo del factor de seguridad de los deslizamientos, ya que este se considera unos de los métodos más precisos en comparación a otros, llevando a cabo un equilibrio del terreno.

Para la determinación del factor de seguridad se aplicó la siguiente formula:

$$Fs = \left[\frac{c'}{\gamma * d * sen\,\beta}\right] + \left[\frac{tan\,\emptyset}{tan\,\beta}\right] - \left[\frac{md * \gamma w * tan\,\emptyset}{\gamma * tan\,\beta}\right]$$

En donde:

FS= Factor de Seguridad
c´= Cohesión
γ **=** Peso Específico del material
d = Profundidad del deslizamiento
$\emptyset$ **=** Ángulo de fricción interna
β = Ángulo de Trabajo
md = Porcentaje de saturación

Para nuestro trabajo se realizó el cálculo del factor de seguridad con varios porcentajes de saturación (md), con el objetivo principal de obtener la gráfica de sensibilidad del deslizamiento. El cual se desarrollará en peores y mejores condiciones del terreno, para de esta manera comparar los resultados alcanzados en las dos condiciones antes mencionadas.

DESLIZAMIENTO 1 (Peores condiciones del terreno)

DATOS:

$$\boldsymbol{c'} = 0.20\,\frac{kg}{cm^2} \rightarrow 19.6\,\frac{KN}{m^2}$$

$$\boldsymbol{\gamma} = 2.0 + \frac{t}{m^2} \rightarrow 19.62\,\frac{KN}{m^3}$$

$$\emptyset = 24°$$

$$\boldsymbol{d} = 2\ m$$

$$\boldsymbol{\beta} = 28°$$

md = 1.0 m = 25 % = 0.25

$$fs = \left[\frac{19.6\,\frac{KN}{m^2}}{19.62\,\frac{KN}{m^2} * 2m * sen28°}\right] + \left[\frac{\tan 24°}{\tan 28°}\right] - \left[\frac{0.25 * 9.81\,\frac{KN}{m^3} * \tan 24°}{19.62\,\frac{KN}{m^3} * \tan 28°}\right]$$

$$fs = [1.063] + [0.838] - [0.104]$$

$$fs = 1.797$$

md = 1.5 m = 50 % = 0.50

$$fs = \left[\frac{19.6\,\frac{KN}{m^2}}{19.62\,\frac{KN}{m^2} * 2m * sen28°}\right] + \left[\frac{\tan 24°}{\tan 28°}\right] - \left[\frac{0.50 * 9.81\,\frac{KN}{m^3} * \tan 24°}{19.62\,\frac{KN}{m^3} * \tan 28°}\right]$$

$$fs = [1.063] + [0.838] - [0.209]$$

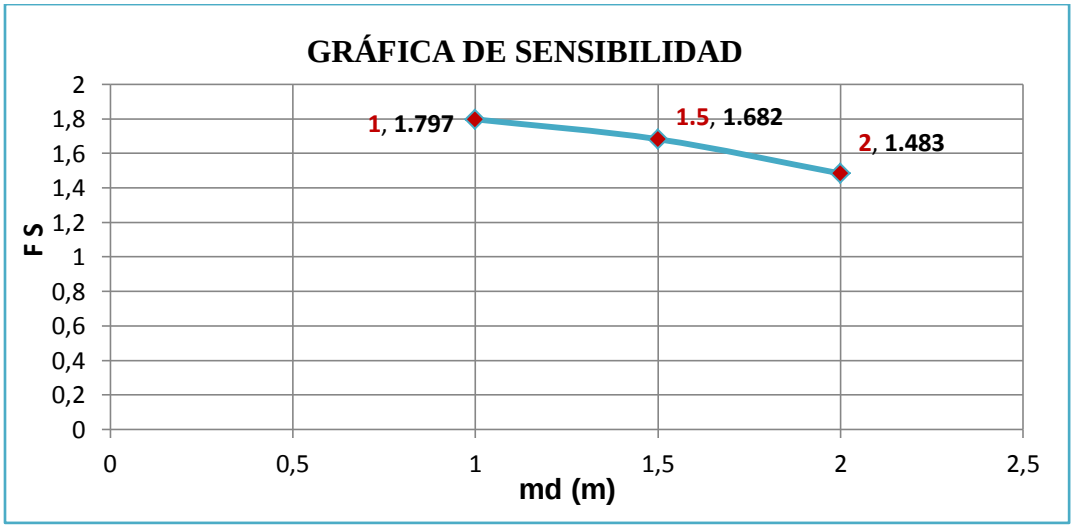
$$fs = 1.682$$

md = 2.0 m = 100 % = 1.0

$$fs = \left[\frac{19.6\,\frac{KN}{m^2}}{19.62\,\frac{KN}{m^2} * 2m * sen28°}\right] + \left[\frac{\tan 24°}{\tan 28°}\right] - \left[\frac{1.0 * 9.81\,\frac{KN}{m^3} * \tan 24°}{19.62\,\frac{KN}{m^3} * \tan 28°}\right]$$

$$fs = [1.063] + [0.838] - [0.418]$$

$$fs = 1.483$$



DESLIZAMIENTO 1 (Mejores condiciones del terreno)

DATOS:

$$\boldsymbol{c'} = 0.30\,\frac{kg}{cm^2} \rightarrow 29.4\,\frac{KN}{m^2}$$

$$\boldsymbol{\gamma} = 2.20 + \frac{t}{m^2} \rightarrow 21.56\,\frac{KN}{m^3}$$

$$\emptyset = 26°$$

$$\boldsymbol{d} = 2\ m$$

$$\boldsymbol{\beta} = 28°$$

md = 1.0 m = 25 % = 0.25

$$fs = \left[\frac{29.4\,\frac{KN}{m^2}}{21.56\,\frac{KN}{m^2} * 2m * sen28°}\right] + \left[\frac{\tan 26°}{\tan 28°}\right] - \left[\frac{0.25 * 9.81\,\frac{KN}{m^3} * \tan 26°}{21.56\,\frac{KN}{m^3} * \tan 28°}\right]$$

$$fs = [1.452] + [0.917] - [0.104]$$

$$fs = 2.265$$

md = 1.5 m = 50 % = 0.50

$$fs = \left[\frac{29.4\,\frac{KN}{m^2}}{21.56\,\frac{KN}{m^2} * 2m * sen28°}\right] + \left[\frac{\tan 26°}{\tan 28°}\right] - \left[\frac{0.50 * 9.81\,\frac{KN}{m^3} * \tan 26°}{21.56\,\frac{KN}{m^3} * \tan 28°}\right]$$

$$fs = [1.452] + [0.917] - [0.208]$$

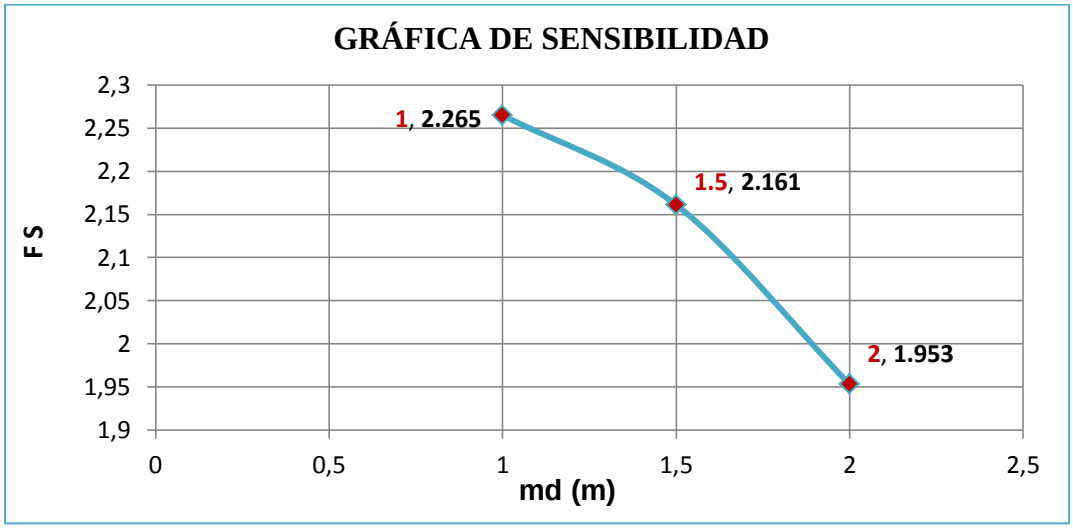
$$fs = 2.161$$

md = 2.0 m = 100 % = 1.0

$$fs = \left[\frac{29.4\,\frac{KN}{m^2}}{21.56\,\frac{KN}{m^2} * 2m * sen28°}\right] + \left[\frac{\tan 26°}{\tan 28°}\right] - \left[\frac{1.0 * 9.81\,\frac{KN}{m^3} * \tan 26°}{21.56\,\frac{KN}{m^3} * \tan 28°}\right]$$

$$fs = [1.452] + [0.917] - [0.416]$$

$$fs = 1.953$$



En base a los cálculos realizados del factor de seguridad para el deslizamiento, se determinó que en la zona de Baja a Media susceptibilidad se encuentra el D1 con un factor de seguridad de 1.95, por lo tanto se debe implementar medidas de estabilización y control, tales como zanjas y cunetas de coronación, drenes superficiales y subterráneos con la finalidad de eliminar el agua, consiguiendo un aumento del factor de seguridad, y así se puede obtener una reducción de daños en viviendas y vías.

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la ciudad de Loja, año tras año, sufre las consecuencias del invierno esto sumado a las condiciones geológicas (roca sedimentaria), que inciden en la inestabilidad del terreno provocando así movimientos en masa, causando serios daños socioeconómicos.

La vía de integración barrial, específicamente en el sector Plateado Bajo ubicado al Nor-Occidente de la ciudad de Loja, que cubre un área de 53.33 Ha, cuyo sector está sujeto a procesos de movimientos en masa, ya que se encuentra litológicamente constituido por rocas sedimentarias (limonitas, lutitas, conglomerados, etc.).

En la topografía del sector en estudio se puede evidenciar terrenos planos al Nor-Este donde se encuentra en su mayoría zonas de pastos, cultivos y zonas pobladas; y con mayor elevación se encuentra al Nor-Oeste del sector donde hay predominancia de zonas pobladas.

La zona de estudio se encuentra geológicamente formada por dos formaciones geológicas: **Formación Belén,** conformada principalmente por conglomerados con cantos de 3 a 4 cm de diámetro y un espeso de 5 metros, areniscas de color anaranjado con un espeso de 1.58 metros y limonitas con espesores de 1 metro encontrándose intercalada con arcillas saturadas. **Fm. La Banda** está constituida por lutitas blanquecinas cuyos espesores llegan a tener hasta 10 metros. Esta descripción litológica se da en base a los 13 afloramientos analizados en el campo.

El sector de estudio se encuentra representada geomorfológicamente por 3 formas de relieve: Garganta ocupando un área de 4.60 Ha equivalente a 8.63%, Superficie de cuesta con un porcentaje de 85.35 % (45.52 Ha) y Frente de cuesta con un área de 3.21 Ha, abarcando un 6.02 % del total del sector de estudio, deduciendo así la existencia de zonas con un requerimiento de análisis a la ocurrencia de deslizamientos.

La Cobertura vegetal en el sector Plateado Bajo está representado principalmente por zonas pobladas, seguidamente por pastos, cultivos estos a su vez son usados para su producción

agrícolas; así mismo existen plantaciones de bosques y áreas desnudas que proporcionan las infiltraciones de agua, incrementando la inestabilidad del terreno.

Mediante la metodología de campo y de oficina se determinó 4 factores incidentes para la inestabilidad del terreno tales como: Geología, Geomorfología, Pendientes y Cobertura vegetal; factores trascendentales para el análisis de susceptibilidad en el sector Plateado Bajo.

Además se realizaron cuatro sondeos eléctricos verticales y dos cortes geoeléctricos, que nos permitió corroborar la litología de la zona y determinar la presencia de agua en los estratos.

Los resultados obtenidos del mapa de susceptibilidad a deslizamientos indican que la mayor parte del área de estudio no está propensa a sufrir deslizamientos, ya que el 38.10 % y el 32.67 %, poseen una muy baja y baja susceptibilidad respectivamente, encontrándose zonas pobladas, pastos y sembríos. Un 14.57% del área de estudio posee una alta susceptibilidad, así mismo un 11.96% tiene una categoría media y finalmente un 2.70% del área de estudio esta propenso a muy alta susceptibilidad.

Adicionalmente se realizó un ensayo SPT con una profundidad de 4 m, para determinar si los suelos son aptos para construcciones civiles; dándonos como resultado del mismo arcillas de alta plasticidad con una capacidad portante de 10.85 ton/ m^2, con respecto a la base de cimentación se toma una profundidad de 2 metros en la que se establece realizar zapatas de 1.7 x 1.7 m, pero por motivos de seguridad se recomienda realizar zapatas de 2 x 2 m para viviendas hasta de cuatro pisos.

Con el cálculo del factor de seguridad se estableció que los resultados son poco propicios por lo que es necesaria la implementación de medidas adecuadas de estabilización y control.

7. CONCLUSIONES

- El levantamiento topográfico a detalle cubre una superficie de 53.33 hectáreas, 1 Km lineal aproximadamente de vía, en la que comprende cotas de 2212 a 2295 m s.n.m.

- La geología del lugar comprende en su totalidad rocas sedimentarias, de la formación Trigal, principalmente areniscas, conglomerado y limonitas, y también la formación la Banda en la que se evidencia afloramientos de lutitas y arcillas.

- La pendiente del sector se caracteriza en su mayoría por presentar terrenos moderadamente inclinadas con 52.70%; y ligeramente inclinados con un 34.61%, determinando así que los movimientos de masa se efectúan por la litología y presencia de agua en los estratos.

- El área de estudio, geomorfológicamente se encuentra formado por tres geomorfas, en la parte Oeste del proyecto se evidencia el frente de cuesta (6.02%) y al Este se encuentra la superficie de cuesta (85.35%); incluyendo también gargantas (8.63%) en zonas puntuales del sector; en la que estas contribuyen a la inestabilidad del terreno.

- El mapa de cobertura vegetal está constituido por 6 categorías, de las cuales hay una incidencia mayoritaria la zona poblada con un 35.83%, las mismas que contribuyen con cargas estáticas y dinámicas al terreno, volviéndolo así inestable, ya que también la zona presenta un porcentaje considerable de pastos (31.50%), ocasionando infiltraciones de agua, aumentando así la susceptibilidad a deslizamiento.

- El mapa de susceptibilidad a deslizamientos se generó en base al método denominado suma de rangos, para ello se utilizó las siguientes variables: Geología (0.40), Geomorfología (0.30), Pendientes (0.20) y Cobertura Vegetal (0.10), estableciendo que en el sector Plateado Bajo el 38.10 % pertenece a una susceptibilidad muy baja, el 32.67 % susceptibilidad baja, el 11.96 % susceptibilidad media, el 14.57 % susceptibilidad alta y el 2.70 % pertenece a una susceptibilidad muy alta.

- En el sector Plateado Bajo se evidenció un deslizamiento, que comprende un área de 1200.72 m^2, el mismo que se encuentra en una zona de baja a media susceptibilidad con un factor de seguridad de 1.95.

- En la zona de estudio se realizaron 4 sondeos eléctricos verticales (SEV), paralelos a la vía de Integración Barrial, para su respectiva interpretación se efectuaron dos cortes geoeléctricos los mismos que detallan la presencia de lutitas y areniscas; dichos sondeos alcanzaron profundidades hasta 23.20 metros, cabe mencionar que en el sondeo 2 ubicado al Sur-Este del proyecto se detectó el nivel freático, a una profundidad aproximada de 10.75 metros.

- De acuerdo al ensayo SPT se determina la capacidad portante del terreno de 10.85 ton/m2, para cimientos de 2 metros, en la que se puede realizar zapatas de 1.7 x 1.7 m, pero por seguridad se determina que se debe realizar zapatas de 2 x 2 m, en construcciones verticales hasta 4 pisos.

8. RECOMENDACIONES

- Con el fin de tener información confiable se debe ejecutar los trabajos en campo con mucha exactitud, ya que estos datos servirán para el análisis final de susceptibilidad, a lo que se refiere levantamientos topográficos, geológico, cobertura vegetal, geomorfología, sondeos eléctricos verticales y ensayo de penetración estándar.

- Se deberá cambiar las características físicas-mecánicas del suelo mejorándolo parcial o totalmente para cimentaciones de obras civiles, con materiales granulares, debido a la baja capacidad portante del suelo.

- Se recomienda incrementar el estudio geotécnico, realizando más ensayos de penetración estándar y sondeos eléctricos verticales, con el objetivo de garantizar zonas de expansión urbana.

- Para fundación de obras civiles se recomienda que la densidad "in situ" del suelo cumpla con las obtenidas en el laboratorio como mínimo el 95%.

- Considerar obras de drenes superficiales y subterráneos, así como cunetas de coronación, zanjas drenantes, entre otros, para la estabilización y control del terreno.

- Que el gobierno local incluya en sus planes de ordenanza territorial temas asociados con la gestión de riesgos por movimientos en masa, ya que la geología de la ciudad de Loja es propensa a sufrir estos fenómenos, con la finalidad de asegurar proyectos de obra civil que se realizan.

9. BIBLIOGRAFÍA

LIBROS:

- **Ayala, Carcedo**. 2002. "Riesgos naturales"**.** Editora Ariel Ciencia S.A., Barcelona-España. 1512p.

- **Berry, J.K.** 1987. "Fundamental operations in computer assisted map analysis", International Journal of Geographical Information System, Vol. I, n1 2, pp. 119 - 136.

- **Bergoeing, J. P.** 1998. "Geomorfología de Costa Rica". Editorial Librería Francesa. Costa Rica.

- **Bishop, A.W**. 1960 "Stability Coefficients for Earth Slopes". Geotechnique. Vol 10.

- **Bishop, A.W**. 1955 "The Use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes". Geotechnique. Vol 5.

- **Burrough y McDonnell.** 1998. "Principles of Geographical Information Systems", Oxford University Press.

- **Castro, E., Valencia, A., Ojeda, J., Muñoz, F. y Fonseca, S**. 2001. "Evaluación de riesgos por fenómenos de remoción en masa". Guía metodológica. Colombia. Ingeominas, 116 p.

- Censo de población y vivienda 2010 - Instituto nacional de Estadísticas y Censos (INEC).

- **Corominas, J. y García Yagüe, A.** 1997. "Terminología de los movimientos de ladera". IV Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Granada. Vol. 3: 1051-1072 p.

- **Crozier, M. J.** 1986 "Los deslizamientos de tierra. Causas, consecuencias y medio ambiente". Ed. Routledge. Londres y Nueva York. 252 p.

- **Cruden, D.M. y Varnes, D.J.,** 1996. "Landslide Types and Processes". Investigation and Mitigation. Special Report 247. Transportation Research Board, National Research Council. National Academy Press, Washington, D.C. 675 p.

- **Demek, J**., 1972, "Manual of detailed geomorphological mapping". International Geographical Union, Commission on Geomorphological Survey and Mapping, Prague, 344 p.

- **Dikau, R.; Brunsden, D.; Schrott, L. y Ibsen, M-L.** 1996. "Landslide recognition: identification, movement and causes". John Wiley and Sons. 251 pp.

- **Morris, Davis, W.** 1889. Geographic method in geologic investigation. Nat. Geog. Mag., 11-26.

- **NCGIA,** 1990. NCGIA Core Curriculum. Santa Bárbara, Universidad de California.

- **Skinner, B. S., and Porter, S. C.** 1992. "The Dynamic Earth, an introduction to Physical Geology" (2nd ed.): New York, John Wiley and Sons, 570 p.

- **Escobar, Duque.** 2003. "Manual de geología para Ingenieros". Geomorfología. Universidad de Colombia. Manizales 479 p.

- **Escobar, Duque.** 2003. "Manual de geología para Ingenieros". Geología. Universidad de Colombia. Manizales 55p.

- **EPOCH.** 1993. "The temporal occurrence and forecasting of landslides in the European community". Ed: Flageollet, J. C. Vol. 3.

- **Goodman, R.E. and Bray, J.W.** 1976. "Toppling of Rock Slopes. Proc. Specialty Conference on Rock Engineering for Foundations and Slopes". Boulder, Colorado, ASCE Vol.2, pp. 201-234.

- **Gonzáles de Vallejo Luis**. 2002. Ingeniería Geológica. Pearson Educación, Madrid, 744pag.

- **Hoek, E. y Bray, J.W.** 1981. "Rock slope engineering". Institution of Mining and Metallurgy. London. 358 pp.

- **Hutchinson, J. N.** 1988. "Morfológica y GEOT parámetros de deslizamientos de tierra en relación con la geología y la hidrogeología". En el cap. Bonnard (Ed.): Los deslizamientos de tierra. Acta 5 Conferencia Internacional sobre desprendimientos de tierras. Lausana. Vol. 1: 3-35p.

- **Instituto Nacional de Meteorología e hidrología** –INAMHI. (2003-2012).

- **Jansseen, R, y van Herwijnen, M.** 1994. "Apoyo de decisión multiobjetivo a dirección ambiental. Decisiones definidas de un juego finito de alternativas: discos de demostración e instrucción". Kluwer Editores Académicos, Dordrecht (Países Bajos). 232 pp. ISBN 0-7923- 1908-7.

- **Jumbo Merino, Yan Manuel**. 2012. "Mapa de zonificación geotécnica de la hoya de Loja".

- **Litherland, M., Aspden, J., y Jemielita, R.A.,** 1994. "The metamorphic belts of Ecuador". Nottingham, British Geological Survey, Overseas Memoir, No. 11, 147 p.

- **Melendez, B., y Fuster, J.M.,** 1981. "Geología". Ed. Paraninfo, Madrid. 912p.

- **Noriega José M.** 2008. "Técnicas de Investigación del suelo: Elaboración e interpretación de estudios geotécnicos" 83p.

- **Orellana, E**. 1984. "Prospección eléctrica por corriente continua". Editorial Paraninfo, Madrid. 523 p.

- **Ortiz, Carlos.** 2002 "Ciencias de la tierra".

- **R David,. y Paredes, Jorge.** 2008. "Compendio de geología general". Primera edición.
- **Sarkar, S. y Kanungo, D.P.** 2004. "An intergraded approach for landslide susceptibility mapping using remote sensing and GIS". Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 70 (5), 617-625p.
- **Sierra, R. (Ed.)**. 1999. "Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental". Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito, Ecuador.
- **Simpson, G. G**. 1963. "Historical science." Ed. Freeman, Cooper & Cia. California.
- **Suárez J.** 2009 "Deslizamientos Volumen 1: Análisis Geotécnico" Primera edición. Bucaramanga – Colombia 607p.
- **Saaty, T. (1980)** The Analytical Hierarchy Process. New York, McGraw Hill.
- **Tambo Walter.** 2011 "Estudio del Peligro de deslizamiento del Norte de la ciudad de Loja, Provincia de Loja. Ecuador".
- **Tomlinson, R.F.** 1989. "Geographic Information Systems and Geographers in the 1990's" en The Canadian Geographer; Vol. 33, No. 4, págs. 290–298.
- **Varnes, DJ** 1978. "Tipos de movimientos de pendiente y procesos. En: Informe Especial 176: Análisis y Control" (Eds: Schuster, RL y Krizek, RJ). Transporte y Carretera la Junta de Investigación de la Academia Nacional de Ciencias, Washington DC, 11-33p.
- **Vagas,** 1999. "Guía técnica para la zonificación de la susceptibilidad a los movimientos en masa". Cooperación Colombo-Alemana, GTZ. Proyecto Río Guatiquía. Villavicencio, Colombia.
- **Varnes, D.J.** 1984. "Landslide Hazard Zonation: a review of principles and practice". Commission on landslides of the IAEG, UNESCO. Natural Hazards No. 3, 61 pp.

PÁGINAS WEB

- www.ecured.cu/index.php/Geofísica
- http://www.noticias.espe.edu.ec/hfbonifaz/files/2012/09/ENSAYO-SPT.pdf.

ANEXOS

ANEXO 1

Ficha técnica para descripción de afloramientos.

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR PLATEADO BAJO DE LA CIUDAD DE LOJA-ECUADOR

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

AFLORAMIENTO Nro:	
COORDENADAS:	**X:** **Y:** **Z:**
DIMENSIONES:	
RELIEVE:	Llano ☐ Bajo ☐ De colinas ☐ Montañoso ☐
VEGETACIÓN:	Exuberante ☐ Escasa ☐ Color ☐
FOTO Nro:	
FECHA:	

CROQUIS

PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO

POTENCIA (m)	**Nro. De CAPAS**	**LITOLOGÍA**	**COLOR**	**ORIENTACIÓN**	**GRADO DE METEORIZACIÓN**			**DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA**
					BAJO	MEDIO	ALTO	

USO DEL SUELO								
TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO:		COLUVIAL:		COLUVIÓN:	
FACTORES DE EROSIÓN:	LLUVIA:		SOL:		VIENTO:		HELADAS:	
PENDIENTE (GRADOS)	HORIZONTAL <10°		INCLINADO 10 – 35°		TUMBADO 36 – 60°		ABRUPTO > 60°	
USOS:	SEMBRADOS	GANADERÍA	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS	VÍAS	MINERÍAS	ÁREA PROTEGIDA	ÁREA ARQUEOLÓGICA

ANEXO 2

Temperatura promedio anual de la ciudad de Loja

Datos de temperatura (°C)-ESTACIÓN LA ARGELIA													
	Enero	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**	**Julio**	**Agosto**	**Septiembre**	**Octubre**	**Noviembre**	**Diciembre**	**PROMEDIO ANUAL**
2003	16	16,7	16,5	16,9	16,4	16,5	15,7	16,8	17,5	18,1	17,5	17,2	16,8
2004	17,4	17,2	16,7	17,5	17,5	15,4	15,8	16,2	16,7	17,4	17,9	17,5	16,9
2005	17	17,6	17,7	17,8	17,1	16,6	16,3	16,6	17,7	17,6	16,4	17,3	17,1
2006	17,3	17,4	17,4	17,4	17,1	17	17	17,3	17,8	18	18,2	18,2	17,5
2007	18	17,4	17,4	18,2	17,2	15,5	16,7	16,1	16,7	16,9	17,1	16,9	17,0
2008	16,5	16,1	16,8	16,8	16,5	16,1	15,1	15,5	16,3	17,1	17,3	17,4	16,5
2009	16,8	16,8	17,2	17,2	16,9	16,5	16,1	16,1	16,7	17,6	17,1	17,9	16,9
2010	16,7	16,7	18	18,4	19,9	16,7	16,8	16,1	16,9	17,4	16,5	17	17,3
2011	16,8	17,2	17,2	17,4	16,5	16,9	15,7	16,6	16,6	16,8	17,2	17,2	16,8
2012	16,8	17,2	17,2	17,4	16,5	16,9	15,7	16,6	16,6	16,8	17,2	17,2	16,8
PROMEDIO													**16,96**

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI (2003-2012)

ANEXO 3

Precipitación promedio anual de la ciudad de Loja

Datos de precipitación (mm/año)- ESTACIÓN LA ARGELIA													
	Enero	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**	**Julio**	**Agosto**	**Septiembre**	**Octubre**	**Noviembre**	**Diciembre**	**PROMEDIO ANUAL**
2003	80,3	113,3	188	68,8	92,4	53,9	34,1	6,9	25	73,3	56,5	106,8	899,3
2004	48,1	119	177,6	198,7	46,5	85,4	47,5	12,1	25,2	125,8	95,3	96,3	1077,5
2005	46,4	134,5	173,6	157,6	33	79	15,3	13,4	18,1	86,2	62,5	98,3	917,9
2006	138,1	88,8	188,3	82,7	33,6	78,5	33,7	13,2	22,5	37,2	93,1	90,6	900,3
2007	50,1	66,3	93,5	99,1	80,7	120	11,3	152,4	55	55,7	153,3	77,6	1015,0
2008	62,3	251	237,9	137,8	74,6	51,3	89,5	89,7	20,6	136,4	102,9	126,3	1380,3
2009	133	90,2	134,4	93,1	43,3	29,8	55,7	61,9	55,6	69,7	26	118,4	911,1
2010	59,4	109,6	46,3	75,8	70,7	77,5	31,1	46,2	60,6	34,4	60	81,1	752,7
2011	58,2	205,3	131,4	154,5	87,1	56,1	101	54,7	89,8	80,9	155,9	163,7	1338,6
2012	147	201,6	60,5	97,8	82,1	82,2	16,6	32	32,8	116,4	110,1	117,3	1096,4
PROMEDIO													**1028,91**

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI (2003-2012)

ANEXO 4

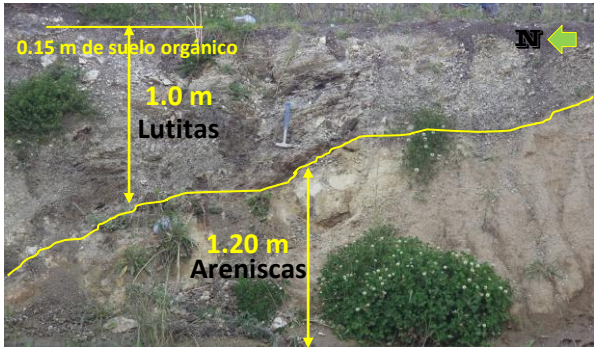
Descripción de afloramientos en el sector Plateado Bajo

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR PLATEADO BAJO DE LA CIUDAD DE LOJA-ECUADOR

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

AFLORAMIENTO Nro: 1
COORDENADAS: **X:** 695807 **Y:** 9558875 **Z:** 2241
DIMENSIONES: **h=**2.35 m **a=** 8 m
RELIEVE: Llano ☐ Bajo ■ De colinas ☐ Montañoso ☐
VEGETACIÓN: Exuberante ☐ Escasa ■ Color verdosa
FOTO Nro: 4,5
FECHA: 31/03/2014



PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO

POTENCIA (m)	Nro. De CAPAS	LITOLOGÍA	COLOR	ORIENTACIÓN	GRADO DE METEORIZACIÓN			DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA
					BAJO	MEDIO	ALTO	
0.15	1	Suelo orgánico	Negro	Bz=14°SW R= N76°W			X	En este afloramiento se evidencia un estrato de lutitas de color blanquecina en la parte superior con un espesor de 1 m con una meteorización media. Perteneciente a la formación geológica la Banda.
1.00	2	Lutitas	Blanquecina			X		
1.20	3	Areniscas	Anaranjado			X		En la parte inferior se encuentra un estrato de areniscas con una meteorización media, de color anaranjado. Perteneciente a la formación geológica Belén.

USO DEL SUELO								
TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO: X		COLUVIAL:		COLUVIÓN:	
FACTORES DE EROSIÓN:	LLUVIA: X		SOL: X		VIENTO: X		HELADAS:	
PENDIENTE (GRADOS)	HORIZONTAL <10°		INCLINADO 10 – 35° X		TUMBADO 36 – 60°		ABRUPTO > 60°	
USOS:	SEMBRADOS	GANADERÍA	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS X	VÍAS X	MINERÍAS	ÁREA PROTEGIDA	ÁREA ARQUEOLÓGICA

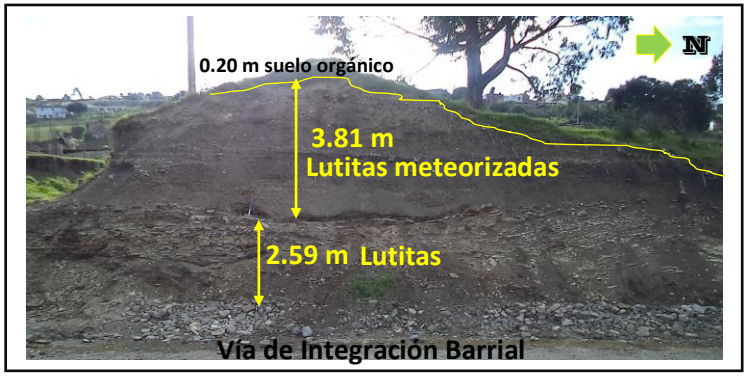
LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR PLATEADO BAJO DE LA CIUDAD DE LOJA-ECUADOR

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

AFLORAMIENTO Nro: 2
COORDENADAS: **X:** 695907 **Y:** 9559227 **Z:** 2237
DIMENSIONES: **h=**6.60 m **a=** 11.73 m
RELIEVE: Llano ☐ Bajo ☐ De colinas ■ Montañoso ☐
VEGETACIÓN: Exuberante ■ Escasa ☐ Color verdosa
FOTO Nro: 6,7
FECHA: 31/03/2014

PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO



POTENCIA (m)	Nro. De CAPAS	LITOLOGÍA	COLOR	ORIENTACIÓN	GRADO DE METEORIZACIÓN			DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA
					BAJO	MEDIO	ALTO	
0.20	1	Vegetación	Verde	Bz=14°SW R= N68°W			X	En la parte superior se evidencia lutitas meteorizadas de un grado alto, las mismas que están mezcladas con material orgánico obteniendo una coloración gris oscura, con una espesor de 3.81 m; predominando así al estrato inferior de lutitas (2.59 m) con una meteorización media de color blanquecina. Perteneciente a la formación geológica la Banda.
3.81	2	Lutitas meteorizadas	Gris oscuro				X	
2.59	3	Lutitas	Blanquecina			X		

USO DEL SUELO								
TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO: X		COLUVIAL:		COLUVIÓN:	
FACTORES DE EROSIÓN:	LLUVIA: X		SOL: X		VIENTO: X		HELADAS:	
PENDIENTE (GRADOS)	HORIZONTAL <10°		INCLINADO 10 – 35° X		TUMBADO 36 – 60°		ABRUPTO > 60°	
USOS:	SEMBRADOS	GANADERÍA X	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS	VÍAS X	MINERÍAS	ÁREA PROTEGIDA	ÁREA ARQUEOLÓGICA

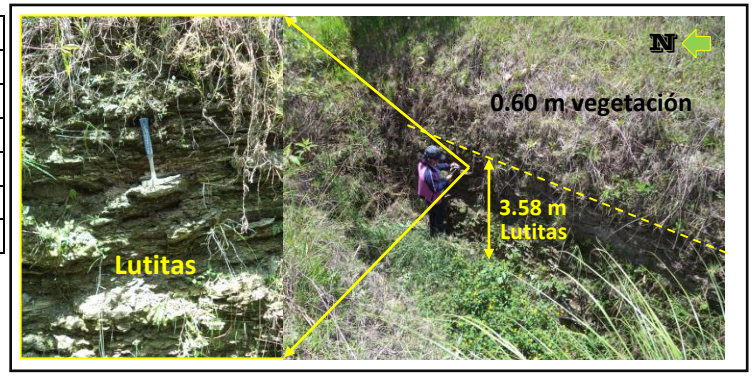
LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR PLATEADO BAJO DE LA CIUDAD DE LOJA-ECUADOR

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

AFLORAMIENTO Nro: 3
COORDENADAS: **X:** 695785 **Y:** 9559178 **Z:** 2251
DIMENSIONES: **h=**3.58m **a=** 3.60 m
RELIEVE: Llano ☐ Bajo ☐ De colinas ■ Montañoso ☐
VEGETACIÓN: Exuberante ■ Escasa ☐ Color verdosa
FOTO Nro: 8,9
FECHA: 31/03/2014

PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO



POTENCIA (m)	Nro. De CAPAS	LITOLOGÍA	COLOR	ORIENTACIÓN	GRADO DE METEORIZACIÓN			DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA
					BAJO	MEDIO	ALTO	
0.60	1	Vegetación	Verde	Bz=17°SE R= N30°E			X	Este afloramiento está constituido por lutitas de color blanquecina con un grado de meteorización medio, cabe destacar que hay una abundancia de vegetación en la parte superior del talud; así como también en la parte inferior. Cuyo estrato consta de un espesor de 3.58 m aproximadamente. Perteneciente a la formación geológica la Banda.
3.58	2	Lutitas	Blanquecina			X		

USO DEL SUELO								
TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO: X		COLUVIAL:		COLUVIÓN:	
FACTORES DE EROSIÓN:	LLUVIA: X		SOL: X		VIENTO: X		HELADAS:	
PENDIENTE (GRADOS)	HORIZONTAL <10°		INCLINADO 10 – 35° X		TUMBADO 36 – 60°		ABRUPTO > 60°	
USOS:	SEMBRADOS X	GANADERÍA X	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS	VÍAS	MINERÍAS	ÁREA PROTEGIDA	ÁREA ARQUEOLÓGICA

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR PLATEADO BAJO DE LA CIUDAD DE LOJA-ECUADOR

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

AFLORAMIENTO Nro: 4
COORDENADAS: **X:** 695644 **Y:** 9559105 **Z:** 2278
DIMENSIONES: **h=**3.30m **a=** 12.20 m
RELIEVE: Llano ☐ Bajo ☐ De colinas ■ Montañoso ☐
VEGETACIÓN: Exuberante ■ Escasa ☐ Color verdosa
FOTO Nro: 10,11
FECHA: 31/03/2014

PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO

POTENCIA (m)	Nro. De CAPAS	LITOLOGÍA	COLOR	ORIENTACIÓN	GRADO DE METEORIZACIÓN			DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA
					BAJO	MEDIO	ALTO	
0.30	1	Suelo orgánico	Negro	Bz=22°SE R= N18°E			X	Este afloramiento está constituido en su totalidad por lutitas de color blanquecina con un grado de meteorización medio. Cuyo estrato consta de un espesor de 3.30 m aproximadamente. Presencia de fisuras en el estrato de 1 a 2 mm; así también óxidos de hierro. Perteneciente a la formación geológica la Banda.
3.30	2	Lutitas	Blanquecina			X		

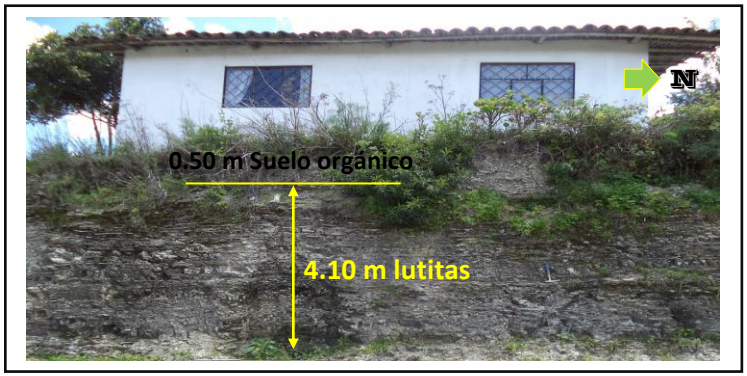
USO DEL SUELO								
TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO: X		COLUVIAL:		COLUVIÓN:	
FACTORES DE EROSIÓN:	LLUVIA: X		SOL: X		VIENTO: X		HELADAS:	
PENDIENTE (GRADOS)	HORIZONTAL <10°		INCLINADO 10 – 35° X		TUMBADO 36 – 60°		ABRUPTO > 60°	
USOS:	SEMBRADOS	GANADERÍA X	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS X	VÍAS X	MINERÍAS	ÁREA PROTEGIDA	ÁREA ARQUEOLÓGICA

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR PLATEADO BAJO DE LA CIUDAD DE LOJA-ECUADOR

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

AFLORAMIENTO Nro: 5
COORDENADAS: **X:** 695682 **Y:** 9559236 **Z:** 2282
DIMENSIONES: **h=**4.10 m **a=** 15.00 m
RELIEVE: Llano ☐ Bajo ☐ De colinas ■ Montañoso ☐
VEGETACIÓN: Exuberante ■ Escasa ☐ Color verdosa
FOTO Nro: 13,14
FECHA: 31/03/2014



PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO

POTENCIA (m)	Nro. De CAPAS	LITOLOGÍA	COLOR	ORIENTACIÓN	GRADO DE METEORIZACIÓN			DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA
					BAJO	MEDIO	ALTO	
0.50	1	Suelo orgánico	Negro	Bz=13°SE R=N8°E			X	Este afloramiento está constituido en su totalidad por lutitas de color blanquecina con un grado de meteorización medio. Cuyo estrato consta de un espesor de 4.10 m aproximadamente. Presencia de fisuras en el estrato de 1 a 2 mm; así también óxidos de hierro. Es importante mencionar que en la parte derecha del afloramiento hay la presencia de agua servidas debido a la deficiencia de alcantarillado en el sector. Perteneciente a la formación geológica la Banda.
4.10	2	Lutitas	Blanquecina			X		

USO DEL SUELO								
TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO: X		COLUVIAL:		COLUVIÓN:	
FACTORES DE EROSIÓN:	LLUVIA: X		SOL: X		VIENTO: X		HELADAS:	
PENDIENTE (GRADOS)	HORIZONTAL <10°		INCLINADO 10 – 35° X		TUMBADO 36 – 60°		ABRUPTO > 60°	
USOS:	SEMBRADOS	GANADERÍA	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS X	VÍAS X	MINERÍAS	ÁREA PROTEGIDA	ÁREA ARQUEOLÓGICA

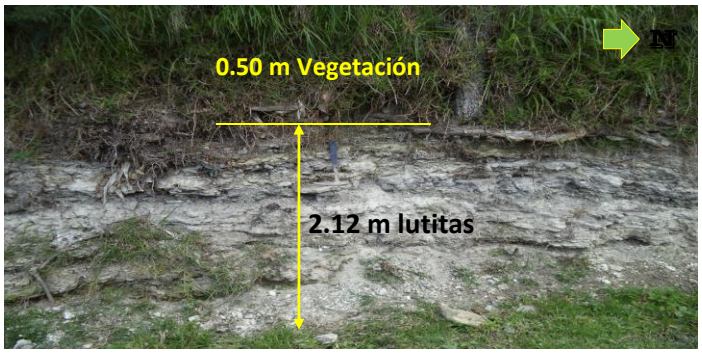
LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR PLATEADO BAJO DE LA CIUDAD DE LOJA-ECUADOR

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

AFLORAMIENTO Nro: 6
COORDENADAS: **X:** 695772 **Y:** 9559345 **Z:** 2266
DIMENSIONES: **h=**2.12m **a=** 5 m
RELIEVE: Llano ☐ Bajo ☐ De colinas ■ Montañoso ☐
VEGETACIÓN: Exuberante ■ Escasa ☐ Color verdosa
FOTO Nro: 15,16
FECHA: 31/03/2014

PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO



POTENCIA (m)	Nro. De CAPAS	LITOLOGÍA	COLOR	ORIENTACIÓN	GRADO DE METEORIZACIÓN			DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA
					BAJO	MEDIO	ALTO	
0.50	1	Vegetación	Verdoso	Bz=19°NE R= N16°W			X	Se pudo evidenciar una capa abundante de vegetación en la parte superior del estrato de lutitas, en la que hay la presencia de raíces. La capa de lutitas esta intercalada por capillas de 1 cm de carbonatos de calcio, los mismos que reaccionaron con el ácido clorhídrico al 10%. Cuyo estrato consta de un espesor de 2.12 m aproximadamente. Presencia de fisuras en el estrato de 1 a 2 mm; así también óxidos de hierro. Perteneciente a la formación geológica la Banda.
2.12	2	Lutitas	Blanquecina				X	

USO DEL SUELO								
TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO: X		COLUVIAL:		COLUVIÓN:	
FACTORES DE EROSIÓN:	LLUVIA: X		SOL: X		VIENTO: X		HELADAS:	
PENDIENTE (GRADOS)	HORIZONTAL <10°		INCLINADO 10 – 35° X		TUMBADO 36 – 60°		ABRUPTO > 60°	
USOS:	SEMBRADOS X	GANADERÍA	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS X	VÍAS X	MINERÍAS	ÁREA PROTEGIDA	ÁREA ARQUEOLÓGICA

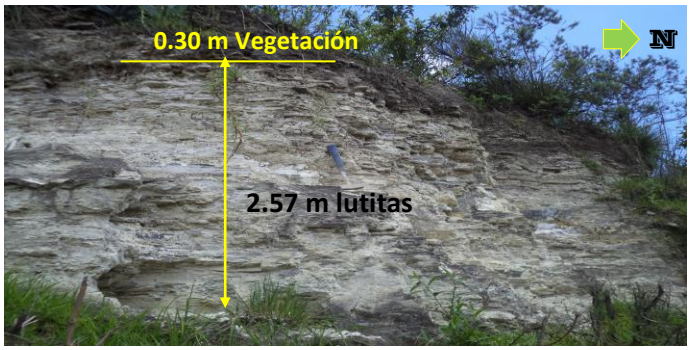
LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR PLATEADO BAJO DE LA CIUDAD DE LOJA-ECUADOR

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

AFLORAMIENTO Nro: 7
COORDENADAS: **X:** 695737 **Y:** 9559457 **Z:** 2286
DIMENSIONES: **h=**2.87m **a=** 5.20 m
RELIEVE: Llano ☐ Bajo ☐ De colinas ■ Montañoso ☐
VEGETACIÓN: Exuberante ■ Escasa ☐ Color verdoso
FOTO Nro: 17,18
FECHA: 31/03/2014

PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO



POTENCIA (m)	Nro. De CAPAS	LITOLOGÍA	COLOR	ORIENTACIÓN	GRADO DE METEORIZACIÓN			DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA
					BAJO	MEDIO	ALTO	
0.30	1	Suelo orgánico	Verdoso	B=38°SE R= N16°E			X	El estrato de lutitas tiene un espesor de 2.57 m, con un grado de meteorización medio, de color blanquecina. Hay presencia de óxidos de hierro y fisuras de 1 a 2 mm. En el estrato hay presencia de raíces poco profundas (0.60m). Perteneciente a la formación geológica la Banda.
2.57	2	Lutitas	Blanquecina			X		

USO DEL SUELO								
TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO: X		COLUVIAL:		COLUVIÓN:	
FACTORES DE EROSIÓN:	LLUVIA: X		SOL: X		VIENTO: X		HELADAS:	
PENDIENTE (GRADOS)	HORIZONTAL <10°		INCLINADO 10 – 35° X		TUMBADO 36 – 60°		ABRUPTO > 60°	
USOS:	SEMBRADOS	GANADERÍA	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS X	VÍAS X	MINERÍAS	ÁREA PROTEGIDA	ÁREA ARQUEOLÓGICA

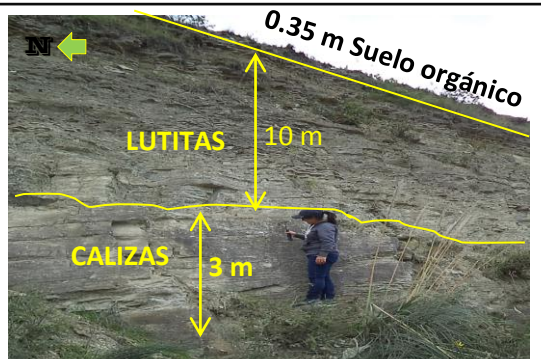
LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR PLATEADO BAJO DE LA CIUDAD DE LOJA-ECUADOR

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

AFLORAMIENTO Nro: 8	
COORDENADAS: **X:** 695979	**Y:** 9559728 **Z:** 2253
DIMENSIONES: **h=**14.24m	**a=**30.20m
RELIEVE: Llano ☐ Bajo ☐ De colinas ■ Montañoso ☐	
VEGETACIÓN: Exuberante ☐ Escasa ■ Color verdosa	
FOTO Nro: 19,20	
FECHA: 31/03/2014	

PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO



POTENCIA (m)	Nro. De CAPAS	LITOLOGÍA	COLOR	ORIENTACIÓN	GRADO DE METEORIZACIÓN			DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA
					BAJO	MEDIO	ALTO	
0.35	1	Suelo orgánico	negro	Bz=19°SE R=N39°E			X	Tienen un grado de meteorización medio, debido a la facilidad de desintegración del material el mismo que se encuentra acumulado en la parte inferior del talud. Se encuentran fisuras de 1 a 3 mm. Las lutitas presentan pequeñas capas de 10 a 30 cm de espesor. Perteneciente a la formación geológica la Banda.
10	2	Lutitas	Gris			X		
3	3	Calizas	Blanquecina			X		

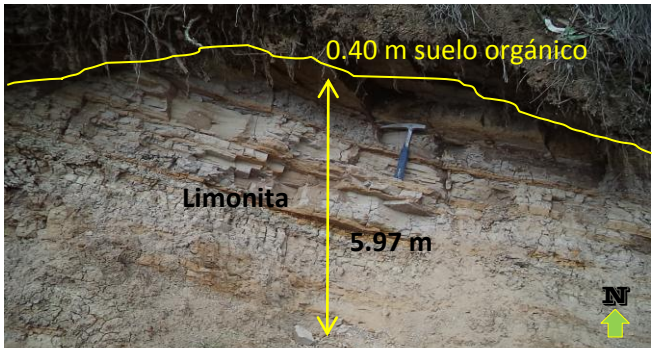
USO DEL SUELO								
TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO: X		COLUVIAL:		COLUVIÓN:	
FACTORES DE EROSIÓN:	LLUVIA: X		SOL: X		VIENTO: X		HELADAS:	
PENDIENTE (GRADOS)	HORIZONTAL <10° X		INCLINADO 10 – 35°		TUMBADO 36 – 60°		ABRUPTO > 60°	
USOS:	SEMBRADOS	GANADERÍA X	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS	VÍAS X	MINERÍAS	ÁREA PROTEGIDA	ÁREA ARQUEOLÓGICA

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR PLATEADO BAJO DE LA CIUDAD DE LOJA-ECUADOR

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

AFLORAMIENTO Nro: 9
COORDENADAS: **X:** 696092 **Y:** 9559794 **Z:** 2263
DIMENSIONES: **h=**6.37m **a=**5.03m
RELIEVE: Llano ☐ Bajo ☐ De colinas ■ Montañoso ☐
VEGETACIÓN: Exuberante ☐ Escasa ■ Color
FOTO Nro: 21,22
FECHA: 31/03/2014



PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO

POTENCIA (m)	Nro. De CAPAS	LITOLOGÍA	COLOR	ORIENTACIÓN	GRADO DE METEORIZACIÓN			DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA
					BAJO	MEDIO	ALTO	
0.40	1	Suelo orgánico	negro	Bz=38°SE DB=N16°E			X	Hay la presencia de raíces de plantas herbáceas. Tienen pequeñas capillas de 1 a 3mm de espesor de color anaranjado rojizo por la presencia de óxidos de hierro. Tienen un grado de meteorización medio, debido a la facilidad de desintegración del material. Las limonitas presentan un color gris claro a anaranjado Perteneciente a la formación geológica Belén.
5.97	2	Limonitas	Gris claro a anaranjado			X		

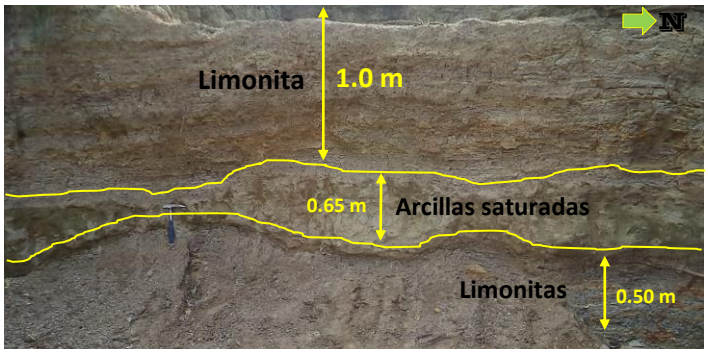
USO DEL SUELO								
TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO: X		COLUVIAL:		COLUVIÓN:	
FACTORES DE EROSIÓN:	LLUVIA: X		SOL: X		VIENTO: X		HELADAS:	
PENDIENTE (GRADOS)	HORIZONTAL <10°		INCLINADO 10 – 35° X		TUMBADO 36 – 60°		ABRUPTO > 60°	
USOS:	SEMBRADOS X	GANADERÍA	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS	VÍAS	MINERÍAS	ÁREA PROTEGIDA	ÁREA ARQUEOLÓGICA

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR PLATEADO BAJO DE LA CIUDAD DE LOJA-ECUADOR

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

AFLORAMIENTO Nro: 10
COORDENADAS: **X:** 696192 **Y:** 9559872 **Z:** 2254
DIMENSIONES: **h=**2.15m **a=**5.03m
RELIEVE: Llano ☐ Bajo ☐ De colinas ■ Montañoso ☐
VEGETACIÓN: Exuberante ☐ Escasa ■ Color ☐
FOTO Nro: 23,24
FECHA: 31/03/2014



PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO

POTENCIA (m)	Nro. De CAPAS	LITOLOGÍA	COLOR	ORIENTACIÓN	GRADO DE METEORIZACIÓN			DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA
					BAJO	MEDIO	ALTO	
1.70	1	Limonitas	Café claro	Bz=25°NW DB= N13°E		X		Presencia de limonitas intercaladas con una capa de 0.60m de arcillas saturadas. Predominando así el estrato de limonita con un espesor de 1m En las capas de limonitas hay la presencia de pequeñas capillas de óxidos de hierro de 0.05cm aproximadamente, como también pequeñas fisuras de 2 a 3 mm debido esto a la meteorización. Perteneciente a la formación geológica Belén.
0.60	2	Arcillas saturadas	Gris verdoso			X		
0.70	3	Limonitas	Gris claro			X		

USO DEL SUELO								
TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO: X			COLUVIAL:	COLUVIÓN:	
FACTORES DE EROSIÓN:	LLUVIA: X		SOL: X			VIENTO: X	HELADAS:	
PENDIENTE (GRADOS)	HORIZONTAL <10°		INCLINADO 10 – 35° X			TUMBADO 36 – 60°	ABRUPTO > 60°	
USOS:	SEMBRADOS	GANADERÍA	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS X	VÍAS X	MINERÍAS	ÁREA PROTEGIDA	ÁREA ARQUEOLÓGICA

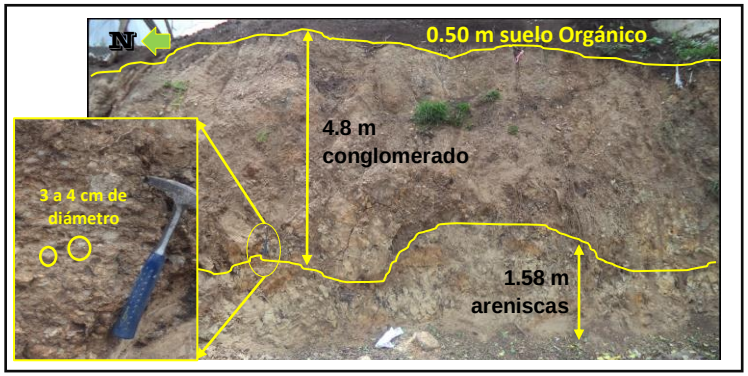
LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR PLATEADO BAJO DE LA CIUDAD DE LOJA-ECUADOR

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

AFLORAMIENTO Nro: 11	
COORDENADAS: **X:** 696211 **Y:** 9559840 **Z:** 2252	
DIMENSIONES: **h=**6.88m **a=** 8.74 m	
RELIEVE: Llano ☐ Bajo ☐ De colinas ■ Montañoso ☐	
VEGETACIÓN: Exuberante ☐ Escasa ■ Color	
FOTO Nro: 25,26,27	
FECHA: 31/03/2014	

PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO



POTENCIA (m)	Nro. De CAPAS	LITOLOGÍA	COLOR	ORIENTACIÓN	GRADO DE METEORIZACIÓN			DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA
					BAJO	MEDIO	ALTO	
0.50	1	Suelo orgánico	Negro	Ausencia de estratificación			X	El estrato de conglomerado tiene un espesor de 4.8 m predominando sobre la capa de arenisca, en la que se encontró cantos subredondeados de 2 a 4 cm con matriz arenosa, con una meteorización media. En la parte inferior se encuentra la capa de arenisca de grano medio, con un espesor de 1.58m, con una meteorización media. Hay presencia de fisuras de 3 mm aproximadamente, y óxidos de hierro en todo el talud. Perteneciente a la formación geológica Belén.
4.80	2	Conglomerado	Anaranjado			X		
1.58	3	Areniscas	Gris claro			X		

USO DEL SUELO								
TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO: X		COLUVIAL:		COLUVIÓN:	
FACTORES DE EROSIÓN:	LLUVIA: X		SOL: X		VIENTO: X		HELADAS:	
PENDIENTE (GRADOS)	HORIZONTAL <10°		INCLINADO 10 – 35° X		TUMBADO 36 – 60°		ABRUPTO > 60°	
USOS:	SEMBRADOS	GANADERÍA	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS X	VÍAS X	MINERÍAS	ÁREA PROTEGIDA	ÁREA ARQUEOLÓGICA

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR PLATEADO BAJO DE LA CIUDAD DE LOJA-ECUADOR

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

AFLORAMIENTO Nro: 12
COORDENADAS: **X:** 696275 **Y:** 9559360 **Z:** 2220
DIMENSIONES: **h=**1.66 m **a=** 4.13 m
RELIEVE: Llano ☐ Bajo ■ De colinas ☐ Montañoso ☐
VEGETACIÓN: Exuberante ■ Escasa ☐ Color verdosa
FOTO Nro: 28,29,30
FECHA: 31/03/2014

PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO

POTENCIA (m)	Nro. De CAPAS	LITOLOGÍA	COLOR	ORIENTACIÓN	GRADO DE METEORIZACIÓN			DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA
					BAJO	MEDIO	ALTO	
0.50	1	Suelo orgánico	Negro	Ausencia de estratificación			X	El estrato de conglomerado tiene un espesor de 0.73 m predominando sobre la capa de arenisca, en la que se encontró cantos angulosos de 1 a 2 cm con matriz arenosa, con una meteorización media. En la parte inferior se encuentra la capa de arenisca de grano fino, con un espesor de 0.43m, con una meteorización media. Hay presencia de fisuras de 2 a 4 mm aproximadamente, y óxidos de hierro en todo el talud. Perteneciente a la formación geológica Belén.
0.73	2	Conglomerado	Anaranjado			X		
0.43	3	Areniscas	Anaranjado			X		

USO DEL SUELO								
TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO: X		COLUVIAL:		COLUVIÓN:	
FACTORES DE EROSIÓN:	LLUVIA: X		SOL: X		VIENTO: X		HELADAS:	
PENDIENTE (GRADOS)	HORIZONTAL <10° X		INCLINADO 10 – 35°		TUMBADO 36 – 60°		ABRUPTO > 60°	
USOS:	SEMBRADOS X	GANADERÍA X	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS	VÍAS X	MINERÍAS	ÁREA PROTEGIDA	ÁREA ARQUEOLÓGICA

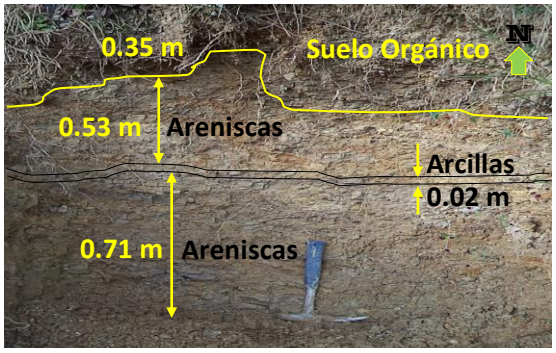
LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR PLATEADO BAJO DE LA CIUDAD DE LOJA-ECUADOR

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

AFLORAMIENTO Nro: 13
COORDENADAS: **X:** 696190 **Y:** 95595252 **Z:** 2214
DIMENSIONES: **h=**1.61 m **a=** 3.20 m
RELIEVE: Llano ☐ Bajo ■ De colinas ☐ Montañoso ☐
VEGETACIÓN: Exuberante ■ Escasa ☐ Color verdosa
FOTO Nro: 31,32
FECHA: 31/03/2014

PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO



POTENCIA (m)	Nro. De CAPAS	LITOLOGÍA	COLOR	ORIENTACIÓN	GRADO DE METEORIZACIÓN			DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA
					BAJO	MEDIO	ALTO	
0.35	1	Suelo orgánico	Negro	Bz=9°SE R= N46°E			X	En la parte superior se encuentran areniscas de grano medio con un espesor de 0.53 m de color anaranjado, ya sea este debido a la existencia de óxidos de hierro, presencia de raíces en el estrato, y pequeñas fisuras de 1 a 3 mm. Las areniscas se encuentran intercaladas por una pequeña capa de arcillas de 0.02 m de espesor de color gris bien compacta. Perteneciente a la formación geológica Belén.
0.53	2	Areniscas	Anaranjado			X		
0.02	3	Arcillas	Gris			X		
0.71	4	Areniscas	Anaranjado			X		

USO DEL SUELO								
TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO: X		COLUVIAL:		COLUVIÓN:	
FACTORES DE EROSIÓN:	LLUVIA: X		SOL: X		VIENTO: X		HELADAS:	
PENDIENTE (GRADOS)	HORIZONTAL <10° X		INCLINADO 10 – 35°		TUMBADO 36 – 60°		ABRUPTO > 60°	
USOS:	SEMBRADOS	GANADERÍA X	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS	VÍAS	MINERÍAS	ÁREA PROTEGIDA	ÁREA ARQUEOLÓGICA

ANEXO 5

Caracterización del deslizamiento

DATOS GENERALES

MOVIMIENTO Nro. 1		**DIRECCIÓN**: S 74° E
COORDENADAS	**X**: 695676	**ANGULO** (inclinación de la ladera en grados): 14°
	Y: 9558960	**FORMA DE LA LADERA**: Recta (X) Cóncava () convexa ( )
FOTO Nro. 03,04		**USO DEL TERRENO**: Arbustos y árboles () No vegetada ( ) Pastos (X) Cultivos (X) Residencial ( ) Vía presente ( )
ALTITUD: 2261.232		
FECHA: 08/04/2014		

CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO

TIPO: Deslizamiento (X) Flujo ( ) Caídas ( ) Reptación ( ) Erosión ( )
LONGITUD (Distancia Promedio desde el escarpe hasta la base): 42.63m
ANCHO (promedio de la zona de aporte): 31.68 m
TIPO DE FALLA: Indeterminada ( ) Rotacional (X) Traslacional () Completa ( ) Múltiple ( )
MECANISMO: Evento sencillo y rápido (X) Evento sencillo y lento ( ) Evento múltiple y rápido ( ) Evento múltiple y lento ( )
SECUENCIA DE REPETICIÓN:
ACTIVIDAD: Inactivo ( ) Latente (X) Activo () Actividad localizada ( )
ESTADO DEL ESCARPE: No es aplicable ( ) Escarpe evidente (X) Escarpe vago ()
FORMA DEL ESCARPE: No aplicable ( ) Semicircular (X) Elongado ( )
ÁREA DEL ESCARPE: No aplicable ( ) Pequeña (<200m^2) (X) Mediana (200 – 500 m^2) ( ) Grande (>500m^2) ( )
VEGETACIÓN DEL ESCARPE: No Aplicable ( ) No vegetada ( )Vegetación escasa (X)Arbustos ( )
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA: No aplicable ( ) Longitud = ancho( ) Longitud > ancho(X) Longitud < ancho ( )
ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA: Masa intacta ( ) Masa desintegrada (X) Masa en forma de flujo ( ) No Presente ( )
HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA: No Presenta zonas Húmedas ( ) Zonas de alta Humedad ( ) Zonas Inundadas ( ) Zonas húmeda (X)
VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA: No Aplicable ( ) No vegetada ( ) Vegetación escasa (X) Arbustos ( ) Árboles ( )
SUPERFICIE DE FALLA: Cubierta orgánica ( ) Suele depositado (X) Suelo residual ( ) Relleno ( )
CAUSA PROBABLE: Desconocida ( ) Erosión concentrada ( ) Deforestación ( ) Exceso de agua (X) Cargas de construcción ( ) Discontinuidades ( )
FACTOR DISPARADOR: Desconocida ( ) Lluvias (X) Construcciones ( ) Otros ( )
DAÑOS: No visible ( ) Carreteras ( ) Residencias ( ) Áreas de pasto (X) Residencias ( )
ESTABILIZACIÓN: No Visible (X) Muros ( ) Canales ( ) Drenes ( ) Otros ( )
REGISTRO FOTOGRÁFICO

ANEXO 6

Ficha técnica para descripción de datos SEV en el campo.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL.

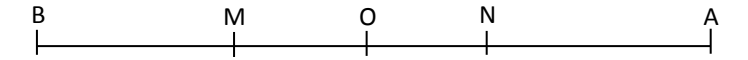
Nombre del Sondaje:

Fecha:

Operador:

Coordenadas:

DISPOSITIVO SCHUMBERGER



Punto B:
X:
Y:
Z:

Ubicación del SEV:

Punto A
X:
Y:
Z:

ESTACIÓN PUNTO	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE (k)	1ra LECTURA	
				N°	RESISTIVIDAD (Ohm-m)
1	1.00	0.20	7.54		
2	1.47	0.20	16.66		
3	2.15	0.20	35.99		
4	3.16	0.20	78.11		
5	4.64	0.20	168.78		
6	4.64	0.50	86.85		
7	6.81	0.20	363.92		
8	6.81	0.50	144.91		
90	10.00	0.50	313.37		
10	14.70	0.50	678.08		
11	14.70	2.00	166.58		
12	21.50	0.50	1454.42		
13	21.50	2.00	359.91		
14	31.60	2.00	781.13		

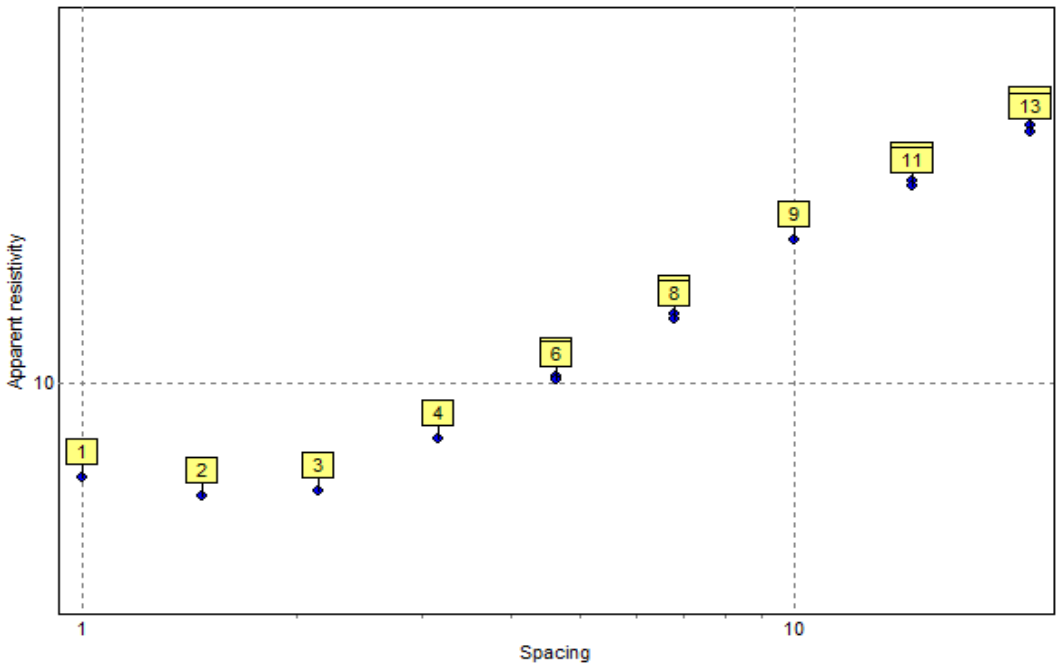
ANEXO 6

Resultado de las líneas SEV

Medidas de resistividad en el campo (SEV 1)

ESTACIÓN PUNTO	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE K	RESISTIVIDAD ohm-m
1	1.00	0.20	7.54	7.16
2	1.47	0.20	16.66	6.70
3	2.15	0.20	35.99	6.84
4	3.16	0.20	78.11	8.22
5	4.64	0.20	168.78	10.24
6	4.64	0.50	78.11	10.10
7	6.81	0.20	363.92	12.73
8	6.81	0.50	144.91	12.54
9	10.00	0.50	313.37	16.57
10	14.70	0.50	678.08	20.36
11	14.70	2.00	166.58	20.01
12	21.50	0.50	1454.42	24.85
13	21.50	2.00	359.91	24.25

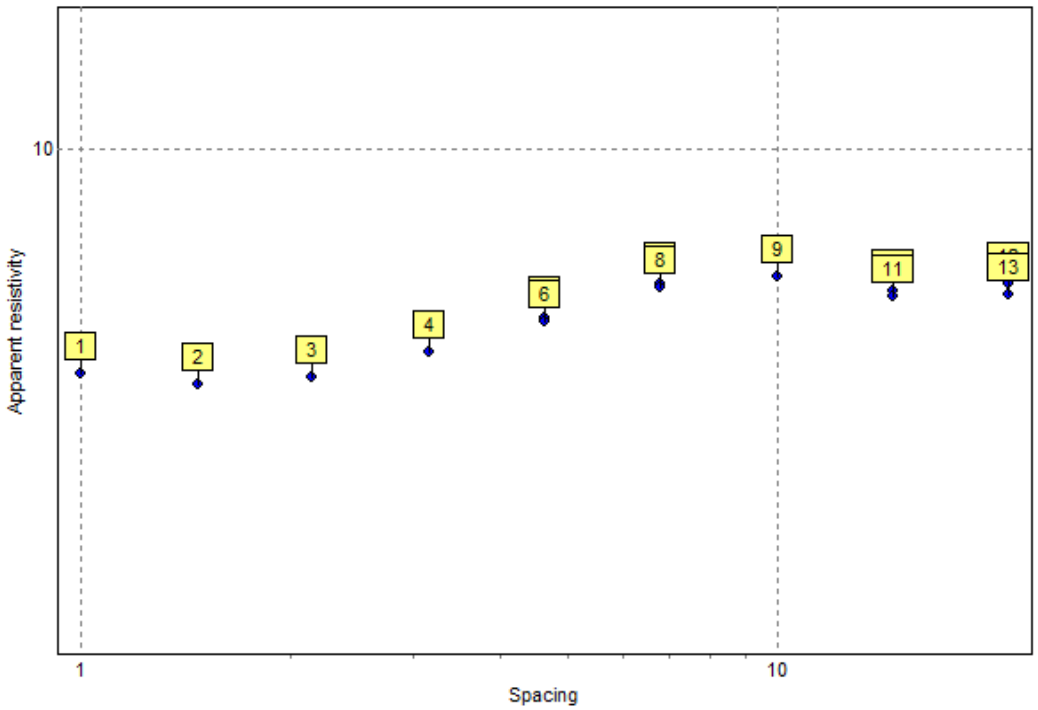
Gráfico de puntos en el campo del SEV 1 generada por el programa IPI2win.



Medidas de resistividad en el campo (SEV 2)

ESTACIÓN PUNTO	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE K	RESISTIVIDAD ohm-m
1	1.00	0.20	7.54	4.76
2	1.47	0.20	16.66	4.60
3	2.15	0.20	35.99	4.70
4	3.16	0.20	78.11	5.11
5	4.64	0.20	168.78	5.73
6	4.64	0.50	78.11	5.67
7	6.81	0.20	363.92	6.39
8	6.81	0.50	144.91	6.34
9	10.00	0.50	313.37	6.55
10	14.70	0.50	678.08	6.26
11	14.70	2.00	166.58	6.15
12	21.50	0.50	1454.42	6.41
13	21.50	2.00	359.91	6.20

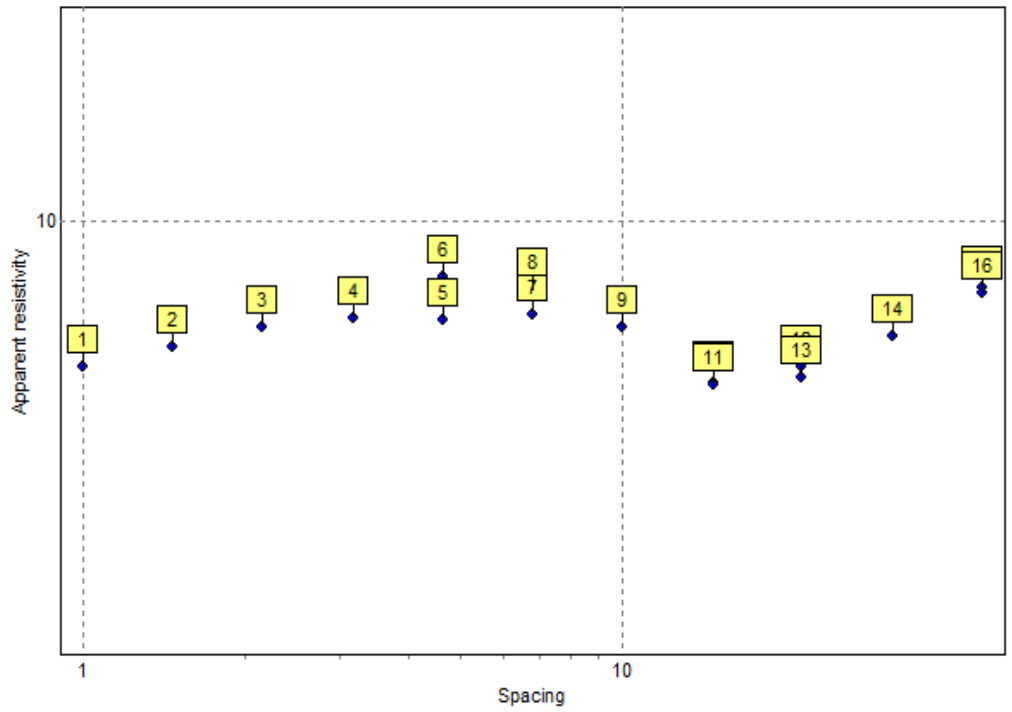
Gráfico de puntos en el campo del SEV 2 generada por el programa IPI2win.



Medidas de resistividad en el campo (SEV 3)

ESTACIÓN PUNTO	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE K	RESISTIVIDAD ohm-m
1	1.00	0.20	7.54	5.49
2	1.47	0.20	16.66	5.94
3	2.15	0.20	35.99	6.46
4	3.16	0.20	78.11	6.68
5	4.64	0.20	168.78	6.65
6	4.64	0.50	78.11	7.95
7	6.81	0.20	363.92	6.78
8	6.81	0.50	144.91	7.57
9	10.00	0.50	313.37	6.44
10	14.70	0.50	678.08	5.13
11	14.70	2.00	166.58	5.09
12	21.50	0.50	1454.42	5.50
13	21.50	2.00	359.91	5.26
14	31.60	2.00	781.13	6.24
15	46.40	2.00	1687.79	7.62
16	46.40	5.00	668.52	7.44

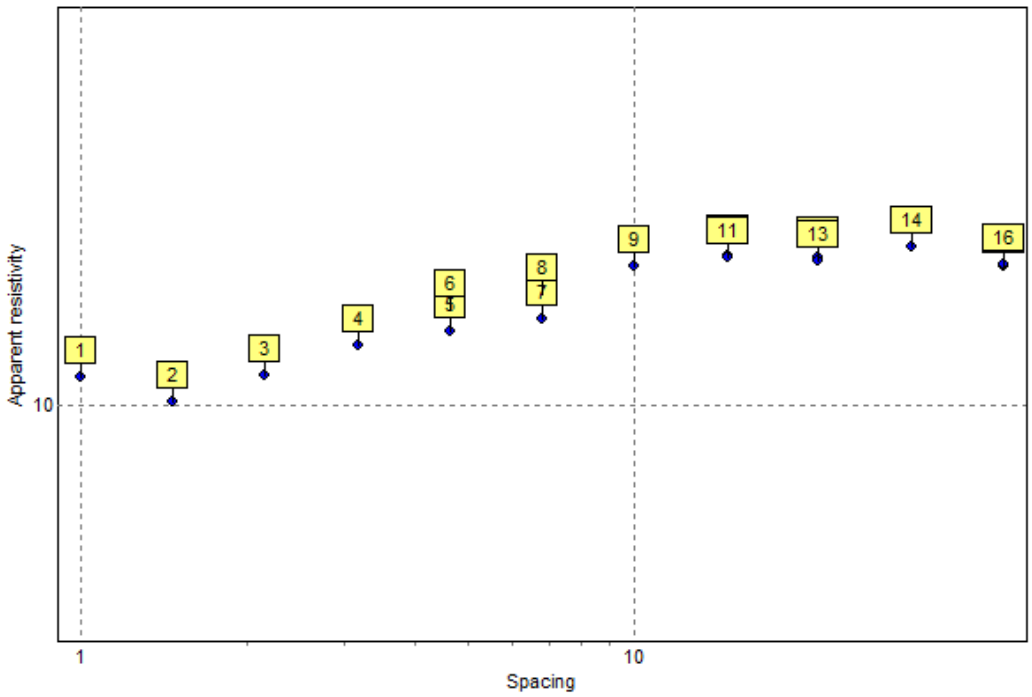
Gráfico de puntos en el campo del SEV 3 generada por el programa IPI2win.



Medidas de resistividad en el campo (SEV 4)

ESTACIÓN PUNTO	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE K	RESISTIVIDAD ohm-m
1	1.00	0.20	7.54	11.28
2	1.47	0.20	16.66	10.21
3	2.15	0.20	35.99	11.37
4	3.16	0.20	78.11	12.89
5	4.64	0.20	168.78	13.65
6	4.64	0.50	78.11	15.01
7	6.81	0.20	363.92	14.48
8	6.81	0.50	144.91	15.99
9	10.00	0.50	313.37	18.02
10	14.70	0.50	678.08	18.92
11	14.70	2.00	166.58	18.75
12	21.50	0.50	1454.42	18.66
13	21.50	2.00	359.91	18.51
14	31.60	2.00	781.13	19.51
15	46.40	2.00	1687.79	18.03
16	46.40	5.00	668.52	18.17

Gráfico de puntos en el campo del SEV 4 generada por el programa IPI2win.



ANEXO 7

Tablas de referencia de las resistividades naturales de los geomateriales.

Naturaleza terreno	Resistividad en Ohm.m
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena arcillosas	50 a 500
Arena silícea	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 5.00
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000
Granito y gres muy alterado	100 a 600

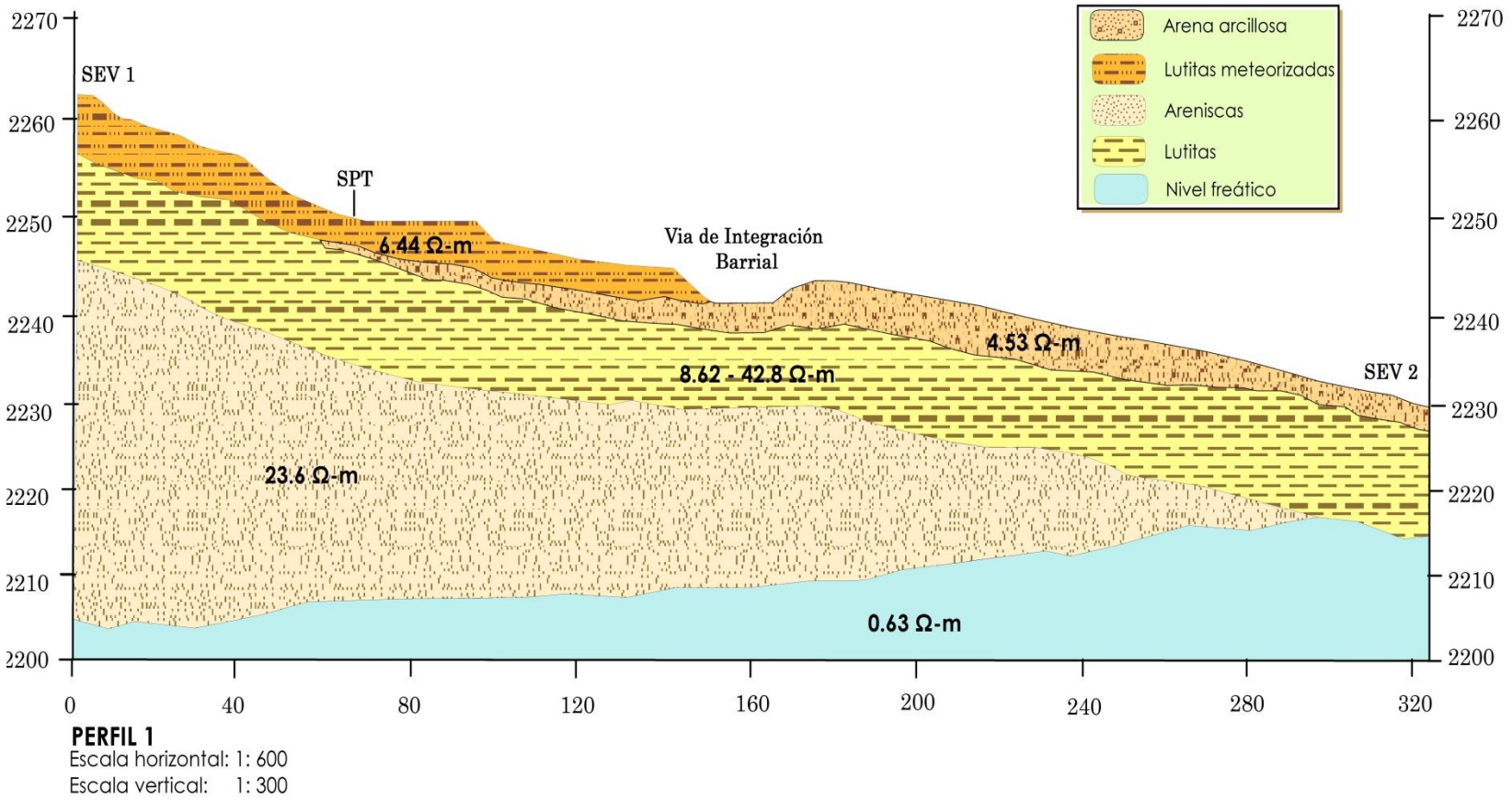
Material	Resistividad (Ωm)
Basamento. Roca sana con diaclasas espaciadas	>10000
Basamento. Roca fracturada	1500-5000
Basamento. Roca fracturada saturada con agua corriente	100-2000
Basamento. Roca fracturada saturada con agua salada	1-100
Gruss no saturado	500-1000
Gruss saturado	40-60
Saprolito no saturado	200-500
Saprolito saturado	40-100
Gravas no saturadas	500-2000
Gravas saturadas	300-500
Arenas no saturadas	400-700
Arenas saturadas	100-200
Limos no saturados	100-200
Limos saturados	20-100
Limos saturados con agua salada	5-15
Arcillas no saturadas	20-40
Arcillas saturadas	5-20
Arcillas saturadas con agua salada	1-10
Andosoles secos	1000-2000
Andosoles no saturados	300-1000
Andosoles saturados	100-300

Fuente: Universidad Nacional de Colombia 2000 "Investigación de aguas subterráneas región Valles y San Nicolás". Medellín.

ANEXO 8

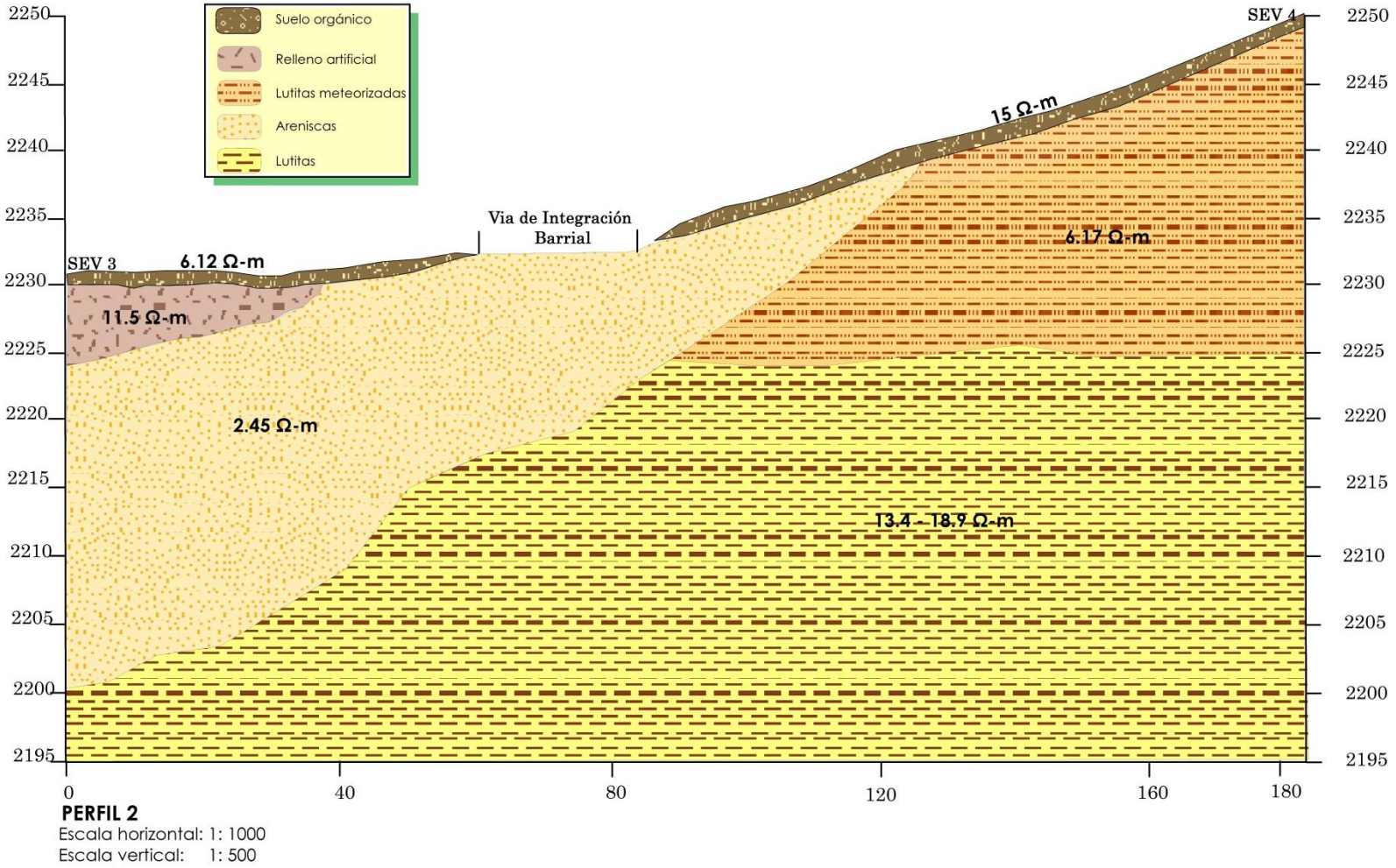
Cortes Geoeléctricos

CORTE GEOELÉCTRICO (Línea 1 y 2)



PERFIL 1
Escala horizontal: 1: 600
Escala vertical: 1: 300

CORTE GEOELÉCTRICO (Línea 3 y 4)



PERFIL 2
Escala horizontal: 1: 1000
Escala vertical: 1: 500

ANEXO 9

Resultado del ensayo de penetración estándar (SPT)

"SUELOS Y PAVIMENTOS" LABORATORIO

Telf: 072-611053

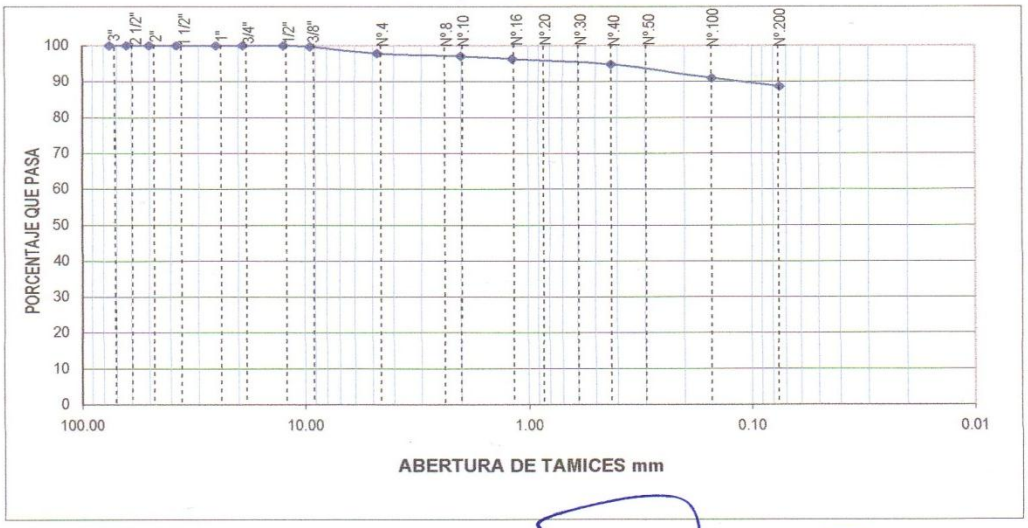
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

	SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR
PROYECTO:	PLATEADO BAJO
USO:	**TESIS**
SOLICITADO POR:	ALUMNA: SULAY DEL CISNE ARMIJOS GONZAGA
ENSAYADO POR:	ING. RAMIRO JIMÉNEZ
FECHA DE ENSAYO:	23/07/2014
PROCEDENCIA:	CALICATA SECTOR PLATEADO BAJO PROF= 0.00 A 3.00

MICR.	TAMIZ	PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.)	% RETENIDO	% QUE PASA	FAJA DE DISEÑO
75	3"	0	0	100	
63	2 1/2"	0	0	100	
50	2"	0	0	100	
37.5	1 1/2"	0	0	100	
25	1"	0	0	100	
19	3/4"	0	0	100	
12.5	1/2"	0	0	100	
9.5	3/8"	2	0	100	
4.750	N°.4	14	2	98	
	Pasa N°.4	635	98	2	
2.360	N°.8				
2.000	N°.10	1	1	97	
1.180	N°.16	2	2	96	
0.850	N°.20				
0.600	N°.30				
0.425	N°.40	4	3	95	
0.300	N°.50				
0.150	N°.100	9	7	91	
0.075	N°.200	12	9	88.7	
	Pasa N°.200	117	88.7		
	TOTAL	649			

Peso Total de Lavado:	129.00	Peso antes de Lavado:	
Peso Total después de Lavado:	12.00	Peso después del Lavado:	
Módulo de Finura:			

CURVA GRANULOMÉTRICA



ING. RAMIRO JIMÉNEZ
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

SUELOS Y PAVIMENTOS LABORATORIO

"SUELOS Y PAVIMENTOS" LABORATORIO

Telf: 072-574988

CONTENIDO DE HUMEDAD

CALICATA SECTOR PLATEADO BAJO PROF= 0.00 A 3.00

PROYECTO:	SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR PLATEADO BAJO
PROCEDENCIA:	CALICATA SECTOR PLATEADO BAJO PROF= 0.00 A 3.00
USO:	TESIS
FECHA:	23/07/2014 **OPERADOR:** ING. RAMIRO JIMÉNEZ

PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPSULA	% DE HUMEDAD	RESULTADO
88.49	67.33	18.50	43.33	43.33

ING. RAMIRO JIMÉNEZ
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

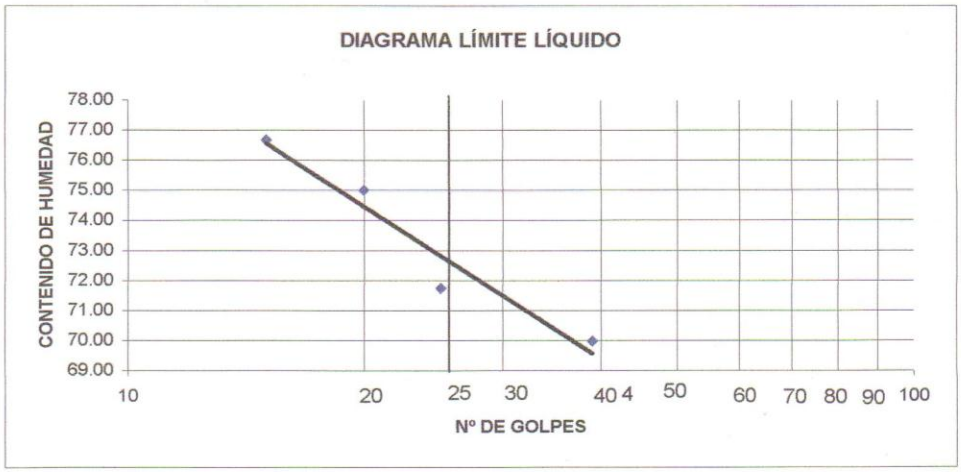
Telf: 072-574988

"SUELOS Y PAVIMENTOS" LABORATORIO

LIMITES DE CONSISTENCIA

Proyecto :	SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR PLATEADO BAJO	**Norma:**	A.A.S.H.O. T 90-56
Procedencia:	CALICATA SECTOR PLATEADO BAJO PROF= 0.0	**Fecha Ensayo:**	23/07/2014
Solicitado por:	ALUMNA: SULAY DEL CISNE ARMIJOS GONZAG	**USO:**	TESIS

NUMERO DE CÁPSULA	97	337	347	1	
Peso de la Cápsula (gr.)	17.90	17.67	18.08	17.48	
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo(gr.)	32.14	31.60	32.97	34.41	
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (gr.)	25.96	25.63	26.75	27.44	
Peso del suelo Seco (gr.)	8.06	7.96	8.67	9.96	
Peso del Agua (gr.)	6.18	5.97	6.22	6.97	
Contenido de Humedad (%)	76.67	75.00	71.74	69.98	
NUMERO DE GOLPES	15	20	25	39	



LÍMITE PLÁSTICO

NUMERO DE CÁPSULA	396	170	132	
Peso de la Cápsula (gr.)	8.47	8.81	8.29	
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo(gr.)	9.78	10.13	9.57	
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (gr.)	9.54	9.90	9.35	
Peso del suelo Seco (gr.)	1.07	1.09	1.06	
Peso del Agua (gr.)	0.24	0.23	0.22	
Contenido de Humedad (%)	22.43	21.10	20.75	
Contenido Medio de Humedad (%)	L.P.= 21.43 %			

RESULTADOS	
VALORES ENSAYO	VALORES ENTEROS SEGÚN NORMA
L.L. = 72.8%	**L.L. = 73%**
L.P. = 21.4 %	**L.P. = 21 %**
I.P. = 51.4%	**I.P. = 51%**

SUELOS Y PAVIMENTOS SP LABORATORIO

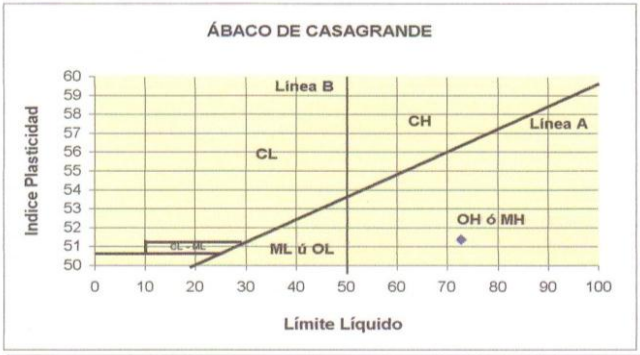
ING. RAMIRO JIMÉNEZ
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

Telf: 072-574988

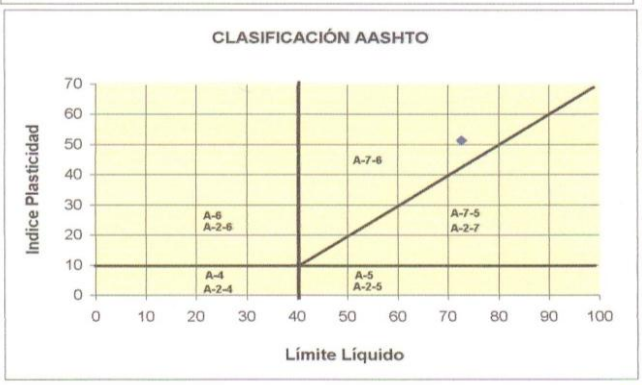
"SUELOS Y PAVIMENTOS" LABORATORIO

CLASIFICACIÓN MÉTODO S.U.C.S. Y AASHTO

Muestra :	SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR PLATEADO BAJO	**Realizado:**	ING. RAMIRO JIMÉNEZ
Procedencia:	CALICATA SECTOR PLATEADO BAJO PROF= 0.00	**Fecha Ensayo:**	23/07/2014
Solicitado por:	ALUMNA: SULAY DEL CISNE ARMIJOS GONZAGA	**USO:**	TESIS



LÍMITE LÍQUIDO L.L.	73 %
LÍMITE PLÁSTICO L.P.	21 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD I.P.	51 %



CLASIFICACIÓN	
Pasa tamiz Nº.4 :	98 %
Pasa tamiz Nº.200 :	89 %
D60 :	
D30 :	
D_{10} (diámetro efectivo) :	
Coeficiente de Uniformidad (Cu) :	
Grado de Curvatura (Cc) :	
Valor del índice de grupo (IG)	20

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)

Arcilla alta plasticidad CH

Sistema de Clasificación de Suelos (AASHTO)

A-7-6 Suelo arcilloso

ING. RAMIRO JIMÉNEZ
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

SUELOS Y PAVIMENTOS LABORATORIO

"SUELOS Y PAVIMENTOS" LABORATORIO

Telf: 072-611053

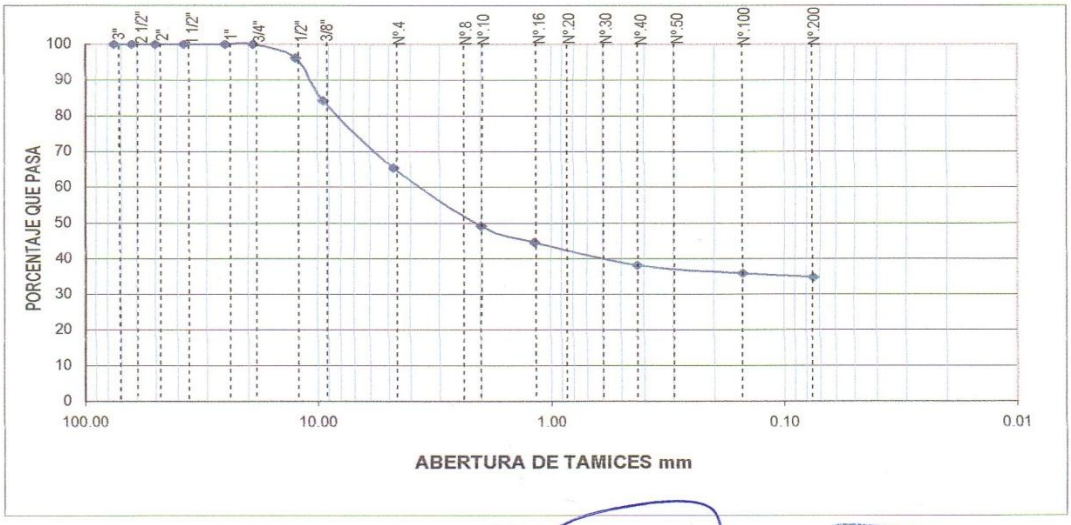
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR PLATEADO BAJO
USO: TESIS
SOLICITADO POR: ALUMNA: SULAY DEL CISNE ARMIJOS GONZAGA
ENSAYADO POR: ING. RAMIRO JIMÉNEZ
FECHA DE ENSAYO: 23/07/2014
PROCEDENCIA: CALICATA SECTOR PLATEADO BAJO PROF= 3.00 A 4.00

MICR.	TAMIZ	PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.)	% RETENIDO	% QUE PASA	FAJA DE DISEÑO
75	3''	0	0	100	
63	2 1/2''	0	0	100	
50	2''	0	0	100	
37.5	1 1/2''	0	0	100	
25	1''	0	0	100	
19	3/4''	0	0	100	
12.5	1/2''	10	4	96	
9.5	3/8''	42	16	84	
4.750	Nº.4	92	35	65	
	Pasa Nº.4	174	65	35	
2.360	Nº.8				
2.000	Nº.10	28	16	49	
1.180	Nº.16	36	21	45	
0.850	Nº.20				
0.600	Nº.30				
0.425	Nº.40	47	27	38	
0.300	Nº.50				
0.150	Nº.100	51	30	36	
0.075	Nº.200	53	31	34.7	
	Pasa Nº.200	60	34.7		
	TOTAL	266			

Peso Total de Lavado:	113.00	Peso antes de Lavado:	
Peso Total después de Lavado:	53.00	Peso después del Lavado:	
Módulo de Finura:			

CURVA GRANULOMÉTRICA



ING. RAMIRO JIMÉNEZ
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

SUELOS Y PAVIMENTOS LABORATORIO

"SUELOS Y PAVIMENTOS" LABORATORIO

Telf: 072-574988

CONTENIDO DE HUMEDAD

CALICATA SECTOR PLATEADO BAJO PROF= 3.00 A 4.00

PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR PLATEADO BAJO
PROCEDENCIA: CALICATA SECTOR PLATEADO BAJO PROF= 3.00 A 4.00
USO: TESIS
FECHA: 23/07/2014 **OPERADOR:** ING. RAMIRO JIMÉNEZ

PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPSULA	% DE HUMEDAD	RESULTADO
73.07	65.01	18.18	17.21	17.21

ING. RAMIRO JIMÉNEZ
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

SUELOS Y PAVIMENTOS LABORATORIO

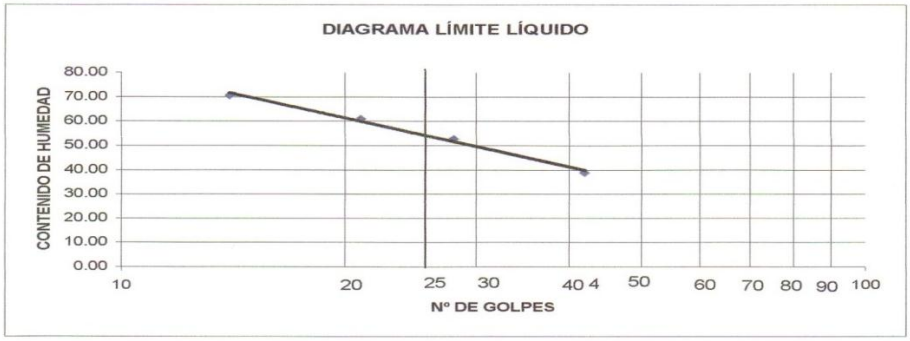
Telf: 072-574988

"SUELOS Y PAVIMENTOS" LABORATORIO

LIMITES DE CONSISTENCIA

Proyecto :	SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR PLATEADO BAJO	**Norma:**	A.A.S.H.O. T 90-56
Procedencia:	CALICATA SECTOR PLATEADO BAJO PROF= 3.0	**Fecha Ensayo:**	23/07/2014
Solicitado por:	ALUMNA: SULAY DEL CISNE ARMIJOS GONZAG	**USO:**	TESIS

NUMERO DE CÁPSULA		17	210	107	182	
Peso de la Cápsula (gr.)		18.01	17.86	17.71	17.82	
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo	(gr.)	32.05	31.24	31.12	34.52	
Peso de la Cápsula + Suelo Seco	(gr.)	26.24	26.18	26.49	29.85	
Peso del suelo Seco	(gr.)	8.23	8.32	8.78	12.03	
Peso del Agua	(gr.)	5.81	5.06	4.63	4.67	
Contenido de Humedad	(%)	70.60	60.82	52.73	38.82	
NUMERO DE GOLPES		14	21	28	42	



LÍMITE PLÁSTICO

NUMERO DE CÁPSULA		500	175	8	
Peso de la Cápsula (gr.)		6.87	8.55	7.28	
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo	(gr.)	9.12	10.42	9.10	
Peso de la Cápsula + Suelo Seco	(gr.)	8.62	10.00	8.71	
Peso del suelo Seco	(gr.)	1.75	1.45	1.43	
Peso del Agua	(gr.)	0.50	0.42	0.39	
Contenido de Humedad	(%)	28.57	28.97	27.27	
Contenido Medio de Humedad	(%)	L.P.= 28.27 %			

RESULTADOS	
VALORES ENSAYO	VALORES ENTEROS SEGÚN NORMA
L.L. = 54.0%	**L.L. = 54%**
L.P. = 28.3 %	**L.P. = 28 %**
I.P. = 25.7%	**I.P. = 26%**

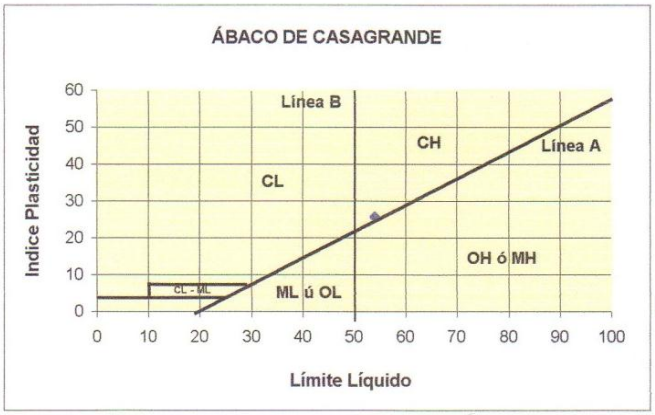
ING. RAMIRO JIMÉNEZ
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

Telf: 072-574988

"SUELOS Y PAVIMENTOS" LABORATORIO

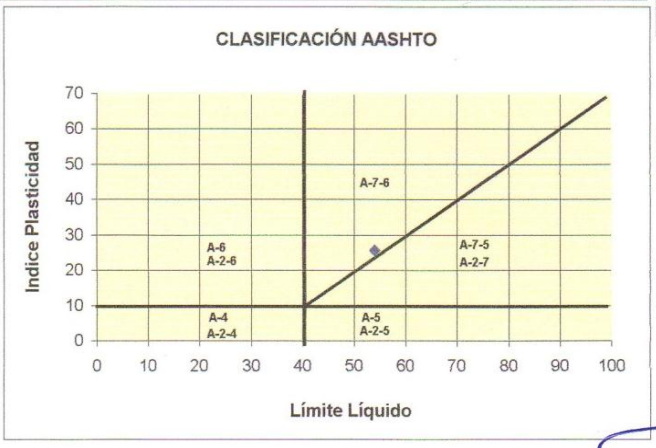
CLASIFICACIÓN MÉTODO S.U.C.S. Y AASHTO

Muestra :	SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR PLATEADO BAJO	**Realizado:**	ING. RAMIRO JIMÉNEZ
Procedencia:	CALICATA SECTOR PLATEADO BAJO PROF= 3.00 m.)	**Fecha Ensayo:**	23/07/2014
Solicitado por:	ALUMNA: SULAY DEL CISNE ARMIJOS GONZAGA	**USO:**	TESIS



LÍMITE LÍQUIDO L.L.	54 %
LÍMITE PLÁSTICO L.P.	28 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD I.P.	26 %

CLASIFICACIÓN	
Pasa tamiz Nº.4 :	65 %
Pasa tamiz Nº.200 :	35 %
D60 :	4.06 mm
D30 :	
D_{10} (diámetro efectivo) :	
Coeficiente de Uniformidad (Cu) :	
Grado de Curvatura (Cc) :	
Valor del índice de grupo (IG)	3



Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)

Grava arcillosa con arena GC

Sistema de Clasificación de Suelos (AASHTO)

A-2-7 Grava y arena arcillosa o limosa

ING. RAMIRO JIMÉNEZ
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

SUELOS Y PAVIMENTOS LABORATORIO

"SUELOS & PAVIMENTOS" LABORATORIO

Telf: 072-611053

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR ("SPT")

PROYECTO:	SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR PLATEADO BAJO	**REALIZADO:**	ING. RAMIRO JIMÉNEZ
PROCEDENCIA:	CALICATA N°1	**FECHA DE ENSAYO:**	17/07/2014
SOLICITADO:	ALUMNA: SULAY DEL CISNE ARMIJOS GONZAGA	**FECHA DE INFORME:**	30/07/2014

CALCULO DEL N CORREGIDO

Profundidad m.	N° golpes 15cm.	30 cm	45 cm	N° golpes SPT -TOTAL	q Tn/m2	N_correg Ec.1	N_correg Ec.2
CALICATA Nº1							
1.00	3	4	4	8	1.42	8.00	8.00
2.00	3	4	6	10	2.84	10.00	10.00
3.00	25	25	25	50	4.26	64.00	67.50

CAPACIDAD DE CARGA PLINTOS AISLADOS

Df =	2.0	m.
B =	2.90	m.
g =	1.419	Tn/m3
NO ESTA AFECTADO POR NIVEL FREATICO		
g '=	0.419	Tn/m3
g ''=	0.591	Tn/m4
q = γ * Df =	2.838	Tn/m2
q_asum =	2.838	Tn/m3
k =	0.1	Tn/m2
N_Correg =	10.00	golpes
C =	1.00	Tn/m2
C_Asum =	0.10	Tn/m2
ϕ =	30.05	°
ϕ ' =	21.09	°
N'c =	19.04	
N'q =	8.34	
N' γ =	4.39	
qu =	32.55	
Fs =	3	
Q_Adm =	10.85	Tn/m2

Tabla: 4.8; literal 1b: Ec.1

$$N_{corr} = N \times \left(0.77 * \log\left(\frac{195.2}{\bar{q}}\right)\right)$$

Valida para perforaciones mayores a 2m.

Tabla: 4.8; literal 1a: Ec.2

$$Ncorr = N + (0.5 * (N - 15))$$

Valida para cuando N > 15 golpes en Limos y arenas

q = Presión de trabajo

$\bar{q} = \sigma * h$

σ = Densidad del suelo

h = profundidad

$\gamma = \sigma =$ 1.419 Tn/m3

$$qu = (0.867 * C * N'c) + (q * N'q) + (0.4 * \gamma * B * N'\gamma)$$

$$\Theta(grados) = 27.1 + (0.3 * Ncorr) - (0.00054 * N^2corr)$$

DETALLES DE ESTRATO

CALICATA	PROF. DESDE (m)	PROF. HASTA (m)	ESTRATO ANALIZADO (m)	PROFUNDIDAD ANALIZADA (m)	ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)	N (SPT) corregido	Fs	TIPO DE ESTRATO
Nº1	1.00	3.00	2.00	2.45	30.05 °	10.00	3	CH

CÁLCULO DE CARGAS ADMISIBLES

AUTOR	Q ult.	Q adm.
SEGÚN TERZAGHI	32.55 Tn/m2	10.85 Tn/m2
Q admisible de diseño =		10.85 Tn/m2
Q admisible de diseño =		1.09 Kg/cm2

ING. RAMIRO JIMÉNEZ
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

SUELOS Y PAVIMENTOS LABORATORIO

Telf: 072-611053

"SUELOS & PAVIMENTOS" LABORATORIO

Cel: 094974048
Cel:093431727

REGISTRO DE SONDEOS

PROYECTO:	SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL SECTOR PLATEADO BAJO
CALICATA N° :	C-01
LOCALIZACIÓN :	INDICADA EN CROQUIS
FECHA DE ENSAYO:	23/07/2014
INGENIERO DE CAMPO:	ING. RAMIRO JIMÉNEZ
MÉTODO DE EXCAVACIÓN	MANUAL

PROFUNDIDAD:		4.00
COORDENADAS	N:	
	E:	
	ELEV:	
NIVEL FREATICO:		N.E.
REGISTRO:		1 de 1

Prof.(m)	Espesor (m)	Perfil	Estructura	Descripción	% H.	Grava	Arena	Finos	L.L.	L.P.	I.P.	SUCS	AASTHO	FOTOGRAFÍA
0.00 - 3.00	3.00	CH	Terreno Natural	Arcilla de alta plasticidad, color gris	43.33	2	9.3	88.7	72.8	21.4	51.4	CH	A-7-6	
3.00 - 4.00	1.00	GC	Terreno Natural	Grava arcillosa con arena, color café	17.21	35	30.3	34.7	54	28.3	25.7	GC	A-2-7	

OBSERVACIONES: Las muestras son extraidas por nuestro Laboratorio

ING. RAMIRO JIMÉNEZ
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

SUELOS Y PAVIMENTOS LABORATORIO

Loja, 09 de Julio de 2015.

Lic. Carmen Castro

C E R T I F I C A: Haber traducido el resumen de la Tesis denominada "Susceptibilidad a deslizamientos en la Vía de Integración Barrial sector Plateado Bajo" de la Srta. Egresada Sulay del Cisne Armijos Gonzaga.

Se expide el presente, a solicitud de la interesada para los fines que considere convenientes.

Lic. Carmen Castro
1900529908