



# 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 ZONA  
DE INFLUENCIA DE LA VÍA DE INTEGRACIÓN  
BARRIAL, DESDE LA CIUDADELA JULIO ORDOÑEZ  
HASTA EL BARRIO CAPULÍ, PERTENECIENTE A LA  
CIUDAD DE LOJA”

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

**AUTORA:**

Quezada Toledo Gabriela Alexandra

**DIRECTOR:**

Ing. Jorge Michael Valarezo Riofrío, Mg Sc.

Loja – Ecuador  
2015

Loja 14 de julio del 2015.

Ing. Jorge Michael Valarezo Riofrío, 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 ZONA DE INFLUENCIA DE LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, DESDE LA CIUDADELA JULIO ORDOÑEZ HASTA EL BARRIO CAPULÍ, PERTENECIENTE A LA CIUDAD LOJA”, previo a la obtención del título de Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, realizado por la señorita egresada; Gabriela Alexandra Quezada Toledo la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.




Ing. Jorge Michael Valarezo Riofrío, Mg. Sc.  
**DIRECTOR DE TESIS**

## AUTORÍA

Yo, (**GABRIELA ALEXANDRA QUEZADA TOLEDO**), declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a 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 – Biblioteca Virtual.

**Firma:**



**Cédula:** 1105170755

**Fecha:** 28 de Julio del 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, (**GABRIELA ALEXANDRA QUEZADA TOLEDO**), declaro ser autora de la tesis titulada: “**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, DESDE LA CIUDADELA JULIO ORDOÑEZ HASTA EL BARRIO CAPULÍ, PERTENECIENTE A LA CIUDAD LOJA**”, como requisito para optar al grado de: (**INGENIERO EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL**), autorizó 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, veintiocho días del mes de Julio del dos mil quince.

**Firma:**



**Autor:**

Gabriela Alexandra Quezada Toledo

**Cédula:**

1105170755

**Dirección:**

Loja (Miraflores Alto: Huancavilca / Collas)

**Correo Electrónico:**

gquezada29@yahoo.com

**Teléfono:**

(07) 3026602

**Celular:** 0980947052

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Director de Tesis:**

Ing. Jorge Michael Valarezo Riofrío, Mg. Sc.

**Tribunal de Grado:**

Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg. Sc.

Ing. Diego Eduardo Jara Delgado, Mg. Sc.

Ing. Walter Simón Tambo Encalada, Mg. Sc.

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios por darme sabiduría para realizar este trabajo de tesis y protegerme a lo largo de toda mi vida.*

*A mi madre y mi padre, que con su paciencia y dedicación supieron formarme en una persona de bien, además por sus sabios consejos que supieron guiarme para nunca darme por vencida por más difícil que sea la situación.*

*Al Ing. Michael Valarezo, Director de tesis por su valiosa guía que enriqueció mis conocimientos para la realización del trabajo de tesis.*

*Gracias a todas las personas que directa e indirectamente me apoyaron para culminación de este proyecto.*

## DEDICATORIA

*A Dios por guiar siempre mi vida y darme una familia maravillosa, comprensiva y sobre todo con el santo temor a ti.*

*A mis padres Jorge Quezada y Ruth Toledo por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado dificultades siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor.*

*A mis hermanas Daniela, Anita y Fernanda por ser parte de mis alegrías y tristezas a lo largo de toda mi vida.*

*A mi novio Luis Estalin por su amor incondicional y apoyo en todo momento, alentándome para no desistir de mis metas.*

*A toda mi familia por quererme tanto y siempre estar en todos los momentos más importante de mi vida.*

*A mis amigos por darme siempre esa chispa de entusiasmo para seguir adelante.*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA.....	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA .....	vi
1. TEMA .....	1
2. RESUMEN.....	2
3. INTRODUCCIÓN .....	4
3.1. Objetivos .....	6
3.1.1. Objetivo General .....	6
3.1.2. Objetivos Específicos.....	6
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
4.1. Susceptibilidad a Deslizamientos.....	7
4.1.1. Susceptibilidad .....	7
4.1.2. Movimientos de masa.....	8
4.1.2.1. Clasificación de los movimientos en masa.....	9
4.2. Topografía.....	15
4.3. Estudio Geológico.....	16
4.3.1. Geología .....	16
4.3.2. Geomorfología .....	16
4.3.3. Geología Estructural.....	17
4.3.4. Interpretación de fotografías aéreas .....	17
4.3.5. Geofísica.....	18
4.4. Sistema de Información Geográfica (SIG).....	19
5. MATERIALES Y MÉTODOS .....	21
5.1. Materiales.....	21
5.2. Métodos.....	21
5.2.1. Método de campo .....	22
5.2.2. Método de oficina.....	29
6. RESULTADOS.....	40
6.1. Descripción Biofísica del Sector .....	40
6.1.1. Ubicación y acceso.....	40

6.1.2.	Uso del Suelo .....	42
6.1.3.	Clima .....	44
6.1.4.	Hidrología.....	49
6.1.5.	Datos socio – económicos .....	51
6.2.	Análisis de Susceptibilidad en el Sector de Estudio.....	53
6.2.1.	Topografía .....	53
6.2.2.	Geología .....	53
6.2.2.1.	Geología Regional.....	53
6.2.2.2.	Geología local .....	59
6.2.2.3.	Geología estructural .....	62
6.2.3.	Geomorfología .....	64
6.2.4.	Pendientes.....	68
6.2.5.	Cobertura vegetal .....	68
6.2.6.	Valoración e interpretación de las zonas susceptibles a deslizarse .....	69
6.2.7.	Inventario a deslizamientos .....	72
6.2.8.	Interpretación de los sondeos eléctricos verticales.....	73
6.2.9.	Perfiles Geoeléctricos de los sondeos eléctricos verticales (SEV).....	79
6.3.	Análisis geológico geotécnico.....	83
6.3.1.	Geología .....	83
6.3.2.	Geotecnia.....	85
6.3.2.1.	Características generales de las unidades geotécnicas .....	85
6.3.2.2.	Índices correlativos a los Límites Atterberg Comportamiento.....	88
6.3.2.3.	Índices correlativos a los Límites Atterberg. Comportamiento.....	92
6.3.2.4.	Resumen y valoración geológica-geotécnica .....	93
6.3.3.	Metodología de cálculo para el Factor de Seguridad .....	95
7.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	108
8.	CONCLUSIONES .....	110
9.	RECOMENDACIONES .....	112
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	114
	ANEXOS .....	118



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Criterios para categorizar la susceptibilidad a deslizamientos con base en la observación de la morfología del terreno. ....	8
<b>Tabla 2.</b>	Clasificación de ángulos de pendiente según (demek. J. 1972) .....	31
<b>Tabla 3.</b>	Unidades morfológicas, forma de relieve del sector de estudio. ....	34
<b>Tabla 4.</b>	Criterios para jerarquizar la susceptibilidad. ....	38
<b>Tabla 5.</b>	Coordenadas de ubicación del sector de estudio. ....	40
<b>Tabla 6.</b>	Temperatura promedio anual período 2000 – 2010 de la ciudad de loja. ....	46
<b>Tabla 7.</b>	Precipitación anual período 2000 – 2010 de la ciudad de loja. ....	47
<b>Tabla 8.</b>	Ubicación de los afloramientos descritos en el área de estudio. ....	61
<b>Tabla 9.</b>	Unidades geomorfológicas del área de estudio. ....	66
<b>Tabla 10.</b>	Clasificación de ángulos de pendiente. ....	68
<b>Tabla 11.</b>	Tipos de cobertura vegetal. ....	69
<b>Tabla 12.</b>	Asignación de pesos en base al método de suma de rangos. ....	70
<b>Tabla 13.</b>	Pesos asignados a las diferentes variables. ....	70
<b>Tabla 14.</b>	Categorías susceptibilidad a deslizamientos. ....	71
<b>Tabla 15.</b>	Inventario de deslizamientos. ....	73
<b>Tabla 16.</b>	Ubicación de los sondeos eléctricos verticales. ....	74
<b>Tabla 17.</b>	Lecturas de resistividad sev 1. ....	75
<b>Tabla 18.</b>	Lecturas de resistividad sev 2. ....	76
<b>Tabla 19.</b>	Lecturas de resistividad sev 3. ....	77
<b>Tabla 20.</b>	Lecturas de resistividad sev 4. ....	79
<b>Tabla 21.</b>	Criterios para la determinación y posible catalogación de arcillas expansivas a 2.0 metros de profundidad. ....	92
<b>Tabla 22.</b>	Valoración de la unidad geotécnica. Valencia carolina 2008. ....	94
<b>Tabla 23.</b>	Datos para el cálculo del factor de seguridad talud nro. 1. ....	97
<b>Tabla 24.</b>	Datos para el cálculo del factor de seguridad talud nro. 2. ....	100
<b>Tabla 25.</b>	Datos para el cálculo del factor de seguridad talud nro. 3. ....	103
<b>Tabla 26.</b>	Datos para el cálculo del factor de seguridad talud nro. 4. ....	105

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Clasificación de los movimientos de masa en función del mecanismo y tipo de material. Bgs. Bases de varnes (1976-1978).	12
<b>Figura 2.</b>	Nomenclatura de un deslizamiento.	14
<b>Figura 3.</b>	Elementos morfométricos de un deslizamiento.	14
<b>Figura 4.</b>	Materiales de campo y oficina.	21
<b>Figura 5.</b>	Levantamiento topográfico mediante la estación total trimble s6.	23
<b>Figura 6.</b>	Toma de datos estructurales: rumbo y buzamiento.	24
<b>Figura 7.</b>	Medición de lecturas de resistividad eléctrica mediante syscal junior/r1 plus.	25
<b>Figura 8.</b>	Arreglo schlumberger.	26
<b>Figura 9.</b>	Proceso de hincamiento (spt).	28
<b>Figura 10.</b>	Penetración del suelo (spt).	28
<b>Figura 11.</b>	Tubo muestreador (spt).	28
<b>Figura 12.</b>	Generación de curvas de nivel en el área de estudio.	29
<b>Figura 13.</b>	Delimitación de contactos litológicos en el área de estudio.	30
<b>Figura 14.</b>	Modelo tin.	32
<b>Figura 15.</b>	Fotografía aérea del lugar de estudio.	32
<b>Figura 16.</b>	Delimitación de las geoformas del lugar de estudio.	33
<b>Figura 17.</b>	Función de la herramienta suma ponderada.	36
<b>Figura 18.</b>	Ubicación de la zona de estudio.	41
<b>Figura 19.</b>	Uso de suelo de la ciudad de loja.	43
<b>Figura 20.</b>	Mapa térmico del cantón loja.	48
<b>Figura 21.</b>	Río malacatos y quebrada las violetas, drenajes del área de estudio.	49
<b>Figura 22.</b>	Hidrografía de la hoya de loja.	50
<b>Figura 23.</b>	Columna estratigráfica de la hoya de loja.	57
<b>Figura 24.</b>	Mapa geológico de la hoya de loja escala 1:20.000.	58
<b>Figura 25.</b>	Afloramiento de conglomerado intercalado con areniscas pertenecientes a la formación quillollaco.	59
<b>Figura 26.</b>	Afloramiento de areniscas de color gris oscuro e intercalaciones de arcillolita.	60
<b>Figura 27.</b>	Quebrada las violetas con material aluvial (arenas y gravas).	61
<b>Figura 28.</b>	Mecanismo de falla en el área de estudio.	62
<b>Figura 29.</b>	Falla normal en dirección $n 35^{\circ} e$ .	63
<b>Figura 30.</b>	Variación de litología a lo largo del área de estudio.	64
<b>Figura 31.</b>	Modelo model builder.	71
<b>Figura 32.</b>	Curva de resistividad y perfil geoelectrico del sev 1.	75
<b>Figura 33.</b>	Curva de resistividad y perfil geoelectrico del sev 2.	77
<b>Figura 34.</b>	Curva de resistividad y perfil geoelectrico del sev 3.	78
<b>Figura 35.</b>	Curva de resistividad y perfil geoelectrico del sev 4.	79
<b>Figura 36.</b>	Corte geoelectrico de los sev 1,2 ubicados en la parte inferior de la vía.	81
<b>Figura 37.</b>	Corte geoelectrico de los sev 3,4 ubicados en la parte inferior de la vía.	82
<b>Figura 38.</b>	Clasificación de las partículas por su forma y redondeamiento.	87
<b>Figura 39.</b>	Calculo de las variables (x,y) del talud nro. 1.	98
<b>Figura 40.</b>	Calculo de las variables (x,y) del talud nro. 2.	101
<b>Figura 41.</b>	Calculo de las variables (x,y) del talud nro. 3.	104
<b>Figura 42.</b>	Calculo de las variables (x,y) del talud nro. 4.	106

“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, DESDE LA CIUADAELA JULIO ORDOÑEZ HASTA EL BARRIO CAPULÍ, PERTENECIENTE A LA CIUDAD LOJA”

## **1. TEMA**

**“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, DESDE LA CIUADAELA JULIO ORDOÑEZ HASTA EL BARRIO CAPULÍ, PERTENECIENTE A LA CIUDAD LOJA”**

## 2. RESUMEN

El presente trabajo de tesis está orientado a la determinación de zonas susceptibles a deslizarse en la vía de la integración barrial desde la Ciudadela Julio Ordoñez hasta el Barrio Capulí, el mismo que se encuentra dentro de la parroquia San Sebastián, perteneciente al Cantón y provincia de Loja.

Para la elaboración de este trabajo se realizó una secuencia de estudios que parten del levantamiento topográfico continuando con la caracterización geológica, geomorfológica, pendientes y cobertura vegetal, además se realizó geofísica mediante la aplicación de métodos directos SPT (Ensayo de Penetración Estándar) e indirectos SEV (Sondeos Eléctricos Verticales), los cuales permitieron correlacionar la litología y el contenido de humedad del sector de estudio.

Para confeccionar el mapa susceptibilidad final se utilizó el método de suma de rangos que consiste en la combinación de cuatro variable las cuales son: Geología, geomorfología, pendientes y cobertura vegetal para lo cual se les asigno un peso a cada una de acuerdo a su importancia. El proceso se lo realiza mediante el uso del software ArcGIS 10.1 para la edición final y presentación del mapa.

El mapa de susceptibilidad a deslizamientos resultante indica que las zonas con susceptibilidad baja ocupa un 13.76% del área total, mientras que las zonas con susceptibilidad alta un 20.36% del área y apenas un 3.88% con grado de susceptibilidad muy alta que representan en sí, los deslizamientos mapeados.

Los resultados de este trabajo permitirán zonificar las zonas susceptibles a deslizarse para la toma de decisiones por parte de las autoridades competentes que se encuentran a cargo del manejo de las actividades que se desarrollen dentro del área de influencia.

## ABSTRACT

The following thesis work is oriented to the determination of zones susceptible to landslide into the way of neighborhood integration from the Citadel Julio Ordoñez up to the neighborhood Capulí, same that is found within the parish San Sebastian, belonging to the province and Canton of Loja.

For the development of this work a sequence of studies was undertaken starting from a topographical survey continuing with the geological, geomorphological, slopes and vegetation cover characterization, in addition geophysical was carried out through the application of straightforward methods SPT (Standard Penetration Essay) and indirectly SEV (Electrical Upright Soundings), which permitted to correlate the lithology and moisture content of the study sector.

In order to draw up the final susceptibility map the sum of ranks method which consists of the combination of four variables was utilized; which are: Geology, geomorphology, slopes and vegetation cover; for which purpose a weight to each one was assigned according to its importance. This process is done through the use of ArcGIS 10.1 software in the final edition and presentation of the map.

The resultant map of susceptibility to landslides indicates that area with a low susceptibility occupies a 13.76% of the total area, whereas the zones with a high susceptibility a 20.36% of the area and barely a 3.88% in degree of very high susceptibility which represent in itself the mapped landslides.

The outcome of this work will enable to zone the zones susceptible to slide for the taking of decisions by the competent authorities which are under the responsibility of the management of the activities taking place within the area of influence.

### 3. INTRODUCCIÓN

Brabb y Hrrrod, 1989, describen a los deslizamientos de tierra como los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daños en las propiedades, por decenas de billones de dólares cada año. Están catalogados como los desastres naturales más abundantes en el mundo, ocasionados por factores naturales y antrópicos; así como, una escala de desarrolla puntual pero violenta. Su estudio técnico es muy importante ya que introduce en la población las variables de predicción, previsión y prevención.

El análisis de la morfología y la correlación entre pendientes y litología, permite realizar en primera instancia el análisis de sectores montañosos más susceptibles a sufrir problemas por deslizamientos. En el contexto más específico se debe reunir cuatro de los elementos más importantes para la ocurrencia de estos procesos gravitacionales: topografía, sismicidad, meteorización y lluvias intensas (Suárez, 2002).

Casos concretos de estos fenómenos naturales son los que se han presentado en nuestro país, en la provincia de Tungurahua (Terremoto de Ambato de 1949 que produjo numerosos deslizamientos), Azuay (La Josefina, marzo de 1993) los cuales dejaron una infinidad de pérdidas humanas y económicas.

La ciudad de Loja a lo largo de los años viene siendo afectada por fenómenos naturales especialmente Deslizamientos, debido a su litología y temporadas invernales intensas han tenido una gran incidencia en la población, como es el caso del deslizamiento en La Banda Alta (noviembre, 2012), la inundación del Terminal Terrestre, (febrero 2012), el cierre por deslizamiento de la Vía Loja-Cuenca, Loja – Zamora (Abril, 2015), el deslizamiento de tierra en la ciudadela Sierra Nevada, ubicada al sureste de la ciudad de Loja que cobro la vida de 6 personas (marzo, 2015); eventos que pudieron contar con una alerta temprana en el caso de existir un verdadero estudio técnico y la zonificación correspondiente a Gestión de Riesgos Naturales.

En este contexto; y atendiendo no solo a consideraciones de susceptibilidad, sino también al compromiso técnico de aportar con un criterio técnico real referido a movimientos de masa en una zona de continua expansión, se ha definido el sector de estudio, el cual se encuentra ubicada al sur de la ciudad de Loja, Cantón Loja específicamente en la vía Interbarrial “Ángel Felicísimo Rojas”, en el trayecto entre la Urbanización Julio Ordoñez y el Barrio El Capulí.

La justificación del presente trabajo investigativo tiene como lineamientos generales; por un lado complementar la información del proyecto que lleva a cabo la Universidad Nacional de Loja que pretende evaluar las zonas susceptibles a deslizarse en el flanco oeste de la Cuenca Sedimentaria de Loja y por otro lado, identificar y analizar las condiciones topográficas, geológicas y geofísicas en el área de estudio.

En este contexto, la información generada coadyuvará a la toma de decisiones por parte de las autoridades competentes que se encuentran a cargo del manejo de las actividades que se desarrollen dentro del área de influencia. En el orden de un estudio con secuencia técnica, se han planteado los siguientes objetivos que permitirán la resolución de la presente investigación.

### **3.1. Objetivos**

#### **3.1.1. Objetivo General**

- Realizar el mapa de susceptibilidad de deslizamientos del área de influencia a 200 metros de cada margen del eje vial de la vía de Integración Barrial correspondiente al tramo desde la Ciudadela Julio Ordoñez hasta el Barrio Capulí pertenecientes a la ciudad de Loja.

#### **3.1.2. Objetivos Específicos**

- Realizar el levantamiento topográfico y geológico a detalle de los 200 metros a cada margen del eje de la vía de integración barrial identificando los principales rasgos litológicos, geomorfológicos y estructurales.
- Definir el comportamiento de los geomateriales presentes en la zona de estudio; así como relacionar la presencia del nivel freático mediante Sondeos Eléctricos Verticales (SEV).
- Elaborar el mapa de susceptibilidad a deslizamientos en la zona de estudio a escala 1:5 000.



## 4. REVISIÓN DE LITERATURA

Existe una gran variedad de disciplinas del conocimiento en ciencias físicas y ciencias de la Tierra, en las que se apoya la identificación, análisis, valoración y zonificación de los movimientos de masa; tales como: geología, geomorfología, geotecnia, la mecánica de suelos, la hidrología y los sistemas de información geográfica. Además, muchas otras disciplinas tienen relación con los taludes y sus efectos o implicaciones: la arquitectura, la planeación urbana, el ordenamiento territorial, la producción y el turismo, entre otras.

### 4.1. Susceptibilidad a Deslizamientos

#### 4.1.1. Susceptibilidad

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. (J. Suarez, 2001).

Ayala-Caicedo y J. Corominas 2002, en su libro: Mapas de Susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG. explican que: “La susceptibilidad está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada por movimientos de ladera por desestabilización, determinada a través de un análisis comparativo de factores condicionantes y/o desencadenantes, cualitativo o cuantitativo, con las áreas movidas o alcanzadas, análisis que se materializa normalmente en forma de mapa de susceptibilidad”

El mapa de susceptibilidad clasifica la estabilidad relativa de un área, en categorías que van de estable a inestable. 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. **(Tabla 1)**

#### 4.1.2. Movimientos de masa

Los movimientos de masa 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 (Varnes, 1978).

Tabla 1. Criterios para categorizar la susceptibilidad a deslizamientos con base en la observación de la morfología del terreno.

Criterio	Susceptibilidad	Categoría
Taludes con deslizamientos activos. Los movimientos pueden ser continuos o estacionarios.	Muy alta	VI
Taludes sujetos con frecuencia, a actividades de deslizamiento. La activación de los deslizamientos resulta cuando ocurren eventos con intervalos de recurrencia menor a cinco años.	Alta	V
Taludes con actividad de deslizamientos poco frecuente. La activación de deslizamientos ocurre en los eventos con intervalos de recurrencia mayores a cinco años.	Moderada	IV
Taludes con antigua evidencia de actividad de deslizamientos, pero que no han presentado movimientos en los últimos cien años.	Mediana	III
Taludes que no muestran evidencia de actividad previa de deslizamientos, pero que se consideran probables que se desarrollen en el futuro.	Baja	II
Taludes que no muestran evidencia de actividad previa de deslizamientos y que por análisis de esfuerzos, analogías con otros taludes, o por análisis de los factores de estabilidad, se considera muy improbable que se desarrollen deslizamientos en el futuro previsible.	Muy baja	I

Fuente: Sarkar y Kanungo, 2004 “Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a deslizamientos”

Ferrer, 1980 enuncia e su libro “Deslizamientos, desprendimientos, flujos y avalanchas”, que los deslizamientos deben ser considerados como “Un movimiento de masa se define como un movimiento de roca, detritos o tierra pendiente abajo bajo la acción de la gravedad, cuando el esfuerzo de corte excede el esfuerzo de resistencia del material”.<sup>1</sup>

#### **4.1.2.1. Clasificación de los movimientos en masa**

Entender la clasificación de movimientos de masa, es saber diferenciar la relación de mecanismos de desarrollo de los fenómenos y los materiales de movimiento; en el presente estudio se considerará:

- Caídas: Todas las caídas se inician con un desprendimiento de suelo o roca de una ladera muy empinada, a lo largo de una superficie en la que poco o ningún desplazamiento cortante se desarrolla. El material desciende en caída libre, saltando o rodando, el movimiento es de muy rápido a extremadamente rápido (Cruden & Varnes, 1996). Véase Figura X. Clasificación Normalizada del USGS por sus siglas en inglés (United States Geological Survey).
- Basculamientos. Esta referido a un movimiento con rotación hacia adelante (afuera) de una masa de suelo o roca, alrededor de un punto o eje bajo el centro de gravedad de la masa desplazada, estos producen caídas o deslizamientos del material desplazado, dependiendo de la geometría del material en movimiento, la geometría de la superficie de separación y la orientación y extensión de las discontinuidades cinemáticamente activas. Los basculamientos varían de extremadamente lentos a extremadamente rápidos, algunas veces acelerando con el avance del movimiento (Cruden & Varnes, 1996).
- Separaciones laterales. La separación lateral se define como una extensión de una masa cohesiva de suelo o roca, combinada con la subsidencia del material fracturado en un material subyacente más blando, la superficie de ruptura no es una

---

<sup>1</sup> Ferrer, 1980 “ Deslizamientos, desprendimientos, flujos y avalanchas”

superficie de corte intenso y el proceso es el producto de la licuefacción o flujo (extrusión) del material más blando. Claramente estos movimientos son complejos, pero debido a que son muy comunes en ciertos materiales y situaciones geológicas, es mejor reconocerlos como un tipo separado de movimiento (Cruden & Varnes, 1996).

- Flujos: Un flujo es un movimiento espacialmente continuo, en el que las superficies de corte son de corta duración, de espaciamiento corto y usualmente no se preservan; la distribución de velocidades en la masa que se desplaza se compara con la de un fluido viscoso (Cruden & Varnes, 1996).
- Deslizamientos. 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 (Cruden & Varnes, 1996).

Otro concepto de deslizamiento lo expone Crozier, (1986) en su publicación Los deslizamientos de tierra. Causas, consecuencias y medio ambiente: “Un deslizamiento se define como el movimiento gravitacional hacia el exterior de la ladera y descendente de tierras o rocas sin la ayuda del agua como agente de transporte”.<sup>2</sup>

- Deslizamiento rotacional

Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava (Cruden y Varnes, 1996). Los movimientos en masa rotacionales muestran una morfología distintiva, caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es auto estabilizante, y este ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas.

---

<sup>2</sup> Crozier, M. J. 1986 "Los deslizamientos de tierra. Causas, consecuencias y medio ambiente".

Eventualmente se da en terrenos homogéneos, isotrópicos, cohesivos. Su ocurrencia en la naturaleza es rara en estado puro o efímera, pues rápidamente evoluciona hacia mecanismos combinados. Este tipo de movimientos pueden involucrar tanto volúmenes pequeños como volúmenes grandes de material. Las velocidades de propagación de la masa deslizada pueden ser también muy variables.

- Deslizamiento traslacional

Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de deslizamiento es plana u ondulada. En general, estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado que yace sobre ella (Cruden y Varnes, 1996). En los casos en que la traslación se realiza a través de un solo plano se denomina deslizamiento planar.

El deslizamiento en cuña es un tipo de movimiento en el cual el cuerpo del deslizamiento está delimitado por dos planos de discontinuidad que se interceptan entre sí e interceptan la cara de la ladera o talud, por lo que el cuerpo se desplaza bien siguiendo la dirección de la línea de intersección de ambos planos, o el buzamiento de uno de ellos.

La clasificación normalizada y mundialmente reconocida, esta descrita inicialmente por British Geological Survey (Servicio Geológico Británico-BGS-) y el USGS por sus siglas en inglés (United States Geological Survey).

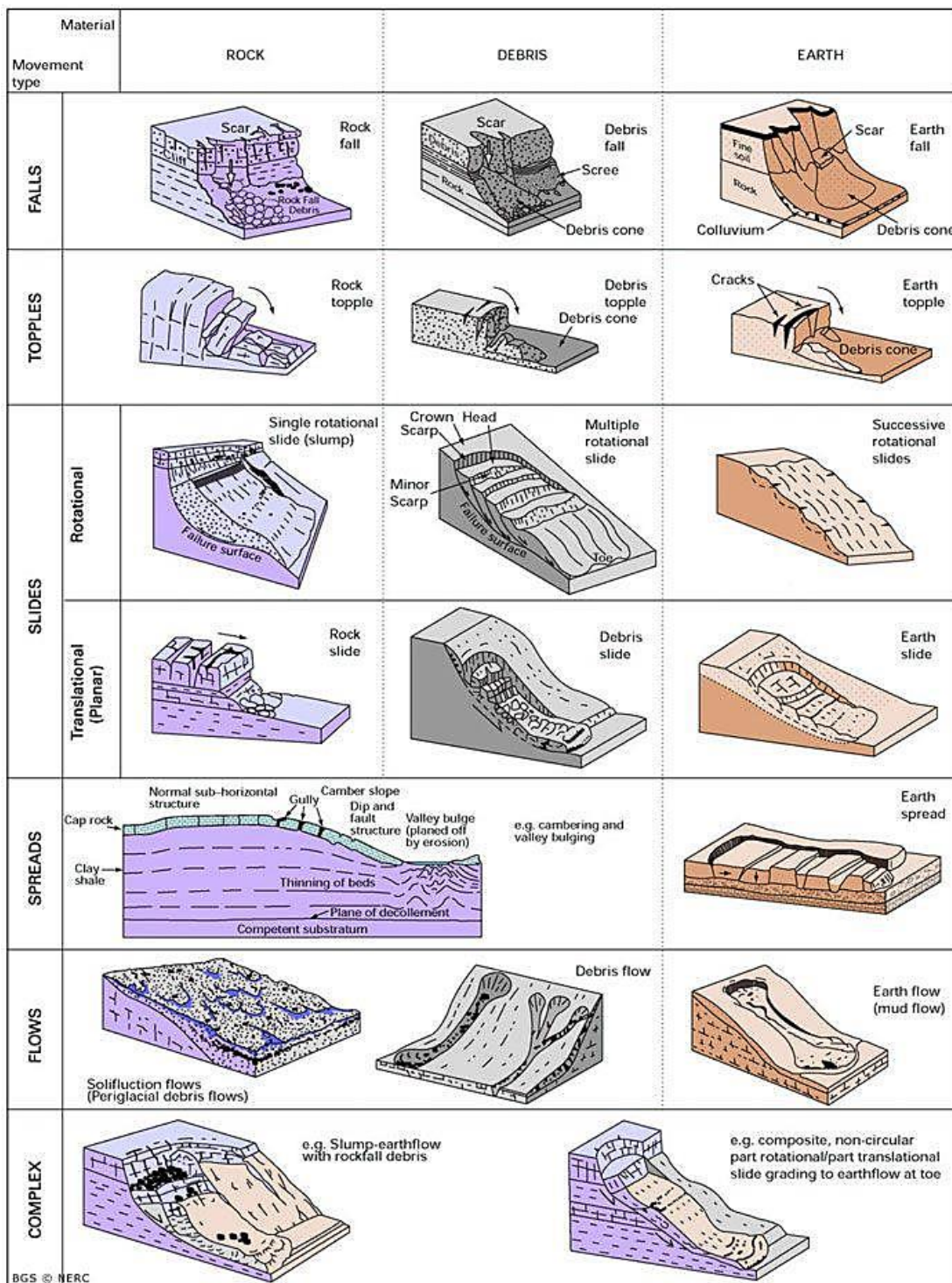


Figura 1. Clasificación de los movimientos de masa en función del mecanismo y tipo de material. BGS. Bases de Varnes (1976-1978).

Fuente: British Geological Survey (Servicio Geológico Británico-BGS-).

- Elementos de un deslizamiento

Los elementos que conforman un deslizamiento establecidos según Varnes (1978) son los siguientes:

**Escarpe principal:** Corresponde a una superficie muy inclinada a lo largo de la periferia del área en movimiento, causado por el desplazamiento del material fuera del terreno original. La continuación de la superficie del escarpe dentro del material forma la superficie de falla.

**Escarpe secundario:** Una superficie muy inclinada producida por desplazamientos diferenciales dentro de la masa que se mueve.

**Cabeza:** Las partes superiores del material que se mueve a lo largo del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal. Los siguientes elementos son:

- **Cima:** El punto más alto del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.
- **Corona:** El material que se encuentra en el sitio, prácticamente inalterado y adyacente a la parte más alta del escarpe principal.
- **Superficie de falla:** Corresponde al área debajo del movimiento que delimita el volumen de material desplazado. El volumen de suelo debajo de la superficie de falla no se mueve.
- **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.
- **Costado o flanco:** Un lado (perfil lateral) del movimiento.

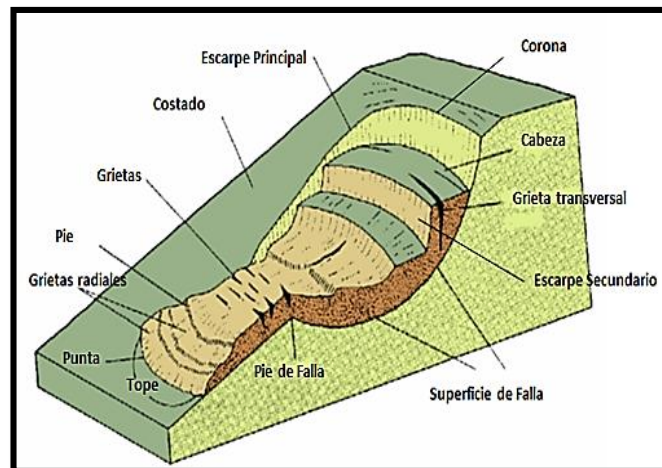


Figura 2.

Nomenclatura de un Deslizamiento.  
Fuente: Varnes, DJ, 1978.

- Nomenclatura del deslizamiento

Para definir las dimensiones de un movimiento se utiliza la terminología recomendada por el IAEG en 1990 como se muestra en la **(Figura 3)**.

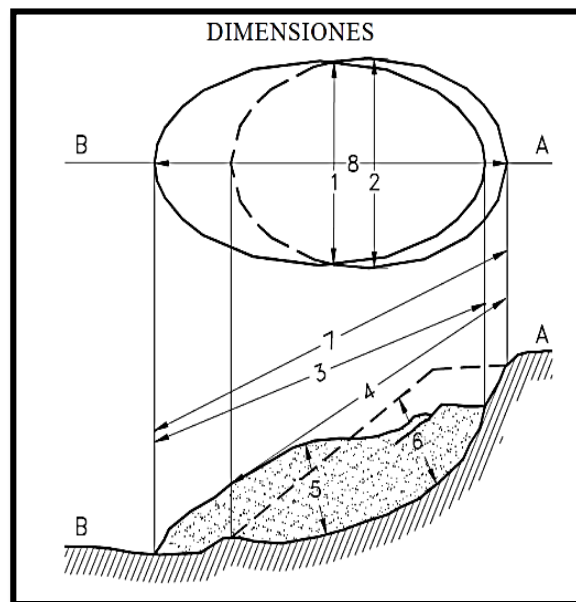


Figura 3. Elementos morfométricos de un deslizamiento.  
Fuente: González de Vallejo, 2002.



- Ancho de la masa desplazada  $W_d$ .- Ancho máximo de la masa desplazada perpendicularmente a la longitud,  $L_d$
- Ancho de la superficie de falla  $W_r$ .- Ancho máximo entre los flancos del deslizamiento perpendicularmente a la longitud  $L_r$ .
- Longitud de la masa deslizada  $L_d$ .- Distancia mínima entre la punta y la cabeza.
- Longitud de la superficie de falla  $L_r$ .- Distancia mínima desde el pie de la superficie de falla y la corona.
- Profundidad de la masa desplazada  $D_d$ .- Máxima profundidad de la masa movida perpendicular al plano conformado por  $W_d$  y  $L_d$ .
- Profundidad de la superficie de falla  $D_r$ .- Máxima profundidad de la superficie de falla con respecto a la superficie original del terreno, medida perpendicularmente al plano conformado por  $W_r$  y  $L_r$ .
- Longitud total  $L$ .- Distancia mínima desde la punta a la corona del deslizamiento.
- Longitud de la línea central  $L_{cl}$ .- Distancia desde la punta o uña hasta la corona del deslizamiento a lo largo de puntos sobre la superficie original equidistantes de los bordes laterales o flancos.

## 4.2. Topografía

Higgins (1943) señalaba que; "La Topografía puede describirse como el arte de realizar medidas sobre la superficie terrestre con el propósito de elaborar mapas, planos o determinar una superficie".

Aranha Domínguez (1979) entiende por Topografía: "el conjunto de principios, métodos, instrumentos y procedimientos utilizados para la determinación del entorno,

dimensiones y posición relativa de una porción limitada de la superficie terrestre, del fondo de los mares y del interior de las minas. También compete a la topografía el replanteo de proyectos”.

La topografía es el paso inicial a realizar en el presente trabajo ya que permite la representación del terreno y sus características actuales, esta base topográfica se utiliza para realizar estudios geológicos, geomorfológicos y geofísicos los cuales aportan información para identificar zonas susceptibles a deslizarse.

### **4.3. Estudio Geológico**

#### **4.3.1. Geología**

Ortiz, Carlos (2002) en su obra Ciencias de la Tierra; define la Geología como: “Una de las ciencias más modernas, es por definición la ciencia de la tierra y como tal, 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”.<sup>3</sup>

R. W. Van Bemmelen (1961), manifiesta que “La Geología es esencialmente una ciencia histórica y difiere de la física, de la Química y de la Biología en que son limitadas a sus posibilidades para experimentar”.

En este contexto el estudio geológico tiene como objeto caracterizar los geomateriales de la zona de estudio, identificando el comportamiento geomecánico de las rocas (diaclasas) y/o suelo existentes en dicha zona de análisis.

#### **4.3.2. Geomorfología**

---

<sup>3</sup> Ortiz, Carlos. 2002 “Ciencias de la tierra”.

Escobar, G. (2003), desde su Libro Manual de Geología para Ingenieros, enuncia que: “La geomorfología es la ciencia que estudia las formas de la Tierra. Se especializa en estructural (que atiende a la arquitectura geológica) y climática (que se interesa por el modelado), incorpora las técnicas estadísticas sedimentológicas, en laboratorio y, sobre todo, pierde su aislamiento para convertirse en una ciencia que atiende múltiples factores e inserta el estudio del relieve al conjunto de relaciones naturales que explica globalmente la geografía física”.<sup>4</sup>

El estudio geomorfológico aporta con información, para identificar los procesos que han intervenido en que el relieve adopte distintas formas con el tiempo.

#### **4.3.3. Geología Estructural**

Belousov V. (1974), en su libro Geología Estructural, manifiesta que “La geología estructural es una parte de la geotectónica, es decir, de esa asignatura geológica que estudia las particularidades de la estructura y desarrollo de la corteza terrestre relacionadas con los procesos mecánicos, movimientos y deformaciones que en ella tienen lugar”<sup>5</sup>.

La geología estructural será empleada para la identificación y caracterización de las estructuras geológicas presentes en la zona de estudio y la relación entre las diversas rocas que la conforman.

#### **4.3.4. Interpretación de fotografías aéreas**

Papetti L. Y Eremchuk J. (1999). La fotointerpretación (interpretación de fotografías aéreas), es la rama de la Teledetección que nos ayuda a examinar la imagen fotográfica del terreno, con el propósito de identificar los diferentes componentes naturales y de origen antrópico del paisaje. Con estas técnicas se obtiene información para

---

<sup>4</sup> Escobar, Duque. 2013. Manual de geología para Ingenieros. Geomorfología. Universidad de Colombia. Manizales.

<sup>5</sup> Belousov, V. 1974 “Geología Estructural”.

analizar elementos geológicos, naturaleza y uso del suelo, tipo de cubierta vegetal; aspectos arqueológicos, existencia de muros, calzadas, entre otras.

#### **4.3.5. Geofísica**

Por definición, Geofísica es la aplicación de los principios y prácticas de la Física para la resolución de los problemas relacionados con la Tierra. Puede decirse que surgió de la Física y de la Geología.<sup>6</sup>

Con los métodos geofísicos se puede investigar zonas sin acceso para el ser humano, como el interior de la tierra. En la búsqueda de yacimientos metalíferos (prospección, exploración) estos métodos pueden dar informaciones sin hacer una perforación de altos costos. Existen varios métodos geofísicos los cuales aprovechan propiedades físicas de las rocas. Pero todos dan solamente información indirecta, es decir nunca sale una muestra de una roca.<sup>7</sup>

Los principales métodos que se han desarrollado hasta hoy:

- Método sísmico
- Método de resistividad eléctrica
- Sondeos eléctricos verticales (SEV)
- Métodos magnéticos y gravimétricos
- Refracción/Reflexión
- Tomografías Geoeléctricas
- Electromagnetismo
- Georadar o GPR
- El PID (Photo Ionization Detector) y el IR (Infra Red Analyzer)

---

<sup>6</sup> Luis A. Estrada. Geofísica – FACET – UNT – Sismología para Ingenieros.

<sup>7</sup> N. Gella & J. Bruggen, La exploración geofísica del subsuelo, pág. 10-24.

Los métodos geofísicos aplicados en el área de estudio son los sondeos eléctricos verticales que permiten identificar zonas con presencia de humedad y correlacionar los geomateriales que existen en el área de influencia.

- Sondeos Eléctricos Verticales (SEV)

Orellana E. 1982, en su obra “Prospección Geoeléctrica en Corriente Continua”, expresa literalmente que: “Se conoce como sondeo eléctrico vertical (SEV) 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 de corriente”<sup>8</sup>.

Las configuraciones geométricas posibles para la ejecución de los SEV son generalmente tres, Schlumberger, Wenner y Dipolo-Dipolo. Este método consiste en la inyección de corriente eléctrica continua en la tierra proveniente de una fuente artificial a través de un par de electrodos de cobre o impolarizables AB. A través de otro par de electrodos de cobre o impolarizables MN colineales con AB, se mide la diferencia de potencial eléctrico entre ambos (Orellana, 1982).

#### **4.4. Sistema de Información Geográfica (SIG)**

Cebrian, 1988 "Es un sistema de información compuesto por hardware, software y procedimientos para capturar, manejar, manipular, analizar, modelar y representar datos georreferenciados, con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación"

Para mayor comprensión otro concepto lo expresan Huxhold y Levinsohn, 2001 en su obra Sistemas de Información Geográfica “Los SIG son un conjunto de hardware, software, datos geográficos, personas y procedimientos; organizados para almacenar, actualizar, analizar y desplegar eficientemente rasgos de información referenciados geográficamente”<sup>9</sup>.

---

<sup>8</sup> Orellana, E., 1982 “Prospección Geoeléctrica en Corriente Continua.”

<sup>9</sup> Huxhold y Levinsohn, 2001 “Sistemas de Información Geográfica”.

Para confeccionar el mapa de susceptibilidad se utilizó el programa ArcGIS 10.1. el cual es una extensión de un SIG mediante el cual se realizó la combinación de mapas por el método de suma de rango (Janssen y Van Herwijnen 1994) el cual combina los mapas (mapa geológico, mapa geomorfológico, mapa de pendientes y mapa de uso de suelo) asignándoles un peso y así genera un mapa final de susceptibilidad.

- Mapa de susceptibilidad

Los mapas de “susceptibilidad” a deslizamientos fueron desarrollados por primera vez, por Brabb en San Mateo County California, para el USGS en 1972.

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 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 PISA incluyó los modelos digitales de elevación y se desarrolló en Estados Unidos y Canadá el programa ArcSDM3.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

En este epígrafe se describe los principales materiales y métodos que permiten entender la secuencia de tareas desarrolladas y el diseño experimental; así mismo permite entender las bases para poder replicar el trabajo en otras secciones de la vía.

### 5.1. Materiales

Los materiales que se utilizaron en el desarrollo del presente proyecto, se detallan a continuación:

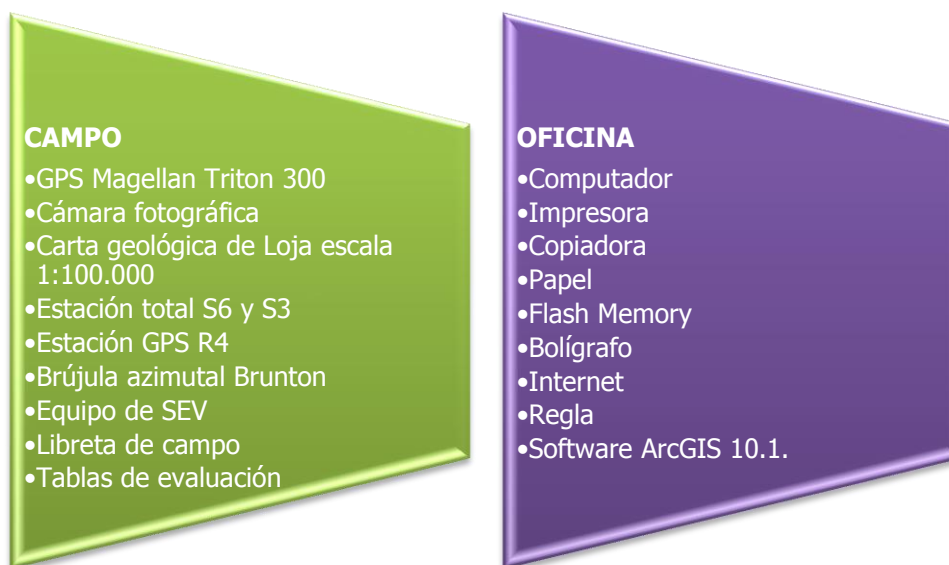


Figura 4. Materiales de campo y oficina.  
Fuente: La Autora.

### 5.2. Métodos

Para cumplir los objetivos planteados en un inicio se revisó información preexistente del área estudio y establecer una metodología acorde a la investigación.

La metodología utilizada para confeccionar el mapa de susceptibilidad a deslizamientos se describe a continuación:

### 5.2.1. Método de campo

- Visita de campo

Se fundamenta en el reconocimiento del área de estudio a través de la observación directa con el objeto de planificar las actividades a efectuar.

- Levantamiento topográfico

Para realizar el levantamiento topográfico se contó con tres estaciones: Estación Servo Robótica R4, Trimble S3 y Trimble S6 (**figura 5**), situadas en lugares estratégicos que facilite la visualización del relieve.

La Estación servo robótica R4 funciona con un sistema GPS inalámbrico de precisión y confiabilidad, por su alto nivel de precisión permite dar el punto de partida al resto de estaciones totales.

El levantamiento de vías, alcantarillas, postes de luz se realizó con la estación Trimble R4 y los 200m a cada margen del eje vial se lo ejecuto con las estaciones totales.

Una vez terminado el levantamiento topográfico se procede a descargar los datos al computador usando el software del equipo, el cual tiene una compatibilidad con formatos Excel. Los datos descargados consisten en coordenadas en tres dimensiones (X, Y, Z).

Finalmente se confecciona el mapa topográfico a escala 1:5.000, mediante el programa ArcGIS 10.1 se generó las curvas de nivel y se procede a digitalizar las vías, infraestructura y otros elementos.





Figura 5. Levantamiento topográfico mediante la estación Total Trimble S6.

Fuente: La Autora.

- Levantamiento geológico

Una vez finalizado la topografía del área de estudio se procede a realizar el levantamiento geológico, tomando como base el mapa topográfico y la observación directa de afloramientos artificiales por el corte de la vía y afloramientos naturales, también se mapeo en las quebradas, y ríos para identificar la composición litológica del sector de estudio. Los instrumentos de apoyo que se utilizó son: Carta geológica de Loja a escala 1:100.000, brújula, GPS, martillo geológico, ácido clorhídrico al 10%, distanciometro. Esta información fue plasmada en fichas técnicas las cuales se observan en el **(Anexo 1)**.

Durante esta fase se realizó la caracterización de deslizamientos, su ubicación geográfica, parámetros morfométricos, dirección del deslizamiento entre otros aspectos que se describen en las fichas técnicas.



Figura 6. Toma de datos estructurales: Rumbo y Buzamiento.  
Fuente: La Autora.

- Levantamiento geomorfológico

Para realizar el levantamiento geomorfológico, se utilizó la metodología aplicada por CLIRSEN en proyectos para la generación de Geo-información en la gestión de territorio a nivel nacional en el año 2010, como información adicional se utilizó fotografías aéreas, modelos digitales del terreno, topografía, geología que fueron la base para la identificación de cada geoforma.

Una vez que se definió la terminología a cada geoforma de acuerdo a su litología, unidad genética, morfología y forma de relieve se obtuvo el mapa geomorfológico del sector de estudio, a escala 1:5.000.

- Sondeos eléctricos verticales (SEV)

Los sondeos eléctricos verticales (SEV) de campo son muy rápidos, permiten determinar presencia de agua en los estratos y caracterizar el tipo de litología a través de las resistividades de los geomateriales.

Los materiales que se utilizó son los siguientes:

- Medidor de Resistividad eléctrica SYSCAL R1 PLUS
- 12 Electrodo
- Carretes de alambre de 350m
- Varillas
- 2 Cintas de 50m.
- Piola
- Cámara fotográfica
- GPS Magellan
- Brújula Brunton
- Tablas técnicas
- Combo

Para realizar las mediciones de resistividad del suelo, se tiene que determinar un lugar relativamente plano y libre de construcciones. El ensayo consiste en alinear los electrodos lo más recto posible, para lo cual se utilizó una piola, la distancia se va aumentando progresivamente, teniendo entre ellos un punto fijo central y registrando los resultados en tablas técnicas.



Figura 7. Medición de lecturas de resistividad eléctrica mediante Syscal Junior/R1 Plus.  
Fuente: La Autora.

La separación de los electrodos inyectoros AB condicionara la profundidad de penetración de la corriente eléctrica. La configuración que se utilizó se denomina Arreglo Schlumberger.

Arreglo Schlumberger: Se trata de una composición simétrica de los electrodos AMNB dispuestos en línea recta, donde la distancia de los electrodos detectores MN es mucho menor que la de los inyectores AB. En la práctica,  $AB > 5MN$ .

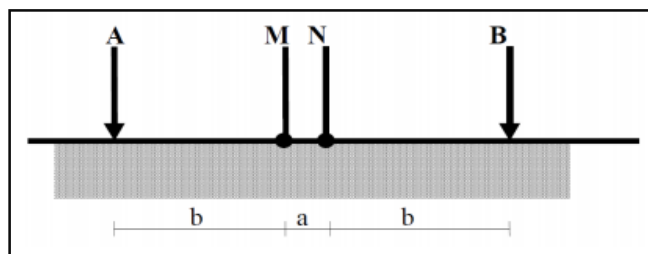


Figura 8. Arreglo Schlumberger.  
Fuente: La Autora.

El sondeo consiste en separar progresivamente los electrodos inyectores A y B dejando los electrodos detectores M y N fijos en torno a un punto central fijo a. A medida que los inyectores A y B se extiendan la profundidad será mayor.

Se registran las diferentes resistividades tomadas a cada distancia establecida (**Anexo 2**), para la interpretación de los resultados como: presencia de agua y tipo de material de acuerdo a sus resistividades.

- Ensayo de penetración estándar

El ensayo en si consiste en hincar el tubo partido para que penetre 30 cm (1PIE) en el terreno, ayudados de un martillo de 140 lb de peso y una altura de caída de 75 cm, contabilizándose el número de golpes “N”

Para efectuar la prueba el muestreador se enrosca al extremo de la tubería de perforación y se baja hasta la profundidad donde se encuentra el material sobre el cual se va hacer la prueba. Previamente el fondo del pozo debe haberse limpiado cuidadosamente para garantizar que el material no este alterado.

Se coloca el martillo en posición guiado por la tubería de perforación, elevándolo con un cable accionado manual y mecánicamente, el cual se encuentra suspendido del trípode con polea

Se marca el extremo superior de la tubería de perforación en tres partes, cada una de 15 cm para la posterior observación del avance del muestreador bajo el impacto del martillo.

Se deja caer el martillo sobre el cabezote de la tubería de perforación y se contabiliza el número de golpes, para cada uno de los segmentos de 15cm marcados. No se tienen en cuenta los golpes para el primer segmento puesto que es el de penetración inicial al terreno. Se suman los golpes aplicados para que penetre el tubo en el segundo y tercer segmento, obteniéndose así el valor de “N”.

Se lleva a la superficie el muestreador y se abre; debe registrarse la longitud de la muestra recobrada, su peso y describir sus características en cuanto a color, uniformidad etc.

Repítase los pasos anteriores cuantas veces sea necesario para determinar la variación de los parámetros de resistencia con la profundidad.<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> Norma ASTM D 1586 5tg°y AASHTO T 206.



Figura 9. Proceso de hincamiento (SPT).  
Fuente: La Autora.



Figura 10. Penetración del suelo (SPT).  
Fuente: La Autora.



Figura 11. Tubo muestreador (SPT).  
Fuente: La Autora.

### 5.2.2. Método de oficina

Una vez realizado todas las actividades de campo se procesa la información para cada variable que se emplea para el análisis final de susceptibilidad a deslizamientos.

- Mapa topográfico

Para confeccionar el mapa topográfico se hizo uso del programa ArcGIS 10.1. en el cual se importa los formatos Excel de las estaciones totales.

En primera instancia se genera las curvas de nivel a través de la siguiente secuencia utilizando las herramientas del ArcToolbox:

- 3D Análisis - Crear TIN (Se crea un TIN)
- 3D Análisis - Superficie triangulada - Curvas de nivel de superficie.

Se genera las curvas de nivel secundarias a intervalos de 1 m y las curvas primarias a 5 m de distancia.

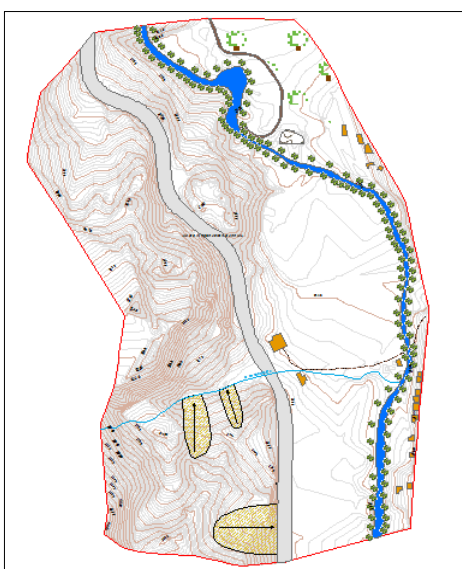


Figura 12. Generación de curvas de nivel en el área de estudio.  
Fuente: La Autora.

Finalmente se procede a digitalizar las vías, quebradas, infraestructura entre otros elementos. (**figura 12**)

- Mapa geológico

Se toma como base el mapa topográfico y puntos de afloramientos para delimitar los contactos litológicos y ubicar los datos estructurales. (**figura 13**)

La delimitación litológica se la realiza a través de polígonos los cuales se generan en capas (shapefile) con diferente descripción para cada formación geológica.

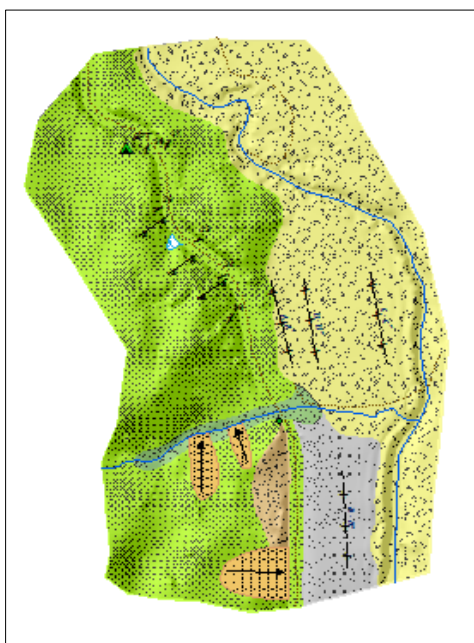


Figura 13. Delimitación de contactos litológicos en el área de estudio.  
Fuente: La Autora.

- Mapa de pendientes

Para elaborar el mapa de pendientes se utiliza el programa ArcGIS 10.1, en el cual a partir de las curvas de nivel se genera un TIN, para luego convertirlo en un modelo DTM (modelo de elevación digital del terreno) una vez obtenido este modelo se utiliza la herramienta SLOPE para convertirlo en pendiente y posteriormente reclasificarlo en diferentes clases basándose en el criterio establecido por el autor (Demek, J 1972.) el cual propone los siguientes rangos.



Tabla 2. Clasificación de ángulos de pendiente según (Demek. J. 1972)

<b>CLASIFICACIÓN DEL ÁNGULO DE PENDIENTE</b>			
<b>CATEGORÍA</b>	<b>ANCHO DE CLASE</b>	<b>TERMINO DE PENDIENTE</b>	<b>GRADIENTE EN %</b>
<b>0 - 2°</b>	2°	Plano	3.5
<b>&gt;2° - 5°</b>	3°	Ligeramente inclinado	3.6 - 8.7
<b>&gt;5° - 15°</b>	10°	Fuertemente inclinado	8.7 – 26.8
<b>&gt;15° - 35°</b>	20°	Muy inclinado	26.8 - 70
<b>&gt;35° - 55°</b>	20°	Empinado	70 - 143
<b>&gt;55°</b>	35°	Vertical	>143

Fuente: Demek, J. (ED). 1972. Laboratorio de Geomorfología.

Una vez reclasificado se pasa de modelo ráster a modelo vectorial para una mejor edición y presentación final.

- Mapa geomorfológico

Para realizar el mapa geomorfológico se utilizó la metodología implementada por CLIRSEN en proyectos tales como Generación de Geo-información para la gestión del territorio a nivel nacional, 2010.

Esta metodología consiste en correlacionar la información de fotografías aéreas (NVII-B2a-B3 / NVII-B2a-E1) y la recopilación de información en campo a través de la observación directa.

El proceso consiste en generar un modelo de elevación TIN en el programa ArcGIS 10.1 una vez creada esta capa se la añade al programa ArcScene que tiene la característica de una visión en 3D (**figura 14**) y así poder delimitar las geoformas del área de estudio.

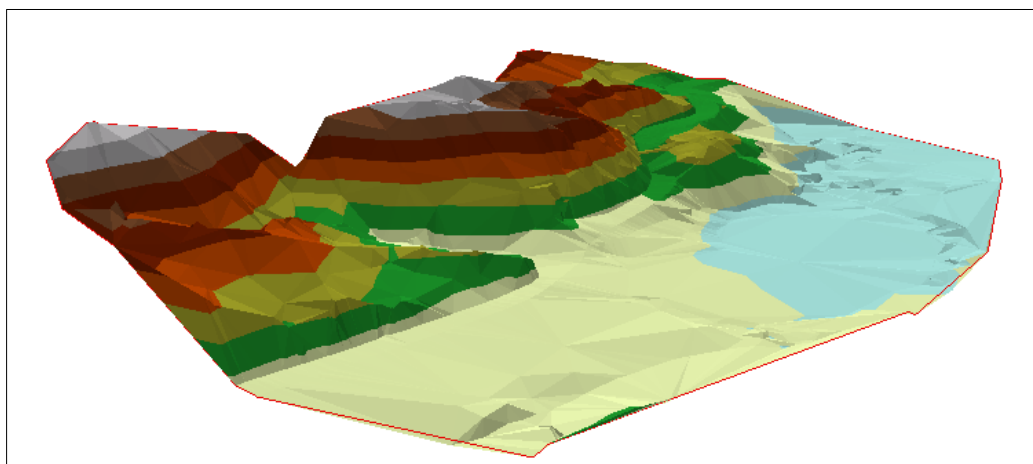


Figura 14. Modelo TIN.  
Fuente: La Autora.

Además del proceso anterior se utilizó fotografías aéreas del lugar de estudio para interpretar y/o corroborar la información anteriormente descrita y que no haya sido tomado en cuenta en la fase anterior.

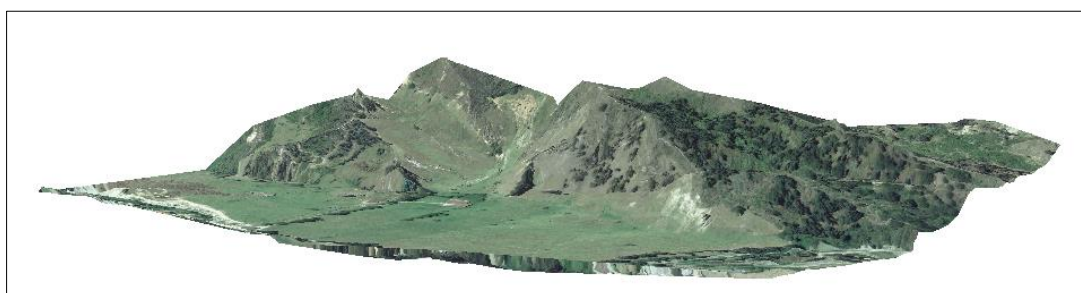


Figura 15. Fotografía aérea del lugar de estudio.  
Fuente: La Autora.

Una vez terminada la identificación de las geoformas se procede a digitalizar cada una de ellas en el programa ArcGIS 10.1. La denominación de cada geoforma se basó en la tabla propuesta por CLIRSEN para generación de Geo- información a nivel nacional (**Tabla 3**).

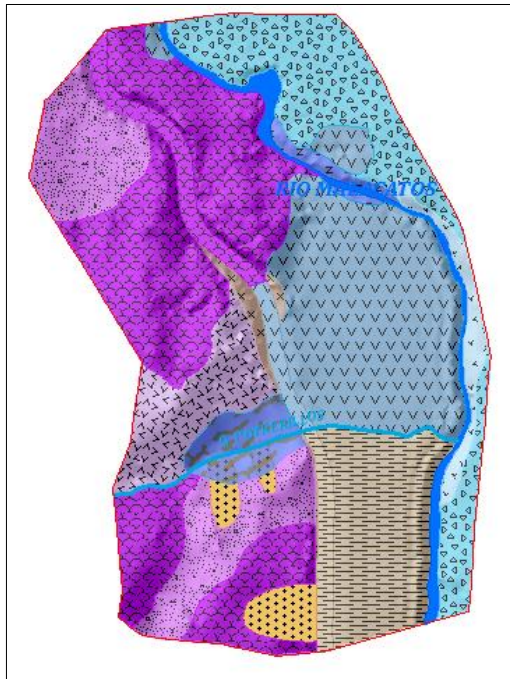


Figura 16. Delimitación de las geoformas del lugar de estudio.  
Fuente: La autora.

Tabla 3. Unidades morfológicas, forma de relieve del sector de estudio.

<b>UNIDAD GENÉTICA</b>	<b>UNIDAD MORFOLÓGICA</b>	<b>FORMA DE RELIEVE</b>
<b>DEPOSICIONAL</b>	VALLE	Valle fluvial
		Valle indiferenciado
		Valle en V
	TERRAZA ALUVIAL	Terraza baja y cauce actual
		Terraza media
		Terraza alta
		Terrazas indiferenciadas
	CONO	Superficie de cono de deyección reciente
		Superficie de cono de deyección antiguo
		Abrupto de cono de deyección antiguo
		Testigo de cono de deyección
		Superficie de cono de esparcimiento
		Cono de derrubios
		Talud de derrubios
	LLANURA ALUVIAL RECIENTE	Nivel plano
		Nivel ondulado con presencia de agua
		Nivel ligeramente ondulado
		Dique o banco aluvial
		Cauce abandonado
		Basin
		Meandro abandonado
		Nivel plano/Nivel ondulado con presencia de agua
		Nivel ondulado con presencia de agua/Nivel plano
LLANURA ALUVIAL ANTIGUA	Superficie poco disectada	
	Superficie disectada	
	Superficie muy disectada	
	Depresión de decantación	
<b>DENUDATIVO</b>	COLUVIÓN	Coluvión reciente
		Coluvión antiguo
	COLUVIO ALUVIAL	Coluvio aluvial reciente
		Coluvio aluvial antiguo
	GARGANTA	Garganta
		Garganta con presencia de valles indiferenciados
		Garganta con presencia de terrazas
	ENCAÑONAMIENTO	Encañonamiento
<b>ESTRUCTURAL</b>	MESA	Superficie de mesa
		Superficie disectada de mesa
		Cornisa de mesa
		Vertiente de mesa
		Testigo de cornisa de mesa

Tabla 3. Continuación

	CUESTA	Superficie de cuesta
		Frente de cuesta
		Vertiente de cuesta
	CHEVRONES	Superficie de chevron
		Frente de chevron
TECTÓNICO EROSIVO	RELIEVE	Relieve ondulado
		Relieve colinado muy bajo
		Relieve colinado bajo
		Relieve colinado medio
		Relieve colinado alto
		Relieve colinado muy alto
		Relieve montañoso
		Cerro testigo
		Escarpe de falla
		Picos y afloramientos rocosos
VOLCÁNICO EROSIVO	EDIFICIO VOLCÁNICO	Cráter
		Flancos de volcán
		Caldera
		Flujos de lava
		Flujos de lodo
MODELADO GLACIAR	VALLE GLACIAR	Fondo de valle glaciar
		Vertiente de valle glaciar
		Arista
		Rocas aborregadas
		Drumlins rocosos
	CIRCO GLACIAR	Fondo de circo glaciar
		Pared de circo glaciar
		Morrena de fondo
		Morrena lateral
		Morrena de frente

Fuente: Adaptada de CLIRSEN tablas de atributos para mapa geomorfológico.

- Mapa de Cobertura Vegetal

Para realizar el mapa de cobertura vegetal se utilizó como base el mapa topográfico a escala 1:5.000 del sector de estudio. En primera instancia se hizo una observación directa en campo de las diferentes coberturas vegetales, una vez realizado este reconocimiento se procede a zonificar mediante polígonos utilizando el programa ArcGIS 10.1., para finalizar su confección se da colores y tramados a las diferentes coberturas vegetales.

- Mapa susceptibilidad de deslizamientos

Para llevar a cabo la realización del mapa de susceptibilidad se utilizó el programa ArcGIS 10.1. El método que se utilizó se denomina Método de suma de rangos que se basa en asignar peso a cada variable de acuerdo al análisis de estabilidad determinado mediante los ensayos SPT y SEV.

Las variables que se consideraron para caracterizar la susceptibilidad son las siguientes:

- Mapa Geológico
- Mapa Geomorfológico
- Mapa de Pendientes
- Mapa de Cobertura vegetal

Una vez asignado los pesos a cada variable se utiliza la herramienta suma ponderada, que combina los mapas ráster de cada variable, de acuerdo a la importancia que tenga cada uno de ellos. La herramienta Suma ponderada ofrece la posibilidad de ponderar y combinar varias entradas para crear un análisis integrado, funciona de la siguiente manera:

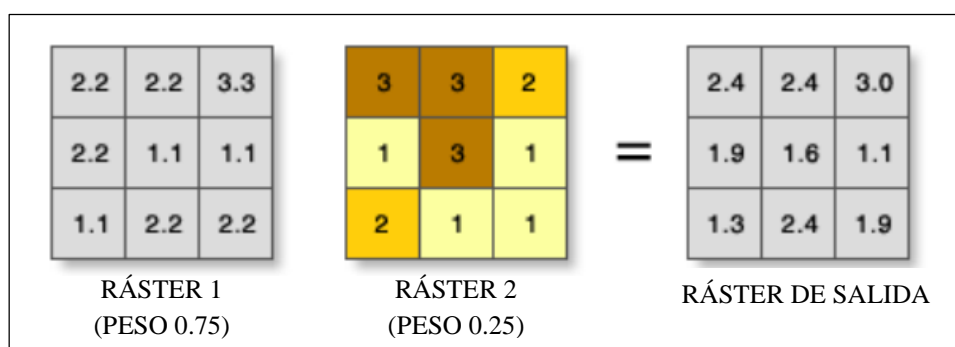


Figura 17. Función de la Herramienta Suma Ponderada.

Fuente: Catálogo de Ayuda de ArcGis 10.1.

En la **figura 17**, 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  $1,65 + 0,75$  es de 2.4.<sup>11</sup>

En este caso los pesos que se asignó a cada uno de los mapas corresponden a los propuestos por Janssen y Van Herwijnen (1994), cuya suma debe ser igual a (1). La fórmula y los diferentes pesos se muestran en el **Anexo 3**.

Luego de realizar la combinación de mapas se lo reclasifica en cinco categorías de acuerdo a los criterios propuestos por Sarkar y Kanungo, 2004. (**Tabla 4**)

---

<sup>11</sup>Catálogo de Ayuda de ArcGis 10.1.

Tabla 4. Criterios para jerarquizar la Susceptibilidad.

<b>Criterio</b>	<b>Susceptibilidad</b>	<b>Categoría</b>
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.	Muy alta	5
Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran.	Alta	4
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.	Moderada	3
Laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados, no saturados, con discontinuidades favorables, donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos.	Baja	2
Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que puedan ocurrir deslizamientos.	Muy baja	1

Fuente: Sarkar y Kanungo, 2004.

Finalizada la reclasificación del mapa se interpreta cada categoría basándonos en todas las variables analizadas.



- Sondeos eléctricos verticales

Los datos obtenidos en campo se interpretaron manualmente basándose en tablas referenciales (**anexo 4**) de las resistividades de los materiales que se encontró, de esta manera se realizó una columna estratigráfica de las líneas SEV. Este proceso se lo utilizo para las cuatro líneas SEV realizadas en el sector.

También se utilizó el software AGI EarthImager 1D que es un programa que interpreta unidimensional (1D) resistividad eléctrica de datos de resonancia y produce un modelo de resistividad en capas que revela la geología del subsuelo. EarthImager 1D procesa datos sondeos eléctricos verticales (SEV) recogidos con Schlumberger. El cálculo modelado directo se basa en un método de elementos finitos en 2D. Tanto la inversión de modelo suave y mínimos cuadrados métodos de inversión amortiguadas se implementaron en EarthImager 1D.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Descripción Biofísica del Sector

#### 6.1.1. Ubicación y acceso

La ciudad de Loja y su entorno suburbano se encuentran ubicados al sur de la Región Interandina (Sierra) de la república del Ecuador (Sudamérica), en el valle de Cuxibamba, pequeña depresión de la provincia de Loja situada a 2 100 m s.n.m. y a 4° de latitud Sur. Tiene una extensión de 5.186,58 ha (52 km<sup>2</sup>).

El área de estudio se localiza al sur-oeste de la Ciudad de Loja, con una extensión de 39.65 hectáreas. Este polígono se encuentra dentro de la Parroquia Urbana San Sebastián, en el trayecto que comprende la Ciudadela Julio Ordoñez y el Barrio Capulí.

El acceso a la ciudad de Loja se lo puede realizar por vía terrestre mediante Cooperativas de Transporte, las cuales se pueden tomar desde los distintos terminales que existen en las Provincias del Ecuador. También se puede llegar por vía aérea, desde los aeropuertos de Quito y Guayaquil, hasta el Aeropuerto de Catamayo que se localiza a 35 Km. de la ciudad de Loja.

Al sector se puede acceder por la vía de Integración Barrial Ángel Felicísimo Rojas o por la Av. Reinaldo Espinosa.

El proyecto estudiado se encuentra enmarcado entre las siguientes coordenadas:

Tabla 5. Coordenadas de ubicación del Sector de estudio.

<b>UBICACIÓN</b>	<b>NORTE (m)</b>	<b>ESTE (m)</b>	<b>COTA (m s.n.m.)</b>
(Inicio Proyecto) Ciudadela Julio Ordoñez	9553160	699650	2174
(Fin Proyecto) Barrio Capulí	9552330	699936	2167

Fuente: La Autora.

“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, DESDE LA CIUDADELA JULIO ORDOÑEZ HASTA EL BARRIO CAPULÍ, PERTENECIENTE A LA CIUDAD LOJA”

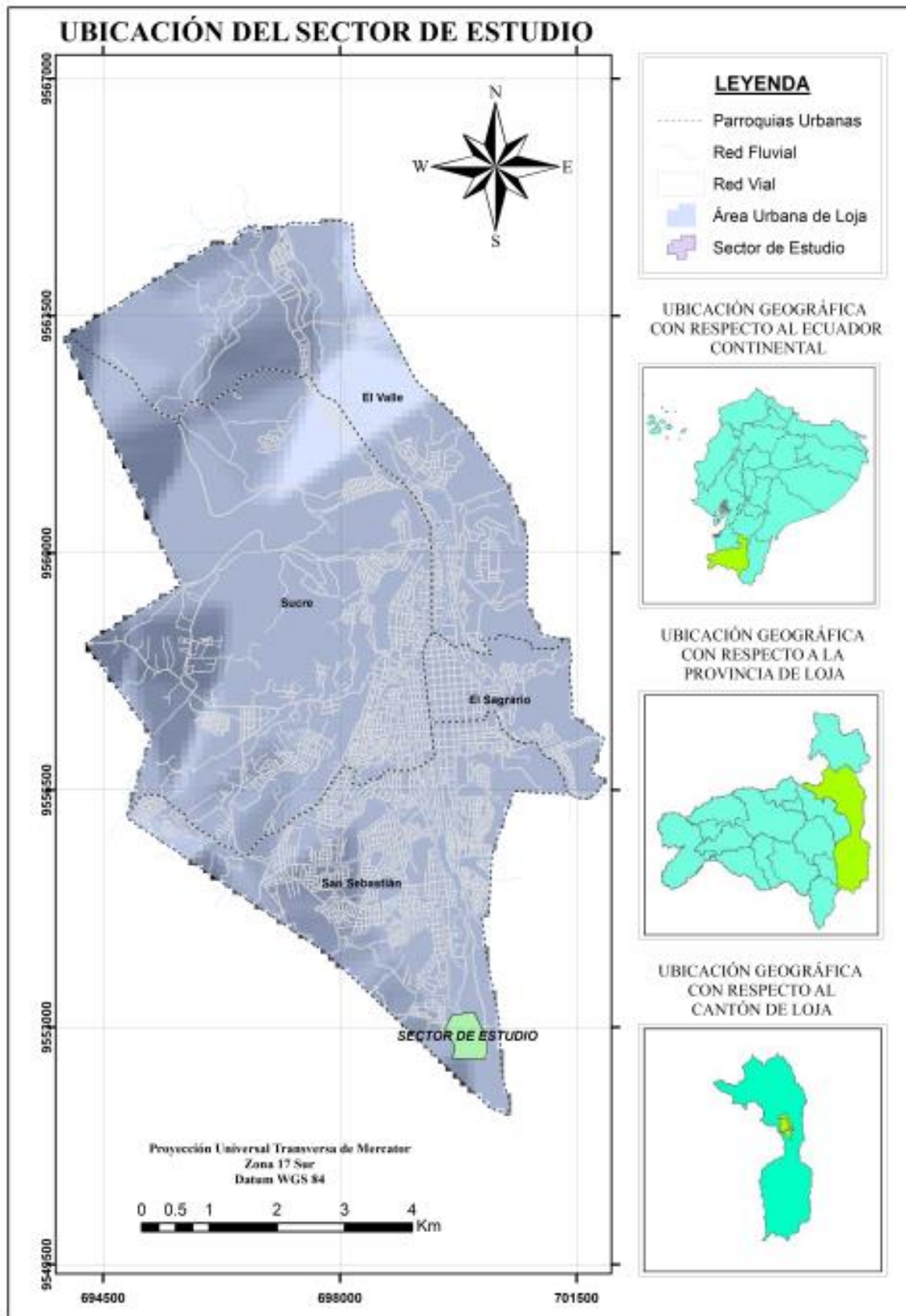


Figura 18. Ubicación de la zona de estudio.  
Fuente: La Autora.

### **6.1.2. Uso del Suelo**

De acuerdo al estudio realizado por el Ilustre Municipio de Loja en el año 2008, los suelos de la ciudad de Loja tienen diferentes usos, encontrándose suelos sembrados con hortalizas, cereales, legumbres entre otros. En general se llevan a cabo siembras de ciclo corto durante el año, en el cual se siembra cultivos rentables que ocupan el menor tiempo y espacio de explotación durante el año, de igual manera en sectores donde no se dan estos tipos de actividades agrícolas el uso que se lo realiza es para la actividad de la construcción.

“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, DESDE LA CIUDADELA JULIO ORDOÑEZ HASTA EL BARRIO CAPULÍ, PERTENECIENTE A LA CIUDAD LOJA”

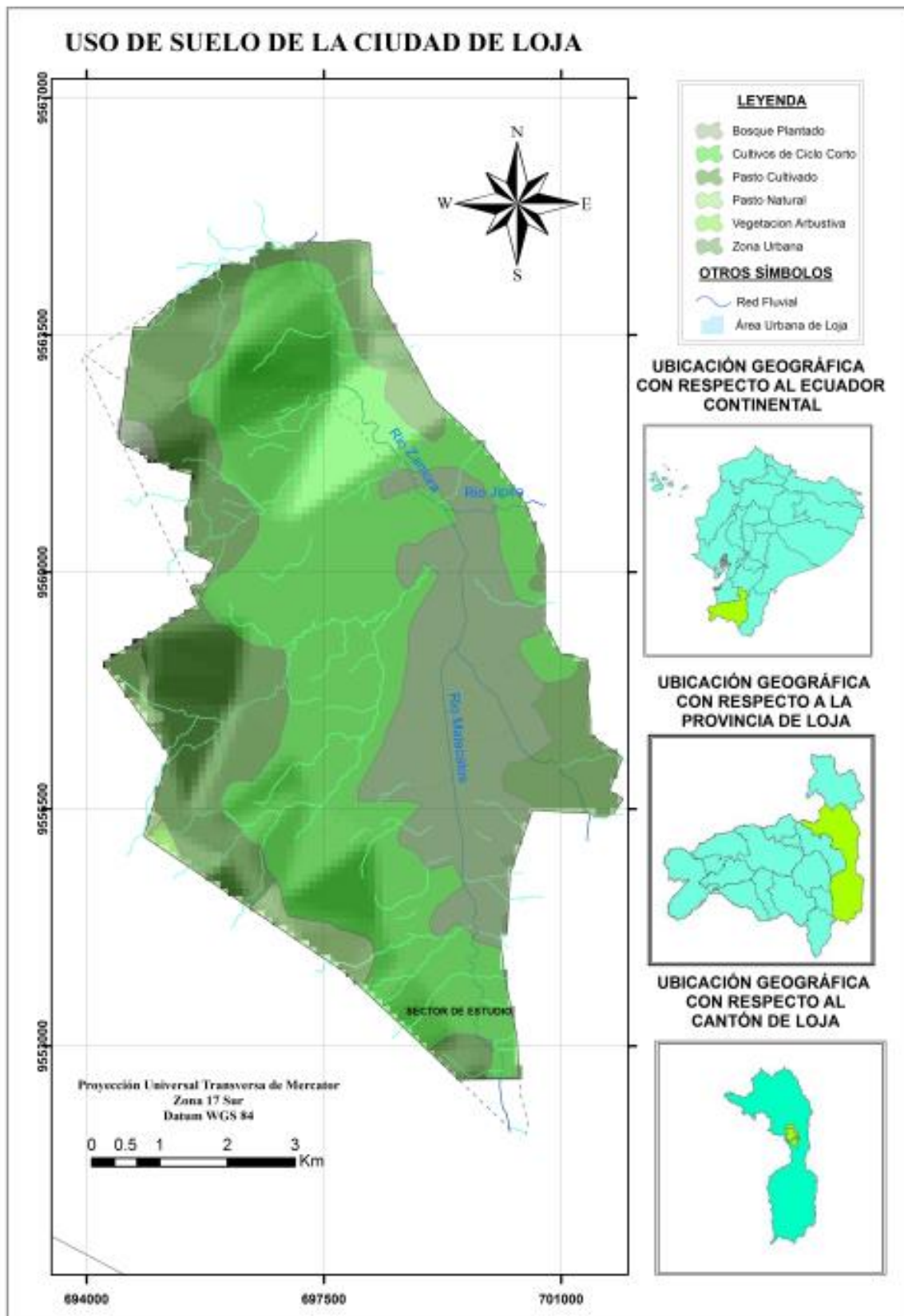


Figura 19. Uso de Suelo de la Ciudad de Loja.  
Fuente: La Autora.

Teniendo en cuenta los datos de uso del suelo a nivel de la ciudad de Loja, el lugar de estudio cuenta con un total de 39.65 ha, en las que se estableció zonas con infraestructura, cultivos, erosionadas, zona arbórea y pastizales, en hectáreas cada una ocupa 1.9% del suelo es utilizado en infraestructura, 15.5% en cultivos, 2.61% se encuentra erosionado y el 79.8% restante es empleado en pastizales naturales y zona arbórea.

### **6.1.3. Clima**

El sector se encuentra dentro de la Hoya de Loja, el clima que predomina es templado, con una precipitación de 900 mm/año y una temperatura media de 16°C. En los últimos cuarenta años, la temperatura de la ciudad se ha elevado en 0,7°C, habiéndose registrado en los años 2003-2004 las temperaturas más altas, las cuales han llegado a 28°C. La época menos lluviosa va de Mayo a Noviembre.<sup>12</sup>

La humedad relativa media en la ciudad de Loja con registros desde 2000 a 2010 es en promedio de 74,6 % con una máxima de 82.8 % y una mínima de 69 %, los meses que registran menor humedad son los de julio a septiembre mientras que los meses de enero a junio presentan una mayor concentración de humedad en el aire.

La Heliofanía o promedio de horas de brillo solar con los datos del año 2010 tenemos 1672.6 horas de brillo, registrándose menores horas de brillo solar durante los meses de febrero y marzo, en cambio los meses de agosto, septiembre y noviembre registran mayor cantidad de horas de brillo solar. El brillo solar es el tiempo en el cual llegan directamente los rayos solares sobre una determinada superficie, expresada en horas y en décimas, el brillo solar está influenciado por la mayor o menor cantidad de presencia de nubes en la atmósfera, las nubes impiden que los rayos solares lleguen directamente a la superficie.

El viento es el aire en movimiento, ocasionado como consecuencia del calentamiento desigual de la superficie terrestre; el calentamiento desigual ocasiona la

---

<sup>12</sup> Geo Loja, 2007, Perspectivas del Medio Ambiente Urbano, pág., 37.

diferencia de presiones entre dos puntos, determinando que el flujo del aire sea de los centros de alta presión hacia los centros de baja presión, buscando su estado de equilibrio. Los vientos en la ciudad de Loja en base a los registros históricos generados por el INAMHI hasta el año 2010 registran una velocidad promedio de 3.1 m/s registrándose los meses con mayor intensidad de vientos los de julio y agosto cuyos máximos valores son de 10.0 y 9.4 m/s respectivamente. La dirección de vientos predominantes en la ciudad de Loja se ve afectada por el relieve característico de la Hoya pero se considera la dirección SE de los vientos. El viento es una variable que tiene gran influencia en procesos hidrometeorológicos por ejemplo aumenta o disminuye la tasa de evaporación y transpiración, transporta las nubes y causa las precipitaciones.

Tabla 6. Temperatura promedio anual período 2000 – 2010 de la ciudad de Loja.

ESTACIÓN LA ARGELIA													
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	PROMEDIO ANUAL
2000	16,7	16,6	16,8	16,9	16,9	16,4	15,8	15,3	16,2	16,9	16,3	16,9	16,5
2001	16,9	16,3	17,1	17	17,3	16,4	16,3	15,6	16,5	18,5	17,6	17,9	17,0
2002	16,9	16,6	17	16,9	17,1	16,1	16,3	15,8	17,1	17,2	16,8	17,3	16,8
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
PROMEDIO DÉCADA													<b>16,9</b>

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología 2015



Tabla 7. Precipitación anual período 2000 – 2010 de la ciudad de Loja.

<b>ESTACIÓN LA ARGELIA</b>													
	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>	<b>PRECIPITACIÓN ANUAL (mm/año)</b>
2000	152,1	178,5	192,1	105	81,8	86,8	37,1	50,3	67,7	31,6	25,4	57,6	1066,0
2001	82,8	116,6	68,3	69,8	67,3	86,9	81,2	52,1	42	35,5	128	98,3	928,8
2002	102	92,2	53,5	126,7	68,2	39,2	62,8	5,9	18,2	67,7	71,4	70,6	778,4
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
<b>PROMEDIO DÉCADA</b>													<b>966,1</b>

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología 2015CA

“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, DESDE LA CIUDADELA JULIO ORDOÑEZ HASTA EL BARRIO CAPULÍ, PERTENECIENTE A LA CIUDAD LOJA”

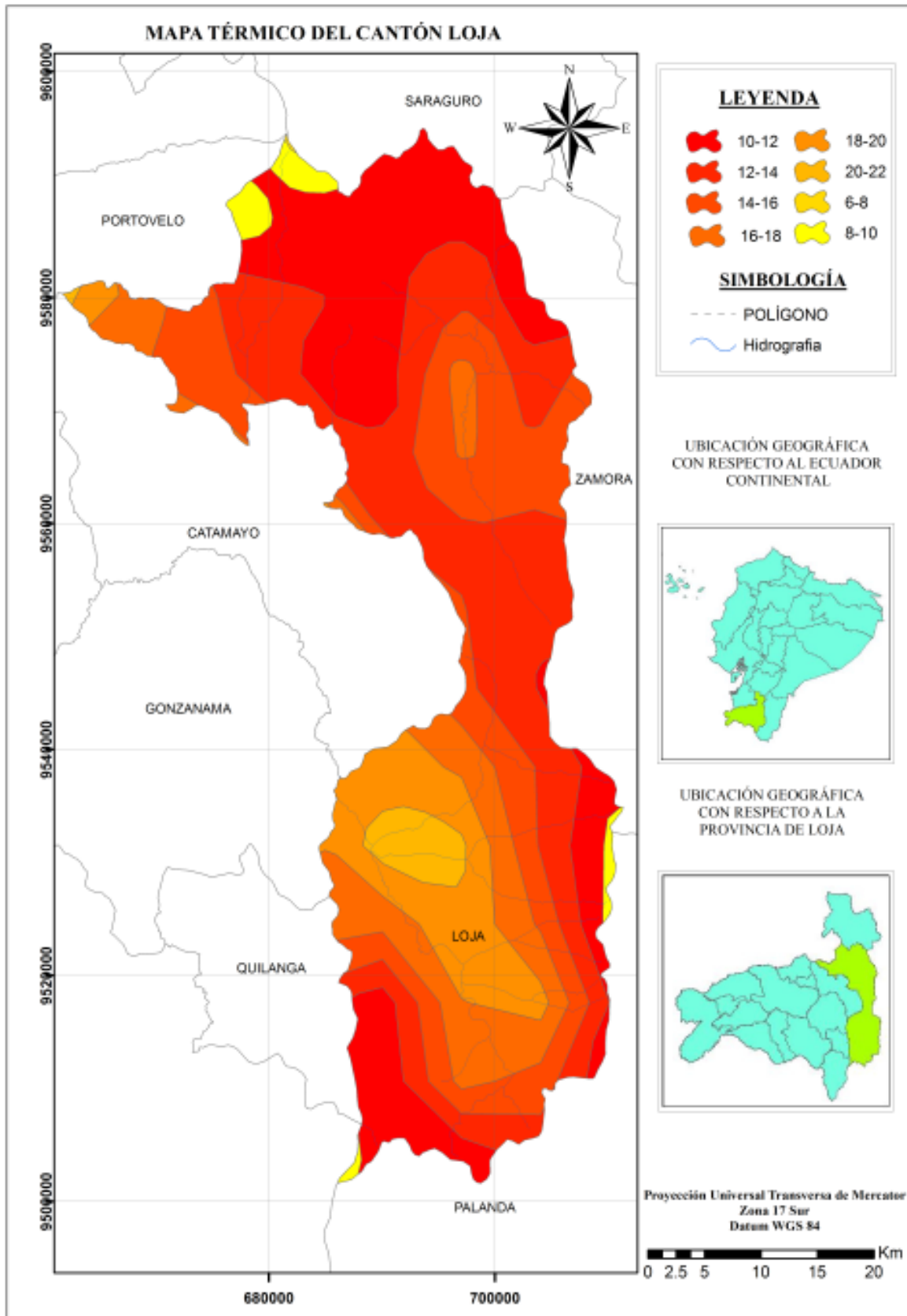


Figura 20. Mapa térmico del Cantón Loja.  
Fuente: La Autora.

#### 6.1.4. Hidrología

La hidrografía de la hoya de Loja se caracteriza porque su parte central está drenada por los ríos Zamora y Malacatos. Estos dos ríos se unen en la ciudad, continuando hasta el recinto Las Juntas, en donde cambian radicalmente de dirección hacia el Este, pasando por Jimbilla y tomando el nombre único de Zamora.

Como drenajes o ramales hidrográficos secundarios o subsecuentes, que circulan en direcciones más o menos perpendiculares a los drenajes principales antes mencionados, se pueden citar los ríos Zamora Huayco y Jipiro, así como las quebradas Mónica, Quillollaco, Potrerillos, Violeta, Alumbre, Las Pavas, San Cayetano, La Banda, El Salado, etc. , que conforman una red dendrítica. Los caudales de estas corrientes son en la mayoría de casos poco considerables. Hay una mayor densidad de drenaje en la parte oriental de la cuenca (estribaciones de la Cordillera Real), básicamente debido a la baja conductividad hidráulica de las rocas metamórficas que limita la infiltración; y también a la mayor cantidad de lluvias (precipitación media mensual de 160 mm, Estación Zamora).

La zona de estudio se encuentra atravesada por la Quebrada Las violetas que recorre de W – E y desemboca en el Rio Malacatos siendo los únicos drenajes del lugar de estudio.



Figura 21. Río Malacatos y Quebrada Las Violetas, drenajes del Área de estudio.  
Fuente: La Autora.

“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, DESDE LA CIUDADELA JULIO ORDOÑEZ HASTA EL BARRIO CAPULÍ, PERTENECIENTE A LA CIUDAD LOJA”

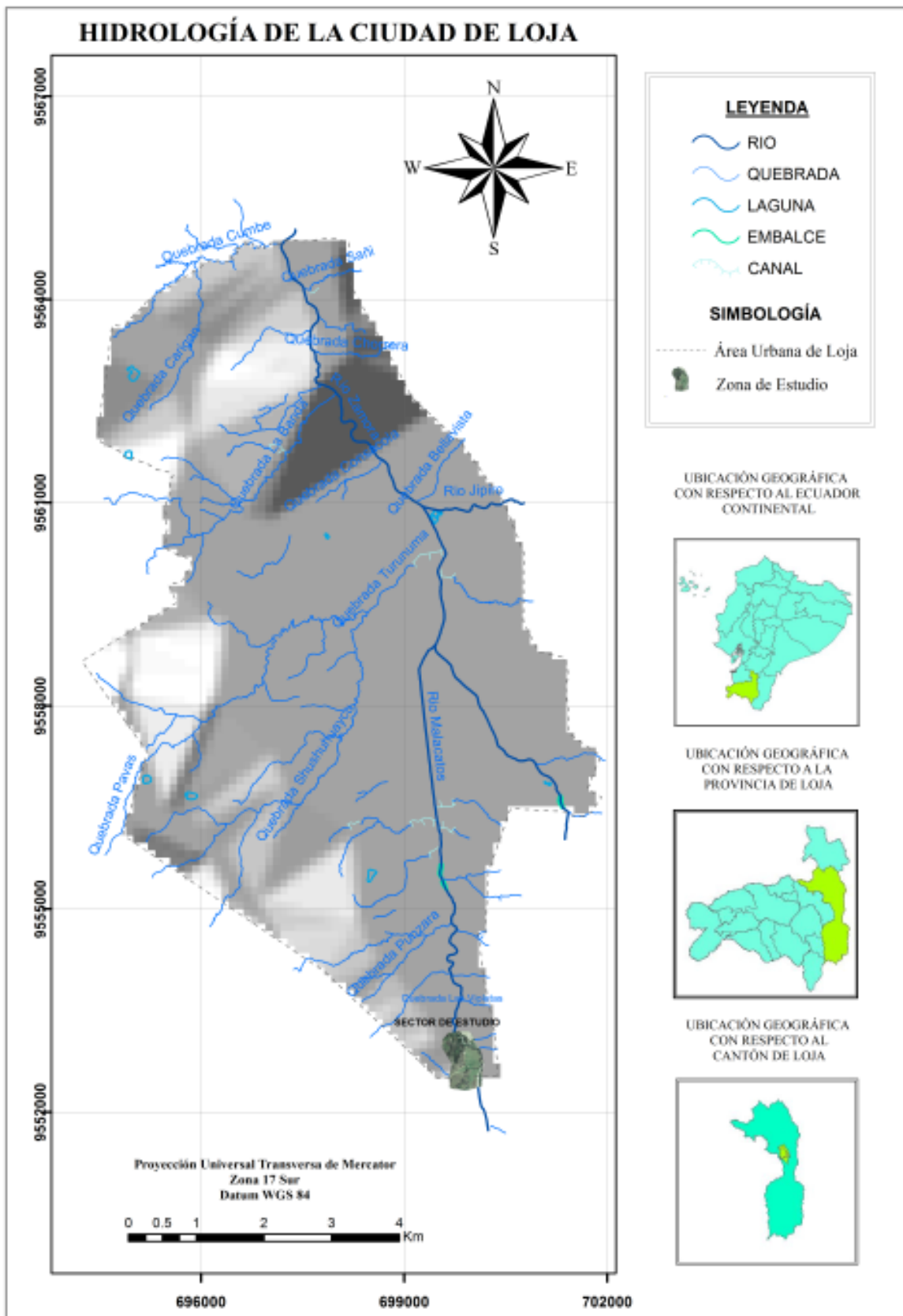


Figura 22. Hidrografía de la Hoya de Loja.

Fuente: La Autora.

### **6.1.5. Datos socio – económicos**

Según el Censo de Población y Vivienda 2010, la ciudad de Loja acumula el 84.06% de la población del cantón Loja, que equivale a 180.616 personas. En la cabecera cantonal viven 20.662 personas pobres extremas por NBI y 43.220 pobres no extremos por NBI, que corresponden al 11.44% y 23.93% de su población respectivamente. Del total de pobres extremos por NBI (necesidades básicas insatisfechas) 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%.<sup>13</sup>

Los habitantes del lugar de estudio en su mayoría se dedican a la agricultura y ganadería y otra pequeña cantidad se desenvuelven en el ámbito de la construcción como obreros y hacen de estas ocupaciones el sostén de sus hogares. Pertenecen al grupo de pobres extremos por NBI, ya que no cuentan con servicios básicos como alcantarillado pluvial y sanitario, alumbrado público entre otras necesidades.

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

Por otro lado en la cabecera cantonal acumula el 84.06% de la población del cantón Loja que equivale a 180 617 personas. En la cabecera cantonal viven 20 662 personas pobres extremas por NBI y 43 220 pobres no extremos por NBI, 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%), construcción (10.7%), enseñanza (10.6%) industrias manufactureras

---

<sup>13</sup> SNGR-PNUD-UEB, 2013, Vulnerabilidad a nivel municipal del cantón Loja, pág., 17.

(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%).

La población económicamente activa (PEA) de los barrios en estudio, se dedica principalmente a las actividades agropecuarias, comercio informal, obreros, albañilería que ofertan su mano de obra en la ciudad y en otras ciudades del país.

- Analfabetismo

En el ámbito educativo, en Loja el 3.2% de la población mayor a 15 años no sabe leer ni escribir. Es decir, es analfabeta. Existen diferenciales en distintos ámbitos. Por ejemplo note que la incidencia del analfabetismo es del 14.8% en la población indígena, 8.1% en el área rural, 9.7% en pobres extremos y 3.8% en mujeres. Por otro lado, del total de analfabetos el 51.2% viven en el área rural, y el 77.6% son pobres por NBI. Casi el 64% de los analfabetos en el cantón son mujeres.

## **6.2. Análisis de Susceptibilidad en el Sector de Estudio**

### **6.2.1. Topografía**

El levantamiento topográfico comprendió un área de 39.65 ha, 0.93 Km lineales y 200m a cada margen de la vía de integración Barrial.

Mediante la topografía del sector se estableció que el lugar de estudio tiene un relieve moderado, donde las pendientes más altas se encuentran al lado oeste de la vía, mientras que las superficies planas se localizan al lado este de la misma con alturas que van desde 2132 m.s.n.m. a los 2263 m.s.n.m.

Para corroborar la información obtenida en el campo se utilizó la fotografía Aérea código (NVII-B2a-B3 – NVII-B2a-E1) proporcionada por el Instituto Geográfico Militar en el proyecto de “Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnología, en la cual se llegó a verificar la información levantada en el campo.

Finalmente se obtuvo el mapa topográfico a escala 1:5000, con Datum WGS 1984 Sur, con intervalos de separación de 5 metros las curvas primarias y cada metro las secundarias (**Anexo 5**).

### **6.2.2. Geología**

#### **6.2.2.1. Geología Regional**

La Hoya de Loja, está conformada por una secuencia sedimentaria muy variada, donde el esquema estratigráfico de depositación, se desarrollaron en dos áreas diferentes con edades similares Cenozoico (Oligoceno – Mioceno).

Además, la serie sedimentaria en el área de Loja es de tipo tectónico donde la secuencia deposicional está dividida tanto al oriente como occidente por una falla inversa, yuxtaponiendo los sedimentos en sucesiones diferentes. La serie sedimentaria se encuentra sobrepuesta discordantemente sobre el basamento de rocas metamórficas (Unidades Chiguinda y Agoyán).

El mapa geológico de la hoya de Loja fue confeccionado a partir del Mapa Geológico del Ecuador, hoja (56), escala 1:100.000 obtenido del Instituto Geográfico Militar (IGM).

Como se puede observar la (**figura 24**), la geología de la hoya de Loja es muy variada, encontrándose mucho más formaciones al oeste de la hoya, todas estas formaciones se encuentra afectada por un sinnúmero de fallas, los mismos que están controlando el contacto entre las formaciones litológicas tanto al este como al oeste de la hoya, que iniciaron su activación durante la época Miocénica terminando con su modelamiento en el cuaternario. La litología de esta cuenca se resume a continuación:

### **Formación Chiguinda (Devoniana a Permiano)**

El metamorfismo de la parte sur de la Cordillera Real es del Paleozoico. Litherland et al. (1993,1994) dedujo que las series metamórficas de calidad inferior están agrupadas por filitas, esquistos gráficas, cuarcitas, metalimolitas que pertenecen a la Unidad Chiguinda de edad Devoniana a Permiano; que aflora tanto en la parte occidental como en la parte oriental de la vía Loja-Zamora (Litherland et al 1994).

### **Formación Trigo (Mioceno Medio)**

Está presente a lo largo del margen noroccidental de la Cuenca. Generalmente está formada por areniscas de grano grueso con láminas finas de conglomerados (compuestos por abundantes clastos de rocas metamórficas y pequeños clastos volcánicos (> 1 cm) y capas menores de limonitas. Las areniscas muestran estratificación cruzada.

La potencia varía cerca de 50 m en el oeste a 150 m en el este hacia el contacto con la Formación La Banda. Tiene una edad de 11.1 + 1.2 Ma., de edad Mioceno Medio.

### **Formación La Banda (Mioceno Medio Tardío)**



Está constituida principalmente por intervalos de calizas blancas las cuales son: 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 grano fino. Tiene un espesor de 10 a 20 m y se disponen de forma continua y horizontal.

### **Formación Belén (Mioceno Medio Tardío)**

Caracterizada por capas de areniscas gruesas de color marrón que contienen lentes de conglomerados horizontalmente estratificados; las areniscas muestran estratificación cruzada en escalas métricas; los clastos de los conglomerados son en su mayor parte metamórficos con menos clastos volcánicos. Estas capas son asociadas con capas finas de arenisca y en menor de lutitas.

### **Formación San Cayetano (Mioceno Tardío A Último)**

Está expuesta al este de la falla de cobijadura a lo largo del Río Zamora. La Formación está dividida en tres miembros con límites transicionales:

Miembro Inferior de Arenisca.- contiene areniscas de color marrón, algunas pequeñas capas de conglomerado y lutitas; dentro de las lutitas hay unas pequeñas capas de carbón.

Miembro Limolitas.- abarca lutitas de color marrón, gris y blanco, abundantes capas de diatomita y algunos piroclastos horizontales. Hay también algunas hojas y bastantes gastrópodos impresos entre superficies estratificadas y esqueletos enteros de peces que están preservados en estas laminaciones.

Miembro Superior de Arenisca.- Dominado por areniscas de color marrón y lutitas. Debido al fuerte plegamiento la estimación del espesor de esta formación es difícil, pero su potencia total puede llegar a 800 m. Descansa discordantemente en la Unidad metamórfica Chiguinda y la sobreyace con una discordancia angular a la Formación Quillollaco. Tiene una edad de Mioceno Tardío a Último.

### **Formación Quillollaco (Mioceno Tardío)**

La formación yace en la Quebrada Quillullacu en la cuenca de Loja está dominada por conglomerados con pocas intercalaciones de arenisca. Los conglomerados están compuestos por clastos metamórficos redondeados, filitas, cuarcitas, vetas de cuarzo y esquistos de hasta 50 cm. de diámetro; también hay intervalos menores de arenisca que son ínterstratificadas. Su espesor varía entre 600 m al sur de la cuenca, 100 m en la parte central y 500 m en la parte este de la cuenca.

Los sedimentos muestran una facies típica asociada de un ambiente de abanico aluvial con depósitos detríticos dispersos dominado por canales fluviales, se sugiere una edad del Mioceno Tardío.

### **Formación Salapa (Plioceno Último)**

La formación Salapa descansa discordantemente en rocas metamórficas Paleozoicas. Contiene clastos líticos y tobas ricos en vidrio (transformados a caolinita), formación más joven de edad Plioceno.

### **Estratigrafía de la Cuenca de Loja (Terciario)**

La cuenca sedimentaria de Loja se encuentra asentada sobre formaciones de edades que comprenden desde el Paleozoico hasta inicios del período Terciario. Según información de Hungerbühler Dominik (2002), la cuenca está dividida en dos secciones estratigráficas, la sección Occidental y la sección Oriental (**figura 23**), ambas con diferentes nombres de formaciones geológicas que no se pueden correlacionar en sus partes inferior ni superior a excepción de la formación Quillollaco que aparece en las dos secciones.

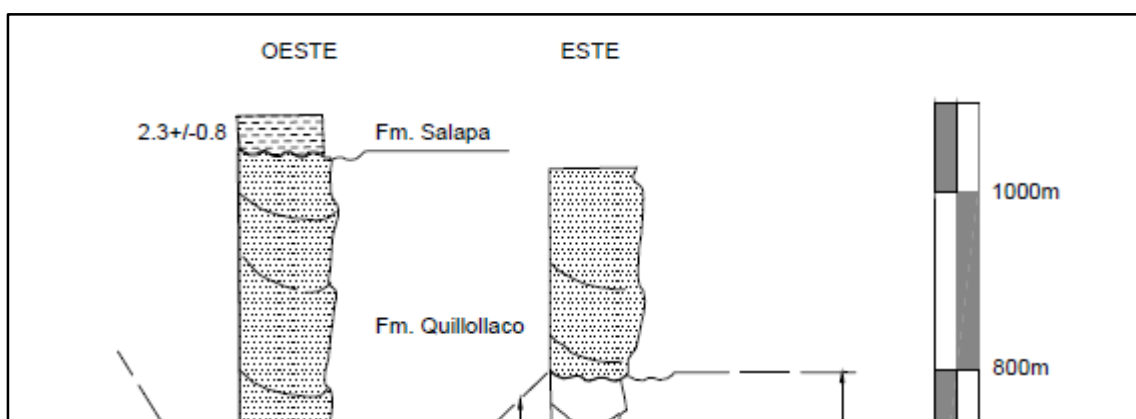


Figura 23. Columna Estratigráfica de la Hoya de Loja.

Fuente: Ing. José Tamay Granda, Docente Investigador, Escuela Geología y Minas, de la Universidad  
Técnica Particular de Loja.

“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, DESDE LA CIUDADELA JULIO ORDOÑEZ HASTA EL BARRIO CAPULÍ, PERTENECIENTE A LA CIUDAD LOJA”

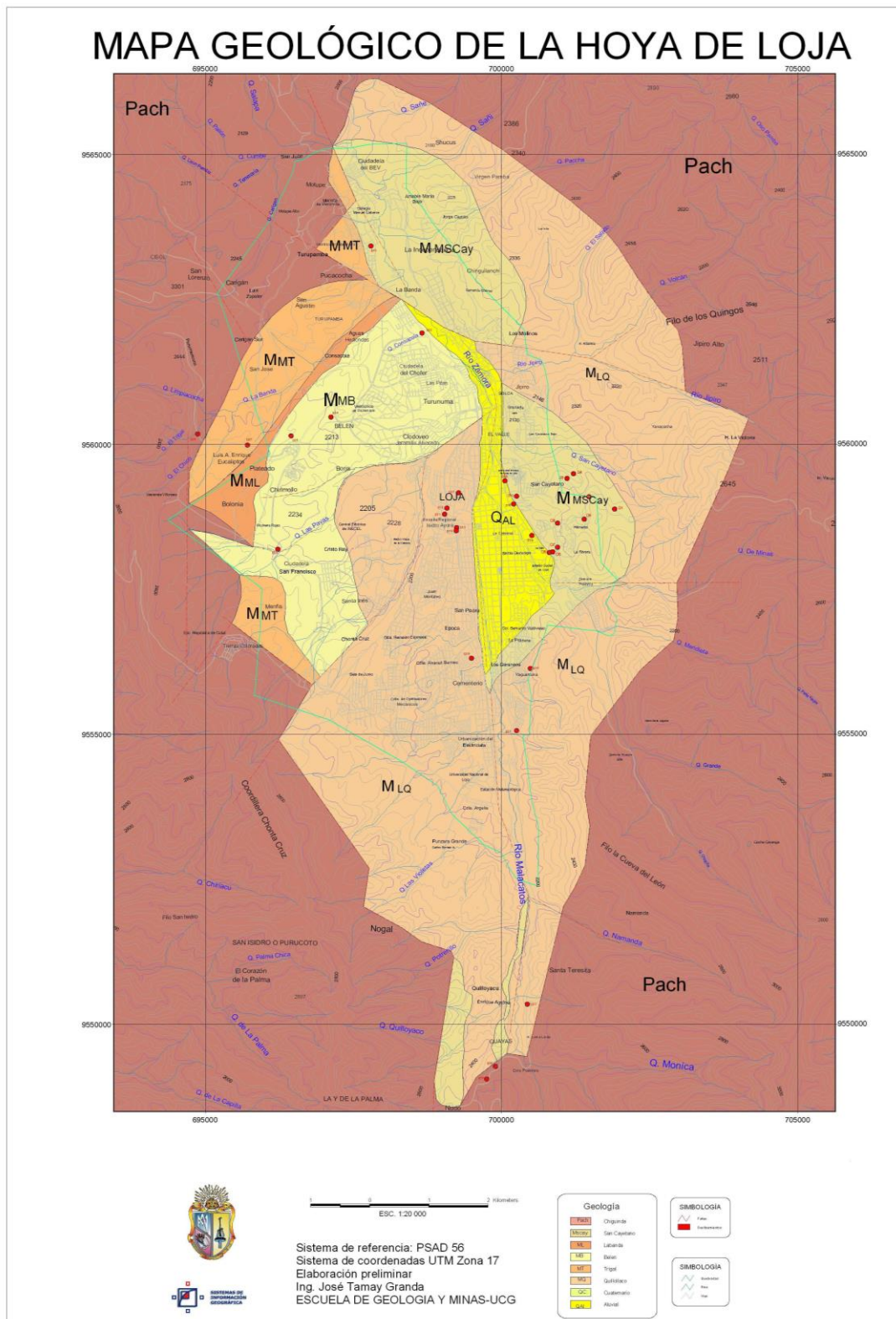


Figura 24. Mapa Geológico de la hoya de Loja Escala 1:20.000  
 Fuente: Ing. José Tamay Granda, Docente Investigador, Escuela Geología y Minas, de la Universidad Técnica Particular de Loja.

### 6.2.2.2. Geología local

Una vez descrito los afloramientos presentes en el lugar de estudio se pudo evidenciar que la zona está compuesta por la Formación Quillollaco y la Formación San Cayetano. La litología del sector se detallara a continuación:

El sector de estudio se encuentra dominada principalmente en un 80% por conglomerado de matriz areno arcillosa de grano medio a grueso con clastos metamórficos (esquistos, cuarzo) de diámetros de 5 a 13cm con tonalidades que van desde los grises claros a cafés amarillentos, la potencia de las capas van desde los 0.40m a 1.50m de espesor, en su mayoría estas capas tienen una orientación  $S64^{\circ}W$ , en el sector de estudio estos estratos tienen intercalaciones de arenisca y arcilla de coloración marrón rojizo, estos materiales pertenecen a la formación Quillollaco de edad mioceno tardío.

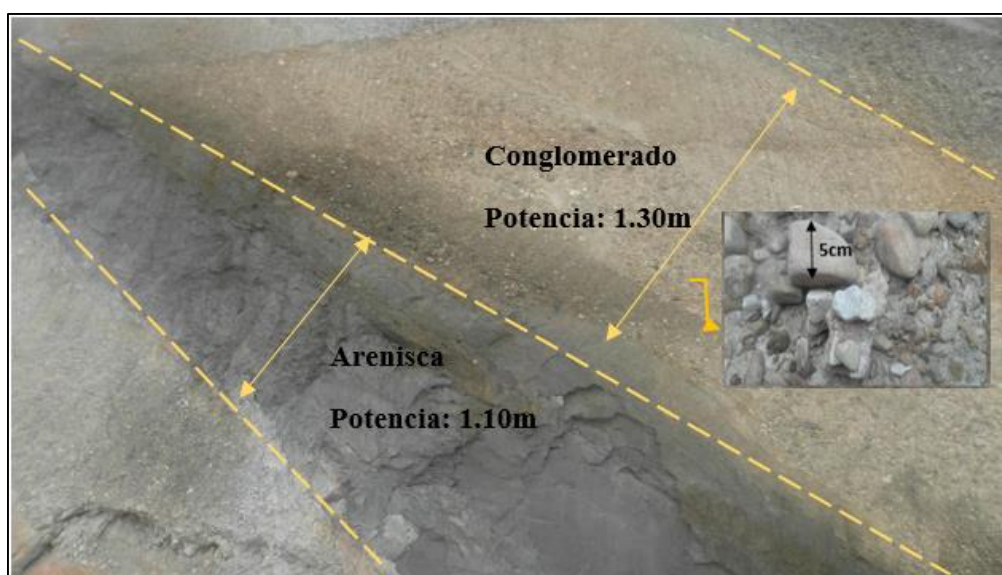


Figura 25. Afloramiento de conglomerado intercalado con areniscas pertenecientes a la Formación Quillollaco.

Fuente: La Autora.

Continuando con la descripción de afloramientos se identificó intercalaciones de areniscas de cementación variable de grano fino de coloración gris claro y beige de baja consistencia, presenta zonas altamente saturadas por lo que forman cárcavas en el talud, sus estratos poseen potencias entre 0.50m a 1.40m de espesor con una orientación  $S56^{\circ}W$ , pertenecen a la Formación Quillollaco de edad mioceno tardío.

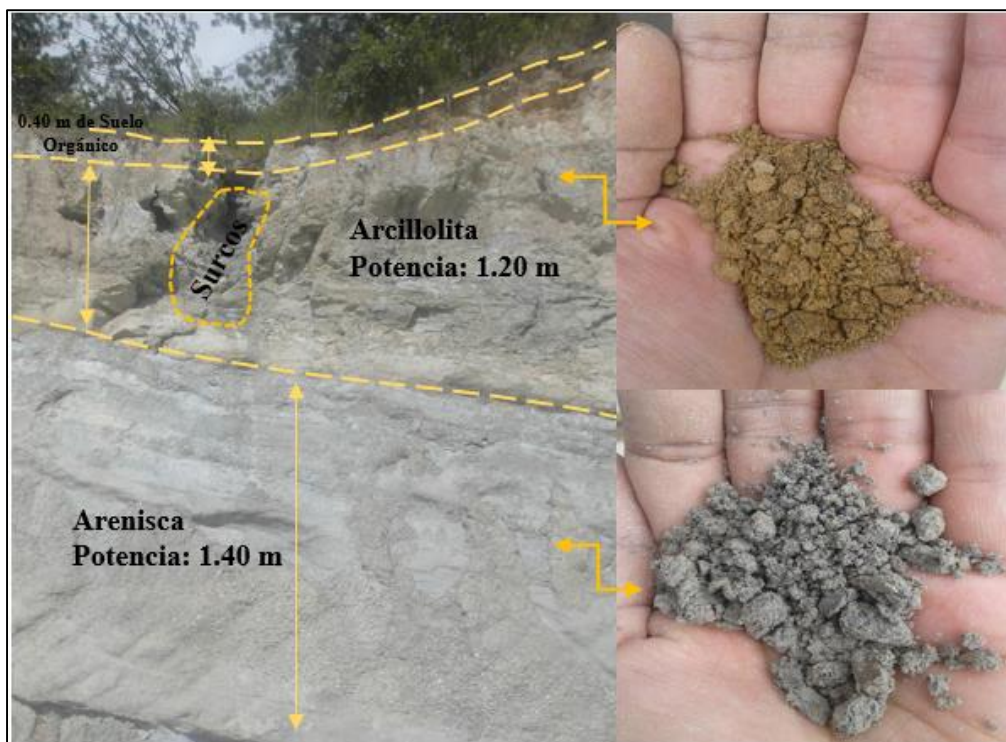


Figura 26. Afloramiento de areniscas de color gris oscuro e intercalaciones de Arcillolita de color café amarillento.

Fuente: La Autora.

También se identificó Arcillas arenosas y arcillolitas de coloración marrón rojizo a café amarillentas con potencias entre 0.50m a 1.20m de espesor, estos geomateriales no son predominantes en el área de estudio y se presenta en un estado más puro en el punto de transición entre la Formación Quillollaco y Formación San Cayetano donde los conglomerados se ausentan y solo se encuentran vetillas de estos materiales evidenciando notablemente una variación en su litología. La granulometría del conglomerado es grano decreciente a lo largo del sector.

En el cauce del río Malacatos que es un drenaje de pequeña magnitud y transporte, está compuesto de bajas cantidades de cantos rodados, gravas, arenas y finos; mientras que la quebrada Las violetas, es una cuenca corta con caudales de agua únicamente en épocas de invierno; los materiales transportados son suelos finos tipo arcillo - limo - arenosos con poca grava.



Figura 27. Quebrada Las Violetas con material aluvial (Arenas y Gravas).  
Fuente: La Autora.

Finalizando la descripción de la Geología, se realizó un corte geológico que atraviesa en toda su extensión el área de estudio (**Anexo 6**).

Tabla 8. Ubicación de los afloramientos descritos en el Área de estudio.

Nro.	X	Y	Z	Dirección
1	699936	9552379	2160	----
2	699946	9552426	2160	----
3	699930	9552576	2147	----
4	699872	9552750	2150	S64°W
5	699872	9552750	2169	S75°W
6	699754	9552966	2185	S61°W
7	699752	9553038	2174	S70°W
8	699719	9553033	2172	S75°W

Fuente: La Autora.

### 6.2.2.3. Geología estructural

La cuenca se encuentra dividida en un área oriental y otra occidental por efecto de una falla longitudinal con dirección  $170^\circ$ , que coincide con el curso actual del río Zamora; y, la cual se activó durante la depositación de la Fm San Cayetano. 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 Quebrada 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).

En términos generales los sedimentos expuestos en el lado Este de la Cuenca de Loja de edad Mioceno (15-10 Ma) han sufrido un volcamiento producto de la acción de una falla de edad Mioceno Tardío ubicada en el margen oriental. Esta misma falla causó la superposición de las rocas metamórficas del Mesozoico sobre los sedimentos del Mioceno y un acortamiento adicional evidenciado por pliegues abiertos en la Formación Quillollaco.<sup>14</sup>

El área de estudio se encuentra atravesado por una falla Normal con orientación  $N35^\circ E$  y Buzando  $S30^\circ E$  produciendo una deformación en sus estratos, el mecanismo de fallamiento es extensional, en el cual actúan diferentes fuerzas produciendo este desplazamiento.

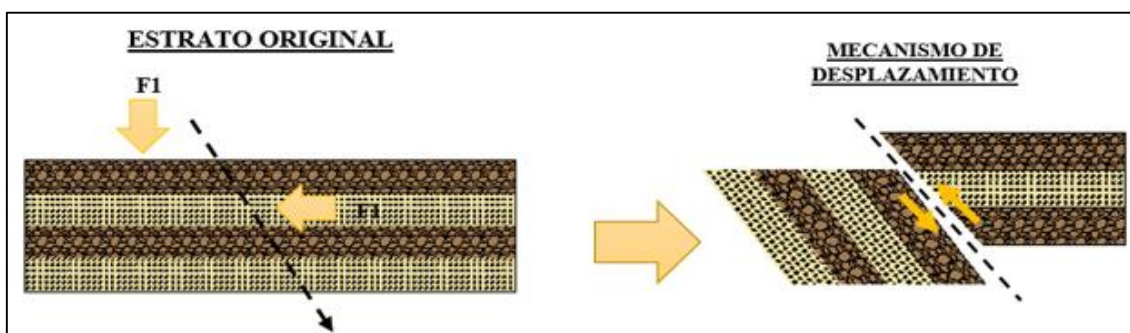


Figura 28. Mecanismo de falla en el área de estudio.  
Fuente: La Autora.

<sup>14</sup> Tomado de Ensayo Metodológico para la Evaluación y Zonificación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa, Cuenca de Loja. Francisco abad. Julio 2006.



En el área de estudio afloran geomateriales del mioceno tardío perteneciente a la Formación Quillollaco y San Cayetano. Este complejo de materiales tienen un origen fluvial y lacustre y su depositación relaciona la etapa mesozoica de la cuenca.

Dichas formaciones están constituidas por una sucesión de materiales conglomeraticos, areniscas y arcillas en los cuales tienen mayor predominancia los dos primeros.

Los afloramientos que se encuentran a los márgenes de la vía han permitido identificar una falla normal que afecta a las estructuras, producida por la tectónica cenozoica. Los conjuntos de estratos de variable espesor y color de edad mesozoica, junto con indicadores de movimientos asociados a la zona de falla, han permitido identificar el sentido de los desplazamientos.

La falla normal tiene un comportamiento extensional de cizalla en la cual actúa la fuerza de gravedad por un lado y una fuerza tangencial por el otro, lo que produce que los bloques se desplacen uno con respecto al otro, el bloque que descendió se estabilizó con dirección S 75°W con un ángulo de inclinación de S50°E mientras el otro bloque quedó subhorizontal con una inclinación S20°E de buzamiento y una dirección S 65°W.



Figura 29. Falla Normal en Dirección N 35° E  
Fuente: La Autora.

Este tipo de falla se identificó a través de la continuidad del material, ya que el tipo de material que encontramos en el primer bloque lo encontramos en el siguiente con la única variante que el descenso de los estratos cambio totalmente la estructura del terreno.

El contacto entre la Fm Quillollaco y Fm San Cayetano se identificó a través del cambio evidente en su litología y geomorfología, la formación Quillollaco en el área de estudio se caracteriza por un basamento de conglomerados con intercalaciones de areniscas, mientras en otra área del sector se identificó estratos puramente arcillosos con tonalidades totalmente distintas por lo cual se ha determinado que este material pertenece a la Fm San Cayetano de Edad miocena que de acuerdo a la columna estratigráfica del flanco oeste la Fm. San Cayetano es la continuidad de la Fm. Quillollaco.

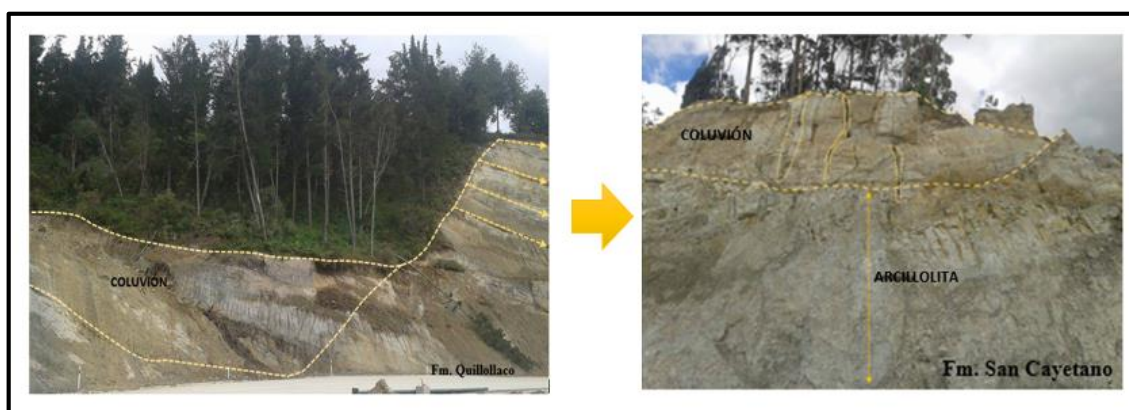


Figura 30. Variación de litología a lo largo del área de estudio.  
Fuente: La Autora.

### 6.2.3. Geomorfología

La interpretación geomorfológica se la realizó a través de la delimitación de geoformas mediante fotografías aéreas escala 1:5.000 (NVII-B2a-B3 / NVII-B2a-E1) y la recopilación de información en campo a través de la observación directa.

El área de estudio consta de 4 unidades genéticas, 6 unidades morfológicas y 10 geoformas que se detallan a continuación: **(Tabla 9)**

La etapa final fue obtener el mapa geomorfológico a escala de impresión 1:5.000 en formato A3; en donde las unidades geomorfológicas tienen una estructura jerárquica según su importancia. (**Anexo 7**).

- Unidad genética
- Unidad morfológica
- Forma de relieve

En la Tabla 9; se analiza las Unidades Geomorfológicas correspondientes:

Tabla 9. Unidades Geomorfológicas del Área de estudio.

<b>UNIDAD GENÉTICA</b>	<b>UNIDAD MORFOLÓGICA</b>	<b>FORMA DE RELIEVE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Deposicional	Terraza aluvial	Terraza baja y cauce actual	Constituyen formas de relieve plano con pendientes muy suaves del 0 al 2% compuesta por depósitos aluviales. Ocupan un área de 0.42 ha. Esta unidad está presente a lo largo de toda la red hídrica del sector de estudio. Compuesto generalmente de conglomerados con clastos mal sorteados, gravas y arenas.
		Terraza media	Constituye un nivel superior a la terraza baja, con pendientes muy suaves del 0 al 2%, compuesta por depósitos aluviales. Esta unidad está presente en el río Malacatos. En superficie está compuesto de arcillas café clara y arenas limosas. Esta unidad deposicional ocupa un área de 8.14 ha.
		Terraza alta	Constituye un nivel superior de la terraza media. La pendiente generalmente es de 2 al 5% y está afectada por erosión remontante en cárcavas presentes. Está compuesto en su parte superior por arcillas de color café oscuro y arenas amarillentas intercaladas con limos arcillosos. Generalmente este nivel es utilizado para cultivos anuales como maíz. Esta unidad ocupa un área de 5.06 ha.
	Llanura aluvial reciente	Abanico aluvial	Presentan una moderada inclinación, se originan siempre al final de una pendiente montañosa o un terreno con declive pronunciado donde es posible observar un cambio brusco en el movimiento de la corriente de agua. Tiene un área de 1.23 ha generalmente están compuestos por suelos finos tipo arcillo - limo – arenosos con grava.
Tabla 9. Continuación			

Denudativo	Escarpe	Escarpe talud vía	Producidos de forma antrópica por la apertura de la vía ocupan un área de 0.46ha
	Coluvión	Coluvión antiguo	A diferencia de la unidad anterior, muestra cierto grado de disección y está cubierto con vegetación arbórea y herbácea más desarrollada lo que indica cierto grado de antigüedad. Tienen pendientes de hasta el 25% con desniveles relativos de 0 a 3 m. Ocupa un área de 0.79ha y está compuesto por arcillas limosas de color café oscuro.
Estructural	Estructuras Monoclinales	Frente de cuesta	Es una colina asimétrica, donde el lado más corto forma el frente de cuesta. La pendiente por lo general es del 40 a 70% pudiendo incluso llegar al 100%. Esta unidad cubre un área de 2.39 ha.
		Laderas irregulares escarpadas	Son laderas de pendiente muy acentuadas con escarpes en las zonas más altas. La atraviesan longitudinalmente una serie de barranquillos, tiene un área 11.20ha.
		Relieve colinado medio	Se presenta como terreno bajos y planos acompañado de colinas onduladas de baja altura desde ligera a profundamente meteorizadas y alterada a causa de las lluvias superficiales y aguas que circulan en el interior del terreno erosionando y modelando el subsuelo hasta alcanzar la forma actual. Los materiales que componen esta estructura morfológica son arcillas café oscura y limos. Tiene un área de 4.53ha.
Antrópico	Relleno	Relleno	Superficies relativamente planas.

Fuente: La Autora.

#### 6.2.4. Pendientes

Mediante el modelo de elevación digital que se lo obtuvo a partir de las curvas de nivel se realizó el mapa de pendientes el cual se lo reclasifico en seis categorías según el Autor Demek 1972.

El sector de estudio presenta en su mayoría terrenos muy inclinados con una área de 11.96 ha que representan el 30.16% de la superficie total, mientras que en menor porcentaje tenemos terrenos verticales con 1.13% que representan un área de 0.44ha.

Tabla 10. Clasificación de ángulos de pendiente.

<b>CLASIFICACIÓN DEL ÁNGULO DE PENDIENTE DEL ÁREA DE ESTUDIO</b>			
<b>CATEGORÍA</b>	<b>RANGO</b>	<b>ÁREA(Ha)</b>	<b>ÁREA (%)</b>
Plano	0 – 2°	6.61	16.67
Ligeramente inclinado	>2° - 5°	6.19	15.61
Fuertemente inclinado	>5° - 15°	9.70	24.46
Muy inclinado	>15° - 35°	11.96	30.16
Empinado	>35° - 55°	4.75	11.97
Vertical	>55°	0.44	1.13
<b>Total</b>		<b>39.65</b>	<b>100</b>

Fuente: La Autora a partir de la clasificación de ángulos Demek. J. 1972

Se obtuvo el mapa de pendientes a escala, 1:5.000 en formato A3; (**Anexo 8**)

#### 6.2.5. Cobertura vegetal

El mapa de Cobertura Vegetal se lo realizó a partir de fotografías aéreas escala 1:5.000 (NVII-B2a-B3 / NVII-B2a-E1) generadas por el Instituto Geográfico Militar para el proyecto SIG-TIERRAS, otra variable utilizada en la confección del mapa de cobertura vegetal fue el Mapa Topográfico mediante el cual se realizó la delimitación de coberturas de acuerdo a su uso actual.

Las coberturas vegetales más predominante en el área de estudio es la Zona arbórea de pinos con un 40.34% que representa un área de 15.96ha y las zonas de menor uso son las zonas pobladas con 0.45 ha que significa el 1.11% del sector de estudio.

El mapa de Cobertura Vegetal se lo confeccionó a escala, 1:5.000 en formato A3; **(Anexo 9)**.

Tabla 11. Tipos de Cobertura Vegetal.

<b>COBERTURA</b>	<b>ÁREAS (HA)</b>	<b>ÁREAS (%)</b>
Área denudada	3.63	9.12
Matorrales	0.71	1.76
Zona arbórea de pinos	15.97	40.34
Pasto natural	4.69	11.85
Pasto cultivado	6.82	17.21
Zona rellenada	3.67	9.25
Zona poblada	0.45	1.11
Vía suelo desnudo	2.25	5.66
Cultivos	1.46	3.7
<b>Total</b>	<b>39.65</b>	<b>100</b>

Fuente: La Autora.

#### **6.2.6. Valoración e interpretación de las zonas susceptibles a deslizarse**

El mapa de susceptibilidad determina las zonas más propensas a deslizarse, en base a relacionar variables como geología, geomorfología, pendiente y cobertura vegetal; las cuales condicionan la estabilidad del terreno.

Los criterios utilizados en el método de suma de rangos fueron establecidos por Janssen y Van Herwjenen (1994).

Tabla 12. Asignación de pesos en base al 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	<b>0.40</b>	<b>0.30</b>	<b>0.20</b>	<b>0.10</b>			
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: La Autora a partir de Janssen y Van Herwijnen (1994)

Los pesos asignados a cada variable tienen como sustento los ensayos realizados; ensayo de penetración estándar y los sondeos eléctricos verticales que fueron indicadores para valorar la importancia de cada factor.

Tabla 13. Pesos asignados a las diferentes variables.

Variable	Peso
Geología	0.40
Pendiente	0.30
Geomorfología	0.20
Cobertura Vegetal	0.10

Fuente: La Autora a partir de criterios de Janssen y Van Herwijnen.

Seguidamente se realiza la suma de mapas en formato **RÁSTER** a través de la herramienta **Suma Ponderada** que ofrece la posibilidad de ponderar y combinar varias entradas para crear un análisis integrado.



La confección del mapa final se la realiza a través del **Model Builder**.

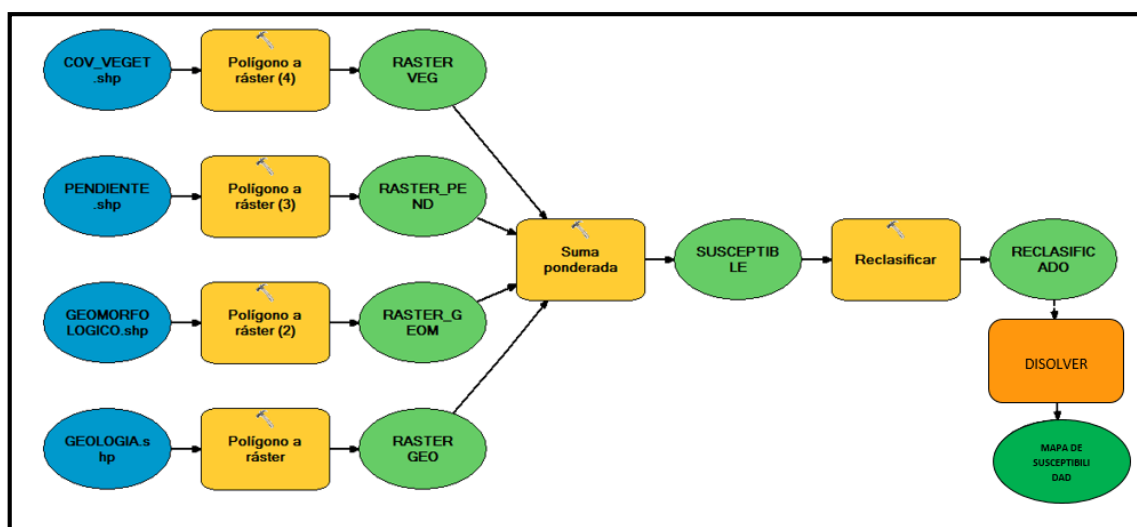


Figura 31. Modelo Model Builder.

Fuente: La Autora.

Finalmente se reclasifica el mapa en las categorías que se describen en la siguiente (Tabla 14).

Tabla 14. Categorías susceptibilidad a deslizamientos.

CATEGORÍAS	ÁREA (HA)	ÁREA (%)
Muy Baja Susceptibilidad	8.56	21.59
Baja Susceptibilidad	5.45	13.76
Mediana Susceptibilidad	16.02	40.41
Alta Susceptibilidad	8.07	20.36
Muy alta Susceptibilidad	1.53	3.88
<b>Total</b>	<b>39.65</b>	<b>100</b>

Fuente: La Autora.

**Susceptibilidad Muy Baja.-** La presente categoría constituye el 21.59% que representa 8.56ha del total del área de estudio, donde predominan terrenos casi planos con pendiente muy bajas de 0° a 5°. Está compuesto por gravas, arenas, arcillas y conglomerados pertenecientes a la Fm. Quillollaco.

**Susceptibilidad Baja.-** En la categoría de baja susceptibilidad predominan terrenos planos a ligeramente inclinados con pendientes entre 2° a 5°, la litología presente en el sector en su mayoría son conglomerados y arcillas arenosas. Esta categoría ocupa el 13.76% del área total de la zona de estudio.

**Susceptibilidad Moderada.-** Esta categoría es la más representativa del área de estudio con un 40.41% ocupando 16.02ha en terrenos fuertemente inclinados con pendientes entre 5° a 35° los cuales en su mayoría están ubicados en la parte sur - oeste del área de estudio. La litología predominante son conglomerados de matriz limoarcillosa con intercalaciones de areniscas que son los más abundantes en el sector de estudio.

**Susceptibilidad Alta.-** El área ocupada por esta categoría es de 8.07ha que representa 20.36% total del área de estudio se caracteriza por terrenos muy empinados a casi verticales con pendientes mayores a 35°, la litología que compone esta categoría son arcillas, conglomerados y una parte de relleno que es utilizado para la nivelación de la vía, la mayoría de su cobertura es denudada lo que la hace susceptible a la erosión.

**Susceptibilidad Muy Alta.-** Dentro de esta categoría se encuentran las zonas más inestables con un 3.88% total del área de estudio se recalca que las zonas muy altamente susceptibles están dentro de la formación San Cayetano caracterizado por arcillas altamente saturadas así mismo considerando las pendientes como una condicionante más a su inestabilidad.

El mapa de Susceptibilidad a Deslizamientos se lo elaboro a escala 1:5.000 en formato A3; (**Anexo 10**).

## **6.2.7. Inventario a deslizamientos**

Se determinó tres deslizamientos ubicados en la parte superior de la vía de integración barrial, siendo característicos en zonas donde existe presencia de arcillas muy altamente saturadas de agua.

Se realizó el análisis para establecer el tipo de deslizamiento, mediante la relación  $D_r/L_r$  se determinó que los tres deslizamientos son rotacionales circular al pie ya que sus valores están entre 0.15 y 0.33 (Skempton y Hutchinson 1969).

Se obtuvo el mapa de inventario a deslizamientos escala 1:5.000 en formato A3; (**Anexo 11**).

Tabla 15. Inventario de deslizamientos.

Nro.	Coordenadas UTM	Tipo de Deslizamiento	Área de afectación (Ha)	Geometría			Dr/Lr	Volumen (m <sup>3</sup> )
				Largo (Lr)	Ancho	Profundidad (Dr)		
D1	X: 699893 Y: 9552380	Rotacional	0.65	24m	6m	7m	0.29	1008
D2	X:699811 Y:9552546	Rotacional	0.33	8m	3m	2m	0.25	48
D3	X:699866 Y:9552578	Rotacional	0.15	11m	4m	2m	0.18	88

Fuente: La Autora.

### 6.2.8. Interpretación de los sondeos eléctricos verticales

Se realizó cuatro sondeos eléctricos verticales mediante el arreglo Schlumberger los cuales han sido ubicados estratégicamente, para realizar cortes geoelectricos e interpretar las estructuras del subsuelo y el contenido de agua en los estratos.

Mediante los resultados obtenidos se procedió a realizar los cortes geoelectricos a través de las interpretaciones de resistividades obtenidas mediante los ensayos.

Tabla 16. Ubicación de los sondeos eléctricos verticales.

SEV	X	Y	Z
Línea 1	699910	9552824	2180
	699942	9552696	
Línea 2	699961	9552829	2180
	699993	9552693	
Línea 3	700058	9552839	2181
	700085	9552704	
Línea 4	700012	9552842	2181
	700041	9552702	

Fuente: La Autora.

#### ▪ Línea 1 (A-A’)

La línea número 1 se encuentra ubicada en la parte S-E del sector de estudio a una altura de 2180m.s.n.m. con una abertura máxima AB/2 de 100m y una profundidad de 50m, se realizó 13 mediciones.

Mediante el análisis realizado con el programa AGI nos dio como resultado la presencia de tres estratos con su respectiva resistividad.

El primer estrato tiene una resistividad de 22.46  $\Omega$ -m con una potencia de 0.50 m que correspondes a suelo orgánico con baja presencia de agua, La segunda capa tiene una potencia de 1.20 m con una resistividad de 7.74  $\Omega$ -m que relaciona materiales Arenas limoarcillosas y gravas saturados. La última capa tiene una resistividad < 4.09  $\Omega$ -m con

una potencia indefinida, por medio de la correlación de tablas se determinó que se trata de intercalaciones de Gravass, Arenas totalmente Saturadas (basamento), y la presencia del nivel freático, ya que esta líneas son adyacentes al Río Malacatos.

Tabla 17. Lecturas de resistividad SEV 1.

ABERTURA AB/2 (m)	ABERTURA MN/2 (m)	CONSTANTE K	RESISTIVIDAD (OHM-M)
1	0.20	7.54	22.46
1.47	0.20	16.66	12.95
2.15	0.20	35.99	7.74
3.16	0.20	78.11	4.09
4.64	0.20	168.78	3.88
6.81	0.20	86.85	1.54
10.00	0.50	363.92	0.86
14.70	0.50	144.91	0.595
21.50	0.50	313.37	0.37
31.60	2.00	678.08	0.25
46.40	2.00	166.58	0.15
68.10	2.00	1454.42	0.07
100	5.00	359.91	0.02

Fuente: La Autora.

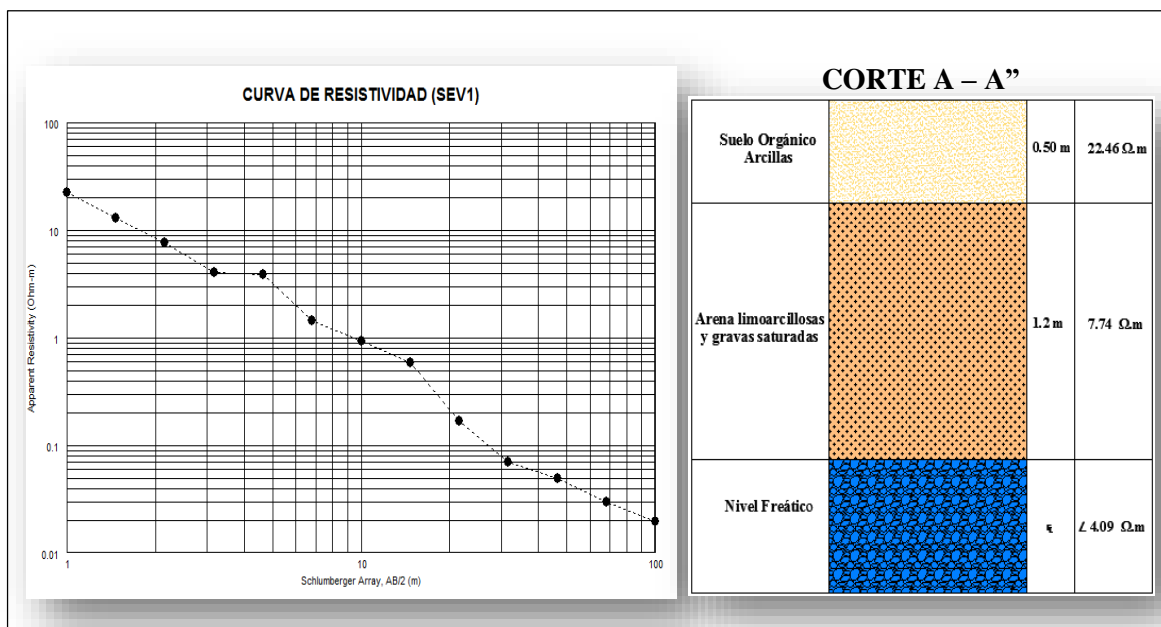


Figura 32. Curva de Resistividad y Perfil Geoeléctrico del SEV 1

Fuente: La Autora a partir del software AGI.

- **Línea 2 (B-B’)**

La línea número 2 se encuentra ubicada en la parte S-E del sector de estudio a una altura de 2180m.s.n.m. con una abertura máxima AB/2 de 100m y una profundidad de 50m, se realizó 13 mediciones.

Basándose en las tablas de resistividad de los geomateriales la siguiente línea presenta tres estratos los cuales se asemejan a la línea anterior.

El primer estrato tiene una resistividad de 28.62  $\Omega$ -m con una potencia de 0.50 m que correspondes a suelos orgánicos con baja presencia de agua, La segunda capa tiene una potencia de 1.50 m con una resistividad de 9.58  $\Omega$ -m que relaciona materiales arcillosos saturados. La última capa relaciona materiales altamente saturados como Gravas, Arenas y arcilla funcionando como basamento (conglomerado) teniendo resistividades menores 5.83  $\Omega$ -m con una potencia indefinida.

Tabla 18. Lecturas de resistividad SEV 2.

ABERTURA AB/2 (m)	ABERTURA MN/2 (m)	CONSTANTE K	RESISTIVIDAD (OHM-M)
1	0.20	7.54	28.62
1.47	0.20	16.66	16.91
2.15	0.20	35.99	9.58
3.16	0.20	78.11	5.83
4.64	0.20	168.78	3.98
6.81	0.20	86.85	1.79
10.00	0.50	363.92	1.11
14.70	0.50	144.91	1.05
21.50	0.50	313.37	0.265
31.60	2.00	678.08	0.13
46.40	2.00	166.58	0.10
68.10	2.00	1454.42	0.075
100	5.00	359.91	0.054

Fuente: La Autora.

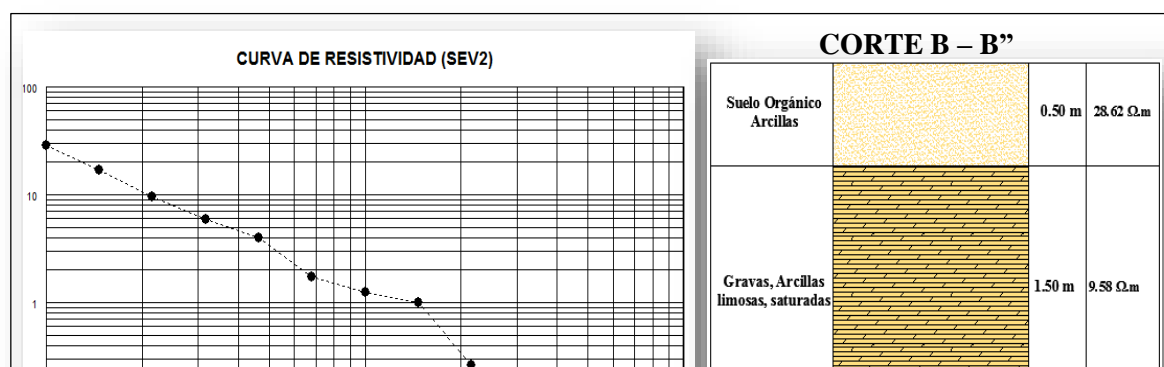


Figura 33. Curva de Resistividad y Perfil Geoeléctrico del SEV 2  
Fuente: La Autora a partir del software AGI.

▪ **Línea 3 (C-C’)**

La línea número 3 se encuentra ubicada en la parte S-E del sector de estudio a una altura de 2181m.s.n.m. con una abertura máxima AB/2 de 68.10m y una profundidad de 34.05m, se realizó 12 mediciones.

El primer estrato indica presencia de arcillas medianamente saturadas con resistividades de 22.94  $\Omega$ -m con una potencia de 0.60 m de profundidad siendo el estrato que tiene la mayor resistividad, el segundo estrato consta de 9.53  $\Omega$ -m de resistividad, un espesor de 1.10 m correspondiendo a arcilla saturadas y el tercer estrato es indefinido siendo su resistividad la más baja <4.5  $\Omega$ -m los materiales relacionados a estas resistividades son Gravas arenas y arcillas altamente saturadas que funcionan como basamento en la presente línea.

Tabla 19. Lecturas de resistividad SEV 3.

ABERTURA AB/2 (m)	ABERTURA MN/2 (m)	CONSTANTE K	RESISTIVIDAD (OHM-M)
1	0.20	7.54	22.94
1.47	0.20	16.66	9.53
2.15	0.20	35.99	4.5
3.16	0.20	78.11	2.22
4.64	0.20	168.78	2.01
6.81	0.20	86.85	0.93
10.00	0.50	363.92	0.55
14.70	0.50	144.91	0.59
21.50	0.50	313.37	0.22
31.60	2.00	678.08	0.09
46.40	2.00	166.58	0.075
68.10	2.00	1454.42	0.06

Fuente: La Autora.

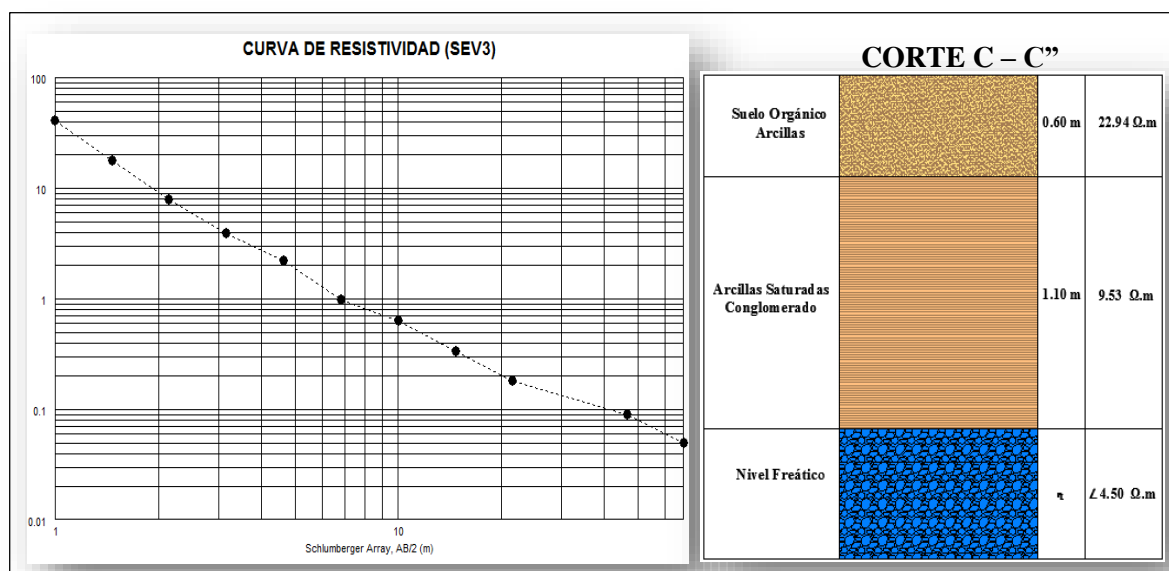


Figura 34. Curva de Resistividad y Perfil Geoeléctrico del SEV 3

Fuente: La Autora a partir del software AGI.

#### ▪ Línea 4 (D-D’)

La línea número 4 se encuentra ubicada en la parte S-E del sector de estudio a una altura de 2181m.s.n.m. con una abertura máxima AB/2 de 68.10m y una profundidad de 34.05m, se realizó 12 mediciones.

El primer estrato indica presencia de arcillas no saturadas con resistividades de 40.76Ω-m con una potencia de 1.50 metros de profundidad siendo el estrato que tiene la mayor resistividad, el segundo estrato consta de 17.72Ω-m de resistividad, un espesor de



3.00m correspondiendo a arcilla saturadas y el tercer estrato es indefinido siendo su resistividad la más baja con tan solo 0.055  $\Omega$ -m los materiales relacionados a estas resistividades son Gravas arenas y arcillas altamente saturadas que funcionan como basamento en la presente línea.

Tabla 20. Lecturas de resistividad SEV 4.

ABERTURA AB/2 (m)	ABERTURA MN/2 (m)	CONSTANTE K	RESISTIVIDAD (OHM-M)
1	0.20	7.54	40.76
1.47	0.20	16.66	17.72
2.15	0.20	35.99	7.86
3.16	0.20	78.11	3.87
4.64	0.20	168.78	3.295
6.81	0.20	86.85	1.47
10.00	0.50	363.92	1.09
14.70	0.50	144.91	0.84
21.50	0.50	313.37	0.485
31.60	2.00	678.08	0.37
46.40	2.00	166.58	0.18
68.10	2.00	1454.42	0.055

Fuente: La Autora.

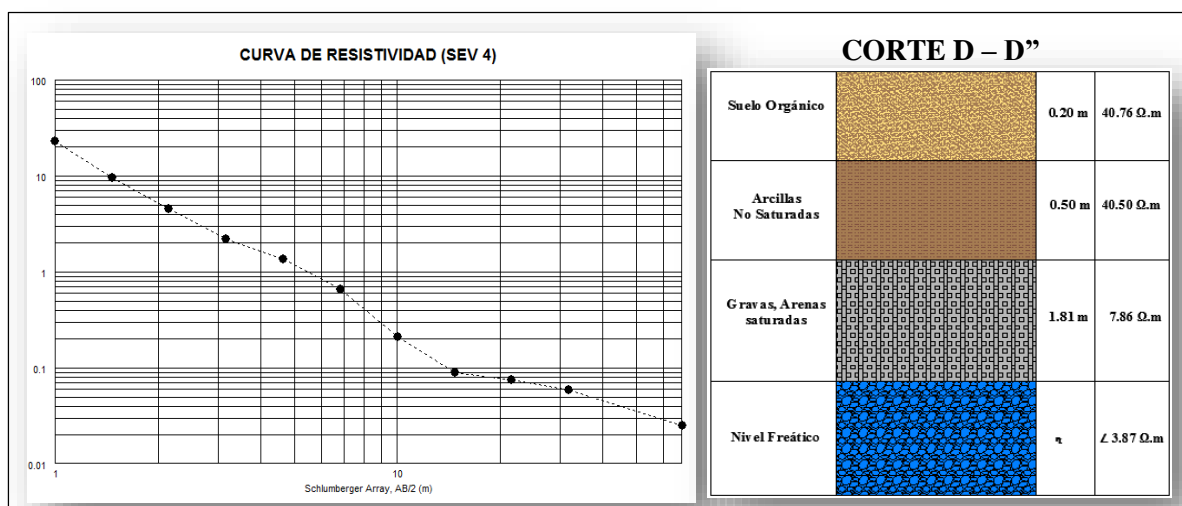


Figura 35. Curva de Resistividad y Perfil Geoeléctrico del SEV 4  
Fuente: La Autora a partir del software AGI.

### 6.2.9. Perfiles Geoeléctricos de los sondeos eléctricos verticales (SEV)

Los perfiles geoelectrónicos se basaron en la correlación de las resistividades obtenidas mediante el ensayo de Sondeo Eléctrico Vertical y tablas referenciales (**anexo 4**) cuyos valores son interpretados y plasmados en perfiles geoelectrónicos para correlacionar la continuidad de litologías que existen entre las diferentes líneas SEV. Se realizaron dos perfiles geoelectrónicos que se representa a continuación:

### CORTE GEOELÉCTRICO SEV 1 - 2

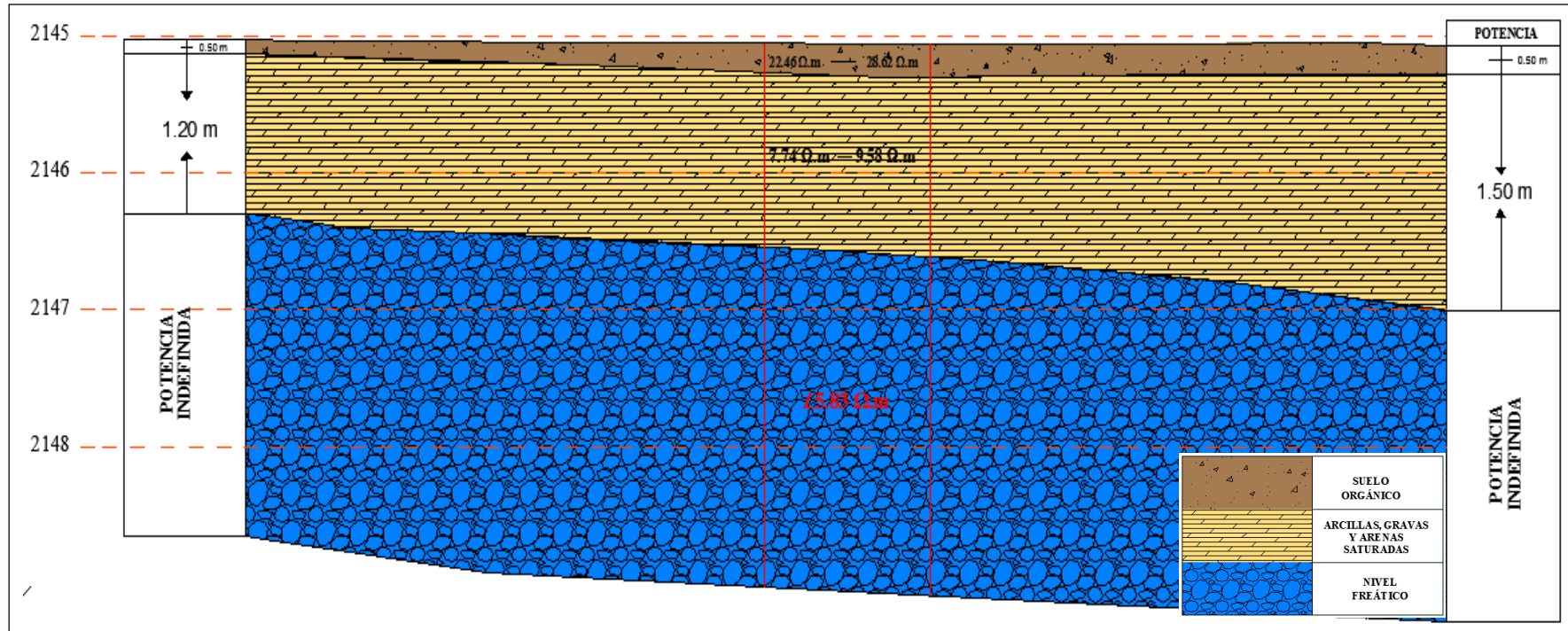


Figura 36. Corte Geoeléctrico de los SEV 1,2 ubicados en la parte inferior de la vía.  
Fuente: La Autora.

### CORTE GEOELÉCTRICO SEV 3 - 4

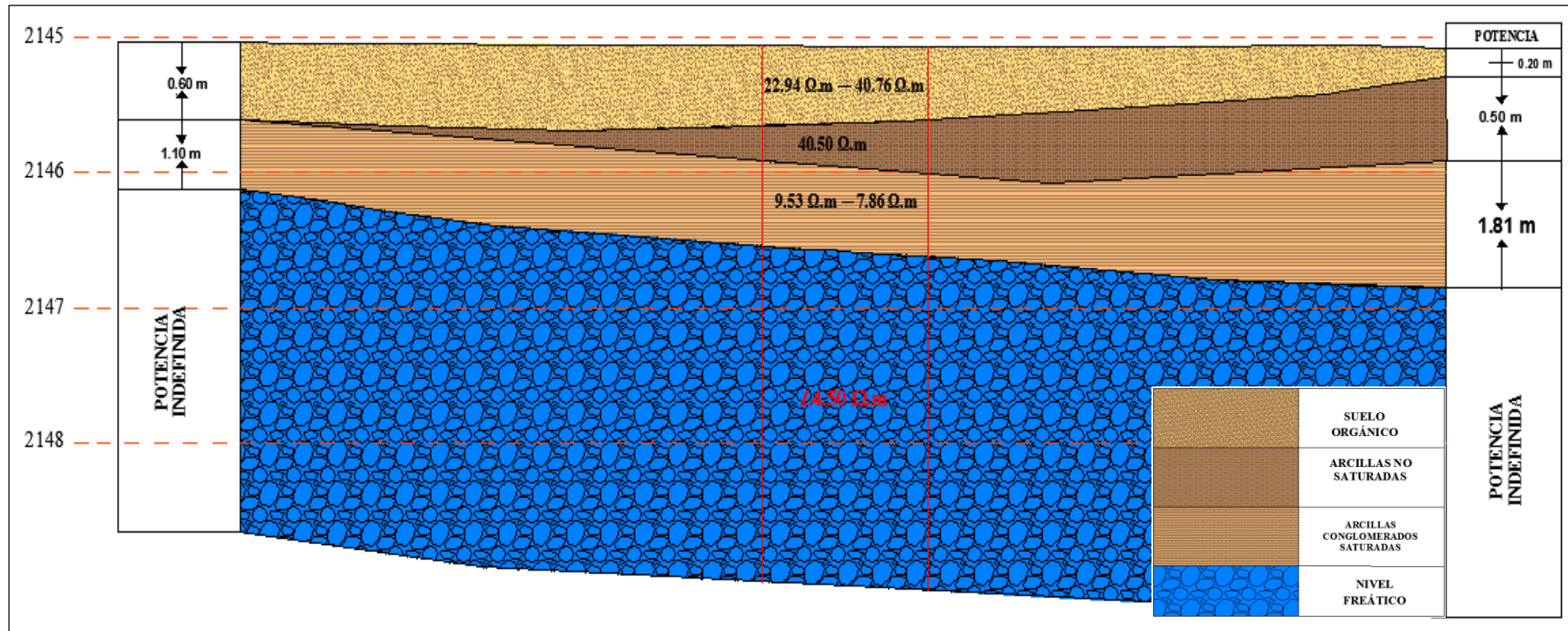


Figura 37. Corte Geoeléctrico de los SEV 3,4 ubicados en la parte inferior de la vía.  
Fuente: La Autora.

### **6.3. Análisis geológico geotécnico**

#### **6.3.1. Geología**

Braja M. Das (2006), manifiesta en su obra “Fundamentos de Ingeniería Geotécnica”, que las propiedades geotécnicas del suelo, como la distribución del tamaño de grano, la compresibilidad, la permeabilidad y la resistencia por cortante, pueden ser determinadas mediante apropiadas pruebas de laboratorio, lo que permitirá conocer su clasificación y caracterización geológica – geotécnica. Además de esto, la correcta aplicación de “técnicas” de campo desarrolladas in situ permitirá definir el comportamiento geotécnico referido a cargas y presencia de agua en los geomateriales.

En este contexto, la presente sección tiene como objeto caracterizar, desde el punto de vista geológico-geotécnico, los geomateriales de la zona de estudio comprendida desde la Ciudadela Julio Ordoñez hasta el Barrio Capulí, enmarcados en el área de acción del trabajo de tesis. Esta caracterización geológica- geotécnica permite determinar dos variables:

- Los sustentos referidos a la interpretación y zonificación a la susceptibilidad de deslizamientos; y,
- El comportamiento geomecánico preliminar de los materiales existentes en dicha zona de análisis.

Como punto de partida, se emplea la información recopilada bibliográficamente y en formato digital; así como su corroboración en trabajos de campo. Desde el punto de vista cartográfico se analizó, evaluó e interpretó la siguiente cartografía:

- Mapa de Topografía a Detalle del Sector de Estudio a Escala 1:5 000
- Mapa de Geología a Detalle del Sector de Estudio a Escala 1:5 000

Finalizado el trabajo de interpretación cartográfica en gabinete, se llevó a cabo un reconocimiento previo del terreno, que consistió básicamente en la realización de una cartografía geológica a detalle, con el fin de obtener la información geológica, estructural y presencia de los principales movimientos de masa en la zona. Posterior a ello, se definió la campaña de exploración geotécnica preliminar que consistió en:

- 4 (cuatro) líneas de geofísica (Sondeos Eléctricos Verticales – SEV-)
- 1 (un) SPT a una profundidad máxima de 3.0 metros y muestreo por cada metro
- Toma de muestras en afloramientos

En el levantamiento geológico se especificó:

- a) Litología y Estratigrafía de las formaciones existentes en la zona de estudio, definiendo los tipos litológicos presentes y delimitando los mismos por medio de contactos. Se analizó la Formación San Cayetano en su preferencia.
- b) Estructura geológica de la zona de estudio en lo que se refiere a: presencia/ausencia de fallas, diaclasas, discordancias y cualquier otra discontinuidad.
- c) Disposición de los planos de estratificación y de las familias de juntas dominantes, con toma sistemática de datos en los afloramientos rocosos a lo largo de la zona de influencia de la vía (estaciones de diferente comportamiento geomecánica, presencia de agua, zonas desplazadas y futuros puntos de observación para movimientos de masa.
- d) Identificación de zonas potencialmente inestables con cuantificación subjetiva de los posibles riesgos geológicos derivados a la citada inestabilidad, prestando especial atención a las zonas de expansión urbana con relación a la vía.

Posteriormente y luego de una interpretación de la información digital procesada, se llevó a cabo los trabajos de campo consistentes en complementar y comprobar dicha información, adaptándola a la escala de trabajo 1:5 000.

El primer paso ha consistido en adaptar la cartografía geológica 1: 5 000 a la interpretación del estudio Geotécnico, se ha utilizado además la fotografía aérea escala 1:5.000 (NVII-B2a-B3 / NVII-B2a-E1). A continuación, se ha procedido a reconocer en campo las diversas formaciones específicamente la San Cayetano, con énfasis a los estratos de arcilla, coluvión grueso y fino; así como identificación y caracterización del conglomerado. Así mismo se han estudiado en detalle los procesos erosivos y de inestabilidad de laderas.

La geología a detalle, a escala 1: 5.000, permitió además, determinar los geomateriales propensos a desintegración física, química y biológica (meteorización) en la zona y compararla con variables geotécnicas (comportamiento mecánico) del material como son: cimentación, excavabilidad, movilidad y estabilidad.

### **6.3.2. Geotecnia**

#### **6.3.2.1. Características generales de las unidades geotécnicas**

Se resumen a continuación las principales características geotécnicas de los dos grandes grupos estratigráficos atravesados por la traza, comenzando desde el más moderno.

### **UNIDAD GEOTÉCNICA 1. CONGLOMERADO Y ARENISCA FORMACIÓN QUILLOLLACO**

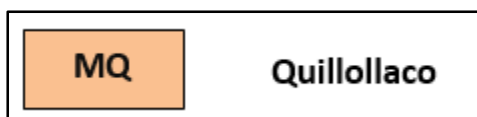
- Litología: Formación Quillollaco

La formación yace en la Quebrada Quillullacu en la cuenca de Loja está dominada por conglomerados con pocas intercalaciones de arenisca. Los conglomerados están compuestos por clastos metamórficos redondeados, filitas, cuarcitas, vetas de cuarzo y

esquistos de hasta 50 cm. de diámetro; también hay intervalos menores de arenisca que son ínterstratificadas. Su espesor varía entre 600 m al sur de la cuenca, 100 m en la parte central y 500 m en la parte este de la cuenca.

- Geología

Los materiales más representativos de esta unidad geotécnica son depósitos conglomeraticos de coloración gris claro a oscuro con intercalaciones de areniscas pertenecientes a la formación Quillollaco de la Época Mioceno Tardío



- Estructura

Los sedimentos muestran una facies típica asociada de un ambiente de abanico aluvial con depósitos detríticos dispersos dominado por canales fluviales, se sugiere una edad del Mioceno Tardío. Los espesores alcanzados por los estratos de conglomerado son de 4m con intercalaciones de areniscas de 1 metro.

- Geotecnia.

Para este tipo de materiales se puede relacionar con una capacidad portante de media a baja, y una baja deformabilidad.

- Interrelación con –SEV-

Interrelacionando la información del SPT con los resultados de los sondeos eléctricos verticales (SEV 1 y 2) existe la presencia de conglomerado como basamento lo cual corrobora que el material más consistente y firme es este, el que permite que estas áreas sean poco susceptible a deslizamiento, siempre y cuando se considere la variable agua.



▪ Interpretación -SPT-

Los depósitos conglomeraticos funciona como el basamento donde descansan los estratos de arcilla y areniscas, presentan una densidad de  $2.08\text{gr}/\text{cm}^3$ .

SC. Arenas consolidadas que presentan un comportamiento frágil con una baja resistencia en estado seco.

GC. Gravas arcillosas mal graduadas con presencia de material fino plástico.

Según Krumbrein y Sloss (1995), las partículas de la muestra son 0.9/0.9 (forma/redondeamiento) y tienen una relación de fino del 15% - 33%.

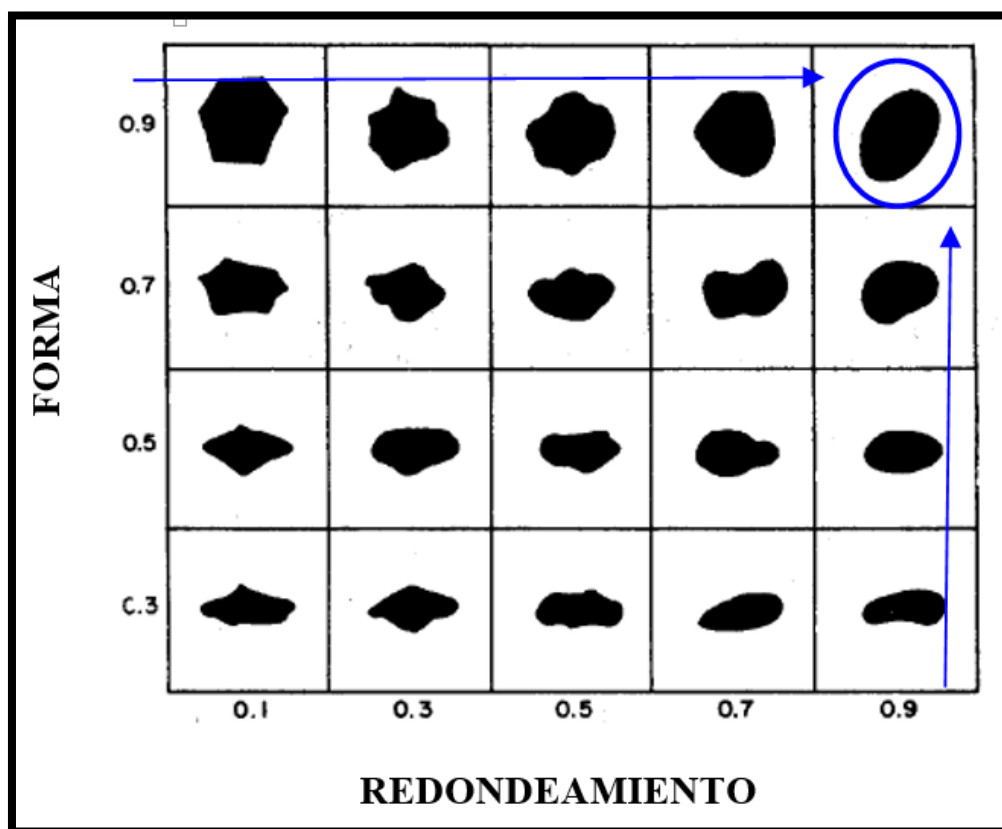


Figura 38. Clasificación de las partículas por su forma y redondeamiento.  
Fuente: Krumbrein y Sloss (1995).

Corresponden a materiales con un bajo porcentaje de finos y un alto contenido de gravas (25%) y arenas (46%). Tienen un límite líquido Muy Bajo (25%). El límite plástico L.P., es de 20%. Su índice de plasticidad I.P. relaciona valores entre 5 - 6%, lo que permite clasificar al material como SC - GS (SUCS) Y A-2-4 y A-1 b (AASHTO) reconocidas como material de gravas y arenas con muy baja plasticidad.

La resistencia a la compresión simple a los 2.0 m de profundidad es de 1.20 Kg/cm<sup>2</sup>. La humedad varía entre un 9.76% a 11.88% a los 4.0 m de profundidad lo que indica presencia de agua (niveles freáticos – capilaridad - infiltración).

En base a los valores orientativos del SPT de 1.0m a los 3m; existe una constante de penetración lo que indica suelos de consistencia media (N30 = 2~26 golpes). Desde los 4 metros de profundidad los valores de N30 mantienen un rango de 63 golpes, considerando suelos Rígidos.

- Condiciones de Estabilidad

El ángulo de talud recomendado es de 45° siempre y cuando se encuentre en estado seco, ya que este tipo de material es muy poco resistente en condiciones húmedas. Como excavabilidad, los materiales granulares (Gravas- Arenas) pueden ser extraídos mecánicamente (Palas/Excavadoras/Retroexcavadoras). Esta unidad se consideran permeables (valores de coeficiente de permeabilidad  $k > 10^{-4}$  cm/seg) por lo que prácticamente existe porosidad intergranular que satura a los niveles del suelo.

### **6.3.2.2. Índices correlativos a los Límites Atterberg Comportamiento**

Los parámetros de correlación más útiles, obtenidos a partir de la determinación de los límites de Atterberg son: el índice de plasticidad IP, la consistencia relativa CR, el índice de liquidez IL y el grado de actividad de las arcillas Ac.

- Consistencia relativa. CR.

El valor de la Consistencia Relativa,  $CR=0.60$ . Describiéndolo como SUELO DE CONSISTENCIA MEDIA. Se considera que la resistencia a la compresión uniaxial ( $q_u$ ) de las gravas y arenas varía entre:  $0.27 \sim 8.40 \text{ Kg/cm}^2$ .

- Índice de liquidez. IL.

El valor del Índice de Liquidez,  $IL=0.40$ . Se dice las gravas y arenas están PRE CONSOLIDADA; es decir, las gravas y arenas han sufrido presiones efectivas con cierto grado de alteración.

Los datos requeridos para realizar la presente caracterización geotécnica se obtuvieron a través de los resultados del Ensayo de Penetración Estándar SPT que se observan en el (**Anexo 12**).

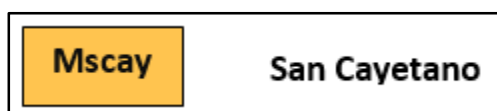
## **UNIDAD GEOTÉCNICA 2. ARCILLLOLITA - ARENISCAS FINAS FORMACIÓN SAN CAYETANO**

- Litología: Formación San Cayetano

Formación San Cayetano.- Está expuesta al este de la falla de cobijadura a lo largo del Río Zamora. La formación puede ser dividida en tres miembros con límites transicionales. El miembro inferior de areniscas, contienen capas de areniscas y algunas pequeñas capas de conglomerados y varias capas de carbón. Una capa intermedia del miembro limonitas que contiene lutitas laminado de color gris y blancos, con abundantes capas de diatomita y algunos piroclastos horizontales, con una rica microflora y gastrópodos (en parte solidificado con dos intercalaciones distintas de 3-5-m espesor capas de brecha). El miembro superior de areniscas tiene una litología similar a la intermedia, pero generalmente muestran una tendencia de depositación estrato creciente. Tiene una edad del Mioceno Tardío a último.

- Geología

Constituido generalmente por arcillolita, areniscas y conglomerado grano decreciente de coloración café claro a oscuro, de la cual se tomó en consideración la arcillolita y arenisca por ser las más representativas en esta unidad geotécnica, pertenecen a la formación San Cayetano de la época Mioceno tardío a último.



- Estructura.

Estos materiales arcillosos del Mioceno tardío, se presentan asociados a material residual y capas de materia vegetal, ocupando las pendientes más altas. En el caso de la zona de estudio los espesores alcanzados por los estratos de arcillas y areniscas son de unos 3m con intercalaciones de microconglomerado de 1 metro.

- Geotecnia.

En general se puede adoptar para este tipo de materiales una capacidad portante media-baja y alta deformabilidad.

- Interrelación con –SEV-

Interrelacionando los SEV (3 y 4) con los sondeos de penetración estándar (SPT) realizados en el área de estudio se observa la presencia mayoritariamente de arcillas saturadas lo cual ratifica que este tipo de material es el más susceptible a deslizarse ya que presenta valores de resistividad  $<1 \Omega\text{-m}$ .

- Interpretación -SPT-

CL. Suelos muy blandos, normalmente consolidados con una resistencia en estado seco de Ligera a media, una Dilatancia media. La Tenacidad de lenta a media. Se refieren típicamente a suelos limoarcillosos.

Los suelos arcillosos hasta los 3.0m presentan densidades  $> 1.6 \text{ gr/cm}^3$ . Según Krumbrein y Sloss (1995), las partículas de la muestra son 0.3/0.9 (forma/redondeamiento) y son preferentemente finos (84%).

Corresponden a materiales con un porcentaje de finos igual a 84% en los primeros 3 metros de profundidad, un límite líquido Bajo (33%). El límite plástico L.P., varía en rangos de 18-19%. Su índice de plasticidad I.P. relaciona valores entre 14 ~ 15%, lo que permite clasificar al material como CL (SUCS) Y A-6 (AASHTO) reconocidas como materiales limoarcillosos de plasticidad Media.

La resistencia a la compresión simple a los 3.0 m de profundidad es de 3.33 Kg/cm<sup>2</sup>. La humedad varía entre un 9.32% a 14.48% a los 3.0 m de profundidad lo que indica presencia de agua (niveles freáticos – capilaridad - infiltración).

En base a los valores orientativos del SPT de los 1.0m a los 2m; existe una constante de penetración lo que indica suelos medios ( $N_{30} = 50\sim 97$  golpes). Desde los 3 metros de profundidad los valores de  $N_{30}$  mantienen un rango de 200 golpes, considerando suelos muy blandos.

Los valores obtenidos de las muestras pueden ser interpretadas en base a los criterios de J. M. Ortiz (2006), el cual, en su trabajo denominado “Las arcillas expansivas: su estudio y tratamiento” hace una recopilación de los criterios de los distintos autores de temáticas de mecánica de suelos (**Tabla 21**).

Tabla 21. Criterios para la determinación y posible catalogación de ARCILLAS EXPANSIVAS a 2.0 metros de profundidad.				
Limite Liquido, LL	>30	30-40	40-60	>60
Índice de plasticidad, IP	0-18	15-28	25-40	>35
Presión de Hinchamiento (kg/cm <sup>2</sup> )	<0.3	0.3-1.2	1.2-3.0	>3.0
Hinchamiento probable (cm)	<0.8	1-3	3.0-7.0	>7.0
Peligro de Hinchamiento	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
	<b>SI</b>			

Fuente: Elaborado a partir de los Criterios de expansividad recopilados por Rodríguez – Ortiz (1975).

Los valores de LL=33% e IP=14% (3.0 metros profundidad), constan en los resultados del SPT, (**Anexo 12 - 13**).

- Condiciones de Estabilidad

El ángulo de talud recomendado, según Suarez Jaime, 2009 (En su Tabla 8.2 Pendientes típicas para taludes en terraplenes, Departamento de Carreteras del Japón, página 273), indica secciones en terraplén con pendientes de 1.5H:1V a 1.8H:1V, con alturas de corte <5.0 metros.

Como excavabilidad, los materiales arcillosos pueden ser extraídos mecánicamente (Palas/Excavadoras/Retroexcavadoras). Esta unidad se considera casi impermeable (valores de coeficiente de permeabilidad  $k > 10^{-6}$  cm/seg) por lo que prácticamente no existe porosidad intergranular.

### 6.3.2.3. Índices correlativos a los Limites Atterberg. Comportamiento

Los parámetros de correlación más útiles, obtenidos a partir de la determinación de los límites de Atterberg son: el índice de plasticidad IP, la consistencia relativa CR, el índice de liquidez IL y el grado de actividad de las arcillas Ac.

- Consistencia relativa. CR.

El valor de la Consistencia Relativa,  $CR=0.07$ . Describiéndolo como SUELO MUY BLANDO. Se considera que la resistencia a la compresión uniaxial ( $q_u$ ) de la arcilla varía entre:  $6.67 \sim 26.67 \text{ Kg/cm}^2$ .

- Índice de liquidez. IL.

El valor del Índice de Liquidez,  $IL=0.93$ . Se dice que la arcilla esta NORMALMENTE CONSOLIDADA; es decir, la arcilla ha sufrido solo presiones naturales y ninguna alteración.

- Grado de Actividad de las Arcillas. Ac.

El valor del Grado de actividad de las arcillas,  $Ac=0.7$ . Se indica que el suelo tiene una clasificación de INACTIVO. El suelo de la muestra (obtenida por SPT) se puede catalogar, Según Skempton, al grupo de la Kaolinita, con BAJO potencial de variación de su volumen.

Los datos requeridos para realizar la presente caracterización geotécnica se obtuvieron a través de los resultados del Ensayo de Penetración Estándar SPT que se observan en el (**Anexo 13**).

#### **6.3.2.4. Resumen y valoración geológica-geotécnica**

De la información obtenida e interpretada se concluye en el sector de estudio que comprende la Ciudadela Julio Ordoñez – Barrio Capulí, se presenta dos tipos de rocas bien diferenciadas: Arcillolitas, depósitos conglomeraticos y areniscas. El conglomerado, de tipo esquistoso y compacto, constituye el material más abundante en el área de estudio, siendo el agua el principal desencadenante de inestabilidad. Las proyecciones de

urbanizaciones en forma no planificada y anti técnica que se realicen en la zona, siempre serán propensas a deslizamientos y fallas en la infraestructura.

Las arcillolitas afloran en la parte sur occidental del área de estudio, se caracterizan por tener mayor inestabilidad en estado húmedo y bajas condiciones para la construcción de obras civiles

Para la valoración como zona geológica – geotécnica se ha optado por una metodología sencilla planteada por Valencia Carolina en el año 2008, en donde se toman en consideración los siguientes condicionantes geotécnicos:

- Capacidad Portante
- Deformabilidad
- Excavabilidad
- Tipo de explanada
- Clasificación del material para su reutilización
- Drenaje

Cada uno de estos factores se ha puntuado de 0 a 2, coincidiendo el menor y mayor valor con la situación menos y más favorable respectivamente para cada uno de ellos. Esto es así salvo en el apartado de reutilización donde existen cuatro categorías de suelos (marginal, tolerable, adecuado y seleccionado), utilizándose los valores de 0 a 3 con el mismo criterio anterior, y en el apartado de posibles problemas geotécnicos donde sólo se ha valorado si existen o no, con valores de 0 y 1 respectivamente. Por último se realiza una valoración global de todos ellos en tres categorías según el siguiente criterio:

- Menos o igual de 5 puntos: Deficiente.
- De 6 a 9 puntos: Aceptable.
- Más de 9 puntos: Bueno.

Se resumen en los siguientes cuadros tanto la valoración, como las características geotécnicas de las diferentes unidades descritas.

Tabla 22. Valoración de la Unidad geotécnica. Valencia Carolina 2008.



	<b>UNIDAD GEOTÉCNICA N° 1 CONGLOMERADO Y ARENISCA FORMACIÓN QUILLOLLACO</b>	<b>UNIDAD GEOTÉCNICA N° 2 ARCILLLOLITA Y ARENISCAS FINAS FORMACIÓN SAN CAYETANO</b>
CAPACIDAD PORTANTE	2.0	1.0
DEFORMABILIDAD	1.0	1.0
EXCAVABILIDAD	1.0	2.0
TIPO DE EXPLANADA	1.0	0.0
REUTILIZACIÓN	1.0	1.0
DRENAJE	2.0	0.0
TOTAL DE LA VALORACIÓN GEOLÓGICA – GEOTÉCNICA	8.0	5.0
CLASIFICACIÓN	ACEPTABLE	DEFICIENTE

Fuente: Elaborado por el Ing. Michael Valarezo.

En relación a todos los datos y su correlación:

Existe presencia de material de mínima calidad en referencia a capacidad portante a 2.0 metros de profundidad, con un valor de  $q_a < 12.93 \text{ kg/m}^2$ .

Luego de los 2.0 metros de profundidad,  $q_a$  mantiene valores superiores a  $26.67 \text{ kg/m}^2$ .

En el caso de las arcillas es comprensible en función de todos los valores, que sea catalogada como DESFAVORABLE, requiriendo (para la construcción) cimentaciones superficiales bases de por lo menos  $1.5 \times 1.5 \text{ m}$ , previo medidas de drenaje.

La cimentación debe corresponderse a la estructura con viviendas C-0 (menores a 4 pisos)/ NEC-11 - BAJA. En este caso obras mayores como puentes, desvíos de vías u otras se recomienda pilotaje.

Los drenajes deben establecerse en función de los niveles freáticos con geotextiles, gravas y/o tubos perforados. La profundidad a tomar en cuenta es 2.0m con posible presencia de agua freática.

### **6.3.3. Metodología de cálculo para el Factor de Seguridad**

Hoek y Bray (1981) proponen gráficos para estabilidad de terrenos en los cuales se debe tomar en cuenta que este tipo se calculó es preferible para suelos con roturas circulares al pie. Considerando cinco casos en los que la altura del nivel freático en la superficie del talud varía entre 0 y la altura total del mismo.

La metodología aplicada es conocida por el nombre de Ábacos de Hoek y Bray su selección se justifica principalmente al estado de saturación del talud y a la disponibilidad de datos geométricos del lugar (ángulo y altura del talud, y sus dimensiones) y parámetros resistentes (ángulo de fricción interna y cohesión).

Los datos obtenidos en el ensayo son plasmados en ábacos a fin de evaluar la condición de estabilidad de los taludes.

La funcionalidad del método propuesto, reside en tres modelos numéricos que se indica a continuación:

$$\frac{c}{\gamma \cdot H \cdot \tan \theta}$$

$$\frac{c}{\gamma \cdot H \cdot FS}$$

$$\frac{\tan \theta}{FS}$$

Donde

C': Cohesión del suelo expresada en unidades de Kg/cm<sup>2</sup>

Y: Peso específico del agua que oscila entre 1.5 a 1.8 Kg/cm<sup>2</sup>

H: Altura del talud medido en metros.

Θ: Angulo de fricción interna, unidades expresadas en grados o porcentaje.

FS: Factor de Seguridad, unidad adimensional.

▪ **Talud Nro. 1**

El tipo de material predominante en este sector es limo arcilloso, para el cual se realizó el cálculo del factor de seguridad en algunos escenarios con respecto a la altura del talud (H) con el objeto de obtener la gráfica de sensibilidad.

Tabla 23. Datos para el cálculo del Factor de Seguridad Talud Nro. 1

DATOS	Variable 1	Variable 2	Variable 3
<b>Cohesión (c')</b>	3.33ton/m2	3.33ton/m2	3.33ton/m2
<b>Angulo de fricción interna (θ)</b>	35°	35°	35°
<b>Altura del talud (H)</b>	<b>28m</b>	<b>20m</b>	<b>15m</b>
<b>Angulo del talud (Ψ)</b>	72°	72°	72°
<b>Peso específico del material (γ)</b>	1.8ton/m3	1.8ton/m3	1.8ton/m3

Fuente: La Autora.

Se realizó los siguientes cálculos:

$$R_1 = \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot \tan \theta} = \frac{3.33 \text{ ton/m}^2}{1.8 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3} \cdot 28 \text{ m} \cdot \tan 35^\circ} = 0.107 \text{ este valor es graficado en el Abaco para determinar } x, y.$$

$$R_2 = \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot \tan \theta} = \frac{3.33 \text{ ton/m}^2}{1.8 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3} \cdot 20 \text{ m} \cdot \tan 35^\circ} = 0.150$$

$$R_3 = \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot \tan \theta} = \frac{3.33 \text{ ton/m}^2}{1.8 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3} \cdot 15 \text{ m} \cdot \tan 35^\circ} = 0.201$$

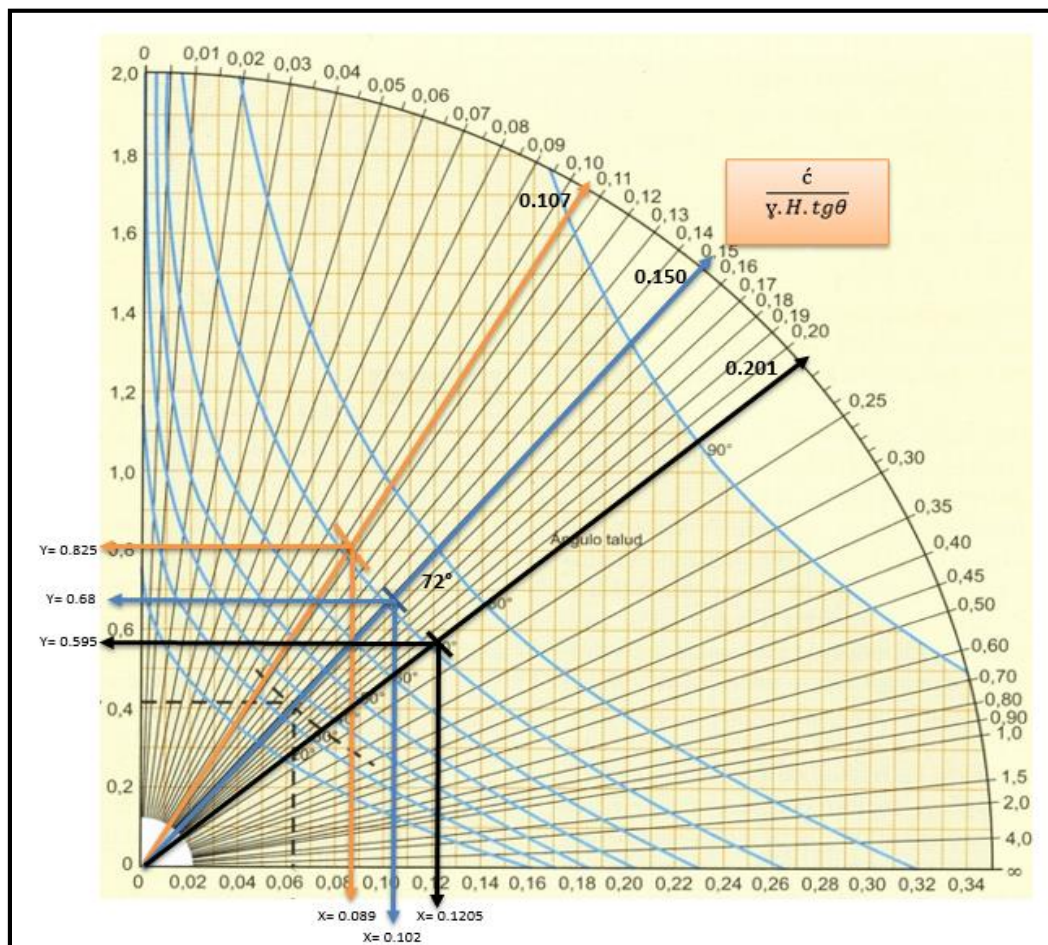


Figura 39. Calculo de las variables (X,Y) del Talud Nro. 1  
Fuente: La Autora a partir de los Ábacos de Hoek y Bray.

### Determinación Factor de Seguridad

#### Variable 1

$$X = \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot FS} = 0.089 = \frac{3.33}{1.8 \cdot 28 \cdot FS}; \text{ despejo FS}$$

$$FS = 0.73 \quad \text{Inestable}$$

$$Y = \frac{tg \theta}{FS} = 0.825 = \frac{tg 35}{FS} \text{ despejamos FS}$$

$$FS = 0.73 \quad \text{Inestable}$$

#### Variable 2

$$X = \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot FS} = 0.102 = \frac{3.33}{1.8 \cdot 20 \cdot FS}; \text{ despejo FS}$$

$$FS = 0.90 \quad \text{Inestable}$$

$$Y = \frac{tg \theta}{FS} = 0.68 = \frac{tg 35}{FS} \text{ despejamos FS}$$

$$FS = 0.90 \quad \text{Inestable}$$

### Variable 3

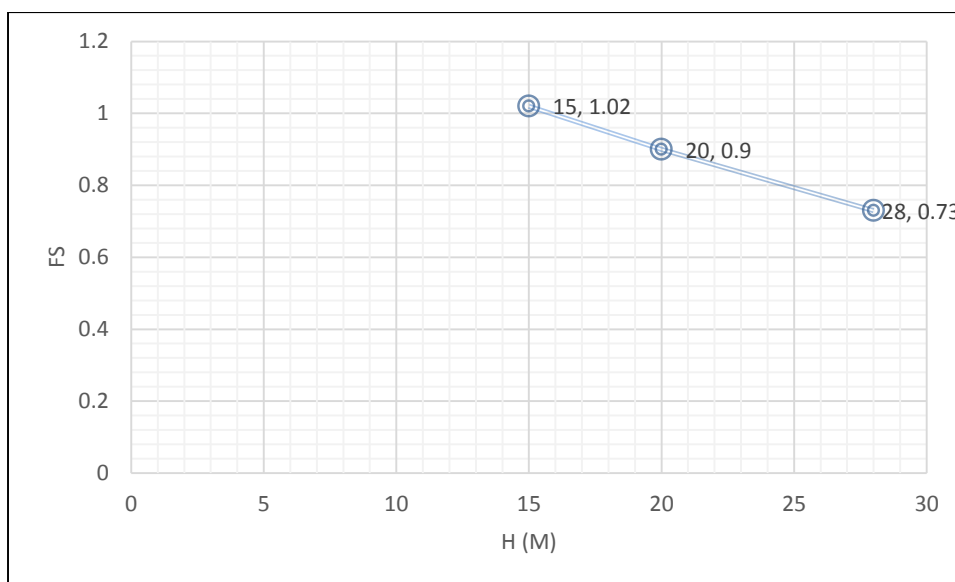
$$X = \frac{c}{\gamma H \cdot FS} = 0.1205 = \frac{3.33}{1.8 \cdot 15 \cdot FS}; \text{ despejo FS}$$

$$FS = 1.02 \quad \text{Estable}$$

$$Y = \frac{tg\theta}{FS} = 0.595 = \frac{tg35}{FS} \text{ despejamos FS}$$

$$FS = 1.02 \quad \text{Estable}$$

### Gráfica de sensibilidad



Una vez realizada la gráfica de sensibilidad se estableció que entre menor altura el talud es más estable por lo que se propuso algunas variables hasta determinar las condiciones más óptimas en las cuales el talud es firme. Con una altura de 15m el Factor de seguridad nos dio como resultado 1.02 que determina que es la medida más recomendable para mantenerse estable.

▪ **Talud Nro. 2**

El tipo de material que está compuesto el Talud Nro. 2 es mayoritariamente conglomerado con intercalaciones de areniscas, para este talud se realizó la evaluación del factor de seguridad eligiendo el Abaco totalmente saturado.

Tabla 24. Datos para el cálculo del Factor de Seguridad Talud Nro. 2

<b>DATOS</b>	<b>Variable 1</b>	<b>Variable 2</b>	<b>Variable 3</b>
<b>Cohesión (c')</b>	3.33ton/m2	3.33ton/m2	3.33ton/m2
<b>Angulo de fricción interna (θ)</b>	30°	30°	30°
<b>Altura del talud (H)</b>	<b>34m</b>	<b>25m</b>	<b>10m</b>
<b>Angulo del talud (Ψ)</b>	75°	75°	75°
<b>Peso específico del material (γ)</b>	1.9ton/m2	1.9ton/m2	1.9ton/m2

Fuente: La Autora.

Se realizó los siguientes cálculos:

$$R_1 = \frac{c'}{\gamma \cdot H \cdot \tan \theta} = \frac{3.33 \text{Kg/cm}^2}{1.9 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \cdot 34 \text{m} \cdot \tan 30} = 0.101$$

$$R_2 = \frac{c'}{\gamma \cdot H \cdot \tan \theta} = \frac{3.33 \text{Kg/cm}^2}{1.9 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \cdot 25 \text{m} \cdot \tan 30} = 0.137$$

$$R_3 = \frac{c'}{\gamma \cdot H \cdot \tan \theta} = \frac{3.33 \text{Kg/cm}^2}{1.9 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \cdot 10 \text{m} \cdot \tan 30} = 0.343 \text{ este valor es graficado en el Abaco para determinar } x, y.$$

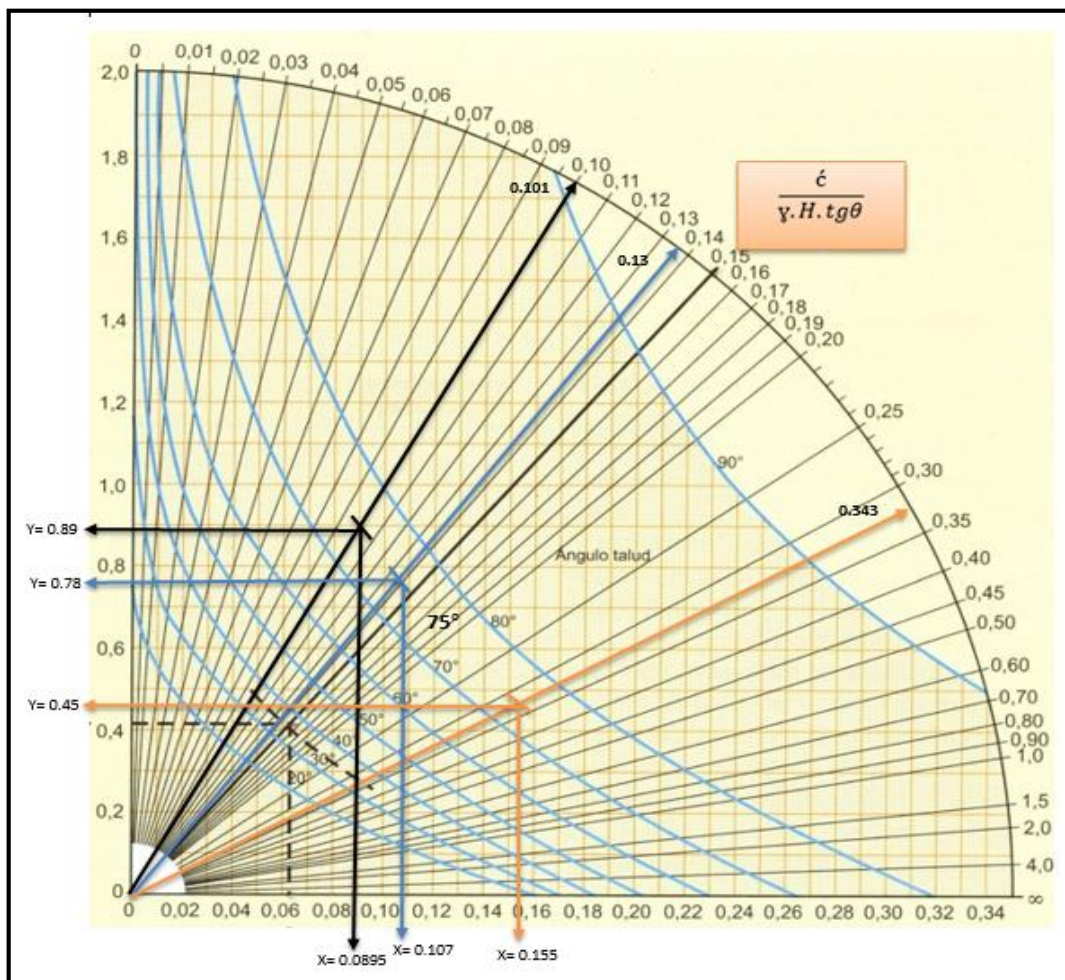


Figura 40. Calculo de las variables (X,Y) del Talud Nro. 2  
Fuente: La Autora a partir de los Ábacos de Hoek y Bray.

### Determinación Factor de Seguridad

#### Variable 1

$$X = \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot FS} = 0.0895 = \frac{3.33}{1.9 \cdot 34 \cdot FS}; \text{ despejo FS}$$

$$FS = 0.57 \quad \text{Inestable}$$

$$Y = \frac{tg \theta}{FS} = 0.89 = \frac{tg 30}{FS} \text{ despejamos FS}$$

$$FS = 0.57 \quad \text{Inestable}$$

#### Variable 2

$$X = \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot FS} = 0.107 = \frac{3.33}{1.9 \cdot 25 \cdot FS}; \text{ despejo FS}$$

$$FS = 0.65 \quad \text{Inestable}$$

$$Y = \frac{tg \theta}{FS} = 0.78 = \frac{tg 30}{FS} \text{ despejamos FS}$$

$$FS = 0.65 \quad \text{Inestable}$$

### Variable 3

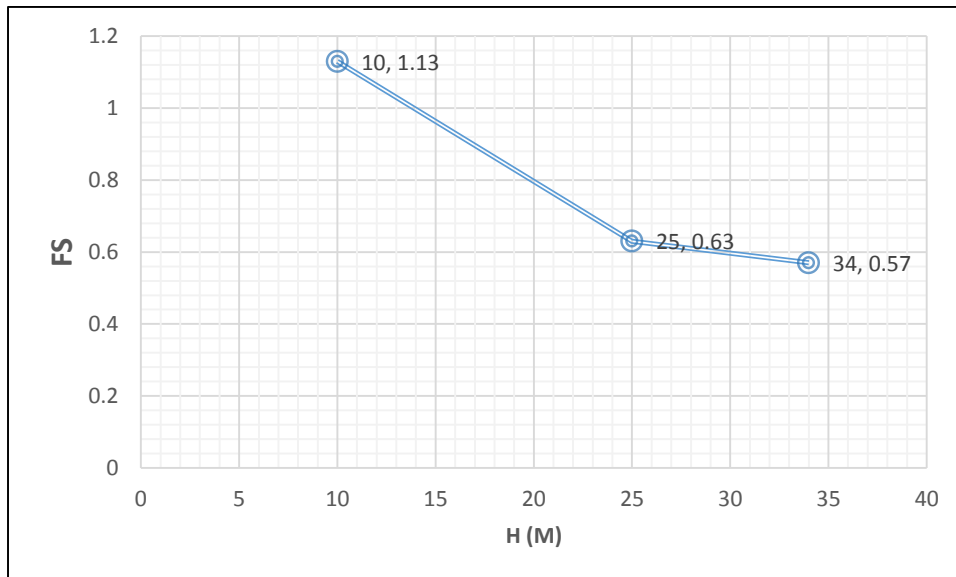
$$X = \frac{\dot{c}}{\gamma \cdot H \cdot FS} = 0.155 = \frac{3.33}{1.9 \cdot 10 \cdot FS}; \text{ despejo FS}$$

$$FS = 1.13 \quad \text{Estable}$$

$$Y = \frac{tg\theta}{FS} = 0.45 = \frac{tg30}{FS} \text{ despejamos FS}$$

$$FS = 1.13 \quad \text{Estable}$$

### Grafica de sensibilidad



Para la siguiente grafica de sensibilidad se determinó que la altura del talud debería establecerse en 10m ya que su altura actual es muy inestable con un FS: 0.57 que significa que en algún momento va colapsar.



▪ **Talud Nro. 3**

El material que predomina en esta parte del talud es arcilla y arenisca, para este talud se realizó la evaluación del factor de seguridad eligiendo el Abaco en casos intermedios en base a su límite máximo de saturación.

Tabla 25. Datos para el cálculo del Factor de Seguridad Talud Nro. 3

<b>DATOS</b>	<b>Variable 1</b>	<b>Variable 2</b>
<b>Cohesión (c´)</b>	3.8ton/m2	3.8ton/m2
<b>Angulo de fricción interna (θ)</b>	25°	25°
<b>Altura del talud (H)</b>	<b>17m</b>	<b>13m</b>
<b>Angulo del talud (Ψ)</b>	60°	60°
<b>Peso específico del material (γ)</b>	1.8ton/m3	1.8ton/m3

Fuente: La Autora.

Realizaremos los siguientes cálculos:

$$R_1 = \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot \tan \theta} = \frac{3.8 \text{ ton/m}^2}{1.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \cdot 17 \text{ m} \cdot \tan 25} = 0.299$$

$$R_2 = \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot \tan \theta} = \frac{3.8 \text{ ton/m}^2}{1.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \cdot 13 \text{ m} \cdot \tan 25} = 0.392 \text{ este valor es graficado en el Abaco para determinar } x, y.$$

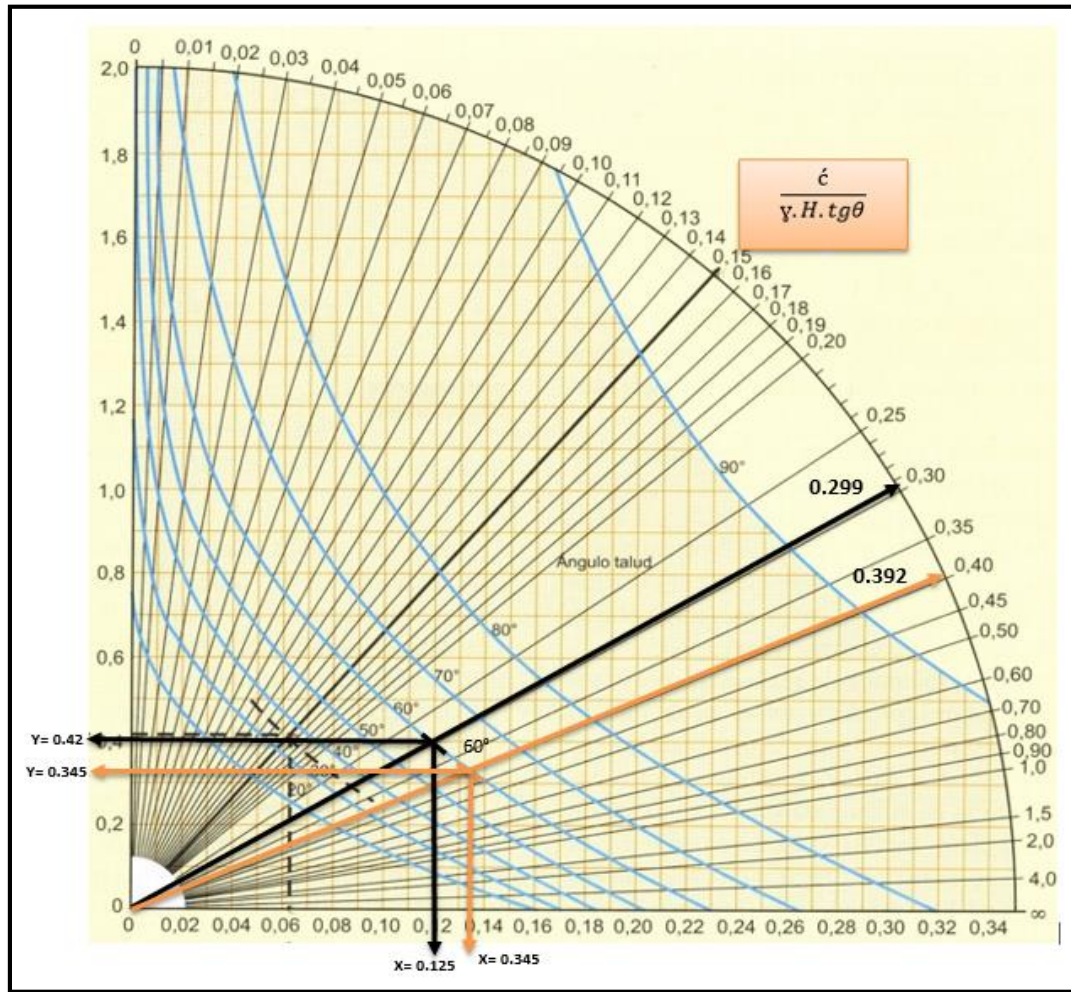


Figura 41. Calculo de las variables (X,Y) del Talud Nro. 3  
Fuente: La Autora a partir de los Ábacos de Hoek y Bray.

### Determinación Factor de Seguridad

#### Variable 1

$$X = \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot FS} = 0.125 = \frac{3.8}{1.8 \cdot 17 \cdot FS}; \text{ despejo FS}$$

$$FS = 0.99 \quad \text{Inestable}$$

$$Y = \frac{tg\theta}{FS} = 0.42 = \frac{tg25}{FS} \text{ despejamos FS}$$

$$FS = 0.99 \quad \text{Inestable}$$

#### Variable 2

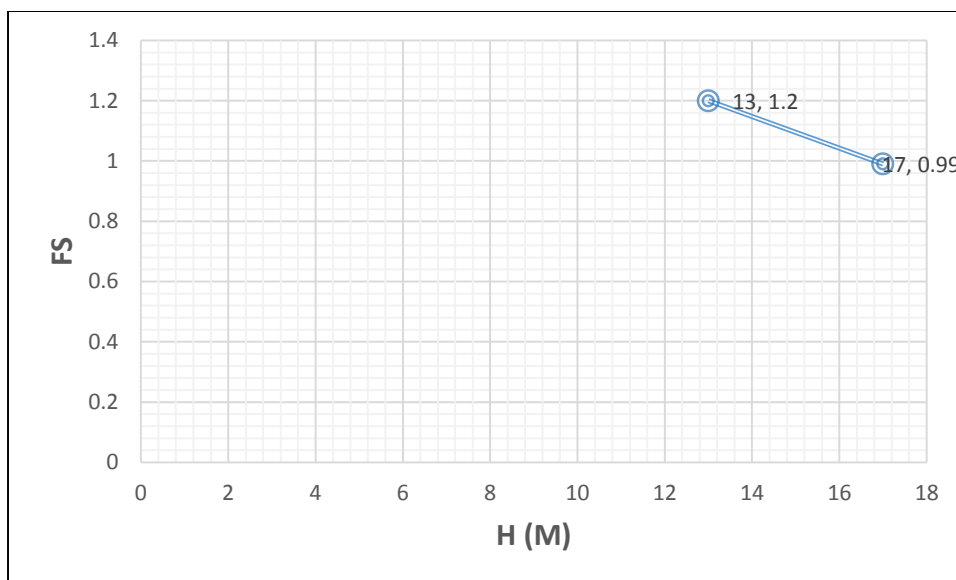
$$X = \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot FS} = 0.135 = \frac{3.8}{1.8 \cdot 13 \cdot FS}; \text{ despejo FS}$$

$$FS = 1.2 \quad \text{Estable}$$

$$Y = \frac{tg\theta}{FS} = 0.345 = \frac{tg25}{FS} \text{ despejamos FS}$$

$$FS = 1.2 \quad \text{Estable}$$

### Grafica de sensibilidad



El talud actual tiene una altura de 17m con un FS= 0.99 por tal razón se propuso disminuir su altura y aumentar su estabilidad por lo cual se estableció una altura de 13m con un FS= 1.2

#### ▪ Talud Nro. 4

El material que predomina en esta parte del talud es arcilloso, altamente saturado en el cual se realizó la evaluación del factor de seguridad eligiendo el Abaco en caso totalmente saturado.

Tabla 26. Datos para el cálculo del Factor de Seguridad Talud Nro. 4

DATOS	Variable 1	Variable 2
Cohesión ( $c'$ )	3.33ton/m <sup>2</sup>	3.33ton/m <sup>2</sup>
Angulo de fricción interna ( $\theta$ )	30°	30°
Altura del talud (H)	<b>25m</b>	<b>15m</b>
Angulo del talud ( $\Psi$ )	65°	65°
Peso específico del agua ( $\gamma$ )	1.8ton/m <sup>3</sup>	1.8ton/m <sup>3</sup>

Fuente: La Autora.

Se realizó los siguientes cálculos:

$$R_1 = \frac{\dot{c}}{\gamma \cdot H \cdot \text{tg} \theta} = \frac{3.33 \text{ ton/m}^2}{1.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \cdot 25 \text{ m} \cdot \text{tg} 30} = 0.145$$

$$R_2 = \frac{\dot{c}}{\gamma \cdot H \cdot \text{tg} \theta} = \frac{3.33 \text{ ton/m}^2}{1.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \cdot 15 \text{ m} \cdot \text{tg} 30} = 0.282 \text{ este valor es graficado en el Abaco para determinar } x, y.$$

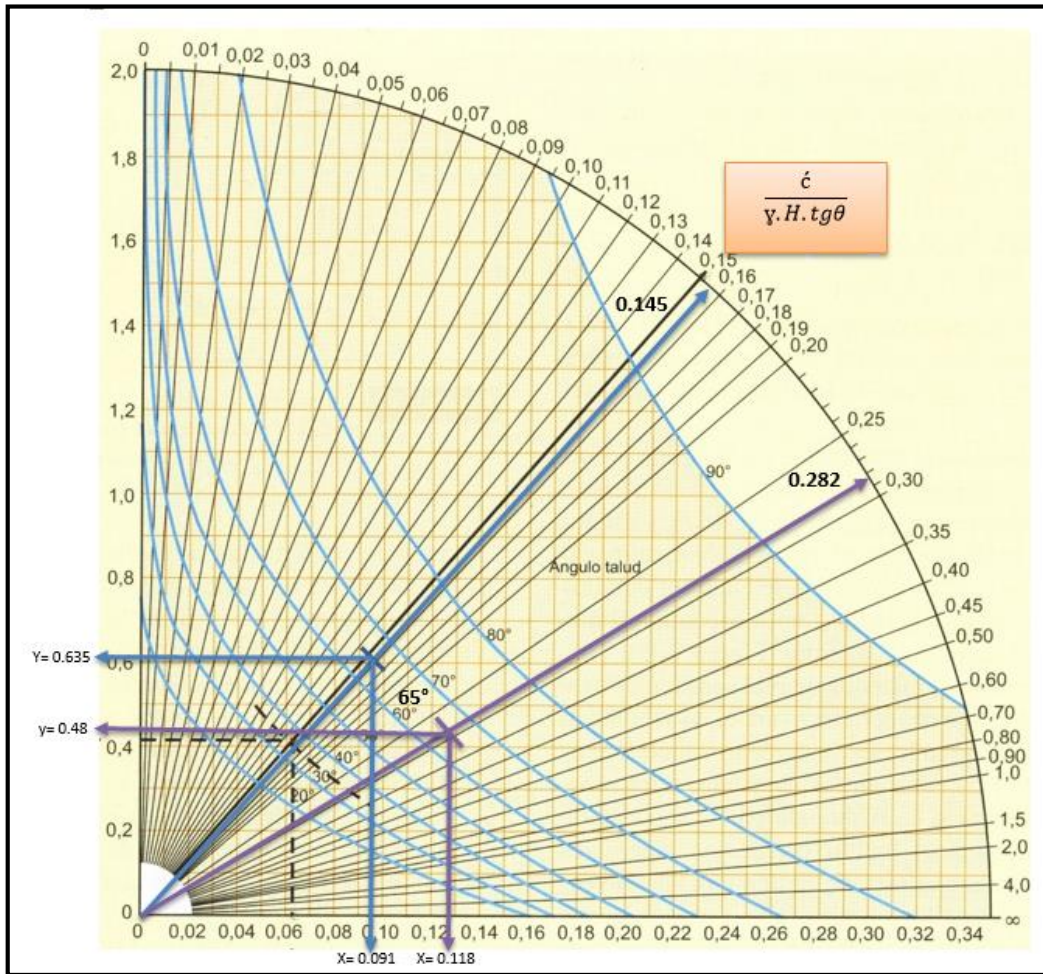


Figura 42. Calculo de las variables (X,Y) del Talud Nro. 4

Fuente: La Autora a partir de los Ábacos de Hoek y Bray.

### Determinación Factor de Seguridad

#### Variable 1

$$X = \frac{\dot{c}}{\gamma \cdot H \cdot FS} = 0.091 = \frac{3.33}{1.8 \cdot 25 \cdot FS}; \text{ despejo FS}$$

$$FS = 0.81 \quad \textbf{Inestable}$$

$$Y = \frac{tg\theta}{FS} = 0.635 = \frac{tg30}{FS} \text{ despejamos FS}$$

$$FS = 0.81 \quad \textbf{Inestable}$$

#### Variable 2

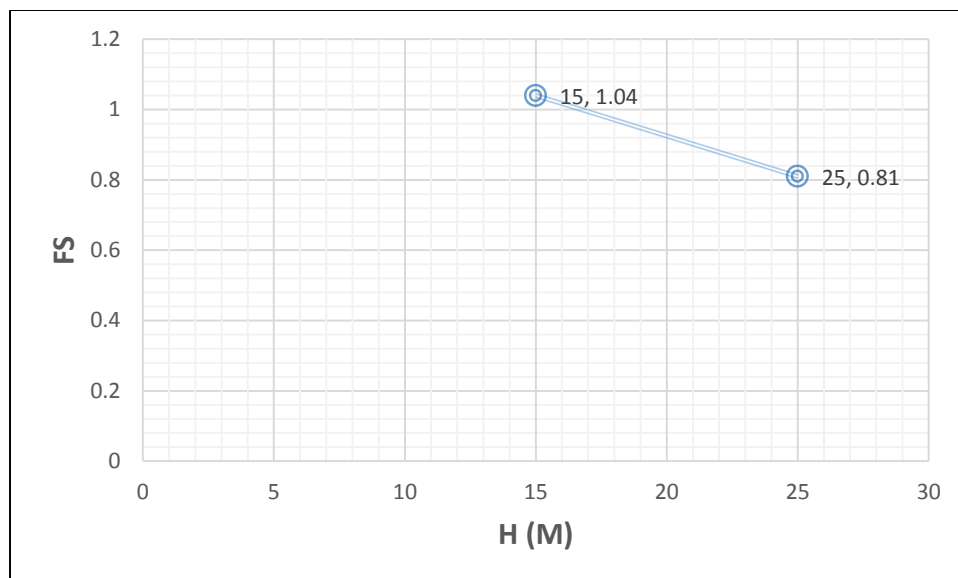
$$X = \frac{\dot{c}}{\gamma \cdot H \cdot FS} = 0.118 = \frac{3.33}{1.8 \cdot 15 \cdot FS}; \text{ despejo FS}$$

$$FS = 1.04 \quad \textbf{Estable}$$

$$Y = \frac{tg\theta}{FS} = 0.48 = \frac{tg30}{FS} \text{ despejamos FS}$$

$$FS = 1.04 \quad \textbf{Estable}$$

**Grafica de sensibilidad**



La altura en la que se estabilizo el talud es en 15m con un FS= 1.04 lo cual se traduce que a lo largo de todos los cálculos los taludes con menor altura son más estables a diferencia de los que tienen mayor altura.

## 7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente trabajo investigativo establece el desarrollo del mapa de “Susceptibilidad a deslizamientos en la zona de influencia de la Vía de Integración Barrial, desde la Ciudadela Julio Ordoñez hasta el Barrio Capulí, perteneciente a la Ciudad de Loja”. Este trabajo contempla una secuencia de estudio que parte del levantamiento topográfico a una escala 1:5.000, para luego continuar con la caracterización geológica, geomorfológica, pendientes y cobertura vegetal del área de estudio, con las cuales se realizó el análisis de Susceptibilidad a deslizamientos.

En el informe denominado “Perspectivas del Medio Ambiente Urbano: GEO Loja, 2005”, se enuncia que los problemas de expansión territorial se deben a que la geología de la hoya de Loja presenta dos tipos de rocas bien diferenciadas: sedimentarias y metamórficas, en las cuales las arcillas, de tipo esquistoso y compacto, constituyen el material rocoso más abundante, afloran mayormente en el flanco este de la ciudad, sobre el cual se han construido varias urbanizaciones en forma no planificada y antitécnica, lo que ha originado serios problemas de deslizamientos, que han afectado a las construcciones en esta parte de la ciudad. Los conglomerados afloran en las pendientes orientales del sur y en las colinas del oeste de la ciudad, se caracterizan por ser compactos desde el punto de vista físico–mecánico, y presentan excelentes condiciones para la construcción de obras civiles, en el presente trabajo se corroboró que la geología del área de estudio se encuentra asentada sobre la formación Quillollaco en las coordenadas X: 699872 Y:9552750, se caracteriza por materiales como conglomerados y areniscas altamente compactos los cuales presentan las mejores condiciones para edificar obras civiles, además de esta litología existen afloramientos de arcillas pertenecientes a la Formación San Cayetano en las coordenadas X: 699930 Y: 9552576 las cuales presentan problemas de inestabilidad caracterizándolas como el peor material para construcciones civiles.

Mapa Geológico Preliminar de la Hoya de Loja a escala 1: 20.000 realizado por el Ing. Tamay Granda José, en el año 2005, define que la geología de Loja está conformada por una secuencia sedimentaria muy variada, donde el esquema estratigráfico

de depositación, se desarrollaron en dos áreas diferentes con edades similares Cenozoico (Oligoceno – Mioceno) y que la estratigrafía que la compone es la siguiente: Formación Chiguinda, Trigal, La Banda, Belén, San Cayetano, Quillollaco y Formación Salapa, en el sector de estudio se identificó la Formación Quillollaco y Formación San Cayetano de edad mioceno tardío, como las dos únicas formaciones que componen el área analizada.

Proyecto “Paso Lateral de Loja”, 2013 elaborado por el Ing. Acosta Galindo Marco en el Estudio Geológico – Geotécnico, manifiesta que los terrenos presentes en la zona de estudio pertenecen al Cuaternario, que corresponden a la unidad de Terrazas indiferenciadas y Terciario a las formaciones Quillollaco (conglomerados arcillosos), San Cayetano (arcillas, tobas y conglomerado) y Trigal (arcilla), además en la caracterización geológica se ha identificado estructuras como pliegues pseudo sinclinal que tienen disposición de los productos sedimentarios sobre los paleo relieves. En el presente estudio se identificó dos tipos de formaciones (Fm. Quillollaco y San Cayetano) que están representadas por materiales como conglomerados, areniscas y arcillas, los cuales forman parte de la geología del sector. También se evidenció que el área de estudio está atravesada por una falla normal que tiene un comportamiento extensional de cizalla con una Dirección N 35° E en la cual los bloques se desplazan uno con respecto al otro estabilizándose con ángulos diferentes.

Proyecto “Paso Lateral de Loja”, 2013 elaborado por el Ing. Acosta Galindo Marco en el Estudio Diseño de Taludes se definió que los valores de los Factores de Seguridad han sido calculados mediante uso del programa Macstars 2000 que permite dicho cálculo así como estabilidad de laderas con obras de estabilización de diversos tipos. Los cálculos han sido mediante el método del Equilibrio Límite, ecuaciones de Jambú, en condición de análisis global, con 500 superficies diferentes de análisis, en condiciones naturales (unos perfiles) y con inclusión de los cortes diseñados o existentes. En el presente estudio se utilizó el método de Ábacos de Hoek y Bray, para el cálculo del factor de seguridad en el cual se propuso diferentes escenarios en los cuales siempre predominó que entre menor altura el talud aumenta su estabilidad significativamente.

## 8. CONCLUSIONES

- El levantamiento topográfico comprendió un área de 39.65ha y 0.93Km lineales de vía, donde las cotas más altas en la parte superior de la vía con 2263m.s.n.m. y las cotas más bajas a los 2132 m.s.n.m.
- El levantamiento geológico permitió definir que el área de estudio se encuentra sobre dos formaciones, la formación Quillollaco donde predominan conglomerados de matriz limoarcillosa con intercalaciones de areniscas y arcillas arenosas, es la formación más predominante del sector de estudio y la formación san Cayetano que presenta arcillolitas altamente saturadas con intercalaciones de areniscas finas.
- En la descripción geomorfológica se identificó 10 geoformas las cuales presentan terrenos con relieves muy accidentados al S-W de la vía y los relieves más moderados se encuentran en la parte inferior de la misma, la forma de relieve más representativa son las laderas irregulares escarpadas con 11.02ha del total del área de estudio.
- El área de estudio presenta en su mayoría terrenos con pendientes muy inclinados con un área de 11.96ha siendo la categoría más significativa del sector.
- En cuanto al mapa de cobertura vegetal se obtuvo 9 tipos de coberturas las cuales las zonas arbóreas de pinos representan el 15.97ha del área total, seguidamente las zonas pobladas con un área de 0.45ha siendo la cobertura menos predominante en el sector.
- El mapa de susceptibilidad se lo realizó a través del método de suma de rangos en el cual la variante más discriminativa es la geología, ya que el tipo de material del área de estudio condiciona la mayor parte su estabilidad.



- En base al mapa de susceptibilidad se determinó que la susceptibilidad Muy Baja tiene 21.59%, Susceptibilidad Baja 13.76%, Susceptibilidad Moderada 40.41%, Susceptibilidad Alta 20.36% y la Susceptibilidad Muy Alta con un 3.88%.
- El área de estudio cuenta con tres deslizamientos rotacionales al pie, los cuales reposan sobre material arcilloso altamente saturado. El deslizamiento más representativo tiene un volumen de 1008m<sup>3</sup> siendo el más grande del área, además este tiene una influencia directa sobre la vía.
- Se realizaron cuatro líneas (SEV) las cuales corroboraron la litología del área de estudio, además se determinó que a los 2.32m de profundidad las capas se encuentran totalmente saturadas.
- Se identificaron dos Unidades Geotécnicas, la primera de conglomerados y areniscas de la Formación Quillollaco de edad mioceno tardío, dentro de la valoración Geotécnica es la más aceptable, la segunda unidad está representada por arcillolitas y areniscas de edad mioceno tardío la cual se comporta como una unidad deficiente.
- La capacidad portante del suelo es de 3.33Kg/cm<sup>2</sup>, para lo cual se determinó que los taludes no deben tener más de 15metros de altura y un Angulo de 35° para alcanzar la estabilidad del terreno.

## 9. RECOMENDACIONES

- Es necesario que los deslizamientos identificados en el área de estudio se lleven estudios más a detalle a fin de conocer la dinámica durante el transcurso del tiempo.
- Las construcciones civiles que se lleven a cabo sobre litologías arcillosas y limo arcillosas en zonas con pendientes pronunciadas deben tener especial interés en estudios geotécnicos de suelos.
- Se debe tomar en cuenta que los cauces naturales son zonas de debilidad por tanto debe evitarse embaulamientos o sino que estas construcciones tengan un diseño que consideren los temporales en época lluviosa.
- Las zonas geomorfológicas muy accidentadas como escarpes o laderas pronunciadas deben ser revegetadas para evitar procesos erosivos y alteraría la estabilidad de los terrenos.
- Proponer diferentes escenarios en distintos sitios para el cálculo del factor de seguridad, con el propósito de plantear diferentes medidas de estabilización.
- Elaborar un Plan de Ordenamiento Territorial incluyendo los estudios de susceptibilidad para tener una visión más amplia de la situación actual en la ciudad de Loja en lo referente a movimientos en masa.
- Se debe actualizar continuamente el mapa de susceptibilidad a deslizamientos debido a la dinámica de los movimientos que se pueden suscitar en el área de estudio.

- El ordenamiento territorial exige que los gobiernos seccionales deben tener la herramienta SIG. como parte de sus procesos de planificación, por la versatilidad que tienen estos programas y el enlace que permiten con base de datos, dejando los programas graficadores (CAD) como una herramienta de introducción de datos al SIG.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Abad, F. 2006. “Ensayo metodológico para la evaluación y zonificación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa, cuenca de Loja”. Director: Ing. Galo Plaza. Tesis de Ingeniero. Escuela de Ingeniería. EPN, Quito.
- Alcántara, I. 2000. “Los deslizamientos de tierra” ¿Deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, Clasificación y Terminología, México. 19 pp.
- Aranha Domínguez, F. A. (1979) “Topografía y astronomía posición a Ingenieros y Arquitectos”. Editorial McGraw - Hill. Sao Paulo.
- Ayala, Caicedo y J. Corominas. 2002. “Mapas de Susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG”. Editores – Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 194 p.
- Belousov, V. 1974. “Geología Estructural”, Editorial MIR, Moscú.
- Bemmelen, R.W. 1961. “El Carácter Científico de la geología”, Revista de la geología, 63p.
- Brabb, E.E. Pampeyan, E.H. Bonilla M.G. 1972. “Landslide Susceptibility in San Mateo County”, California Misc. Field Studies Map. MF360 (scale 1:62, 500).
- Braja M. 2008. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, CENGAGE Learning, México.
- Cebrián de Miguel, Juan Antonio. Información Geográfica y Sistemas de Información Geográfica. Santander: Servicio de Publicaciones, Universidad de Cantabria, 1992.

- Crozier, M. 1986. Los deslizamientos de tierra: causas, consecuencias y medio ambiente. Croom Helm. Londres. 252 pp.
- Cruden, D. and Varnes, D. (1996) “Tipos y procesos de deslizamientos de tierra ”. En: Turner, K., y Schuster, R. edición, Deslizamientos investigación y mitigación: Washington DC, USA. Informe Especial 247. pp 36–75.
- Dirección de planificación jefatura de ordenamiento territorial. Gobierno de la provincia de Loja, 2014. “Plan de ordenamiento Territorial de la Provincia de Loja”. Ecuador. 95 pp.
- Egred. 1999. Catálogo Sísmico del Ecuador, Instituto Geofísico-Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Escobar, Duque. 2013. “Manual de geología para Ingenieros”. Geomorfología. Universidad de Colombia. Manizales 479 p.
- Estrada Luis A. 2012. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de La Universidad Nacional de Tucumán. “Sismología para Ingenieros”.
- Ferrer, M. 1980. “Deslizamientos, desprendimientos, flujos y avalanchas”. Riesgos Geológicos. Serie Geología Ambiental. IGME. Madrid 175-192 p.
- Geo Loja, 2007. Perspectivas del Medio Ambiente Urbano, pág., 37.
- Higgins, A.L. 1957. Elementary Surveying. 7ª Impression, Longmans, Green & Co. London.
- Hungerbühler. 2002. “Estratigrafía Neógeno y geodinámica de los Andes del sur de Ecuador ”. Tierra-Ciencia Comentarios. Pp.1- 50 pp.

- Hutchinson. 1968. Hutchinson, J. 1968. “Movimiento de masas ”, En: Fairbridge, RW (ed), Enciclopedia de la serie científica de la Tierra. Volumen 3 Reinhold. Nueva York. EE.UU. pp.688-695.
- Huxhold y Levinsohn, 2001 “Sistemas de Información Geográfica”.
- Izquierdo, O. F. 1991. Estudio Geodinámico de la Cuenca Intramontañosa Cenozoica de Loja (Sur del Ecuador). Tesis de Grado, Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Geología, Minas y Petróleos. Quito – Ecuador.
- Kanungo, 1993. Criterios para determinar el grado de susceptibilidad de deslizamientos.
- Krumbein, w. C. And Sloss, l. L., 1963, stratigraphy and sedimentation, 2 nd ed., w. H. Freeman and company, San Francisco, 660 pp.
- N. Gella & J. Bruggen. “La exploración geofísica del subsuelo”, pág. 10-24.
- Normas ASTM D1586 y AASHTO T206.
- Orellana, E., 1982 “Prospección Geoeléctrica en Corriente Continua.” Paraninfo, S. A. Madrid.
- Ortiz, Carlos. 2002. “Ciencias de la tierra”.
- Papetti L. Y Eremchuk J. (1999) "Fotointerpretación e indicadores geoambientales de un sitio no excavado en el valle de Santa María, Catamarca". XIII Congreso Nacional de Arqueología Argentina.
- Secretaria Nacional de Gestión y Riesgo, 2013. Vulnerabilidad a nivel municipal del cantón Loja, pág., 17.

- Suarez Jaime, 2009. Deslizamientos Análisis Geotécnico Cap. 13. Zonificación de Susceptibilidad Amenaza y Riesgo.
  
- Suárez, 1998. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. pp. 1-30.
  
- Tambo Walter. 2011. “Estudio del Peligro de deslizamiento del Norte de la ciudad de Loja, Provincia de Loja. Ecuador”.
  
- 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, 11-33.


# ***ANEXOS***




## *Anexo 1*

# *Fichas técnicas para la descripción de afloramientos*


**Anexo 1.1. Caracterización de afloramientos 1.**

<b>LEVANTAMIENTO GEOLOGICO</b>								
<b>PROYECTO:</b> CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL AREA DE ESTUDIO								
<b>DESCRIPCIÓN AFLORAMIENTOS</b>								
AFLORAMIENTO Nro. 01								
COORDENADAS: 699936 - 9552379								
DIMENSIONES: 12m X 6m								
COTA: 2160 m.s.n.m.								
RELIEVE: LLANO_BAJO_COLINADO_MONTAÑOSO X								
VEGETACIÓN: EXUBERANTE X ESCASA_COLOR_								
FOTO Nro: 386								
FECHA: 15 - 01 - 2015								
<b>PERFIL LITOLÓGICO DE AFLORAMIENTOS</b>								
Nro. DE ESTRATOS	LITOLÓGÍA	GRANULOMETRÍA				COLOR	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
		Ar	Lm	Arn	Gv			
1	Suelo	X				Café oscuro		Suelo orgánico con vegetación arbórea.
2	Conglomerado	X	X		X	Café amarillento		Conglomerado de matriz limoarcillosa con presencia de cárcavas erosionado por el agua.
3	Arcillolita	X	X			Café claro		Arcilla limosa altamente saturada.
4	Conglomerado	X		X	X	Café amarillento		Conglomerado de matriz limoarcillosa con clastos 2 - 5cm con presencia de cárcavas erosionado por el agua.


**Anexo 1.2. Caracterización de afloramientos 2.**

<b>LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO</b>								
<b>PROYECTO:</b> CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL AREA DE ESTUDIO								
<b>DESCRIPCIÓN AFLORAMIENTOS</b>								
AFLORAMIENTO Nro. 02								
COORDENADAS: 699946 - 9552426								
DIMENSIONES: 20m X 7m								
COTA: 2160 m.s.n.m.								
RELIEVE: LLANO_BAJO_COLINADO_MONTAÑOSO X								
VEGETACIÓN: EXUBERANTE X ESCASA_COLOR_								
FOTO Nro: 379								
FECHA: 15 - 01 -2015								
<b>PERFIL LITOLÓGICO DE AFLORAMIENTOS</b>								
Nro. DE ESTRATOS	LITOLOGÍA	GRANULOMETRÍA				COLOR	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
		Ar	Lm	Arn	Gv			
1	Suelo	X				Café oscuro		Suelo orgánico con poca vegetación.
2	Conglomerado	X	X		X	Café amarillento		Microconglomerado de matriz limo arcillosa con presencia de óxido por la saturación existente en los estratos.
3	Arcillolita	X	X			Café claro		Arcilla con un 40% de limos de grano fino altamente saturado.
4	Conglomerado	X	X		X	Café claro		Microconglomerado de matriz limo arcillosa con clastos 3 - 5cm metamórficos.


**Anexo 1.3. Caracterización de afloramientos 3.**

<b>LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO</b>								
<b>PROYECTO:</b> CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL AREA DE ESTUDIO								
<b>DESCRIPCIÓN AFLORAMIENTOS</b>								
AFLORAMIENTO Nro. 03								
COORDENADAS: 699930 - 9552576								
DIMENSIONES: 15m X 6m								
COTA: 2147 m.s.n.m.								
RELIEVE: LLANO_BAJO_COLINADO X MONTAÑOSO_								
VEGETACIÓN: EXUBERANTE_ ESCASA X COLOR_								
FOTO Nro: 377								
FECHA: 15 - 01 - 2015								
<b>PERFIL LITOLÓGICO DE AFLORAMIENTOS</b>								
Nro. DE ESTRATOS	LITOLOGÍA	GRANULOMETRÍA				COLOR	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
		Ar	Lm	Arn	Gv			
1	Suelo	X				Café oscuro		Suelo orgánico.
2	Arcillolita	X	X			Café amarillento		Material arcilloso con intercalaciones de arenisca, se observa un notable cambio en litologías.
3	Arenisca			X		Gris claro		Material fino compactado con presencia de humedad.


**Anexo 1.4. Caracterización de afloramientos 4.**

<b>LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO</b>								
<b>PROYECTO:</b> CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL AREA DE ESTUDIO								
<b>DESCRIPCIÓN AFLORAMIENTOS</b>								
AFLORAMIENTO Nro. 04								
COORDENADAS: 699872 - 9552750								
DIMENSIONES: 30m X 20m								
COTA: 2150 m.s.n.m.								
RELIEVE: LLANO_BAJA_COLINADO_MONTAÑOSO X								
VEGETACIÓN: EXUBERANTE X ESCASA_COLOR_								
FOTO Nro: 388								
FECHA: 15 - 01 - 2015								
<b>PERFIL LITOLÓGICO DE AFLORAMIENTOS</b>								
Nro. DE ESTRATOS	LITOLÓGÍA	GRANULOMETRÍA				COLOR	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
		Ar	Lm	Arn	Gv			
1	Suelo	X				Café oscuro	Rumbo: S64°W Buzamiento 35°	Suelo orgánico.
2	Arcillolita	X	X			Café claro		Arcilla con limos con presencia de cárcavas causadas por el agua.
3	Conglomerado	X			X	Café amarillento		Conglomerado de matriz arcillosa con clastos metamórficos entre 2 y 5cm
4	Arcillolita con lente de conglomerado	X	X		X	Café claro		Intercalaciones de microconglomerado con estratos de arcillas.
5	Conglomerado	X			X	Café amarillento		Conglomerado de matriz arcillosa con clastos metamórficos entre 2 y 5cm


**Anexo 1.5. Caracterización de afloramientos 5**

<b>LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO</b>								
<b>PROYECTO:</b> CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL AREA DE ESTUDIO								
<b>DESCRIPCIÓN AFLORAMIENTOS</b>								
AFLORAMIENTO Nro. 05								
COORDENADAS: 699872 - 9552750								
DIMENSIONES: 40m x 30m								
COTA: 2169 m.s.n.m.								
RELIEVE: LLANO_BAJO_COLINADO_MONTAÑOSO X								
VEGETACIÓN: EXUBERANTE X ESCASA_COLOR_								
FOTO Nro: 391								
FECHA: 15 - 01 - 2015								
<b>PERFIL LITOLÓGICO DE AFLORAMIENTOS</b>								
Nro DE ESTRATOS	LITOLOGÍA	GRANULOMETRIA				COLOR	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
		Ar	Lm	Arn	Gv			
1	Suelo	X				Café oscuro	Rumbo: S75°W Buzamiento 40°	Suelo orgánico vegetado.
2	Arcillolita	X	X			Café amarillento		Material arcilloso y limos con intercalaciones de areniscas, sin presencia de humedad.
3	Conglomerado	X			X	Gris claro		Altamente compactado con cementante arcilloso y clastos entre 1 -3cm de diámetro.
4	Arcillolita	X	X			Café claro		Se intercala con el conglomerado en forma de lentes, contiene un alto porcentaje de limos.
5	Conglomerado	X			X	Gris claro		Conglomerado de matriz limo arcillosa con clastos 2 - 5cm de diámetros no presenta signos de humedad.
6	Arenisca			X		Gris oscuro		Arena fina altamente compactada con presencia de humedad en sus estratos se intercala con todos los materiales.
7	conglomerado	X			X	Café amarillento		Altamente compactado con cementante silicio y clastos entre 3 -6cm de diámetro, presencia de óxidos por la humedad que contiene los estratos.

**Anexo 1.6. Caracterización de afloramientos 6.**


<b>LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO</b>								
<b>PROYECTO:</b> CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL AREA DE ESTUDIO								
<b>DESCRIPCIÓN AFLORAMIENTOS</b>								
AFLORAMIENTO Nro. 06								
COORDENADAS: 699754 - 9552966								
DIMENSIONES: 20m x 16m								
COTA: 2185 m.s.n.m.								
RELIEVE: LLANO_BAJO_COLINADO X MONTAÑOSO_								
VEGETACIÓN: EXUBERANTE X ESCASA_COLOR_								
FOTO Nro: 394								
FECHA: 15 - 01 - 2015								
<b>PERFIL LITOLÓGICO DE AFLORAMIENTOS</b>								
Nro. DE ESTRATOS	LITOLOGÍA	GRANULOMETRÍA				COLOR	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
		Ar	Lm	Arn	Gv			
1	Suelo	X				Café oscuro	Rumbo: S61°W Buzamiento 25°	Suelo orgánico vegetado.
2	Conglomerado	X			X	Café amarillento		Conglomerado de matriz limo arcillosa con clastos metamórficos de 2 - 3cm de diámetros sin presencia de agua.
3	Arcillolita	X	X			Café claro		Arcilla con alto porcentaje de limos consolidados sin presencia de humedad.
4	Arenisca			X		Gris claro		Arena de grano fino consolidada sin humedad.
5	conglomerado	X			X	Café amarillento		Conglomerado de matriz limo arcillosa con clastos metamórficos de 1 - 3cm de diámetros sin presencia de agua.
6	Arenisca			X		Gris claro		Arena de grano fino consolidada sin humedad.
7	conglomerado	X			X	Café amarillento		Conglomerado de matriz limo arcillosa con clastos metamórficos de 2 - 3cm de diámetros sin presencia de agua, altamente compactado.

**Anexo 1.7. Caracterización de afloramientos 7.**

<b>LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO</b>								
<b>PROYECTO:</b> CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL AREA DE ESTUDIO								
<b>DESCRIPCIÓN AFLORAMIENTOS</b>								
AFLORAMIENTO Nro. 07								
COORDENADAS: 699752 - 9553038								
DIMENSIONES: 6m x 20m								
COTA: 2174 m.s.n.m.								
RELIEVE: LLANO_BAJA_COLINADO_MONTAÑOSO X								
VEGETACIÓN: EXUBERANTE X ESCASA_COLOR_								
FOTO Nro: 397								
FECHA: 15 - 01 - 2015								
<b>PERFIL LITOLÓGICO DE AFLORAMIENTOS</b>								
Nro. DE ESTRATOS	LITOLOGÍA	GRANULOMETRÍA				COLOR	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
		Ar	Lm	Arn	Gv			
1	Suelo	X				Café oscuro	Rumbo: S70°W Buzamiento 30°	Suelo orgánico vegetado.
2	Arcillolita	X	X			Café amarillento		Material arcilloso consolidado sin presencia de humedad y con un alto porcentaje de limos.
3	Arenisca			X		Gris claro		Material arenoso consolidado e intercalado en todo el talud.
4	Conglomerado	X			X	Café amarillento		Conglomerado de matriz arcillosa con clastos metamórficos entre 3 - 5cm de diámetro.



**Anexo 1.8. Caracterización de afloramientos 8.**

<b>LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO</b>								
<b>PROYECTO:</b> CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL AREA DE ESTUDIO								
<b>DESCRIPCIÓN AFLORAMIENTOS</b>								
AFLORAMIENTO Nro. 08								
COORDENADAS: 699719 - 9553033								
DIMENSIONES: 7m x 3m								
COTA: 2172 m.s.n.m.								
RELIEVE: LLANO_BAJO_COLINADO_MONTAÑOSO X								
VEGETACIÓN: EXUBERANTE X ESCASA_COLOR_								
FOTO Nro: 399								
FECHA: 15 - 01 - 2015								
<b>PERFIL LITOLÓGICO DE AFLORAMIENTOS</b>								
Nro. DE ESTRATOS	LITOLÓGÍA	GRANULOMETRÍA				COLOR	ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
		Ar	Lm	Arn	Gv			
1	Suelo	X				Café oscuro	Rumbo: S75°W Buzamiento 28°	Suelo orgánico vegetado.
2	Arcillolita	X	X			Café amarillento		Material arcilloso y limoso consolidado de grano fino a medio.
3	conglomerado	X	X		X	Café claro		Conglomerado de matriz limo arcilloso con clasto entre 2 - 5cm diámetro.
4	Arcillolita	X	X			Café amarillento		Arcilla con limos con presencia de humedad en sus estratos.

## *Anexo 2*

# *Ficha técnica para la descripción de Sondeos Eléctricos Verticales*

**Anexo 2. Aberturas asignadas para el arreglo SCHLUMBERGER**

ESTACIÓN PUNTO	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE K	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	.....
9	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	.....
15	46.40	2.00	1687.79	.....
16	46.40	5.00	668.52	.....
17	68.10	2.00	3639.24	.....
18	68.10	5.00	1449.10	.....

*Fuente: W. Tambo, laboratorio de geofísica de la carrera de GAYOT.*

*Anexo 3*

*Asignación de Pesos*

*Método de Suma de Rangos*

**Anexo 3. Pesos de criterios usando el Método de Suma de Rango y su fórmula de aplicación.**

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).*

Fórmula para el cálculo de pesos en el caso si existieran más variables.

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

## *Anexo 4*

# *Resistividad de los Geomateriales*

#### Anexo 4. Resistividad de los Geomateriales

<b>MATERIAL</b>	<b>RESISTIVIDAD (<math>\Omega</math>m)</b>
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	may-15
Arcillas no saturadas	20-40
Arcillas saturadas	may-20
Arcillas saturadas con agua salada	01-oct
Andosoles secos	1000-2500
Andosoles no saturados	300-1000
Andosoles saturados	30-50
Limos	20-100
Humus	10-150
Turba húmeda	5-100
Arcilla plástica	50
Margas y arcillas compactas	100-200
Margas del jurásico	30-40
Arena arcillosa	50-500
Arena silíceo	200-3000
Suelo pedregoso desnudo	300-5000
Calizas blandas	100-300
Calizas compactas	1000-5000
Calizas agrietadas	500-1000
Pizarras	50-300
Roca de mica y cuarzo	800

*Fuente: Universidad Nacional de Loja, 2000.*

***Anexo 5***  
***Mapa Topográfico***  
***Escala 1:5.000***



***Anexo 6***  
***Mapa Geológico***  
***Escala 1:5.000***

*Anexo 7*

*Mapa Geomorfológico*

*Escala 1:5.000*

***Anexo 8***  
***Mapa de Pendientes***  
***Escala 1:5.000***

***Anexo 9***  
***Mapa de Cobertura Vegetal***  
***Escala 1:5.000***

***Anexo 10***

***Mapa de Susceptibilidad a  
Deslizamientos***

***Escala 1:5.000***

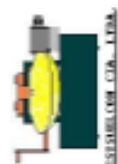
***Anexo 11***  
***Mapa de Inventario a***  
***Deslizamientos***  
***Escala 1:5.000***

***Anexo 12***

***Resultados del Ensayo de***

***Penetración Estándar***

***Punto 1***



## ESTSUELCON CIA. LTDA.

### RESUMEN DE DATOS DE CAMPO, DE LABORATORIO Y RESISTENCIAS OBTENIDAS

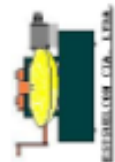
**PROYECTO:** SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO EN LA VIA DE INTERGRACION BARRIAL TRAMO CIUDADELA JULIO ORDOÑES HASTA BARRIO CAPULI

**OBRA:** ESTUDIO DE SUELOS  
**SOLICITADO POR:** SR. LUIS GONZALES  
**REALIZADO POR:** ING. DIEGO I. CASTILLO  
**SECTOR:** 1

POZO	PROF. m.	C. H.		L. I.		L. P.		I. P.		GRAVA/ARENA		FINOS		CLASIFIC			GOLPES N			N30 golpes	qu Kg/cm <sup>2</sup>	quilitos Kg/cm <sup>2</sup>	quilitos Kg/cm <sup>2</sup>	c = Kg/cm <sup>2</sup>	
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%					calc.	obt.
1	1.00	10.61	25	20	5	25	46	29	5	25	46	29	29	SC	A-2-4	1	1	1	2	0.27	0.83	0.38	0.13	0.13	0.13
1	2.00	11.88	25	20	5	55	29	15	5	55	29	15	15	GC	A-1-b	5	8	10	18	2.40	7.44	2.48	1.20	1.20	1.20
1	3.00	10.98	26	20	6	32	35	33	6	32	35	33	33	SC	A-2-4	9	11	15	26	3.47	10.75	3.58	1.73	1.73	1.73
1	4.00	9.76	25	20	5	39	31	30	5	39	31	30	30	GC	A-2-4	20	28	35	63	8.40	26.04	8.88	4.20	4.20	4.20

Ing. Diego I. Castillo  
**CONSULTOR**





# ESTSUELCON CIA. LTDA.

**PROYECTO:** RESUMEN DE RESULTADOS  
**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTERGRACION BARRIAL TRAMO CIUDADELA JULIO ORDOÑEZ HASTA BARRIO CAPULI**  
**OBRA:** ESTUDIO DE SUELOS SECTOR: 1  
**SOLICITADO POR:** SR. LUIS GONZALES POZO: 1  
**REALIZADO POR:** ING. DIEGO I. CASTILLO POZO: 1

PROF. (m)	STANDARD PENETRATION TEST (S.P.T.)				W (%)	CLASIFICACION S.U.C.S.						Perfil estratigráfico	Descripción del Suelo	Características (Suelos Arcillosos)	Comportamiento (Suelos Arenosos)	
	15	30	45	N		LÍMITES ATTERBERG			GRANULOMETRÍA							SUCS
	GRÁFICO DE GOLPES DE SPT					L.L.	I.P.	IP.	G	A	F					
0					80											
1.0	1	1	1	2		10.61	25	20	5	25	46	29	SC	ARENA ARCILLOSA		BAJA
2.0	5	8	10	18		11.88	25	20	5	55	29	15	GC	GRAVA ARCILLOSA		
3.0	9	11	15	26		10.98	26	20	6	32	35	33	SC	ARENA ARCILLOSA		MEDIA
4.0	20	28	35	63		9.76	25	20	5	39	31	30	GC	GRAVA ARCILLOSA		
5.0																
6.0																

LEYENDAS:	
	Perforación destructiva
	Limo
	Arilla
	Grava
	Bloques
	Nivel Freatico

PERFORAC. TOTAL:	4.0	m.
NIVEL FREÁTICO:	0	m.

“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, DESDE LA CIUDADELA JULIO ORDOÑEZ HASTA EL BARRIO CAPULÍ, PERTENECIENTE A LA CIUDAD LOJA”



**ESTSUELCON CIA. LTDA.**

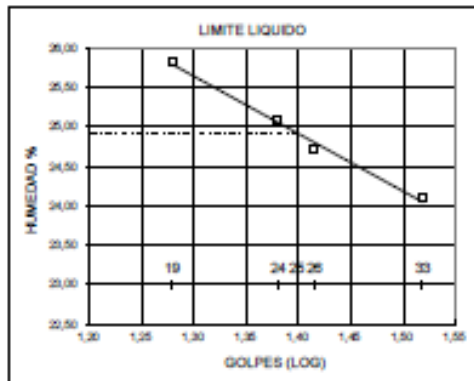
SERVICIOS DE GEOLÓGICO, LABORATORIO, CONSTRUCCION Y CONSULTORIA

Av. San 2168104, Calles: 21681015, 206810116 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

**ENSAYOS DE CLASIFICACION**

PROY. :	SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACION					
	BARRIAL TRAMO CIUDADELA JULIO ORDOÑEZ					
OBRA :	ESTUDIO DE SUELOS					
UBIC. :	LOJA			MUESTRA :1		
FECHA :	MAYO-2015		OPERADOR: O.V	PROFUND.: 1,00	N-	
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	W %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		66,43	62,58	27,41	10,95	
		68,48	64,71	27,99	10,27	10,61
2.- LIM. LIQUIDO	33	37,18	35,26	27,29	24,09	
	26	32,92	31,86	27,57	24,71	
	24	34,15	32,77	27,27	25,09	
	19	34,48	32,59	25,27	25,82	24,93
3.- LIMITE PLASTICO		34,48	33,34	27,76	20,43	
		33,21	31,88	25,35	20,37	20,40
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO IN=	94,8 (N/S) H			GRAVA=	25 %	
PESO INICIAL DE CALCULO:	85,7			ARENA=	46 %	
				FINOS=	29 %	
TAMIE	PESO R. %	R.R.	% PASA	LL =	25,00 %	
1 1/2"	0,00	0,0	100	LP =	20,00 %	
1"	0,00	0,0	100	IP =	5,00 %	
3/4"	0,00	0,0	100			
1/2"	9,55	11,1	89	CLASIFICACION:		
3/8"	1,17	12,5	87	SUCS =	SC	
No. 4	10,43	24,7	75	AASHTO =	A-2-4	
No. 10	10,14	36,5	63	IG(66) =	0	
No. 40	11,48	49,9	50	IG(45) =	0	
No. 200	18,00	70,9	29			
COLOR=	CREMA					



Ing. Diego I. Castillo  
LABORATORIO

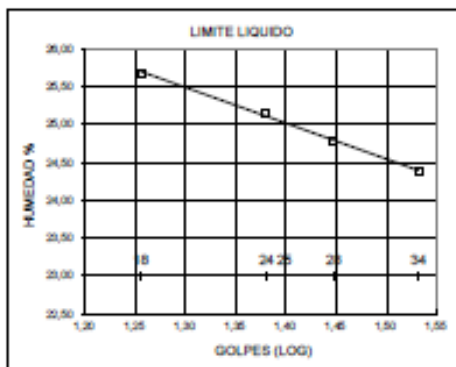
“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, DESDE LA CIUDADELA JULIO ORDOÑEZ HASTA EL BARRIO CAPULÍ, PERTENECIENTE A LA CIUDAD LOJA”



**ESTSUELCON CIA. LTDA.**  
 CENTRO DE OBRAS, LABORATORIO, CONSTRUCCION Y CONSULTORIA  
 s. Fax: 216104 - Celular: 0918281230602214 Email: estsuelcon@gmail.com

**ENSAYOS DE CLASIFICACION**

PROY. :	SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO EN LA VIA DE INTEGRACION					
OBRA :	BARRIAL TRAMO CIUDADELA JULIO ORDOÑEZ					
UBIC. :	ESTUDIO DE SUELOS			MUESTRA :1		
FECHA :	MAYO-2015	OPERADOR: O.V		PROFUND.:2,00	M-	
	GOLPES	PESO NI.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		51,45	48,85	27,58	12,22	
		56,27	53,12	25,86	11,54	11,88
2.- LIM. LIQUIDO	34	30,78	29,59	24,71	24,39	
	28	35,80	33,76	25,53	24,79	
	24	35,56	33,46	25,11	25,15	
	18	34,01	32,70	27,60	25,69	25,03
3.- LIMITE PLASTICO		32,72	31,47	25,32	20,33	
		35,10	33,78	27,34	20,50	20,41
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO IN=	216,2	(H/S)	H	GRAVA= 55 %		
PESO INICIAL DE CALCULO:	193,2			ARENA= 29 %		
				FINOS= 15 %		
TAMIE	PESO R.	% R.A.	% PASA	LL = 25,00 %		
1/2"	0,00	0,0	100	LP = 20,00 %		
3/4"	0,00	0,0	100	IP = 5,00 %		
1/2"	59,56	30,8	69	CLASIFICACION:		
3/8"	28,19	45,4	55	SUCS = GC		
No. 4	9,71	50,4	50	AASHTO= A-1-b		
No. 10	9,56	55,4	45	IG(86)= 0		
No. 40	12,41	61,8	38	IG(45)= 0		
No. 200	17,25	70,7	29			
COLOR=	CREMA					



Ing. Diego I. Castillo  
 LABORATORIO

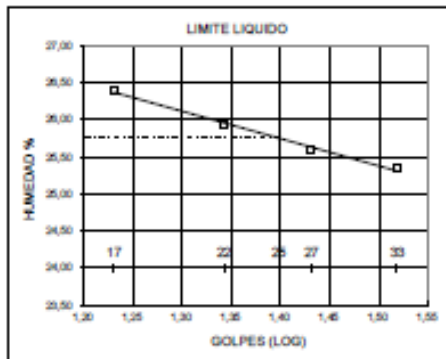
“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, DESDE LA CIUDADELA JULIO ORDOÑEZ HASTA EL BARRIO CAPULÍ, PERTENECIENTE A LA CIUDAD LOJA”



**ESTSUELCON CIA. LTDA.**  
 SERVICIOS DE CONSULTA, LABORATORIO, CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO  
 s. Fax: 2162104. Celular: 0918281130602213. Email: estsuelcon@gmail.com

**ENSAYOS DE CLASIFICACION**

PROY. :	SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACION					
OBRA :	BARRIAL TRAMO CIUDADELA JULIO ORDOÑEZ					
UBIC. :	LOJA			MUESTRA :	:1	
FECHA :	MAYO-2015	OPERADOR:	O.V	PROFUND.:	3,00	m.
	GOLPES	PESO Ml.	SECO	DE CAPS	W %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		81,41	75,47	25,31	11,84	
		75,45	71,05	27,54	10,11	10,98
2.- LIM. LIQUIDO	33	36,42	34,42	26,53	25,35	
	27	33,56	32,26	27,18	25,59	
	22	40,13	37,56	27,65	25,93	
	17	41,21	38,29	27,23	26,40	25,75
3.- LIMITE PLASTICO		30,56	29,58	24,68	20,00	
		32,37	31,24	25,56	19,89	19,95
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO IN=	303,1	(N/S)	H	GRAVA= 32 %		
PESO INICIAL DE CALCULO:	273,1	ARENA= 35 %			FINOS= 33 %	
TAMIE	PESO R. %	R.A.	% PASA	LL = 26,00 %		
1 1/2"	0,00	0,0	100	LP = 20,00 %		
1"	0,00	0,0	100	IP = 6,00 %		
3/4"	32,81	12,0	88	CLASIFICACION:		
1/2"	23,22	20,5	79	SUCS = SC		
3/8"	2,42	21,4	79	AASHTO= A-2-4		
No. 4	27,91	31,6	68	IG(86)= 0		
No. 10	19,80	38,9	61	IG(45)= 0		
No. 40	25,90	48,4	52			
No. 200	50,22	66,7	33			
COLOR=	CREMA					



Ing. Diego I. Castillo  
 LABORATORIO

“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, DESDE LA CIUDADELA JULIO ORDOÑEZ HASTA EL BARRIO CAPULÍ, PERTENECIENTE A LA CIUDAD LOJA”



**ESTSUELCON CIA. LTDA.**

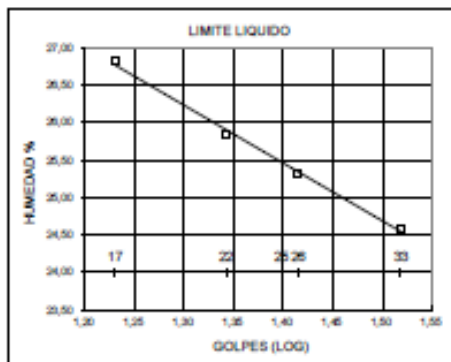
SECTOR DE CIVIL, LABORATORIO, CONSTRUCCION Y CONSULTORIA

• Fax: 248248 • Celular: 0985231200 • Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

**ENSAYOS DE CLASIFICACION**

PROY. : SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACION						
MARIAL TRAMO CIUDADELA JULIO ORDOÑEZ						
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS						
UBIC. : LOJA MUESTRA : 1						
FECHA : MAYO-2015 OPERADOR: O.V PROFUND.: 4,00 m.						
	GOLPES	PESO NR.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		96,30	90,57	27,63	9,10	
		107,56	100,05	28,00	10,42	9,76
2.- LIM. LIQUIDO	33	33,40	32,21	27,37	24,59	
	26	36,60	34,43	25,86	25,32	
	22	33,92	32,61	27,54	25,84	
	17	39,69	37,15	27,68	26,82	25,48
3.- LIMITE PLASTICO		34,06	32,68	25,78	20,00	
		34,20	32,68	25,12	20,11	20,05
4.- GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO IN=	460,8	(H/S)	H	GRAVA=	39 %	
PESO INICIAL DE CALCULO:	419,8			ARENA=	31 %	
				FINOS=	30 %	
TAMIE	PESO R. %	R.A.	% PASA	LL =	25,00 %	
3/2"	0,00	0,0	100	LP =	20,00 %	
3"	0,00	0,0	100	IP =	5,00 %	
3/4"	70,90	16,9	83			
1/2"	32,27	24,6	75			
3/8"	22,40	29,9	70			
No. 4	39,97	39,4	61	CLASIFICACION:		
No. 10	34,52	47,7	52	SUCS =	GC	
No. 40	37,91	56,7	43	AASHTO=	A-2-4	
No. 200	57,30	70,3	30	IG (66) =	0	
				IG (45) =	0	
COLOR=	CREMA					



Ing. Diego I. Castillo  
LABORATORIO

***Anexo 13***

***Resultados del Ensayo de  
Penetración Estándar***

***Punto 2***



## ESTSUELCON CIA. LTDA.

RESUMEN DE DATOS DE CAMPO, DE LABORATORIO Y RESISTENCIAS OBTENIDAS

**PROYECTO:** SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO EN LA VIA DE INTERGRACION BARRIAL TRAMO CIUDADELA JULIO ORDOÑES HASTA BARRIO CAPULI

**OBRA:** ESTUDIO DE SUELOS  
**SOLICITADO POR:** SRTA. GABRIELA ALEXANDRA QUEZADA TOLEDO  
**REALIZADO POR:** ING. DIEGO I. CASTILLO  
**SECTOR** 1

POZO	PROF. m.	C. H.		L. L.		L. P.		I. P.		GRAVA ARENA		FINOS		CLASIFIC		GOLPES N			qu		quitraco		c = Kg/cm <sup>2</sup>		
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	SUCS	AASHTO	15 cm	30 cm	45 cm	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	cate.	obst.		
1	1,00	11,27	3,3	19	14	0	16	84	12	15	35	50	6,67	20,67	6,89	3,33									
1	2,00	9,32	3,3	19	14	0	17	83	15	45	52	97	12,93	40,09	13,36	6,47									
1	3,00	14,48	3,3	18	15	0	12	88	15	80	120	200	26,67	82,67	27,56	13,33									





# ESTSUELCON CIA. LTDA.

RESUMEN DE RESULTADOS  
**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTERGRACION BARRIAL-TRAMO CIUDADELA JULIO ORDOÑEZ HASTA BARRIO CAPULI**  
 ESTUDIO DE SUELOS SECTOR I  
 SOLICITADO POR: SRTA. GABRIELA ALEXAND POZO;  
 REALIZADO POR: ING. DIEGO I. CASTILLO

PROF. (m)	STANDARD PENETRATION TEST (S.P.T.)			CLASIFICACIÓN S.U.C.S.							Perfil estratigráfico	Descripción del Suelo	Consistencia	Categoría		
	N <sub>60</sub>	N	SPT	LÍMITES ATTERBURG			GRANULOMETRÍA									
	15	30	45	W (%)	L.L.	L.P.	I.P.	G	A	F	SUCS	Simbolo				
0																
1,0	12	15	35	50	11,27	33	19	14	0	16	84	CL		Medio		
2,0	15	45	52	97	9,32	33	19	14	0	17	83	CL		Alto		
3,0	53	80	120	200	14,48	33	18	15	0	12	88	CL		Alto		
4,0																
5,0																
6,0																



LEYENDAS:  
 ■ Perforación destructiva  
 ▲ Nivel Freático

■ Lloque  
 ○ Arena  
 ○ Grava





“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, DESDE LA CIUDADELA JULIO ORDOÑEZ HASTA EL BARRIO CAPULÍ, PERTENECIENTE A LA CIUDAD LOJA”

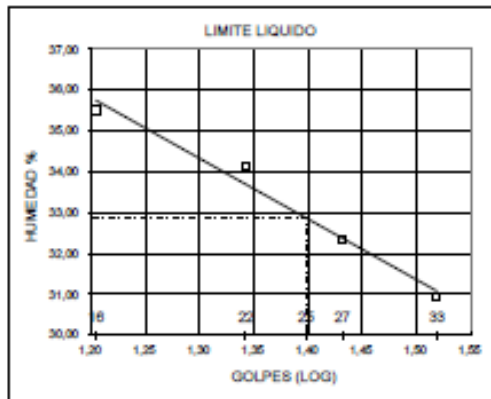


**ESTSUELCON CIA. LTDA.**

SECCIONES DE ENSAYOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORÍA  
 Tel: 0984308100 Celular: 0984308100 Email: estsuelcon@gmail.com

**ENSAYOS DE CLASIFICACION**

PROY. :	SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO EN LA VIA DE INTEGRACION BARRIAL TRAMO CIUDADELA JULIO ORDOÑEZ HASTA BARRIO CAPULI					
OBRA :	ESTUDIO DE SUELOS					
UBIC. :	LOJA					
FECHA :	ABRIL-2015	OPERADOR:	O.V	MUESTRA :	:1	
				PROFUND.:	1,00 m.	
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		58,00	55,00	28,21	11,20	
		54,45	51,73	27,76	11,35	11,27
2.- LIM. LIQUIDO	33	29,09	26,78	19,31	30,92	
	27	31,85	29,09	20,55	32,32	
	22	30,66	27,87	19,70	34,15	
	16	30,50	27,78	20,12	35,51	32,87
3.- LIMITE PLASTICO		27,02	25,98	20,46	18,84	
		26,92	25,74	19,38	18,55	18,70
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO IN=	110,7	(E/S)	g	GRAVA=	0 %	
PESO INICIAL DE CALCULO:	99,5			ARENA=	16 %	
				FINOS=	84 %	
TAMIS	PESO R. % R.A.	% PASA		LL =	33,00 %	
1 1/2"	0,00	0,0	100	LP =	19,00 %	
1"	0,00	0,0	100	IP =	14,00 %	
3/4"	0,00	0,0	100			
1/2"	0,00	0,0	100			
3/8"	0,00	0,0	100	CLASIFICACION:		
No. 4	0,00	0,0	100	SUCS =	CL	
No. 10	0,30	0,3	100	AASHTO=	A-6	
No. 40	1,17	1,5	99	IG(86)=	12	
No. 200	14,72	16,3	84	IG(45)=	10	
COLOR=	CAFÉ CLARO					



Ing. Diego I. Castillo  
 LABORATORIO

“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, DESDE LA CIUDADELA JULIO ORDOÑEZ HASTA EL BARRIO CAPULÍ, PERTENECIENTE A LA CIUDAD LOJA”



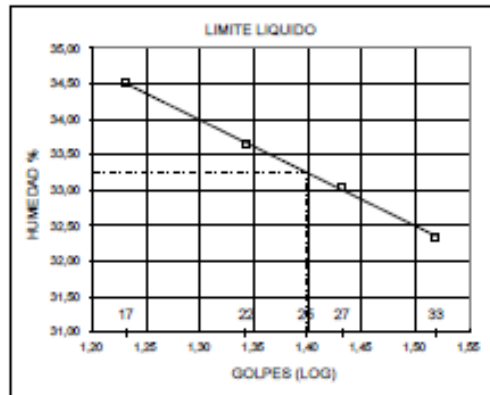
**ESTSUELCON CIA. LTDA.**

INSTITUTO DE ENSAYOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

• Fax: 246294. Celular: 09881061-09842333. Email: estsuelcon@gmail.com

**ENSAYOS DE CLASIFICACION**

PROY. :	SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO EN LA VIA DE INTEGRACION BARRIAL TRAMO CIUDADELA JULIO ORDOÑEZ HASTA BARRIO CAPULI					
OBRA :	ESTUDIO DE SUELOS					
UBIC. :	LOJA					
FECHA :	ABRIL-2015	OPERADOR:	O.V	NUESTRA :	1	
				PROFUND.:	2,00 m.	
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		100,36	93,56	25,28	9,96	
		82,47	77,95	25,89	8,68	9,32
2.- LIM. LIQUIDO	33	32,16	29,11	19,68	32,34	
	27	33,04	29,74	19,75	33,03	
	22	30,72	27,97	19,80	33,66	
	17	32,41	29,07	19,39	34,50	33,26
3.- LIMITE PLASTICO		18,02	17,25	13,05	18,33	
		24,51	23,68	19,25	18,74	18,53
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO IN=	223,1	(H/S)	H	GRAVA=	0 %	
PESO INICIAL DE CALCULO:	204,1			ARENA=	17 %	
				FIOS=	83 %	
TAMIS	PESO R. %	R.R.	% PASA	LL =	33,00 %	
1 1/2"	0,00	0,0	100	LP =	19,00 %	
1"	0,00	0,0	100	IP =	14,00 %	
3/4"	0,00	0,0	100			
1/2"	0,00	0,0	100			
3/8"	0,00	0,0	100			
No. 4	0,73	0,4	100	CLASIFICACION:		
No. 10	1,12	0,9	99	SUCS =	CL	
No. 40	2,42	2,1	98	ASHTO=	A-6	
No. 200	31,09	17,3	83	IG(86)=	12	
COLOR=	CAFÉ CLARO			IG(45)=	10	



Ing. Diego I. Castillo  
LABORATORIO

“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, DESDE LA CIUDADELA JULIO ORDOÑEZ HASTA EL BARRIO CAPULÍ, PERTENECIENTE A LA CIUDAD LOJA”



**ESTSUELCON CIA. LTDA.**

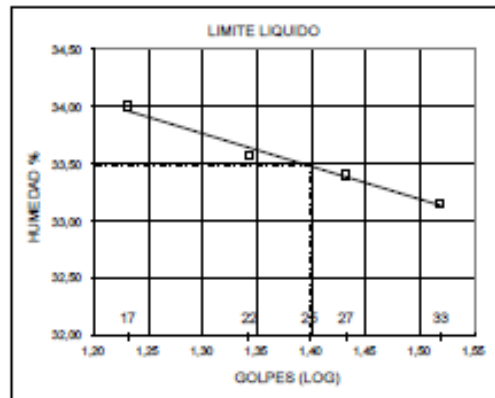
METODOS DE ENSAYO, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORÍA

Tel: 3460064 Celular: 09881001-09810210 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

**ENSAYOS DE CLASIFICACION**

PROY. :	SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO EN LA VIA DE INTERGRACION BARRIAL TRAMO CIUDADELA JULIO ORDOÑEZ HASTA BARRIO CAPULI					
OBRA :	ESTUDIO DE SUELOS					
UBIC. :	LOJA	OPERADOR: O.V		MUESTRA :1		
FECHA :	ABRIL-2015	OPERADOR: O.V		PROFUND.:3,00 m.		
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w % RESULTADO	
1.- CONTENIDO HUMEDAD		82,23	75,45	27,67	14,19	
		88,93	80,72	25,17	14,78	
					14,48	
2.- LIM. LIQUIDO	33	30,06	27,55	19,98	33,16	
	27	31,56	28,54	19,50	33,41	
	22	31,17	28,34	19,91	33,57	
	17	33,19	29,48	18,57	34,01	
					33,49	
3.- LIMITE PLASTICO		25,55	24,79	20,50	17,72	
		26,44	25,54	20,45	17,68	
					17,70	
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO IN=	294,5 (N/S)	N			GRAVA=	0 %
PESO INICIAL DE CALCULO:	257,3				ARENA=	12 %
					FINOS=	88 %
TAMIS	PESO R. % R.R.	% PASA		LL = 33,00 %		
1 1/2"	0,00	0,0		LP = 18,00 %		
1"	0,00	0,0		IP = 15,00 %		
3/4"	0,00	0,0				
1/2"	0,00	0,0		CLASIFICACION:		
3/8"	0,00	0,0		SUCS = CL		
No. 4	0,00	0,0		ASHTO= A-6		
No. 10	0,67	0,3		IG(86)= 14		
No. 40	1,36	0,8		IG(45)= 10		
No. 200	27,86	11,6				
COLOR=	CAFÉ CLARO					



Ing. Diego I. Castillo  
LABORATORIO

# CERTIFICADO DE TRADUCCION