



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

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

CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y  
ORDENAMIENTO TERRITORIAL

## TÍTULO

**“Susceptibilidad a deslizamientos en la vía de  
Integración Barrial desde el KM 5+400 m hasta  
el KM 6+300 m en el sector Occidental del  
cantón Loja”**

TESIS DE GRADO PREVIO A OBTENER EL  
TÍTULO DE INGENIERA EN GEOLOGÍA  
AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO  
TERRITORIAL.

## AUTORA:

Bety Cecilia Jiménez Jiménez

## DIRECTOR:

Ing. Walter Simón Tambo Encalada, Mg. Sc.

LOJA – ECUADOR

2015

## CERTIFICACIÓN

Ing. Walter Simón Tambo Encalada, Mg. Sc.

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

**DIRECTOR DE TESIS**

### **CERTIFICA:**

Que el presente trabajo de tesis de grado ha sido realizado bajo mi dirección y asesoría; cuyo tema trata sobre **“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL DESDE EL KM 5+400 M HASTA EL KM 6+300 M EN EL SECTOR OCCIDENTAL DEL CANTÓN LOJA”** por lo que, luego de haber revisado los borradores y cumplidas las sugerencias y observaciones necesarias, autorizo su presentación y posterior sustentación.

Loja 14 de Enero de 2015



Ing. Walter Simón Tambo Encalada Mg. Sc.

**DIRECTOR DE TESIS**

## AUTORÍA

Yo **BETY CECILIA JIMÉNEZ JIMÉNEZ** expreso ser autora del presente trabajo de tesis y absuelvo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido del mismo.

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

**Autora:** Bety Cecilia Jiménez Jiménez

**Firma:**



**Cédula:** 1104401847

**Fecha:** 6 de marzo de 2015

**La Autora**

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

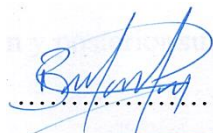
Yo **BETY CECILIA JIMÉNEZ JIMÉNEZ** declaro ser autora de la tesis titulada: **“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL DESDE EL KM 5+400 M HASTA EL KM 6+300 M EN EL SECTOR OCCIDENTAL DEL CANTÓN LOJA”**, como requisito a obtener el grado de **INGENIERA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre la producción intelectual de la misma, 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 los 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, a los 6 días del mes de marzo del dos mil quince, firma la autora.

**Firma:**



.....

**Autora:**

Bety Cecilia Jiménez Jiménez

**Cédula:**

1104401847

**Dirección:**

Yahuarcona. Av. Romerillos 27 – 09 y Hualtacos.

**Correo Electrónico:** jjclaflaka@hotmail.com

**Teléfono:**

2102948

**Celular:** 0997809760

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Director de Tesis:** Ing. Walter Simón Tambo Encalada, Mg. Sc.

**Tribunal de Grado:** Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg. Sc.

Ing. Galo Alexander Guamán Jaramillo, Mg. Sc.

Ing. Fermín Alexander González Sisalima, Mg. Sc.

## **AGRADECIMIENTO**

Dejo constancia de mi gratitud a la Universidad Nacional de Loja por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional, mis más sinceros agradecimientos a las autoridades, personal administrativo y docente por haberme concedido la oportunidad de realizar mis anhelos de superación y tener la posibilidad de servir a la sociedad.

A mi director de tesis, Ing. Walter Simón Tambo Encalada por su esfuerzo, dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, y paciencia para que el presente trabajo tenga los resultados anhelados.

**La Autora**

## **DEDICATORIA**

*Quiero dedicar la realización de este trabajo a Dios quién ha sido mi guía en mi vida, y darme fuerzas para seguir adelante, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.*

*A mis amados abuelitos Paulino Jiménez (+) y Rosa Ramírez, por su apoyo incondicional, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar ya que gracias a ellos soy lo que soy.*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN .....	II
AUTORÍA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	V
DEDICATORIA .....	VI
RESUMEN.....	XV
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
Objetivo General .....	3
Objetivos Específicos.....	3
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1. Susceptibilidad.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2. Movimientos en masa.....</b>	<b>5</b>
<b>2.3. Clasificación de los Movimientos en masa .....</b>	<b>6</b>
<b>2.3.1. Desprendimientos o caídas (falls).....</b>	<b>6</b>
<b>2.3.2. Vuelcos (topples).....</b>	<b>6</b>
<b>2.3.3. Expansiones laterales (lateral spreads) .....</b>	<b>7</b>
<b>2.3.4. Flujos (flows).....</b>	<b>7</b>
<b>2.3.5. Deslizamientos (Landslides) .....</b>	<b>8</b>
<b>2.4. Mecanismos de falla .....</b>	<b>12</b>
<b>2.4.1. Factores Condicionantes (intrínsecos).....</b>	<b>12</b>
<b>2.4.1.1. La Litología.....</b>	<b>12</b>
<b>2.4.1.2. Estructura Geológica y Fracturas.....</b>	<b>13</b>
<b>2.4.1.3. Condiciones Hidrogeológicas.....</b>	<b>13</b>
<b>2.4.1.4. Estado de Meteorización.....</b>	<b>13</b>
<b>2.4.1.5. Pendiente y Relieve.....</b>	<b>13</b>
<b>2.4.2. Factores Desencadenantes (externos) .....</b>	<b>14</b>
<b>2.4.2.1. Naturales .....</b>	<b>14</b>
<b>2.4.2.2. Antrópicos.....</b>	<b>14</b>
<b>2.5. Topografía.....</b>	<b>15</b>
<b>2.6. Geología.....</b>	<b>15</b>
<b>2.7. Geomorfología .....</b>	<b>16</b>
<b>2.8. Geofísica.....</b>	<b>17</b>

2.8.1.	Sondeos Eléctricos Verticales (SEV).....	18
2.9.	Resistencia a la Penetración Estándar (SPT).....	19
2.10.	Utilización de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en Susceptibilidad.....	19
3.	MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	21
3.1.	Introducción.....	21
3.2.	Materiales.....	23
3.3.	Metodología por objetivos .....	24
3.3.1.	Metodología para desarrollar el Objetivo 1 .....	24
3.3.2.	Metodología para desarrollar el Objetivo 3.....	28
4.	RESULTADOS.....	31
4.1.	Descripción General del Área de Estudio .....	31
4.1.1.	Ubicación y Acceso .....	31
4.1.2.	Vialidad .....	34
4.1.3.	Aspectos Socio – Económicos .....	34
4.1.4.	Clima .....	36
4.1.5.	Flora y Fauna.....	37
4.1.5.1.	Flora .....	37
4.1.6.	Hidrología .....	39
4.1.7.	Topografía.....	39
4.2.	Análisis de los Factores Condicionantes.....	40
4.2.1.	Geología Regional.....	40
4.2.2.	Geología Local .....	42
4.2.2.1.	Geología Estructural.....	48
4.2.2.2.	Descripción de los deslizamientos .....	49
4.3.	Geomorfología .....	54
4.4.	Cobertura vegetal.....	58
4.5.	Uso actual del suelo .....	59
4.6.	Pendientes .....	60
4.7.	Caracterización Geotécnica.....	61
4.7.1.	Geotecnia.....	62
4.7.1.1.	Características generales de las unidades geotécnicas .....	62
4.7.1.2.	Interpretación de los Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) .....	62
4.8.	Interpretación del ensayo de penetración estándar (SPT). .....	74
4.8.1.	Índices correlativos a los Límites Atterberg - Comportamiento.....	76



<b>4.8.2. Resumen y valoración geológica-geotécnica.....</b>	<b>77</b>
<b>4.9. Susceptibilidad a deslizamientos.....</b>	<b>81</b>
<b>4.9.1. Variables y Pesos .....</b>	<b>82</b>
<b>4.10. Valoración e interpretación de Susceptibilidad a deslizamientos.....</b>	<b>85</b>
<b>5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>87</b>
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>89</b>
<b>7. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>91</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>92</b>
ANEXO 1. Ficha 1 para descripción de afloramientos.....	97
ANEXO 2. Ficha 2 para inventarios de deslizamientos.....	98
ANEXO 5. Registro de datos para los Sondeos Eléctricos Verticales.....	109
ANEXO 6. Tablas de referencia de los valores de resistividad natural de los geomateriales. .....	110

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos.....	5
Tabla 2. Criterios para categorizar la Susceptibilidad.....	29
Tabla 3. Pesos de criterios usando el Método de Suma de Rango.....	30
Tabla 4. Especie arbustiva Sauce llorón.....	37
Tabla 5. Especie Diente de león.....	37
Tabla 6. Especie Hierba de San Antonio.....	38
Tabla 7. Principales especies de aves y reptiles existentes en Ciudad Victoria.....	38
Tabla 8. Categorías de forma de la vertiente.....	55
Tabla 9. Categorías de pendientes.....	55
Tabla 10. Categorías de desnivel relativo.....	56
Tabla 11. Categorías de longitud de la vertiente.....	56
Tabla 12. Categorías de fondo de valle.....	56
Tabla 13. Formas de relieve según su origen.....	57
Tabla 14. Geomorfología y área ocupada en el sector de estudio.....	58
Tabla 15. Cobertura vegetal y área ocupada en el sector de estudio.....	59
Tabla 16. Uso actual del suelo y área ocupada en el sector de estudio.....	59
Tabla 17. Pendiente y área ocupada en el sector de estudio.....	61
Tabla 18. Datos Obtenidos en el Campo (Línea 1).....	63
Tabla 19. Interpretación de la Línea SEV 1.....	64
Tabla 20. Datos Obtenidos en el Campo (Línea 2).....	65
Tabla 21. Interpretación de la Línea SEV 2.....	66
Tabla 22. Datos Obtenidos en el Campo (Línea 3).....	67
Tabla 23. Interpretación de la Línea SEV 3.....	68
Tabla 24. Datos Obtenidos en el Campo (Línea 4).....	69
Tabla 25. Interpretación de la Línea SEV 4.....	70
Tabla 26. Datos Obtenidos en el Campo (Línea 5).....	71
Tabla 27. Interpretación de la Línea SEV 5.....	72
Tabla 28. Criterios para la determinación y posible catalogación de ARCILLAS EXPANSIVAS a 2.0 metros de profundidad.....	75
Tabla 29. Valoración de la Unidad geotécnica. Valencia Carolina. 2008.....	78
Tabla 30. Variables del mapa de susceptibilidad a deslizamientos.....	84

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Ponderaciones de las variables para obtener el mapa de susceptibilidad. ....	30
Gráfica 2. Curva teórica y de trabajo de la línea 1 mostrada por el programa IPI 2Win. .....	64
Gráfica 3. Curva teórica y de trabajo de la línea 2 mostrada por el programa IPI 2Win. .....	66
Gráfica 4. Curva teórica y de trabajo de la línea 3 mostrada por el programa IPI 2Win. .....	68
Gráfica 5. Curva teórica y de trabajo de la línea 4 mostrada por el programa IPI 2Win. .....	70
Gráfica 6. Curva teórica y de trabajo de la línea 5 mostrada por el programa IPI 2Win. .....	72
Gráfica 7. Gráfica de sensibilidad. ....	80

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Realización del levantamiento topográfico.....	25
Fotografía 2. Afloramiento de areniscas en la Quebrada Las Pavas. ....	43
Fotografía 3. Afloramiento de conglomerado y areniscas.....	44
Fotografía 4. Afloramiento de areniscas con intercalaciones de lutitas calcáreas.....	45
Fotografía 5. Afloramiento de lutitas y areniscas.....	45
Fotografía 6. Afloramiento de areniscas y arcillas.....	46
Fotografía 7. Afloramiento de areniscas y lentes de conglomerado.....	47
Fotografía 8. Afloramiento de areniscas altamente fracturadas. ....	47
Fotografía 9. Afloramiento de areniscas fuertemente meteorizadas. ....	48
Fotografía 10. Afloramiento con micro falla normal. ....	49
Fotografía 11. Deslizamiento 1. (DLZT1).....	50
Fotografía 12. Deslizamiento 2. (DLZT2).....	52
Fotografía 13. Deslizamiento 3. (DLZT3).....	53
Fotografía 14. Sondeo eléctrico vertical de la línea 1. ....	63
Fotografía 15. Sondeo eléctrico vertical de la línea 2. ....	65
Fotografía 16. Sondeo eléctrico vertical de la línea 3. ....	67
Fotografía 17. Sondeo eléctrico vertical de la línea 4. ....	69
Fotografía 18. Sondeo eléctrico vertical de la línea 5. ....	71
Fotografía 19. Ensayo de penetración estándar – SPT .....	74

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mecanismos de desprendimiento y colapso (Corominas y García Yagüe, 1997).....	6
Figura 2. Mecanismos de vuelco (Corominas y García Yagüe, 1997).....	7
Figura 3. Expansiones laterales: por fluencia y extrusión del material Subyacente, y por licuefacción (arcillas rápidas). Según Corominas y García Yagüe (1997).....	7
Figura 4. Movimientos de flujo: colada de tierra, corriente de derrubios (Corominas y García Yagüe, 1997).....	8
Figura 5. Tipos de deslizamiento: A) deslizamiento rotacional, B) deslizamiento traslacional (Corominas y García Yagüe, 1997). ....	8
Figura 6. Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento. ....	10
Figura 7. Dimensiones de los movimientos en masa de acuerdo a IAEG Commission on Landslides (1990). ....	11
Figura 8. Equipo SYSCAL R1 PLUS. ....	18
Figura 9. Columna Estratigráfica de la Cuenca de Loja.....	42
Figura 10. Corte Geoeléctrico de las líneas 1 y 2.....	73
Figura 11. Corte Geoeléctrico de las líneas 3 y 5.....	73
Figura 12. Corte Geoeléctrico de las líneas 4 y 5.....	74

**Susceptibilidad a deslizamientos en la vía de  
Integración Barrial desde el KM 5+400 m hasta  
el KM 6+300 m en el sector Occidental del cantón  
Loja.**

## RESUMEN

El presente trabajo de tesis, fue realizado en el sector Occidental de la Ciudad de Loja, en la vía de Integración Barrial, el mismo que abarca los barrios Obrapía y Ciudad Victoria, la cual posee una superficie de 69 ha, dicho trabajo está orientado al estudio de deslizamientos, con la finalidad de identificar zonas que presentan un mayor grado de susceptibilidad de deslizamientos en el sector antes mencionado.

El objetivo principal de esta investigación fue la obtención de información detallada de campo, como levantamiento topográfico, geológico estructural, descripción de afloramientos, inventario de deslizamientos, caracterización geotécnica apoyada en métodos directos Ensayos de Penetración Estándar (SPT) e indirectos Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) los cuales servirán para ratificar la litología del sector y posible contenido de agua en los estratos.

Geológicamente el área de estudio está compuesta por rocas sedimentarias, correspondientes a la formación geológica Belén, así mismo se efectuó la descripción de los principales afloramientos, y el inventario de 3 deslizamientos de tipo rotacional, registrando sus elementos de yacencia: rumbo, buzamiento, elementos estructurales: fallas, fracturas, de los estratos presentes en cada afloramiento dentro del área.

Con ayuda de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) la información obtenida fue integrada, digitalizada y procesada, obteniendo como resultado una base de datos para la realización de mapas temáticos como: Pendientes, Geológico, Geomorfológico, Cobertura Vegetal, Uso Actual del Suelo, en el *software* (ArcGis 10.1), son superpuestos con la finalidad de clasificar el sector, obteniendo así el mapa final con cinco categorías de susceptibilidad a deslizamientos.

El resultado final de dicho proyecto permitirá zonificar áreas susceptibles a deslizamientos dicha base de datos servirá para la aplicación de políticas enfocadas a la prevención de riesgos en la vía y sus alrededores.

## **ABSTRACT**

This thesis was carried out in the Western sector of the city of Loja, in the way of Neighborhood Integration, the same covering Obrapía and Ciudad Victoria neighborhoods, which has an area of 69 ha, this work is aimed at study of landslides, in order to identify areas with a greater degree of landslide susceptibility in the aforementioned sector.

The main objective of this research was to obtain detailed information field, as topographic, geological structural description of outcrops, landslide inventory, geotechnical characterization supported by direct methods Standard Penetration Test (SPT) and indirect Vertical Electrical Sounding (SEV) which will serve to ratify the lithology of the sector and water content in the layers.

Geologically, the study area is composed corresponding to the geological formation Bethlehem, sedimentary rocks likewise the description of main outcrops are made , and inventory 3 slides rotational type recording their elements yacencia: direction, dip, structural elements: faults, fractures, strata present in each outcrop within the area.

With the help of Geographic Information Systems (GIS) information obtained was integrated, digitized and processed, resulting in a database for conducting thematic maps such as: earrings, Geological, Geomorphological, Vegetation Cover, Current Land Use in (ArcGis 10.1) software, are superimposed in order to classify the sector, thus obtaining the final map with five categories of landslide susceptibility.

The end result of this project will be zoned areas susceptible to landslides database that will serve to implement policies aimed at preventing risks on the road and its surroundings.



## 1. INTRODUCCIÓN

Según Brabb, (1984) indica que los deslizamientos son uno de los procesos geológicos más destructivos, que causan miles de muertes y por consiguiente daños en las propiedades por valor de decenas de billones de dólares cada año; sin embargo, muy pocas personas son conscientes de su importancia<sup>1</sup>. Los movimientos de ladera suponen un riesgo importante para la población. Según datos de la OEA<sup>2</sup>, los movimientos en masa fueron los causantes del 17% de los desastres, detrás de las inundaciones que supusieron el origen del 68% de los desastres. El 90 % de las pérdidas por deslizamientos son evitables si el problema se identifica con anterioridad en base a estudios de susceptibilidad y se toman medidas de prevención o control<sup>3</sup>.

Los movimientos de tierra, o movimientos masivos de rocas y material no consolidado, tal como suelos, lodo y derrubio, son mucho más comunes de lo que generalmente son percibidos por la población. Muchas personas son conscientes de los deslizamientos catastróficos, pero pocas saben que los pequeños movimientos son un problema constante para aquellos involucrados en actividades de diseño y construcción. Estos profesionales, frecuentemente, pueden agravar el problema de los movimientos de tierra por deficiente planificación, diseño o prácticas de construcción. Lo cual se puede evitar si se reconoce el problema desde un comienzo y se da la consulta efectiva entre pobladores y el equipo de construcción antes de la planificación detallada del desarrollo.

Sin embargo a esto, y considerando el espacio territorial, en nuestro país existe actualmente una serie de asentamientos poblacionales no planificados, sin ningún tipo de estudio técnico que sustenten dichas construcciones o urbanizaciones, lo que ha ocasionado problemas de inestabilidad de los suelos, poblaciones sin servicios básicos y la proliferación de conflictos.

Dichos movimientos como los deslizamientos se desarrollan independientemente de otros, es decir existen diferentes escenarios o condiciones para su ocurrencia, de esta

---

<sup>1</sup> Brabb, E. (1984) Innovative Approaches to Landslide Hazard and Risk Mapping.

<sup>2</sup> Organización de los Estados Americanos, 1993.

<sup>3</sup> Montiel, K. (2009) Peligro por inestabilidad de laderas en la cuenca del Río Castán.

forma y atendiendo a la litología, la diversidad de propiedades físicas y mecánicas de los suelos y rocas, los materiales reaccionan de manera diferente a cambios de su situación física (contenido de agua, aceleración sísmica, inclinación de la ladera, entre otros) lo que está relacionado en algunas situaciones con la pérdida de su estabilidad, por ello es de gran importancia realizar estudios geológicos-geotécnicos que se constituyan en el sustento para la caracterización y análisis de los procesos geodinámicos, específicamente deslizamientos<sup>4</sup>.

En la ciudad de Loja se han realizado varios estudios geológicos, los mismos que se encuentran a gran escala, lo que imposibilita conocer la topografía, litología, geomorfología, uso de suelo a detalle y como está influenciando cada factor en la susceptibilidad del terreno. El presente estudio se encuentra ubicado en el sector Occidental del cantón Loja, provincia de Loja.

El levantamiento topográfico y geológico-estructural a detalle comprende los barrios Obrapía y Ciudad Victoria, factor que fue indispensable para conocer las características del terreno y así determinar que en el sector tenemos areniscas altamente meteorizadas correspondientes a la formación geológica Belén, presenta pendientes relativamente planas y la mayor parte del uso del suelo está utilizado por construcciones tanto de viviendas como de vías.

Siendo el presente trabajo de tesis un proyecto encaminado a determinar la susceptibilidad a deslizamientos en el tramo desde el KM 5+400 m hasta el KM 6+300 m en la vía de Integración Barrial, basándose en estudios básicos como topografía, geología, geomorfología, inventario de deslizamientos, uso del suelo, sondeos eléctricos verticales (SEV), y un SPT parámetros esenciales para la valoración del terreno, mismos que nos servirán para el cumplimiento de los siguientes objetivos:

---

<sup>4</sup> Cascini et al., 2005.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Elaborar el mapa de susceptibilidad a deslizamiento en la vía de Integración Barrial desde el KM 5+400 m hasta el KM 6+300 m” en el sector Occidental del Cantón Loja.

### **Objetivos Específicos**

- Realizar el levantamiento topográfico y geológico a detalle a 200 metros del margen de la vía Integración Barrial, identificando la litología, características geomorfológicas y estructurales para el desarrollo del mapa de susceptibilidad a deslizamientos.
- Complementar a través de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) las características litológicas como potencias, tipos de rocas y presencia de agua en el subsuelo.
- Elaborar el mapa de susceptibilidad a deslizamientos en base a mapas temáticos obtenidos en base a topografía y geología.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Susceptibilidad**

Según Crozier, 1986, manifiesta que la Susceptibilidad expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno, (Topografía, Geología, Geomorfología, Geotecnia y Cobertura Vegetal).

Según Cruden, 1991, la susceptibilidad es una propiedad del terreno que indica qué tan favorables o desfavorables son las condiciones de éste, 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.

Según Suarez, J. 2009, el término susceptibilidad hace referencia a la predisposición del terreno a la ocurrencia de deslizamientos y no implica el aspecto temporal del fenómeno.

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. Para la elaboración del mapa de susceptibilidad se tienen en cuenta los factores condicionantes que indican las condiciones naturales del terreno los cuales son:

- Geomorfología del terreno
- Características geológicas
- Cobertura vegetal y uso actual del suelo.
- Inventario de deslizamientos

SUSCEPTIBILIDAD	CRITERIO
<b>MUY ALTA</b>	Laderas con zonas de falla, masas de suelo altamente y saturadas y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe una alta posibilidad de que ocurran.
<b>ALTA</b>	Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran.
<b>MODERADA</b>	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
<b>BAJA</b>	Laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados, no saturados, con discontinuidades desfavorables, donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos.
<b>MUY BAJA</b>	Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que puedan ocurrir deslizamientos.

**Tabla 1.** Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos.

**Fuente:** Sarkar y Kanungo, 2004<sup>5</sup>.

## 2.2. Movimientos en masa

Según Cruden 1991, indica que el término movimiento en masa incluye todos aquellos movimientos ladera debajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efecto de la gravedad.

Según Gray y Sotir, 1996, describe que son procesos de la geodinámica externa, esencialmente gravitatorios, por los cuales una parte de la masa del terreno se desplaza a una cota inferior de la original sin que medie ostensiblemente medio de transporte alguno, siendo tan solo necesario que las fuerzas estabilizadoras sean superadas por las desestabilizadoras.

Según Castro Marín 2001, los movimientos en masa no son más que desplazamientos verticales de material rocoso y de suelo a causa de la gravedad, por lo que es un descenso de masa, en donde puede estar involucrada el agua como puede no estarlo.

---

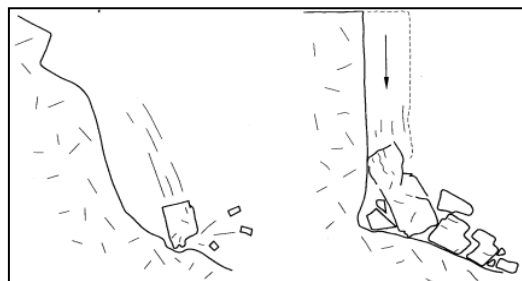
<sup>5</sup> Sarkar y Kanungo. Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos, Cuadro tomado de la Zonificación de Susceptibilidad Amenaza y Riesgo. 2004.

## 2.3. Clasificación de los Movimientos en masa

### 2.3.1. Desprendimientos o caídas (falls)

Según García Yagüe y García Álvarez, 1988; los desprendimientos son fenómenos originados por el despegue de una masa de suelo o roca de una pared empinada o acantilado. El movimiento tiene lugar mediante caída libre y posterior rebote o rodadura. Es frecuente que al impactar contra la superficie del terreno, la masa caída se rompa en multitud de fragmentos, cuyo movimiento es muy rápido.

El material caído, una vez desparramado por la ladera, no suele experimentar nuevos movimientos. Cuando las caídas son frecuentes, los bloques se acumulan al pie de los escarpes rocosos formando canchales que ocasionalmente experimentan roturas y originan corrientes de derrubios. El área fuente de desprendimientos es de difícil acceso. Por este motivo, aunque es posible la sujeción de los bloques en origen, el tratamiento suele consistir en la interposición de obstáculos en el recorrido (pantallas dinámicas, zanjas).<sup>6</sup>



**Figura 1.** Mecanismos de desprendimiento y colapso (Corominas y García Yagüe, 1997).

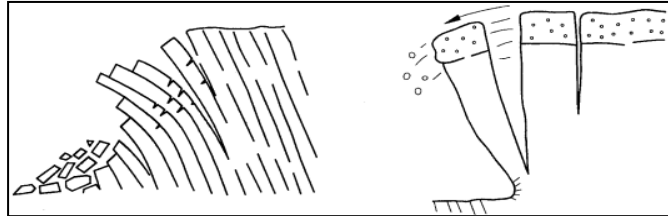
### 2.3.2. Vuelcos (topples)

Es la rotación hacia delante y hacia el exterior de la ladera, de una masa de suelo o roca alrededor de un eje situado por debajo de su centro de gravedad. La fuerza desestabilizadora es la gravedad así como el empuje ejercido por el terreno adyacente o los fluidos (agua o hielo) en las grietas.

---

<sup>6</sup> Van Steijn et al. 1988.

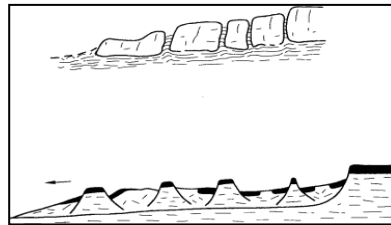
Existen dos variantes: el doblamiento plástico (en rocas metamórficas y, en menor medida, en pelíticas) y el doblamiento rígido, que podría ser llamado, más apropiadamente, basculamiento.<sup>7</sup>



**Figura 2.** Mecanismos de vuelco (Corominas y García Yagüe, 1997).

### 2.3.3. Expansiones laterales (lateral spreads)

Varnes (1978), distinguió dos tipos de extensiones laterales: (1) la fracturación y extensión de material compacto (tanto suelo como roca), debido a la licuefacción del material subyacente. Es característico de sedimentos arcillosos, (2) Los movimientos afectan al conjunto de formación sin que se identifiquen zonas basales de cizalla o flujo plástico, o sin que estén bien definidas. Suelen afectar a litologías blandas y deformables que se encuentran por debajo de niveles potentes de materiales resistentes.



**Figura 3.** Expansiones laterales: por fluencia y extrusión del material subyacente, y por licuefacción (arcillas rápidas). Según Corominas y García Yagüe (1997).

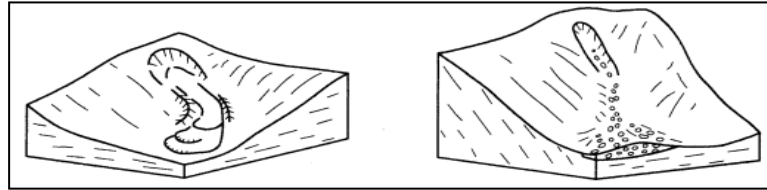
### 2.3.4. Flujos (flows)

Son movimientos espacialmente continuos en los que las superficies de cizalla tienen corta vida, se encuentran muy próximas y generalmente no se conservan. La distribución de velocidades en la masa desplazada se parece a la que se presenta en un fluido viscoso.

---

<sup>7</sup> Goodman y Bray, 1976.

Por este motivo, la masa movida no conserva la forma en su movimiento descendente, adoptando a menudo, formas lobuladas cuando interesan a materiales cohesivos y desparramándose por la ladera o formando conos de deyección (abanico aluvial) cuando afectan a materiales granulares.

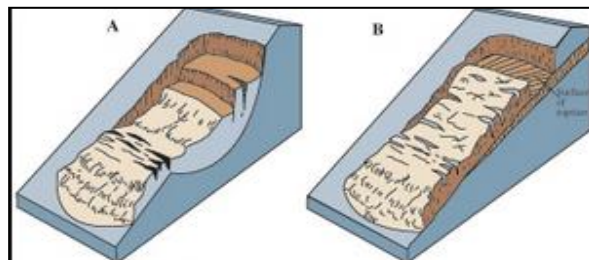


**Figura 4.** Movimientos de flujo: colada de tierra, corriente de derrubios (Corominas y García Yagüe, 1997).

### 2.3.5. Deslizamientos (Landslides)

Según Cruden 1991, los deslizamientos consisten en movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud, donde se incluyen tanto los procesos de erosión como los procesos denudacionales, los cuales se mueven relativamente respecto al sustrato, sobre una o varias superficies de rotura cuando se supera la resistencia al corte de éstas. La masa se desplaza en su conjunto sin sufrir deformación. Suelen ser procesos rápidos y pueden movilizar miles de m<sup>3</sup> de material.

- a) **Deslizamientos rotacionales o circulares (slump).** Movimiento lento de una masa de suelo, roca o ambos, a lo largo de una superficie de ruptura en forma circular (que coincide con la de transporte) sobre la cual se mueve una masa.
- b) **Deslizamientos traslacionales (Dip slope).** Movimiento lento o rápido de un bloque de suelo o roca a lo largo de una superficie de deslizamiento planar.



**Figura 5.** Tipos de deslizamiento: A) deslizamiento rotacional, B) deslizamiento traslacional (Corominas y García Yagüe, 1997).

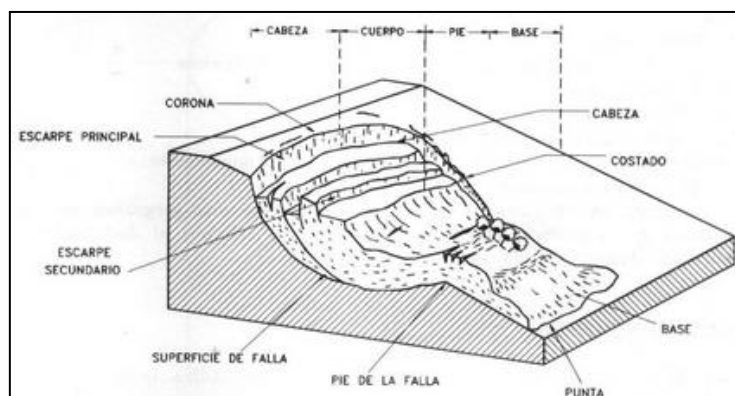


## Partes de un Deslizamiento

Las partes principales son las siguientes:

- **Cabeza.** Parte superior de la masa de material que se mueve. La cabeza del deslizamiento no corresponde necesariamente a la cabeza del talud. Arriba de la cabeza está la corona.
- **Cima.** El punto más alto de la cabeza, en el contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.
- **Corona.** El material que se encuentra en el sitio, (prácticamente inalterado), adyacente a la parte más alta del escarpe principal, por encima de la cabeza.
- **Escarpe principal.** Superficie muy inclinada a lo largo de la periferia posterior del área en movimiento, causado por el desplazamiento del material. La continuación de la superficie del escarpe dentro del material conforma la superficie de la falla.
- **Escarpe secundario.** Superficie muy inclinada producida por el desplazamiento diferencial dentro de la masa que se mueve. En un deslizamiento pueden formarse varios escarpes secundarios.
- **Superficie de falla.** Área por debajo del movimiento y que delimita el volumen del material desplazado. El suelo por debajo de la superficie de la falla no se mueve, mientras que el que se encuentra por encima de ésta, se desplaza. En algunos movimientos no hay superficie de falla.
- **Pie de la superficie de falla.** La línea de interceptación (algunas veces tapada) entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno.

- **Base.** El área cubierta por el material perturbado abajo del pie de la superficie de falla.
- **Punta o ña.** El punto de la base que se encuentra a más distancia de la cima.
- **Cuerpo principal del deslizamiento.** El material desplazado que se encuentra por encima de la superficie de falla. Se pueden presentar varios cuerpos en movimiento.
- **Superficie original del terreno.** La superficie que existía antes de que se presentara el movimiento.
- **Costado o flanco.** Un lado (perfil lateral) del movimiento. Se debe diferenciar el flanco derecho y el izquierdo.



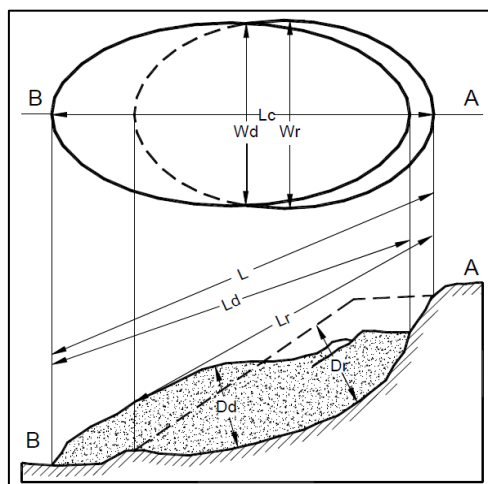
**Figura 6.** Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento.

### Dimensiones de los movimientos

Para definir las dimensiones de un movimiento se utiliza la terminología recomendada por el IAEG (**Figura 7**):

- **Ancho de la masa desplazada  $W_d$ .** Ancho máximo de la masa desplazada, perpendicular a la longitud  $L_d$ .
- **Ancho de la superficie de falla  $W_r$ .** Ancho máximo entre los flancos del deslizamiento perpendicular 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  $L_c$ .** Distancia que hay desde la punta (o uña) hasta la corona del deslizamiento, a lo largo de los puntos ubicados sobre la superficie original y equidistantes de los bordes laterales o flancos.



**Figura 7.** Dimensiones de los movimientos en masa de acuerdo a IAEG Commission on Landslides (1990).

Haciendo referencia al tema proyectado y de acuerdo a las condiciones presentes en el terreno, el estudio se enfatizará, a la descripción de deslizamientos rotacionales encontrados en el área de estudio correspondiente a los barrios Obrapía y Ciudad Victoria del cantón Loja, sector occidental.

## **2.4. Mecanismos de falla**

Los factores que controlan la estabilidad de las laderas son aquellas capaces de modificar las fuerzas internas y externas que actúen sobre el terreno. Los procesos que ocurren en un talud son generalmente complejos y dependen de gran cantidad de factores, los cuales interactúan entre ellos para definir un comportamiento.

Los factores que contribuyen a crear una situación de inestabilidad en una ladera son múltiples; rara vez actúa uno solo, estos se dividen en factores condicionantes y factores desencadenantes.

### **2.4.1. Factores Condicionantes (intrínsecos)**

Son aquellos factores que inciden en los procesos de inestabilidad de laderas y por ende son relativos a la propia naturaleza o características de las laderas, esos factores pueden ser:

#### **2.4.1.1. La Litología**

Este factor determina la potencialidad de los movimientos en los diferentes tipos de materiales, ya sea en suelos o roca, y la existencia de planos de discontinuidad que puede actuar como superficies de rotura.

Aspectos como la composición, resistencia, fortaleza, deformidad, grado de alteración y fracturación, porosidad y permeabilidad determinan la posibilidad del terreno a sufrir roturas y movimientos.

#### **2.4.1.2. Estructura Geológica y Fracturas**

Es común en los deslizamientos ocurren a lo largo de las superficies de debilidad existentes en el suelo o roca. La estructura está conformada por las discontinuidades, fracturas, planos de estratificación o superficies de debilidad del macizo o talud.

#### **2.4.1.3. Condiciones Hidrogeológicas**

La presencia o no de agua y la temperatura, definen las condiciones para los procesos de meteorización física y química. El agua juega un papel negativo en la resistencia de los materiales, debido a que reduce la resistencia al corte por la generación de presiones intersticiales y por la reducción de los parámetros resistentes en determinados tipos de suelos, además aumenta los esfuerzos de corte por incremento debido al peso del terreno y por generación de fuerzas desestabilizadoras en grietas y discontinuidades.

#### **2.4.1.4. Estado de Meteorización**

La meteorización produce cambios físicos y químicos, erosión externa e interna, lo que provoca zonas de debilidad. La meteorización de rocas conduce a la formación de montmorillonitas, óxidos de hierro y aluminio en etapas iniciales de meteorización y finalmente se pueden formar: caolinitas esmectitas y gibsitas<sup>8</sup>. Algunas rocas que contienen sales se disuelven fácilmente en agua, especialmente en presencia de CO<sub>2</sub>, acelerando los procesos de meteorización.

#### **2.4.1.5. Pendiente y Relieve**

Al aumentar la pendiente, generalmente se aumentan las fuerzas que tratan de desestabilizar el talud y disminuyen los factores de seguridad al deslizamiento. Los taludes de alta pendiente son muy susceptibles a la ocurrencia de movimiento en masa tales como: deslizamientos, inclinaciones-caídas y flujos. Además de la pendiente la curvatura de la superficie es muy importante al momento de analizar susceptibilidad.

---

<sup>8</sup> Gonzales 2005.

## **2.4.2. Factores Desencadenantes (externos)**

Son aquellos que disparan o detonan la inestabilidad en la ladera. Una causa desencadenante pequeña puede ser suficiente para provocar la inestabilidad, esos factores pueden ser:

### **2.4.2.1. Naturales**

Las precipitaciones pluviales normales y extraordinarias, la filtración de agua pluvial en el terreno, las variaciones de temperatura, sismos.

Según Suarez, J. 2009. El factor hidrológico se debe considerar Aumento de peso por aumento de humedad, infiltración relacionada con las lluvias, infiltración en canales, cuerpos de agua e irrigación, infiltraciones concentradas. Los niveles freáticos. Aumento de la presión de poros. Presión de agua en grietas, expansión y contracción por cambio de humedad, disolución, desintegración de las arcillas sensitivas, lavado interno (Leaching), erosión superficial.

### **2.4.2.2. Antrópicos**

Están la deforestación, quemas e incendios forestales, cortes de taludes para construcción de carreteras u otra infraestructura, el asentamiento humano en las laderas, la actividad minera, el uso indebido del suelo, entre otros.

Según Suarez, J. (2009) detalla que entre los factores antrópicos más evidentes se encuentran: excavaciones o cortes que modifican, cortes en el pie de los taludes, los rellenos o depósitos de materiales sobre el talud, disposición de residuos, la irrigación que facilita la infiltración, las fugas de agua de las redes de servicios y el mantenimiento inadecuado de los sistemas de drenaje y subdrenaje.

## **2.5. Topografía**

Según Miguel Montes de Oca. 1970, es la ciencia y la técnica de realizar mediciones de ángulos y distancias en extensiones de terreno lo suficientemente reducidas como para poder despreciar el efecto de la curvatura terrestre, para después procesarlas y obtener así coordenadas de puntos, direcciones, elevaciones, áreas o volúmenes, en forma gráfica y/o numérica, según los requerimientos del trabajo.

La topografía se realiza en áreas pequeñas, no se considera la curvatura terrestre, lo que genera la representación sobre un plano horizontal, el cual es normal a la dirección de la gravedad y tangente a la superficie en un punto.

Según Cazanova, L. 2004, la topografía es considerada como un conjunto de métodos e instrumentos necesarios para representar el terreno con todos sus detalles naturales o artificiales.

Los levantamientos topográficos a detalle, son la base para los estudios geológicos, se realizan con el fin de determinar la configuración del terreno, relieves y para determinar la posición de ciertos elementos sobre la superficie de la tierra, lo cual nos permitirá ubicar el sector de estudio comprendido en los Barrios de Obrapía y Ciudad Victoria en todo su contexto espacial.

## **2.6. Geología**

Según Werner, Abraham Gottlob (1749-1817). La geología no es una ciencia meramente descriptiva, sino que cada caso busca el porqué de la forma, que establece esa mutua dependencia las leyes que lo rigen y el encadenamiento de hecho que constituye la historia de la tierra.

La geología constituye uno de los parámetros más importantes al analizar la susceptibilidad de los movimientos de masa, pero también uno de los más complejos. La caracterización geológica de una zona comprende: litología, estructuras, estratificación, pliegues, fallas y diaclasas.

El objetivo del levantamiento geológico es el desarrollo de un mapa geológico que explique las condiciones y procesos geológicos de la forma más acertada posible, en el cual se representan las características geológicas de una región (una parte de la superficie terrestre) a una determinada escala utilizando una proyección determinada y una superficie de referencia que normalmente es un plano.<sup>9</sup>

## **2.7. Geomorfología**

Según Summerfield, 1991, la geomorfología es la ciencia que estudia las formas de la superficie de la tierra y los procesos que la crean y modelan.

Según Escobar, G. (2013), en su libro “Manual de geología para Ingenieros” dice: La geomorfología es la ciencia que estudia las formas de la tierra. Se especializa en estructural y climática, 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.

Otro concepto de geomorfología: “Rama de la geografía general que estudia las formas superficiales de la tierra, describiéndolas, ordenándolas sistemáticamente e investigando su origen y desarrollo”<sup>10</sup>.

- **Unidad genética (origen)**

Según Gustavsson, 2005. Se refiere al proceso responsable de la creación de la forma del relieve. Se describe las formas del relieve según su origen, el cual corresponde a cinco categorías: deposicional, denudativo, estructural, fluvio erosional y formas de origen fluvial.

---

<sup>9</sup> Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Levantamiento y Carteo Geológico. 2004.

<sup>10</sup> Diccionario de Geología y Mineralogía 1985.



- **Unida morfológica**

Define el tipo de la forma del relieve a través de un nombre representativo, enmarcado en el análisis de las características del paisaje y subpaisaje.

- **Forma del relieve**

Una forma del relieve o geoforma es una porción del paisaje constituida por una misma roca o material superficial y con características similares en cuanto: a su génesis como por ejemplo deposicional o volcánico; a su morfología (aspectos descriptivos) por ejemplo valle o dique; a su morfometría (aspectos cuantitativos) como ejemplo tenemos pendiente y desnivel vertical; y a su morfodinámica (procesos que actúan en el desarrollo de la forma) por ejemplo movimientos en masa y erosión.

Estas definiciones describen los rasgos de un relieve, si es alto o bajo, si es ondulado o quebrado, que porción de suelo recubre la superficie, que procesos erosivos presenta la superficie en un área de estudio.

## **2.8. Geofísica**

Según Chelotti, L., Acosta, N., Foster, M., 2009, enuncia que la geofísica etimológicamente proviene del griego, naturaleza de la tierra; es la ciencia que estudia los campos físicos vinculados a nuestro planeta<sup>11</sup>.

La geofísica estudia la Tierra mediante métodos de la física, de carácter directo e indirecto, con la finalidad de conocer su evolución, características actuales y prospección de recursos.

---

<sup>11</sup> Chelotti, L., Acosta, N., Foster, M., 2009, “La Ciencia Geofísica”

### 2.8.1. Sondeos Eléctricos Verticales (SEV)

Según Orellana, E. 1982, expresa se conoce como sondeo eléctrico vertical a una serie de determinaciones de resistividad aparente, efectuadas con el mismo tipo de dispositivo y separación creciente entre los electrodos de emisión y recepción de corriente<sup>12</sup>.

Los Sondeos Eléctricos Verticales corresponden a una serie de medidas realizadas alrededor de un punto, en donde mediante un par de electrodos se aplica corriente eléctrica, a diferentes distancias de tal forma que se va obteniendo lecturas de resistividad. Estas medidas que se van realizando, permiten crear una curva que luego de analizada, se interpreta para identificar las profundidades a las cuales se puede encontrar el objetivo de exploración.

Los sondeos de resistividad son útiles para detectar lechos de roca a profundidades considerables. Los datos de sondeos de este tipo se presentan y se interpretan como un resultado de la resistividad aparente.

Este método permite identificar zonas con potencial de agua subterránea e intercalaciones de sedimentos.

Los Sondeos Eléctricos Verticales también pueden ser utilizados, en conjunto, para identificar cuerpos de interés hidrogeológico y establecer direcciones de flujo de agua subterránea, espesores de unidades y geometría de cuerpos en el subsuelo.



**Figura 8.** Equipo SYSCAL R1 PLUS.

---

<sup>12</sup> Orellana, E. 1982, "Prospección Geoeléctrica en corriente Continua"

## **2.9. Resistencia a la Penetración Estándar (SPT)**

El ensayo de penetración estándar (SPT), desarrollado por Terzagui a finales de los años 20, es el ensayo *in situ* más popular y económico para obtener información geotécnica del subsuelo.

Consiste en contar el número de golpes necesarios para que se introduzca a una determinada profundidad una cuchara (cilíndrica y hueca) muy robusta (diámetro exterior de 51 milímetros e interior de 35 milímetros, lo que supone una relación de áreas superior a 100), que permite tomar una muestra, naturalmente alterada, en su interior. El peso de la masa está normalizado, así como la altura de caída libre, siendo de 63'5 kilopondios y 76 centímetros respectivamente.

## **2.10. Utilización de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en Susceptibilidad**

Según Brabb 1978, 1984, 1995 enfatiza que la utilización de SIG's, es indispensable para el análisis de susceptibilidad a los deslizamientos, ya que ha sido reportada en varias ocasiones por el U.S. Geological Survey.

Según Burrough, Goodchild, Rhin, 1986, sintetizan que es el conjunto integrado de medios y métodos informáticos, capaz de recoger, verificar, almacenar, gestionar, actualizar, manipular, recuperar, transformar, analizar, mostrar y transferir datos espacialmente referidos a la Tierra<sup>13</sup>.

Un SIG se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos.

---

<sup>13</sup> Burrough, Goodchild, Rhin y otros. Departamento de Medio Ambiente (DoE), 1986..

La zonificación de amenazas y riesgos requiere del manejo de una serie de herramientas como son la lógica difusa, los modelos digitales de elevación y los Sistemas de Información Geográfica SIGs.

Los modelos digitales de elevación (MED) son capas “raster” en los Sistemas de Información Geográfica (SIGs), donde la elevación es representada como pixeles que cubren un área rectangular específica a una determinada escala. Los modelos digitales se utilizan para elaborar mapas del relieve del terreno en tres dimensiones.<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> Suarez, J. 2009. Deslizamientos. Análisis Geotécnico. Volumen 1.

### **3. MATERIALES Y METODOLOGÍA**

#### **3.1. Introducción**

En toda investigación es de gran importancia los hechos y relaciones debido a que a través de los mismos se establecen los resultados obtenidos y nuevos conocimientos, a la vez que tengan el grado máximo de exactitud y confiabilidad.

El desarrollo de cada fase del proyecto requirió de la aplicación del método científico, que incluye elementos centrales del proceso de investigación como: conceptos relacionados al levantamiento topográfico - geológico, geofísica (SEV), movimientos en masa y susceptibilidad del terreno, afloramientos, compilación de datos mediante fichas técnicas, entre otros.

La información que se recolecto con la observación directa del lugar en mención fue procesada, editada y operada en el software ArcGis versión 10.1 elaborando así cada mapa temático. Validando con ello los resultados que certifican la eficiencia de los materiales y métodos plasmados en la calidad de información generada.

La metodología utilizada para cumplir con los objetivos propuestos en dicho proyecto se llevó a cabo con los siguientes pasos:

- **Recopilación de información**

Paso previo al desarrollo del proyecto de tesis el cual consiste en la revisión e indagación de documentos y cartografía disponible del sector de estudio, realizar esta etapa fue una tarea metódica la misma que radicó en reunir la información dispersa existente sobre el tema a desarrollar. Se ha recurrido a los departamentos de documentación de los organismos oficiales como GADS, bibliotecas, y publicaciones como tesis de grado, compilaciones, páginas web, diarios impresos, entre otros.

- **Trabajo de campo**

Esta es la primera etapa técnica de soporte para el desarrollo de las diversas fases del estudio, por lo tanto es una etapa es de gran importancia, por ser la base fundamental del proyecto investigativo, donde se compila toda la información posible en el contenido topográfico – geológico, geofísica (SEV) – (SPT), movimientos en masa, afloramientos que influyen en la susceptibilidad del terreno.

En esta etapa se ha recolectado elementos importantes para la cartografía así como también se llenó fichas para su posterior interpretación, la toma de estos datos y parámetros resulta ser costosa, por lo cual se debe tener precaución en recolectar información pertinente y que sea de soporte para dar cumplimiento a los objetivos planteados.

- **Trabajo de oficina**

El objetivo final de la presente investigación es reunir toda la información obtenida tanto de fuentes bibliográficas; así también como datos del sector de estudio, en forma gráfica y descriptiva. Las mismas que están destinadas a ser clasificadas, organizadas y procesadas, dicho producto se traduce en la realización de informes correspondientes, análisis y evaluación de las condiciones del terreno, elaboración de cartografía, entre otras.

Para el evaluar la susceptibilidad a deslizamientos, existen diversas metodologías, para el desarrollo de la presente investigación el método a utilizar será el método heurístico; el cual se basa en el conocimiento a priori de los factores que producen inestabilidad en el área de estudio. Los factores son ordenados y ponderados según su importancia asumida o esperada en la formación de deslizamientos (Carrara et al., 1995). El análisis heurístico introduce un grado de subjetividad que imposibilita comparar documentos producidos por diferentes autores.

Para la ejecución del proyecto fue necesario la utilización de materiales de campo, oficina y la aplicación de diversos métodos y técnicas de trabajo.

### **3.2. Materiales**

Los materiales utilizados para los levantamientos: topográfico, geológico y geofísico (SEV), interpretación de información; así como las técnicas de investigación e instrumentos, se detallan a continuación:

#### **Materiales de Campo**

- Estación GPS TRIMBLE R4.
- Estación Total TRIMBLE S3
- Estación Total TRIMBLE S6
- Equipo de Resistividad Eléctrica Syscal R1 Plus
- 2 Carretes de 350 m. c/u
- 10 cables
- 12 Electrodo de 50 cm de largo
- Combo de goma
- Brújula Brunton
- Martillo Geológico
- Lupa
- Cámara Fotográfica
- Flexómetro
- Clavos
- Pintura
- Estacas
- Fundas Herméticas y resaltador para codificar muestras
- Libreta de Campo

## **Materiales de Oficina**

- Ordenador
- Software:
  - ArcGIS versión 10.1
  - ArcView 3.2
  - IPI2WIN
  - Microsoft Office 2010 (Word y Excel)
- Impresora
- Material Bibliográfico:
  - Libros
  - Tesis
  - Compilaciones
  - Páginas Web

### **3.3. Metodología por objetivos**

#### **3.3.1. Metodología para desarrollar el Objetivo 1**

***“Realizar el levantamiento topográfico y geológico a detalle a 200 metros del margen de la vía Integración Barrial, identificando la litología, características geomorfológicas y estructurales para el desarrollo del mapa de susceptibilidad a deslizamientos”***

##### **a) Metodología para desarrollar el Mapa Topográfico**

Para realizar el levantamiento topográfico se hizo un recorrido detalladamente del sector en estudio, donde se visualizó lugares estratégicos para colocar las estaciones. Iniciando con la ubicación de la estación GPS Trimble R4 en el lugar más alto del sector, la misma que está formada de una base fija y una base móvil, éstas son niveladas y georreferenciadas con coordenadas UTM - WGS 1984, con la finalidad de obtener datos exactos del terreno.



Se hace el recorrido con la base móvil, se toman los puntos necesarios que permiten representar con un mayor detalle los rasgos topográficos del sector de estudio a los mismos que se los va codificando; así como el levantamiento tanto de infraestructura lineal (vías), como infraestructura vertical (viviendas, centros de estudio, iglesias), cuerpos de agua, entre otros. Al igual con las estaciones totales TRIMBLE S3 y S6, se va registrando puntos significativos para la representación del terreno; a la vez que se fue tomando puntos para la realización de un Ensayo de Penetración Estándar - SPT y cinco sondeos eléctricos verticales – SEV.

Una vez finalizado el trabajo de campo los datos contenidos en la memoria interna del equipo se transfieren a un computador y se ordenan utilizando el programa “Microsoft Office Excel 2010”, a continuación los datos son exportados al software ArcGIS versión 10.1 donde se procede a generar las curvas de nivel y se elabora una base de datos lo que permite un mejor manejo de la información.

En base al mapa topográfico se procedió a generar el mapa de pendientes utilizando la clasificación de Brabb 1984, donde mediante software ArcGIS 10.1, se crea un modelo de elevación digital del terreno, obteniendo varias clases de intervalos a los cuales se los clasifica, para realizar esta clasificación se hizo con 3D análisis (*curvas*), luego mediante la opción “*reclasificar*” se categorizó las clases de pendientes; finalmente se convirtió dicho tema en archivo *shape* para editarlo y manejarlo.



**Fotografía 1.** Realización del levantamiento topográfico.

## **b) Metodología para desarrollar el Mapa Geológico.**

El principal objetivo del levantamiento geológico fue obtener el mapa geológico; en el cual se representan las características y elementos geológicos tomados en el sector a una determinada escala, utilizando una proyección UTM WGS 1984 – Zona 17 Sur.

Inicialmente se realizó una planificación de las actividades a desempeñar en el campo, para ello se revisó libros, tesis, además del análisis de información fotogeológica con la finalidad de obtener indicios de las rocas existentes a través de la morfología del terreno en el lugar de estudio.

Para la descripción del elemento geológico del área de estudio se realizó mediante una ficha de campo para afloramientos (*Ver Anexo 1. Descripción de afloramientos*), y para deslizamientos (*Ver Anexo 2. Evaluación de movimientos de ladera*) en los mismos que se recoge la información de diferentes datos observados en el terreno y medidos in situ; además con la utilización del GPS se ubicaron puntos de afloramientos en los cuales mediante una brújula y una cinta se determinaron y anotaron los elementos estructurales (rumbo y buzamiento, dirección del buzamiento y presencia de contactos), además se realizará la descripción de sus diferentes características como: color, granulometría, grado de humedad, potencia, grado de meteorización, entre otros.

Los datos recolectados fueron plasmados en la herramienta ArcGIS, versión 10.1, con la finalidad de delimitar las formaciones geológicas existentes en la zona de estudio, donde se identificaron estructuras como microfallas fracturas, contactos, para ello se utilizó un brújula, cinta métrica.

Con la finalidad de tener mayor información sobre la litología del sector se realizó un ensayo de SPT en el cual se determinó: límites líquidos y plástico, grado de humedad, compactación, granulometría, entre otros, (*Ver Anexo 3. Resultados de Ensayo de Laboratorio*). A la vez que se realizó la interpretación de dichos resultados. (*Ver Anexo 4. Tabla de Interpretación de suelos expansivos*).

c) **Metodología para desarrollar el Objetivo 2**

***“Complementar a través de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) las características litológicas como potencias y tipos de rocas y presencia de agua en el subsuelo”***

De acuerdo a las condiciones del terreno se efectuaron ensayos de geofísica a través de Sondeos Eléctricos Verticales SEV, para lo cual se utilizaron el Equipo de Resistividad Eléctrica Syscal R1 Plus.

Para realizar los Sondeos Eléctricos Verticales, se colocó el equipo en un lugar estratégico donde nos permita extendernos lo máximo posible esto con la finalidad de profundizar más en el subsuelo, para ello se inició colocando a cada lado electrodos a 20 cm del eje del equipo los cuales serán **m** y **n** respectivamente, luego se coloca el siguiente par de electrodos a 1.0 m del eje del equipo los mismos que serán **A**, **B** una vez armados, se realiza la configuración del equipo:

Con ayuda del GPS se tomó coordenadas geográficas las mismas que fueron ingresadas en el equipo con un arreglo Schumberger, un número de 5 lecturas como mínimo; de este modo se comenzó a realizar las lecturas, luego se va abriendo sucesivamente la distancia AB tanto como fuese posible, de tal forma que la corriente eléctrica atravesará cada vez a mayor profundidad; por lo tanto mientras más se extiende horizontalmente se obtendrá mayor profundidad. (**Ver Anexo 5. Ficha para recolección de datos de Sondeos Eléctricos Verticales - SEV**).

Los datos obtenidos nos servirán para determinar el nivel de agua existente o capas permeables, tipo de materiales y su resistividad y por ende relacionar e interpretar las zonas inestables en el sector de estudio. (**Ver Anexo 6. Tabla de resistividades de algunos materiales geológicos**).

### 3.3.2. Metodología para desarrollar el Objetivo 3

*“Elaborar el mapa de susceptibilidad a deslizamientos en base a mapas temáticos obtenidos en base a topografía y geología”*

La susceptibilidad es una propiedad del terreno que indica qué tan favorables o desfavorables son las condiciones de éste, para que ocurran movimientos en masa.

El mapa de susceptibilidad es un mapa en el cual se zonifican las unidades de terreno que muestran una actividad de movimientos en masa similar o de igual potencial de inestabilidad, que se obtiene de un análisis multi - variable entre los factores del terreno que afectan la susceptibilidad a los movimientos en masa y el mapa de inventario de movimientos en masa<sup>15</sup>.

En 1988, se inició el uso de Sistemas de Información Geográfica para la elaboración de mapas de susceptibilidad, desde entonces se han desarrollado gran cantidad de programas de *software* geotécnico con subrutinas que facilitan el análisis de susceptibilidad<sup>16</sup>.

La información recopilada, fue procesada mediante el programa ArcGIS 10.1, en donde se realizarán mapas temáticos para la zonificación de susceptibilidad, la misma que requiere la superposición de los siguientes mapas:

- Mapa de Pendientes
- Mapa Geológico
- Mapa Geomorfológico
- Mapa de Cobertura Vegetal
- Uso Actual del Suelo

Para la evaluación de la susceptibilidad se aplicó el método heurístico, combinado con el método de suma de rangos. Este método heurístico considera los factores que

---

<sup>15</sup> Brabb en San Mateo County California, para el USGS en 1978.

<sup>16</sup> Suarez, J. 2009. Deslizamientos. Análisis Geotécnico. Volumen 1

influyen en la inestabilidad mediante asignación de pesos o criterios de acuerdo a la importancia.

La asignación de pesos se aplicará a cada uno de los elementos de cada variable; el rango de valores usados en las ponderaciones fue de 1 a 5 para identificar con facilidad el significado de la susceptibilidad creciente, es decir el valor 1 corresponde a una susceptibilidad “muy baja” con menor grado de inestabilidad y condiciones menos favorables para que se produzcan los movimientos en masa y por el contrario el valor 5 corresponde a una susceptibilidad “muy alta” refiriéndose a las condiciones más favorables para que se produzcan los movimientos en masa.

Para la obtención del mapa de susceptibilidad a deslizamientos, se empleó el método de (Sarkar y Kanungo, 2004), el cual consiste en el análisis e interrelación de los factores condicionantes del lugar.

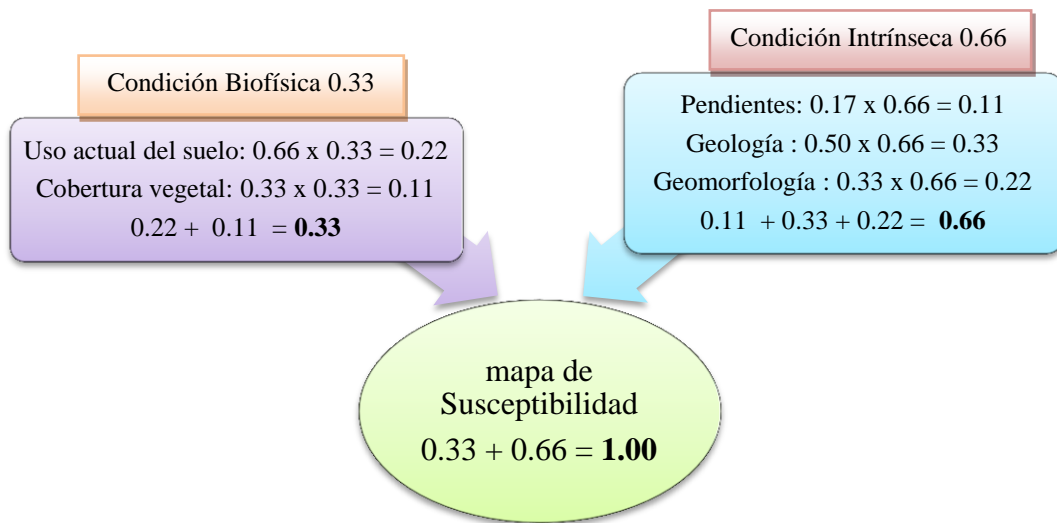
SUSCEPTIBILIDAD	RANGO DE SUSCEPTIBILIDAD	CRITERIO
MUY ALTA	5	Laderas con zonas de falla, masas de suelo altamente y saturadas y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe una alta posibilidad de que ocurran.
ALTA	4	Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran.
MODERADA	3	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
BAJA	2	Laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados, no saturados, con discontinuidades desfavorables donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos.
MUY BAJA	1	Laderas no meteorizadas, discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que puedan ocurrir deslizamientos.

**Tabla 2.** Criterios para categorizar la Susceptibilidad.

**Fuente:** Sarkar y Kanungo, 2004. Criterios para determinar el grado de susceptibilidad de deslizamientos.

Dado los pesos a cada variable se utilizó la herramienta *Suma Ponderada*, con la cual se puede ponderar y combinar varias entradas, como son los ráster con los pesos establecidos según sea la importancia a que provoquen deslizamientos; esta herramienta multiplica los valores de campo de cada celda, designados para cada ráster de entrada por el peso especificado. Después, suma (agrega) todos los rásteres de entrada para

crear un ráster de salida final. Se establecen diferentes pesos de acuerdo a las variables utilizadas, donde la suma de la condición intrínseca y biofísica deberá ser igual a **uno**.



**Gráfica 1.** Ponderaciones de las variables para obtener el mapa de susceptibilidad.

**Fuente.** Elaborada por la autora.

Para ello se asignarán pesos propuestos por (Janssen y Van Herwijwn, 1994)<sup>17</sup>, tomando en cuenta el número de mapas que se utilizan para el análisis.

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

**Tabla 3.** Pesos de criterios usando el Método de Suma de Rango.

**Fuente:** Janssen y Van Herwijnen (1994).

Concluido los lineamientos metodológicos de desarrollo de los objetivos, se procederá consecutivamente a analizar los resultados; estos serán la presentación clara y sintética de los datos recolectados y de tratamiento (informático, procedimentales, entre otros).

<sup>17</sup> Janssen and Van Herwijnen, 1994.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Descripción General del Área de Estudio

#### 4.1.1. Ubicación y Acceso

Loja es una provincia austral del Ecuador ubicada en la Región Sur de la Sierra Ecuatoriana. Tiene una superficie de 11.026 km<sup>2</sup>. Limita con las provincias de El Oro al oeste; con la provincia de Zamora Chinchipe al este; con la provincia del Azuay al norte; y al sur con la República del Perú.

El **cantón Loja** es uno de los 16 cantones de la provincia de Loja, Ecuador. El mismo que se ubica en la parte Oriental de la provincia. Tiene una extensión territorial de 1928 km<sup>2</sup>, se encuentra a una altura que oscila entre 2100 y 2135 m s.n.m. El cantón en cuanto a su división política, está dividido políticamente, en 4 parroquias urbanas y 13 parroquias rurales que son:

#### Parroquias rurales:

Chuquiribamba, Chantaco, Gualel, El Cisne, Jimbilla, Malacatos, Quinara, San Lucas, San Pedro de Vilcabamba, Santiago, Taquil, Vilcabamba y Yangana.

#### Parroquias Urbanas:

Las parroquias urbanas son las siguientes: El Sagrario, El Valle, San Sebastián y Sucre.

Geográficamente el cantón Loja limita al norte con el cantón Saraguro, al Sur y al Este con la Provincia de Zamora Chinchipe y al Oeste con parte de la Provincia de El Oro y los cantones de Catamayo, Gonzanamá y Quilanga.

La población total en el cantón Loja es de 214,855 personas, la cual está distribuida en un 68 % en la zona urbana, 13% en la periferia, y 19% en las parroquias rurales<sup>18</sup>.

El acceso al área de estudio se lo puede efectuar por vía terrestre a través de la vía de integración barrial desde el sector Ciudad Victoria en sentido Sur – Norte o a su vez desde la vía a Catamayo.

El área de estudio es de 69 has, correspondiente a los sectores de Obrapía y Ciudad Victoria la misma que se encuentra ubicada en el sector Occidental de la ciudad de Loja, como se puede apreciar en el siguiente mapa; las coordenadas de referencia en el sector de estudio son las siguientes:

UTM (WGS 1984)

**NORTE: X: 695855; Y: 9557666**

**SUR: X: 696554; Y: 9557093**

---

<sup>18</sup> VII Censo de Población y VI de Vivienda 2010. Instituto Nacional de Estadística y Censos.



**UBICACIÓN DEL  
ÁREA DE ESTUDIO**



REPÚBLICA DEL ECUADOR



PROVINCIA DE LOJA



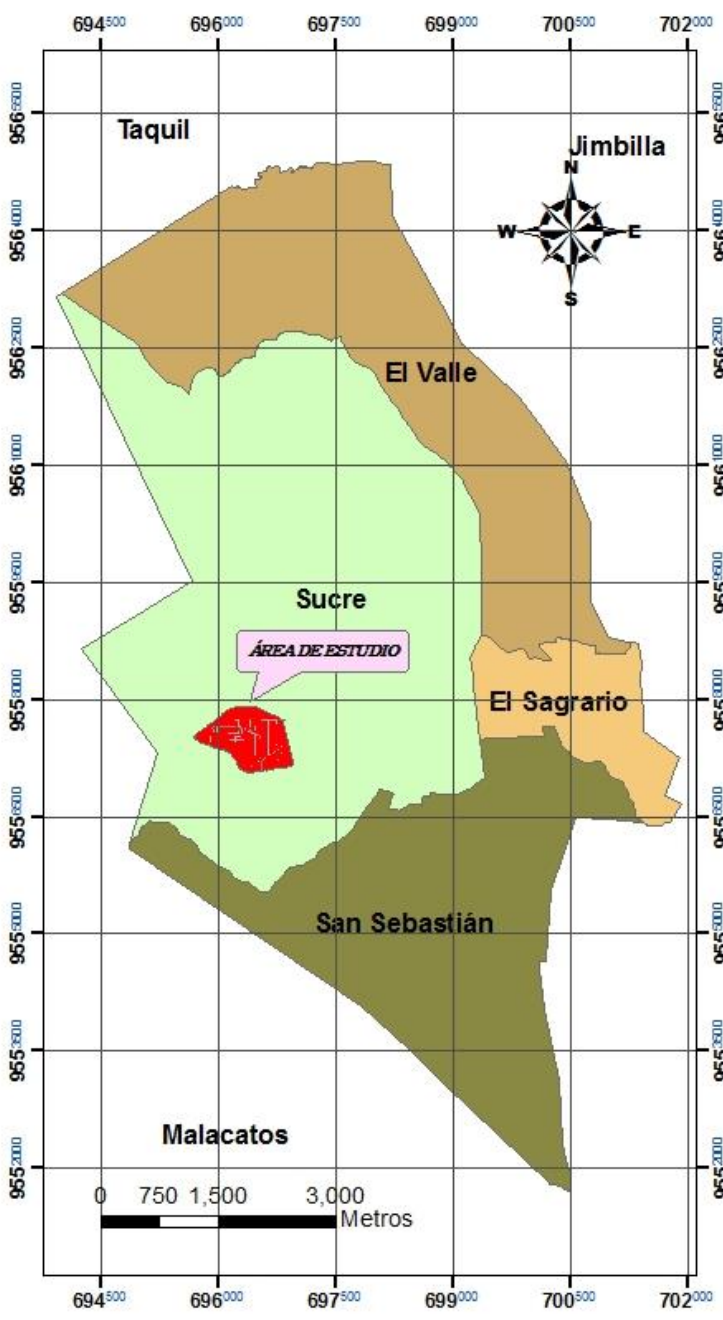
CANTÓN LOJA

**SIMBOLOGÍA**

- Área de estudio
- Vía principal
- Vías secundarias

**Parroquias Urbanas**

- El Sagrario
- El Valle
- San Sebastián
- Sucre



PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL MERCATOR  
ZONA 17 SUR  
DATUM HORIZONTAL WGS 1984

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL</p>	SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL DESDE EL KM 6+400m HASTA EL KM 6+300m EN EL SECTOR OCCIDENTAL DEL CANTÓN LOJA		
	FUENTE: MODIFICADO POR LA AUTORA A PARTIR DE INFORMACIÓN DEL OPL		
	REALIZÓ: BETY CECILIA JIMENEZ JIMENEZ		
	DIRECTOR: ING. WALTER SIMÓN TAMBO ENCALADA		
ESCALA: 1:80 000	FECHA: ENERO 2016	LÁMINA: 1/9	

#### **4.1.2. Vialidad**

El acceso desde la ciudad de Loja hacia el sector de estudio, se efectúa por la vía Occidental de paso, posterior a esta se toma la Av. Eugenio Espejo y seguidamente la Av. Villonaco, el sector en cuestión se encuentra aproximadamente a 4 Km. de la ciudad, para trasladarse hacia el lugar se lo hace mediante transporte urbano y servicio de taxi.

#### **4.1.3. Aspectos Socio – Económicos**

De acuerdo al último censo de población y vivienda realizado por el INEC en el año 2010, la población del cantón Loja es de 214 855 habitantes, de los cuales el 48.16% son hombres y el 51.84% mujeres.

De las 214 855 personas habitantes en el cantón Loja, 36.485 (17.3%) son pobres por Necesidades Básicas Insatisfechas–NBI–Extremo. 55.650 (26.3%) son pobres por NBI–no extremo y 119.238 (56.4%) no son pobres.

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. La principal rama de actividad de la PEA es el comercio al por mayor y menor (20.7%) y construcción (10.7%).

Por otro lado, en lo correspondiente a viviendas hay 35.5 mil personas que residen en hogares sin agua entubada, que representa el 16.7% de la población del cantón. Así mismo, 16.9 mil personas residen en hogares sin conexión a sistemas de eliminación de aguas servidas. El 5.8% de la población reside en viviendas de tipo mediagua, ranchos, covachas, u otras. Existen 3640 personas que residen en viviendas sin electricidad.<sup>19</sup>

En fin, el cantón Loja constituye un centro de atracción, puesto que al ser la cabecera provincial exhibe los mejores escenarios de vida respecto al resto de cantones. Ello se

---

<sup>19</sup> VII Censo de Población y VI de Vivienda 2010. Instituto Nacional de Estadística y Censos.

traduce en un mayor número de centros educativos, comercios, empresas, actividad financiera, etc. Su población registra aumentos constantes puesto que en todos los censos poblacionales se ha incrementado sostenidamente su tamaño. Para el período 1950-2010 su población se ha incrementado casi cuatro veces lo que constituye un importante aumento a nivel provincial (de 60 158 a 214 855 habitantes).

Las tierras consideradas aptas para la agricultura se sitúan en pequeños valles. Donde aproximadamente 1.200.000 has, que tiene Loja, 110.000 han sido destinadas a realizar diversos cultivos, 420.000 a pastos y el resto son terrenos con forestación.

Al efectuar estimaciones de superficie cosechada, la producción y rendimiento se concluye que el 30% de las 110.000 has. de cultivo cuentan con riego y con técnicas de producción agrícola intensiva; los demás son cultivos a los cuales se les realiza riegos esporádicos, como los cafetales, huertos frutales o zonas no aptas para la agricultura, que se las sigue cultivando con productos de baja ganancia y sólo para una subsistencia, pero con ello se observa un grave deterioro en el suelo, tales como: camote, tabaco, algodón, y varios de origen tropical.

Los principales productos del cantón Loja son: maíz, café, fréjol, cereales, maíz choclo, caña de azúcar, maní, arroz, yuca, hortalizas, papa.

Las actividades productivas que se desarrollan en el sector de estudio, están orientadas principalmente hacia el autoconsumo, y tan solo un pequeño porcentaje es destinado a la venta, productos como verduras entre ellas: acelga, brócoli, lechuga, col; choclos, frejol y árboles frutales, etc. se constituyen como los principales alimentos de los pobladores.

La actividad ganadera es poco común en el sector, por lo que animales como cerdos, pollos, y ganado vacuno, se los cría preferentemente con fines alimenticios de los mismos pobladores, debido a que en el lugar está en su mayor parte poblado quedando así terrenos pequeños para su crianza.

En el sector de estudio comprendido en los barrios Obrapía y Ciudad Victoria se evidencia un sinnúmero de viviendas de una sola planta y en una menor cantidad de dos plantas, las cuales cuentan en su totalidad con servicio eléctrico. Además que los pobladores cuentan con piscinas para la disposición final de aguas servidas.

#### **4.1.4. Clima**

Los factores que dan origen al clima de la ciudad de Loja son los mismos factores que afectan a la región andina, especialmente la latitud y el relieve, y en general, la zona de convergencia intertropical, el efecto de la interacción Océano Pacífico-atmósfera y la cubierta vegetal.

La ciudad de Loja posee un clima templado - ecuatorial subhúmedo, caracterizado por una temperatura media de 16.9° C a 21°C y una precipitación anual de 966.1 mm, a excepción de los meses de Junio y Julio, meses en los que se presenta una llovizna tipo oriental, con vientos alisios. En base a datos publicados por el INAMHI del monitoreo de la Estación La Argelia.

Según Maldonado, N. (1997) al analizar el clima, específicamente la precipitación se considera que juegan un papel determinante en la estabilidad de los taludes. Lo que define las condiciones para los procesos de meteorización física y química es la presencia o ausencia tanto del agua como de la temperatura, por lo tanto se deduce que el clima afecta a los diferentes procesos; ya que fuerzas ejercidos en el interior de un talud cambian al modificarse las condiciones ambientales, de tal forma que las diferentes condiciones climáticas forman contornos desiguales<sup>20</sup>.

---

<sup>20</sup> Maldonado, N. (1997) Clima y desertificación en la provincia de Loja, en Revista de Ciencias Agrícolas. Loja: Universidad Nacional de Loja.

#### 4.1.5. Flora y Fauna

##### 4.1.5.1. Flora

En el lugar de estudio no existen zonas boscosas, tan solo se evidencio vegetación arbustiva, herbácea, árboles frutales y verduras entre los cuales se tiene:

<b>Nombre común:</b> Sauce llorón
<b>Nombre científico:</b> <i>Salix babylonica</i>
<b>Familia:</b> Salicáceas
<b>Descripción:</b> Es un árbol caducifolio de 8 a 12 m de altura, con ramas delgadas, flexibles, largas, colgantes casi hasta el suelo. Su tronco tiene la corteza fisurada. Hojas linear-lanceoladas, de 8 a 15 cm de largo, acuminadas, borde finamente aserrado, lisa y verdosa en el envés cuando adultas. Pecíolo corto, pubescente. Las inflorescencias brotan junto con las hojas, tiene amentos cilíndricos de 2 a 5 cm de largo, con flores de color amarillo pálido. Florece en invierno.

**Tabla 4.** Especie arbustiva Sauce llorón

**Fuente:** Ministerio del ambiente regional 7

<b>Nombre común:</b> Diente de león
<b>Nombre científico:</b> <i>Taraxacum officinale</i>
<b>Familia:</b> Asteráceas
<b>Descripción:</b> Es una planta perenne con raíz primaria larga y roseta basal, no suele alcanzar más de 40-50 cm. Tiene hojas alternas lanceoladas con una nervadura central, con lóbulos en forma triangular de márgenes dentados y agudos. El tallo siempre es acortado, es por esto que se denominan plantas acaules. Poseen pedúnculos de la inflorescencia huecos, que al romperse emana un jugo lechoso amargo. Flores hermafroditas de color amarillo dorado que la hacen fácilmente identificable, florece en primavera a hasta fines de verano.

**Tabla 5.** Especie Diente de león

**Fuente:** Ministerio del ambiente regional 7

<b>Nombre común:</b> Hierba de san antonio
<b>Nombre científico:</b> <i>Epilobium hirsutum</i>
<b>Familia:</b> enoteráceas
Descripción: Esta planta crece en regiones húmedas cercanas a espejos de agua como ríos, arroyos, zanjas entre otras. tiene unos largos tallos de color rojo que alcanzan más de 1 m. de altura, están bien erguidos, los cuales tienen vello muy fino así como también en las hojas. Las flores tienen 4 pétalos y son de color púrpura o rosadas de poco tamaño. Las hojas, raíz, flores y tallo contienen principios activos y por ende se las puede usar con fines medicinales.

**Tabla 6.** Especie Hierba de San Antonio

**Fuente:** Ministerio del ambiente regional 7

#### 4.1.5.2. Fauna

Las especies faunísticas encontradas en el sector de estudio corresponden en su totalidad a aves mientras que pequeños reptiles se evidencian en las zonas de cultivos entre ellos se mencionan los siguientes:

	<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>NOMBRE CIENTÍFICO</b>	<b>FAMILIA</b>
<b>ESPECIE:</b> aves	Paloma apical	<i>Leptotila</i>	Columbidae
	Mirlo o tordo	<i>Turdus chinguanco</i>	Turdidae
	Jilguero	<i>Carduelis magellanica</i>	Fringillidae
	Chilalo o langache	<i>Furnarius cinnamomeus</i>	Furnaridae
<b>ESPECIE:</b> reptiles	<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>NOMBRE CIENTÍFICO</b>	<b>FAMILIA</b>
	Lagartija	<i>Podarcis</i>	Lacertidae

**Tabla 7.** Principales especies de aves y reptiles existentes en Ciudad Victoria.

**Fuente:** Ministerio del ambiente regional 7

#### **4.1.6. Hidrología**

Del nudo de Cajanuma, límite meridional del valle de Loja, nace el sistema a través de dos ríos pequeños el Malacatos y el Zamora Huayco. Los mismos que se unen al norte de la ciudad, dando origen al río Zamora, las aguas discurren en dirección Sur-Norte.

El sector de estudio correspondiente al barrio Ciudad Victoria y Obrapía, presenta dos vertientes intermitentes con muy bajos caudales como: Quebrada Las Pavas la cual nace en el Villonaco y otra Quebrada sin nombre la cual que se encuentra embaulada por lo que se han realizado construcciones sobre ella. Debido a la topografía en el sector estas fluyen en sentido Suroeste a Noreste, así como afluentes con escaso caudal, que se constituyen como sus tributarios.

#### **4.1.7. Topografía**

La ciudad de Loja se encuentra encerrada por cordilleras no muy elevadas, las mismas que poseen forma de herradura creando así un valle, en general Loja presenta una topografía bastante irregular con difícil acceso.

Los datos fueron procesados mediante el programa ArcGIS 10.1 en cual se generaron las curvas principales cada 5 m y las curvas secundarias cada 1 m. a la vez que se representó vías, infraestructuras, quebradas, cultivos, entre otros.

La topografía en el sector de estudio es pronunciada superando el 70% de pendiente, además que presenta relieves muy variados con alturas promedio que van desde 2190 m s.n.m. hasta 2289 m s.n.m. Al observar la topografía en el sector podemos determinar zonas que pueden ser aptas para construcciones o zonas agrícolas, cabe destacar que el sector en gran parte se encuentra poblado y con áreas cultivadas. (*Ver Anexo 7. Topografía del Área de Estudio*).

## 4.2. Análisis de los Factores Condicionantes

### 4.2.1. Geología Regional

La ciudad de Loja se encuentra ubicada sobre una cuenca sedimentaria de origen lacustre de edad Miocénica (26 millones de años) que está depositada discordantemente sobre el basamento metamórfico de la Unidad Chiguinda de edad Devoniano.

**Formación Chiguinda (Paleozoico)** constituida por filitas, pizarras, esquistos grafitosos, cuarcitas y metalimolitas, pertenecientes a la edad Devónica a Pérmica y está intruida por granitos metasomáticos de edad Triásica, los mismos que afloran muy cerca de la cuenca y corresponden al basamento donde se deposita la serie sedimentaria, la orientación de la foliación de las rocas antes mencionadas es N –NE a S – SE.

**Formación Trigal (Mioceno Medio)** Alvarado 1967, indica que esta formación generalmente consiste de areniscas de grano grueso, con láminas finas de conglomerado y pequeñas capas de limolitas con potencias que varían de 50 -150 m. los conglomerados están compuestos por pequeños clastos volcánicos, y se encuentran en pequeñas capas con estratificación paralela dentro de las areniscas. La formación descansa discordante sobre la Unidad Chiguinda y está situado concordantemente bajo la Formación La Banda.

**Formación La Banda (Mioceno Medio Tardío)** Humgerbuhler 2002, está constituida por intervalos de calizas blancas las mismas que contienen moluscos, ostrácodos; con escasas láminas finas de lutitas carbonatadas, capas de cherts (sílices) y areniscas amarillas de grano fino, con espesor aproximado de 10 – 20 m. encontrándose yeso como relleno en pequeñas fracturas, la formación se dispone en forma continua y estratificación paralela muy persistente con suave buzamiento hacia el este, se encuentra concordantemente a la formación Trigal.

**Formación Belén (Mioceno Medio Tardío)** Kernnerley 1967 se encuentra al Oeste de la cuenca de Loja, y está caracterizada por gruesas capas de areniscas de color marrón con estratificaciones cruzadas, que contiene lentes de conglomerado estratificado



paralelamente. Estas capas están intercaladas con otras de grano medio, capas finas de arenisca y en menor proporción lutitas, dicha formación descansa concordantemente sobre la formación La Banda.

**Formación San Cayetano (Mioceno Tardío a Último)** Aflora en la parte centro-oriental de la cuenca de Loja en el barrio San Cayetano, está dividida en tres miembros con límites transicionales:

- Miembro inferior de arenisca, contiene areniscas de color marrón, algunas capas de conglomerado y lutitas; dentro de las lutitas se puede encontrar algunas capas de carbón.
- Miembro de limolitas, incluye lutitas de color marrón, gris y blanco, algunas capas de diatomitas, las lutitas tienen composición silíceas la mayoría de estas siendo afectadas por un fuerte plegamiento de la zona demostrando así la gran actividad tectónica a la que fueron sometidas. El miembro también presenta algunas brechas con clastos de metamórfico.
- Miembro superior de areniscas, en su mayoría presenta areniscas de color marrón y lutitas. La formación San Cayetano descansa discordantemente sobre la Unidad Chiguinda, situándose bajo la formación Quillollaco en discordancia angular. Existen también gasterópodos, hojas y esqueletos de peces estratificados, debido al fuerte plegamiento es difícil la estimación de su espesor, pero la potencia total puede llegar a 800 m.

**Formación Quillollaco (Mioceno Tardío)** Está dominada por conglomerados con algunas intercalaciones de capas de areniscas los clastos de los conglomerados son de origen metamórfico, la formación sobreyace a la formación San Cayetano, y se dispone en discordancia angular en la mayor parte de la cuenca sobre todas las otras formaciones, y está situada bajo depósitos cuaternarios.

**Formación Salapa (Plioceno Último)** Consta de tobas volcánicas con altos contenidos de sílice, lo que dan una textura vidriosa, las tobas en algunos sectores se encuentran

altamente meteorizadas, por lo que se las puede encontrar transformadas en arcillas caoliníticas y no tienen estructura primaria, se estima una potencia aproximada de 10 m. la formación descansa discordantemente sobre rocas metamórficas.

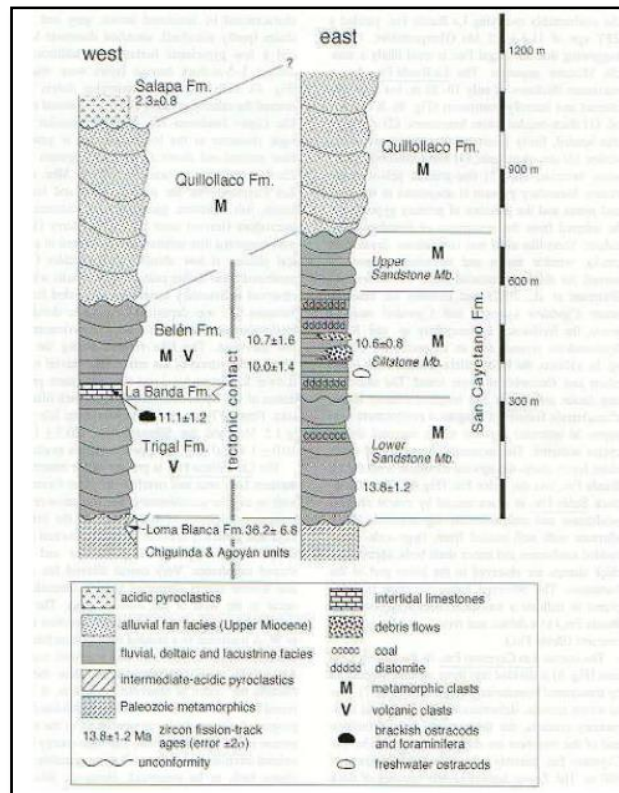


Figura 9. Columna Estratigráfica de la Cuenca de Loja.<sup>21</sup>

#### 4.2.2. Geología Local

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

Se realizó el levantamiento geológico de campo para efectuar un análisis de la depositación geológica de la zona, el mismo que está enfocado a la descripción de los principales afloramientos, y deslizamientos del lugar de estudio, considerando la geología de las formaciones existentes en la cuenca de Loja.

<sup>21</sup> Hugerbuhler Dominik, 1997, Neogene basins in the Andes of southern Ecuador.

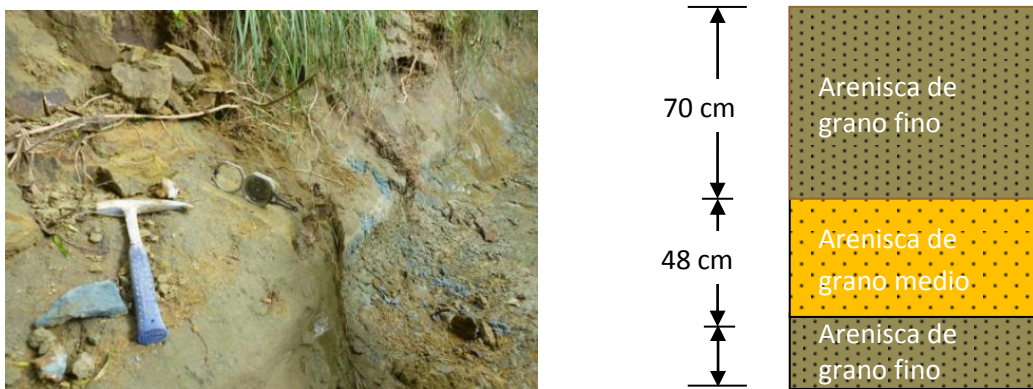
El área de estudio está conformada por rocas sedimentarias como areniscas y lentes de micro conglomerado pertenecientes a la Formación Geológica Belén, (*Ver Anexo 8. Geología del Área de Estudio*).

### Descripción de principales afloramientos

A continuación se describe los afloramientos más relevantes de la zona de estudio los mismos que han sido seleccionados en función de su potencia, longitud, y grado de predominancia por la cual se han formado.

El Afloramiento N° 1 está ubicado junto a la Quebrada Las Pavas, (UTM: X: 695746, Y: 9557482, Z: 2236) se identificó en la parte superior una capa de arenisca de grano fino de color marrón oscuro con una potencia de 70 cm, seguidamente una intercalación de arenisca de grano medio la cual presenta un color café amarillento con potencia de 48 cm, en la parte inferior se evidencia una capa de arenisca de grano fino con una coloración azulada, con un tacto de ceroso a terroso. La textura es detrítica y la estructura masiva.

Los estratos tienen un rumbo N 13° E y buzamiento de 17°NW. El afloramiento tiene un ancho de 13,75 m y alto de 3,55 m sobre dichas capas se encuentra aproximadamente 50 cm de suelo con una cobertura vegetal herbácea.

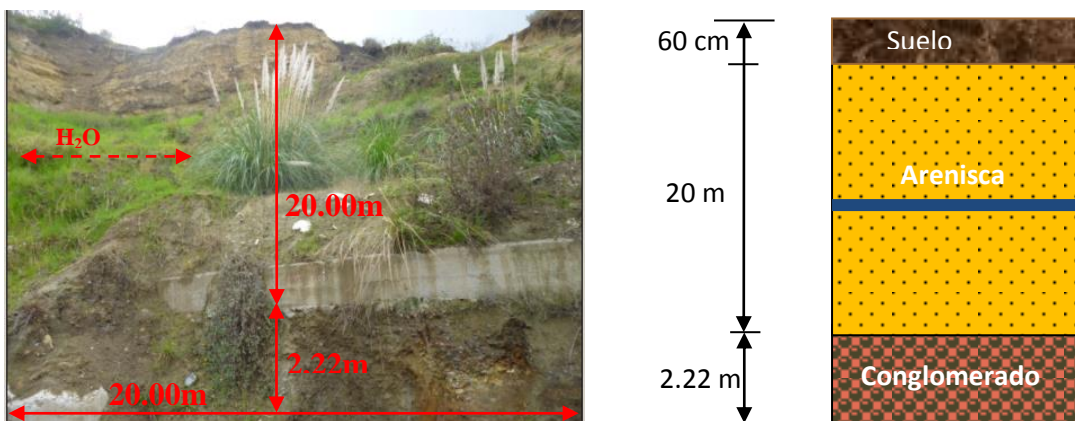


**Fotografía 2.** Afloramiento de areniscas en la Quebrada Las Pavas.

Este afloramiento N° 2 se sitúa en la parte posterior de la urbanización de Ciudad Victoria, con coordenadas (UTM: X: 695888, Y: 9557439, Z: 2237) donde en la parte inferior se tiene conglomerado de color gris con alto grado de meteorización, el cual posee una matriz arenosa de color rojizo de grano medio y clastos redondeados y subredondeados de tamaño de 2 – 7 cm.

Sobre el conglomerado se tiene presencia de arenisca de color amarillento con una potencia de 20 m, con un tacto de ceroso a terroso. La textura es detrítica y de estructura masiva, con rumbo S 68° E, y buzamiento de 17° NE.

El afloramiento tiene dimensiones de 20 m de ancho y 22,22 m de alto, se observa presencia de agua a 10 m de altura del mismo. Sobre estas capas se encuentra aproximadamente 60 cm de suelo con cobertura vegetal herbácea, al pie del afloramiento se encuentran construcciones tanto verticales como horizontales.

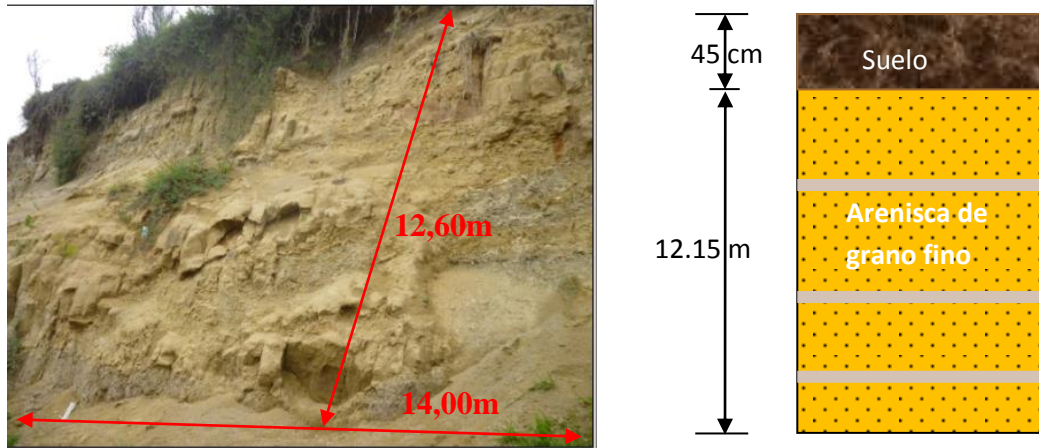


**Fotografía 3.** Afloramiento de conglomerado y areniscas.

Afloramiento N° 3 constituido de areniscas de color marrón claro con intercalaciones de lutitas calcáreas el mismo que está localizado en la parte posterior de Ciudad Victoria (UTM: X: 696341, Y: 9557401, Z: 2233) las areniscas son de grano fino se encuentran muy alteradas la textura es detrítica y la estructura masiva.

Las intercalaciones de lutitas calcáreas se presentan en pequeñas capillas de color café claro a blanquecinas las mismas que están altamente meteorizadas la textura es detrítica, formada de depósitos de mineral y estructura estratificada tiene un peso liviano a normal con una dureza de suave a moderada, al tacto se muestra cerosa.

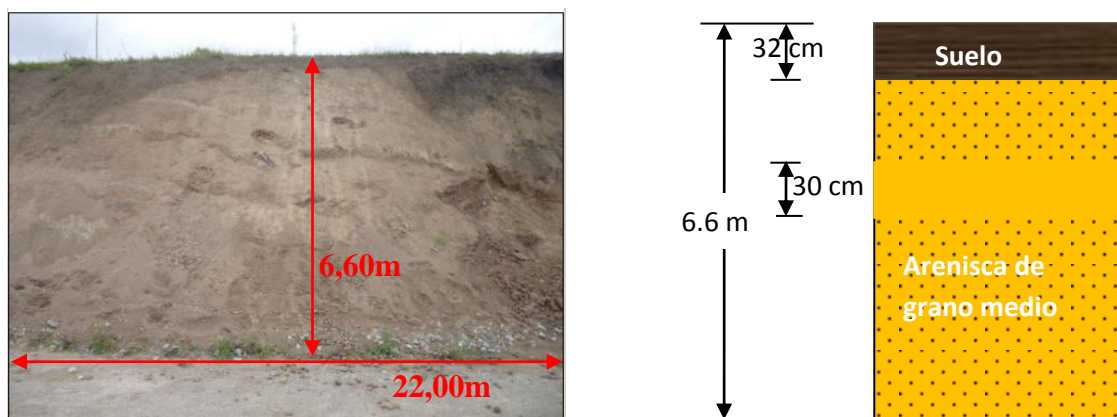
En la parte superior del afloramiento se tiene aproximadamente 45 cm de suelo residual, el mismo posee las siguientes medidas estructurales: rumbo de S 74° W, y buzamiento de 24° NW, sus dimensiones es 14 m de ancho y 12,60 de alto.



**Fotografía 4.** Afloramiento de areniscas con intercalaciones de lutitas calcáreas.

El afloramiento N° 4 Está ubicado en el margen de la vía de Integración Barrial, (UTM: X: 696535, Y: 9557200, Z: 2237) con dimensiones de 22 m de ancho y 6,60 m de alto, se puede observar areniscas carbonatadas fuertemente meteorizadas de color marrón con estructura masiva.

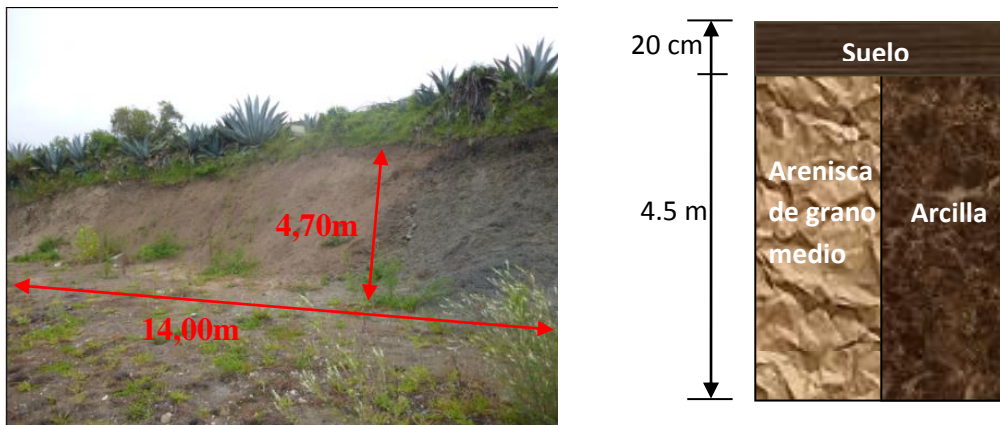
La roca se presenta cerosa al tacto, la textura es detrítica, existe una evidente meteorización física por acción del agua y viento, además presenta una intercalación de arenisca consolidada de 30 cm de potencia, el tamaño de sus granos es menor a 2 mm con una matriz limosa, sobre estas se tiene 32 cm de suelo con una coloración negra. Los datos estructurales son rumbo de N 49° E y buzamiento 39° SE.



**Fotografía 5.** Afloramiento de lutitas y areniscas.

El afloramiento N° 5 localizado a pocos metros de la Vía de Integración Barrial. (UTM: X: 696607, Y: 9557205, Z: 2232) se observa una parte de arenisca de color café claro, con granos de medios a finos, la cual se encuentra moderadamente meteorizada. Por otra parte se puede observar la arcilla con una coloración café oscuro, con una humedad media, de alta plasticidad.

Los datos estructurales en dicho afloramiento son rumbo de N 33° E y buzamiento 29° SE, las dimensiones del afloramiento son 14 m de ancho y 4,70 m de alto; en la parte superior se tiene una capa de suelo poco significativa ya que su potencia es de 20 cm la cual presenta un color café oscuro y una vegetación herbácea con plantaciones de pencos.



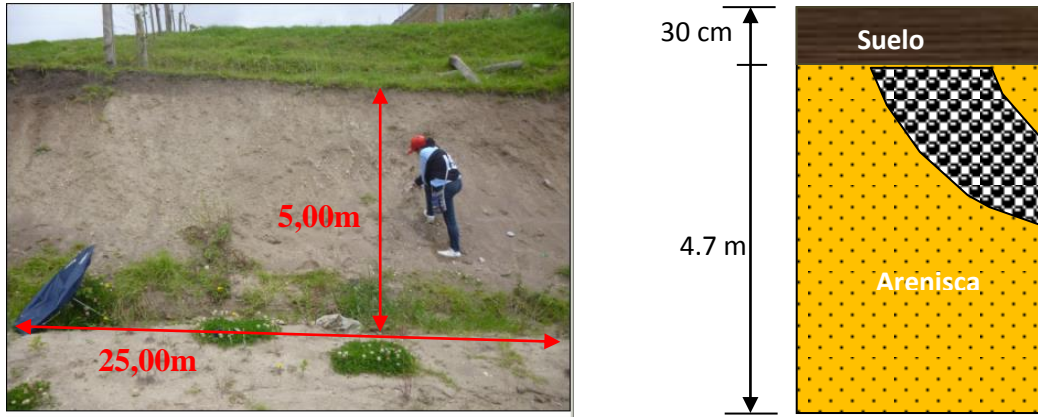
**Fotografía 6.** Afloramiento de areniscas y arcillas.

El afloramiento N° 6 se encuentra en el margen de la vía de Integración Barrial, (UTM: X: 696528, Y: 9557347, Z: 2224) corresponde a areniscas de color café, la textura es detrítica, con estructura estratificada y el cemento es arcilloso, se encuentran moderadamente meteorizadas. Se identifica pequeñas capillas carbonatadas las cuales reaccionan con ácido clorhídrico al 5%.

El afloramiento presenta lentes de conglomerado de color amarillento con clastos de diámetro que van de 7 mm a 2,5 cm, la matriz arenosa de grano medio, altamente meteorizado.



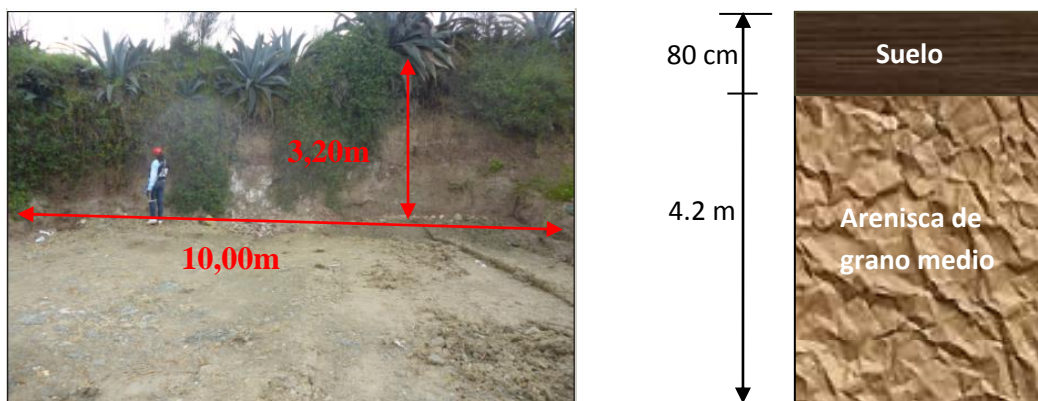
Los estratos tienen un rumbo de N 4° E y buzamiento de 32° SE. El afloramiento tiene un ancho de 25 m y alto de 5 m sobre estas capas se encuentra 30 cm de suelo con una coloración café oscuro el cual está destinado para pastizales.



**Fotografía 7.** Afloramiento de areniscas y lentes de conglomerado.

Afloramiento N° 7 ubicado (UTM: X: 696466, Y: 9557283, Z: 2239) presenta dimensiones 10 m de largo y 3,20 de alto. Litológicamente se constituye de areniscas de color café claro de grano medio a fino, la cual está alterada por materia orgánica debido a la presencia de raíces las mismas que se encuentran rellenando las fisuras, se ha identificado incrustaciones de carbonato de calcio.

Los estratos tienen un rumbo de N 4° W, con un buzamiento 26° NE. Esta roca está fuertemente fracturada y meteorizada, en la parte superior de dicho afloramiento se tiene una capa de suelo de aproximadamente 80 cm los cuales son suelos aptos para sembríos.



**Fotografía 8.** Afloramiento de areniscas altamente fracturadas.

Este afloramiento N° 8 se encuentra en otro margen de la vía en las coordenadas (UTM: X: 696186, Y: 9557650, Z: 2219) el cual está conformado por areniscas de color amarillento con alteraciones de carbonato de calcio, las cuales se presentan en pequeñas capillas.

El afloramiento tiene dimensiones de 18,60 m de largo y 9,50 m de alto, con una insignificante capa de suelo arenoso de color café oscuro en el cual se desarrolla una vegetación herbácea. Los datos estructurales en dicho afloramiento son rumbo N 5° E y buzamiento 9° SE.



**Fotografía 9.** Afloramiento de areniscas fuertemente meteorizadas.

#### **4.2.2.1. Geología Estructural**

En el área de estudio existe una micro falla categorizada como normal con buzamiento de 59° y un rumbo de N 19° E, la misma que está ubicada geográficamente dentro de las coordenadas (UTM: X: 696529, Y: 9557207, Z: 2238), justo al margen de la vía de Integración Barrial.

Litológicamente está constituida por areniscas fuertemente alteradas de color marrón, con intercalaciones de capas de arenisca consolidada.





**Fotografía 10.** Afloramiento con micro falla normal.

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, analizando la Formación Belén.
- 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 geomecánico, 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.

#### **4.2.2.2. Descripción de los deslizamientos**

Para realizar la descripción de los deslizamientos más relevantes en el sector de estudio fue necesaria la obtención de toda la información posible como las características

topográficas, geológicas, ambientales, las mismas que nos permitan y faciliten realizar una prescripción de los problemas existentes.

El recorrido de campo se realizó en toda la zona de estudio correspondiente al barrio Obrapía y Ciudad Victoria donde se identificó 3 deslizamientos rotacionales, en los cuales se procedió a caracterizar cada uno de ellos para lo cual se llenó la ficha antes mencionada.

Los datos obtenidos finalmente fueron procesados y tabulados de tal forma que se generó una base de datos en la que se enfatizan los rasgos más importantes de cada movimiento registrado. (*Ver Anexo 9. Deslizamientos del Área de Estudio*).

#### ***Deslizamiento 1. (DLZT1)***

✓ **Ubicación:**

Situado en las coordenadas UTM (WGS 1984): X: 696239, Y: 95578722, Z: 2221.



**Fotografía 11.** Deslizamiento 1. (DLZT1)

✓ **Actividad del movimiento:**

Este deslizamiento conserva una actividad latente, considerando a la clasificación de mecanismo de rotura corresponde a un deslizamiento rotacional, al relacionar  $Dr/Lr = 0.30$ .

✓ **Litología del deslizamiento:**

El tipo de roca presente en dicho deslizamiento pertenece a areniscas de color gris amarillento de grano fino a medio, con textura detrítica y su estructura masiva; además existe lentes de conglomerado de coloración marrón, con una matriz arenosa y clastos redondeados de tamaño de 5cm hasta 20cm. Con un suelo de origen sedimentario de color café oscuro con una humedad media.

✓ **Morfometría:**

Como características generales del deslizamiento se tiene: altura desde la corona a la punta es de 38 m, longitud distancia promedio desde el escarpe hasta la base es de 50 m, el ancho promedio de la zona de aporte es de 52 m, el ángulo o inclinación de la ladera es de 35° y la dirección del movimiento es 340°.

✓ **Causas del movimiento:**

Entre las posibles causas del deslizamiento se relaciona el tipo de material existente que es altamente meteorizado y a esto se suma el aporte de agua debido al constante riego de cultivos de tomate, más el agua lluvia.

✓ **Cobertura y uso del suelo**

Existe una vegetación herbácea, matorrales, además en la parte superior se tiene cultivos de tomate.

***Deslizamiento 2. (DLZT2)***

✓ **Ubicación:**

El deslizamiento está localizado en las coordenadas UTM (WGS 1984): X: 696117, Y: 9557775, Z: 2292.



**Fotografía 12.** Deslizamiento 2. (DLZT2)

✓ **Actividad del movimiento:**

En base a la clasificación de mecanismo de rotura se trata de un deslizamiento rotacional debido a que  $D_r/L_r = 0.32$ , con un estado de actividad inactivo, con una distribución retrogresiva, el mecanismo es un evento sencillo y lento.

✓ **Litología del deslizamiento:**

El deslizamiento se caracteriza por la presencia de areniscas de coloración beige, de grano fino, las cuales han sido formadas en un ambiente lacustre; se dispone en forma masiva. Corresponde a la formación geológica Belén. Presenta una humedad media y el suelo es de origen residual.

✓ **Morfometría:**

Las características principales del deslizamiento son: altura desde la corona a la punta es de 18 m, longitud distancia promedio desde el escarpe hasta la base es de 25 m, el ancho promedio de la zona de aporte es de 28.16 m, el ángulo o inclinación de la ladera es de  $45^\circ$  y la dirección del movimiento es  $315^\circ$ . De acuerdo a la forma de la masa desplazada la longitud es mayor que el ancho.

✓ **Causas del movimiento:**

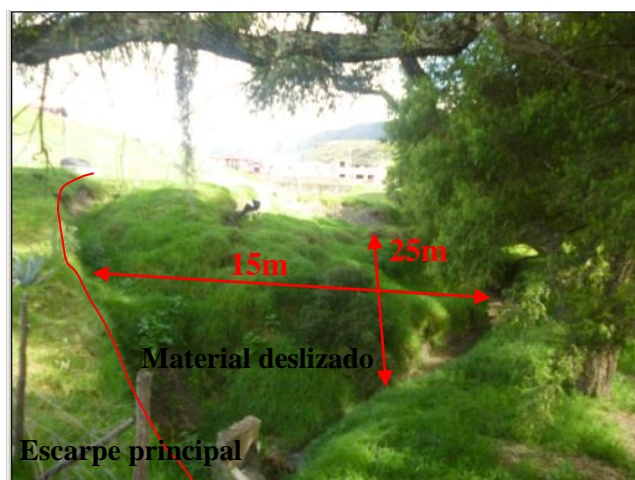
La causa probable para que se de este deslizamiento es el exceso de agua, teniendo como factor disparador las aguas lluvias.

✓ **Cobertura y uso del suelo**

La vegetación presente corresponde a pastizales los mismos que sirven para pastoreo de ganado vacuno.

✓ **Deslizamiento 3. (DLZT3)**

Ubicado en las coordenadas UTM (WGS 1984): X: 696003, Y: 9557719, Z: 2202. A un costado de las piscinas de aguas residuales del barrio Ciudad Victoria.



**Fotografía 13.** Deslizamiento 3. (DLZT3)

✓ **Actividad del movimiento:**

El estado del deslizamiento es activo, con un estilo único. En base a la clasificación de mecanismo de rotura corresponde a un deslizamiento rotacional al analizar  $D_r/L_r = 0.31$ . El cual presenta un escarpe evidente de forma semicircular, con un área pequeña aproximadamente menor a  $200 \text{ m}^2$ .

✓ **Litología del deslizamiento:**

En lo que respecta a la litología el deslizamiento en sí está caracterizado por la presencia de areniscas de color café grisáceo de grano medio a fino, con textura detrítica y su estructura masiva, el mecanismo es considerado como un evento sencillo y lento.

✓ **Morfometría:**

El ángulo o inclinación de la ladera es de 45° y la dirección del movimiento es 345 °. Las características principales del deslizamiento se tiene: altura desde la corona a la punta es de 10.60 m, longitud distancia promedio desde el escarpe hasta la base es de 15 m, el ancho promedio de la zona de aporte es de 25 m. La deformación del terreno es ondulado con una severidad leve.

✓ **Causas del movimiento:**

Las principales causas del movimiento pertenecen a un material colapsable, meteorizado físicamente. Como factor desencadenante se tiene las intensas lluvias que se dan en el periodo invernal, además de la presencia de tanques de aguas residuales las cuales probablemente se están infiltrando.

✓ **Cobertura y uso del suelo**

La cobertura vegetal del lugar son pastizales, y en la parte baja se encuentra árboles debido a que por dicho sector transita la quebrada las Pavas, como uso del suelo se tiene la ganadería.

Ubicados, delimitados y descritos los deslizamientos, los datos fueron incorporados en el programa ARC-Gis sobre la base topográfica, los cuales serán importantes para la realización del análisis de susceptibilidad.

### **4.3. Geomorfología**

La geomorfología del área de estudio fue realizada mediante un análisis de Índices de Posición Topográfica (TPI) con radios de 25, 50, 100 m, generados en arcView GIS 3.2, el resultado fue pasado al software ArcGIS 10.1 donde se creó campos de: Unidad Genética, Unidad Morfológica, Forma de Relieve, Litología y Pendiente, además que se dibujó las geoformas del terreno.

Para dar los nombres y la descripción a cada una de las geoformas se necesitó disponer de la siguiente información:

### a) Forma de la vertiente

Se refiere a la forma de la vertiente o ladera, necesario para deducir la litología y proveer mayor información. Entre las formas de la vertiente se tiene las siguientes:

Tipo	Cód
Rectilínea	1
Convexa	2
Cóncava	3
Irregular	4
Mixta	5

**Tabla 8.** Categorías de forma de la vertiente.

**Fuente:** Ficha de fotointerpretación geomorfológica – CLIRSEN, 2012.

### b) Morfometría

Pedraza Gilsanz, 1996, Conjunto de técnicas, procedimientos y métodos, utilizados para determinar atributos configuracionales del relieve y en base a ellos, conocer el sistema de relaciones espaciales que caracterizan a las formas del terreno.

Las variables morfométricas deben estar acordes con los datos que provee el Modelo Digital del Terreno (MDT). Entre las variables que se utilizó para el desarrollo del mapa geomorfológico del sector, se tiene lo siguiente:

#### ➤ Pendiente

Se refiere al grado de inclinación de las vertientes con relación a la horizontal, el cual esta expresado en porcentaje.

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

**Tabla 9.** Categorías de pendientes.

**Fuente:** Ficha de fotointerpretación geomorfológica – CLIRSEN, 2012.

➤ **Desnivel relativo**

Corresponde a la altura existente entre la parte más baja y la más alta del relieve.

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

**Tabla 10.** Categorías de desnivel relativo.

**Fuente:** Ficha de fotointerpretación geomorfológica – CLIRSEN, 2012.

➤ **Longitud de la vertiente**

Corresponde a la distancia inclinada existente entre la parte más alta y la más baja de una forma del relieve, la misma que se mide en metros.

Tipo	Descripción	Cód
Muy corta	< a 15 m	1
Corta	15 a 50 m	2
Moderadamente larga	50 a 250 m	3
Larga	250 a 500 m	4
Muy larga	> a 500 m	5

**Tabla 11.** Categorías de longitud de la vertiente.

**Fuente:** Ficha de fotointerpretación geomorfológica – CLIRSEN, 2012.

➤ **Fondo de valle**

Se refiere a las formas que tiene la corteza terrestre, la cual determina principalmente el tipo de erosión generada en el sector.

Tipo	Cód
En U	Vr
En V	Vex
Plano	Vca
No aplicable	NA

**Tabla 12.** Categorías de fondo de valle.

**Fuente:** Ficha de fotointerpretación geomorfológica – CLIRSEN, 2012.



Las unidades morfológicas definidas en el mapa tienen en cuenta una estructura jerárquica, dada su importancia como factor de definición de las características externas modelada por la geomorfología y el clima son factores que influyen en la formación de los suelos y características de la vegetación.

Cada una de las unidades morfológicas está representada desde su genética, entre las categorías de forma del relieve según su origen tenemos:

DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN
Deposicional	Se refiere a formas originadas en el transporte por agentes erosivos como: agua, hielo, viento.
Denudativo	Grupo de procesos de desgaste de la superficie terrestre, en este contexto el principal proceso como forma de relieve son los coluviones y coluvio aluviales, formas originadas por acción de la gravedad en combinación con el transporte de aguas.
Formas estructurales	Obedece a un patrón organizado del buzamiento de los estratos y plegamiento de rocas sedimentarias consolidadas y metamórficas de origen sedimentario.
Formas estructurales y fluvio erosional	Incluyen geoformas montañosas y colinadas cuya altura y formas se deben al plegamiento de rocas superiores de la corteza terrestre y que aún se conservan rasgos reconocibles de las estructuras originales a pesar de haber sido afectadas por los procesos de denudación.
Formas de origen fluvial	Son ocasionadas por transporte del agua, siendo estas un medio de acarreo, el proceso de sedimentación aluvial o fluvial, tiene como agente al agua de escorrentía, corrientes fluviales, cuyo trabajo incluye tres actividades :erosión, transporte y sedimentación

**Tabla 13.** Formas de relieve según su origen.

**Fuente:** Base conceptual de la cartografía y de movimientos en masa por tipo - CLIRSEN, 2012.

La geomorfología del área de estudio está constituida por un relieve regular donde existen pendientes muy bajas, bajas y medias. Las geoformas se presentan como: garganta, superficie de cuesta, relieve colinado medio, relieve colinado bajo, relieve colinado muy bajo, ladera cóncava y convexa. (*Ver Anexo 10. Geomorfología del Área de Estudio*).

En el sector se presenta un relieve denudativo, estructural y tectónico erosivo. Las condiciones geomorfológicas presentes en la zona de estudio son fundamentales para el análisis de la propagación de deslizamientos; ya que mediante la geomorfología se

puede determinar el origen, los procesos relacionados para su desarrollo y las propiedades de los materiales, a través del cual se puede predecir el comportamiento y el futuro estado.

Unidad Genética	Geomorfología	Pendiente (%)	Área Ocupada (Ha)	Área Ocupada (%)
Denudativo	Garganta	40 – 70	1.6236	2.35
Estructural	Laderas planas	5 – 12	38.3517	55.57
	Superficie de cuesta	12 - 25	10.4029	15
Tectónico erosivo	Cimas aterrazadas y plano convexas	12 - 25	1.05982	1.53
	Relieve colinado bajo	12 - 25	6.47479	9.38
	Relieve colinado medio	5 – 12	2.29427	3.32
	Ladera cóncava suave	5 – 12	2.71117	3.93
	Ladera cóncava	12 - 25	1.74911	2.53
	Ladera convexa	12 - 25	4.34653	6.3

**Tabla 14.** Geomorfología y área ocupada en el sector de estudio.

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.4. Cobertura vegetal

La vegetación desempeña efectos importantes ya que contribuye con el proceso de estabilización por el refuerzo del suelo (por acción de las raíces) y por la producción de materia orgánica, la cual puede ayudar a cementar las partículas del suelo. A la vez que en su mayoría protege a los taludes de la erosión, contribuyendo así a la evapotranspiración y a la infiltración.

Es de gran importancia considerar la cobertura vegetal del sector a estudiar ya que cuando se tiene sitios con pendientes muy pronunciadas y la vegetación es boscosa y exuberante, estas actúan como una sobrecarga lo cual hace que aumente la inestabilidad, a diferencia de cuando se tiene terrenos desnudos o cubiertos de pastizales.

En el área de estudio se tiene las siguientes unidades de cobertura vegetal: matorral-árbol, pastizal y cultivo. (*Ver Anexo 11. Cobertura Vegetal del Área de Estudio*).

Cobertura vegetal	Área Ocupada (Ha)	Área Ocupada (%)
Infraestructura	28.6442	41.51
Matorral-árbol	9.91432	14.37
Pastizal	25.8151	37.41
Cultivo	4.6378	6.72

**Tabla 15.** Cobertura vegetal y área ocupada en el sector de estudio.

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.5. Uso actual del suelo

La generación de movimientos en masa, en este caso los deslizamientos están íntimamente relacionados con el uso del suelo, generando en algunos casos mayor problema, como es el mal uso del riego a las parcelas.

Mediante el trabajo de campo se identificó las diversas unidades de uso actual del suelo, (*Ver Anexo 12. Uso Actual del Suelo del Área de Estudio*), como se indica en la siguiente tabla:

Uso actual del suelo	Área Ocupada (Ha)	Área Ocupada (%)
Agrícola	5.8702	8.51
Urbana	38.838	56.3
Ganadera	7.10416	10.3
Áreas verdes	17.1867	24.9

**Tabla 16.** Uso actual del suelo y área ocupada en el sector de estudio.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Agrícola:** Entendida a los cultivos de ciclo corto los cuales se encuentran dentro del área de estudio, los mismos que corresponden a diferentes parcelas las mismas que son destinadas a la producción de productos como: maíz, tomate, y legumbres, los cuales son destinados para autoconsumo/subsistencia y venta. Representa el 8.51 % de la superficie total del área de estudio, y es considerada como el área ocupada más pequeña.

**Urbana:** Este es el uso principal de la tierra y comprende los asentamientos humanos en conglomerados habitacionales, además incluyen áreas ocupadas por construcciones civiles como vías o caminos. Teniendo 38,838 Has, la cual constituye el 56.3 % del área total ocupada en el sector de estudio, asentándose principalmente al margen de la vía de Integración Barrial, los barrios Obrapía y Ciudad Victoria.

**Ganadera:** La vegetación existente en el lugar son especies herbáceas y pastizales los cuales son destinados a la ganadería tanto de ganado vacuno así como ovino. Esto se debe a la facilidad de acceso por la cercanía a los pobladores del sector, además de que son lugares planos con disposición de riego constante. A esta unidad corresponden 7,10416 Has, lo que equivale a 10.3 %.

**Áreas verdes:** La cuarta área determinada corresponde a una vegetación natural cuya composición florística no sobrepasa los 5 m de altura, localizada generalmente en relieves fuertes, producto de la regeneración espontánea y en las riveras de las quebradas existentes. Se considera en esta categoría a toda aquella vegetación conocida como matorral. Esta constituye 17,1867 Has, lo que representa un 24.9 %. Son áreas que varían entre planas y onduladas.

#### **4.6. Pendientes**

Según Varnes, 1984, es el grado de inclinación que presentan las laderas, el mismo que está expresado en porcentaje.

En base al mapa topográfico fue generado el mapa de pendientes en el que se puede evidenciar cinco clases de intervalos (Sarkar y Kanungo, 2004) los mismos que subclasifican el terreno, con lo ha permitido valorar asignando diferentes pesos a las diferentes áreas generadas a partir de esta clasificación.

El área de estudio se caracteriza por tener pendientes que van de muy bajas a bajas, dicho relieve presenta pendientes de 65.2% que corresponde a una clasificación de muy baja, un 30.1% a baja, y con un 0.01% a una pendiente muy alta. (*Ver Anexo 13. Pendientes del Área de Estudio*).

<b>Pendiente</b>	<b>Ángulo de Inclinación (°)</b>	<b>Pendiente (%)</b>	<b>Área Ocupada (Ha)</b>	<b>Área Ocupada (%)</b>
Muy baja	0 - 8,5	0 - 15	44,99	65,24
Baja	8,5 - 16,7	15 - 30	20,74	30,1
Moderada	16,7 - 26,6	30 - 50	2,79	4
Alta	26,6 - 40	50 - 100	0,43	0,62
Muy Alta	Mayor de 40	Mayor de 100	0,007	0,01
<b>TOTAL</b>			69,00	100

**Tabla 17.** Pendiente y área ocupada en el sector de estudio.

**Fuente:** Elaboración propia.

#### **4.7. Caracterización Geotécnica**

El presente ítem tiene como objeto caracterizar desde el punto de vista geológico-geotécnico, los geomateriales de la zona de estudio comprendida entre los Barrios Ciudad Victoria y Obrapia. Esta caracterización geológica- geotécnica permite determinar: 1) los sustentos referidos a la interpretación y zonificación a la susceptibilidad de deslizamientos; y, 2) el comportamiento geomecánico preliminar de los materiales existentes en dicha zona de análisis.

Como punto de partida, se utiliza la información recopilada bibliográficamente y en formato digital; así como su corroboración de 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 1:4 500
- Mapa de Geología a Detalle del Sector de Estudio a Escala 1:4 500

Finalizado el trabajo de interpretación cartográfica en gabinete, se definió la campaña de exploración geotécnica preliminar que consistió en:

- 5 (cinco) líneas de geofísica (Sondeos Eléctricos Verticales – SEV.)
- 1 (un) SPT a una profundidad máxima de 6.0 metros y muestreo por cada metro
- Toma de muestras en afloramientos.

## 4.7.1. Geotecnia

### 4.7.1.1. Características generales de las unidades geotécnicas

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

#### **Unidad Geotécnica. Formación Belén. Areniscas, depósitos conglomeráticos y limolitas**

- **Litología.** La Formación Belén está caracterizada por gruesas capas de areniscas marrón de grano granuloso, muestran estratificación cruzada en escalas métricas, además contiene lentes de conglomerado horizontalmente estratificados. Su máximo espesor es de 300 metros, está en contacto concordante con la Formación La Banda. La edad se asume al Mioceno Inferior.
- **Estructura.** Estos materiales arcillosos y limos, se presentan asociados a material residual y capas de materia vegetal, ocupando las pendientes más bajas.
- **Geotecnia.** En general se puede adoptar para este tipo de materiales una capacidad portante media-baja y alta deformabilidad.

### 4.7.1.2. Interpretación de los Sondeos Eléctricos Verticales (SEV)

Los sondeos eléctricos verticales se basan en el principio de que la distribución del potencial eléctrico en el suelo alrededor de un electrodo con corriente, depende de las resistividades y de la distribución de los suelos y rocas circundantes a profundidades considerables.

El objetivo de la realización de los sondeos eléctricos verticales es identificar las capas del subsuelo, obteniendo así espesores y resistividades, posterior a aquello se realizó la interpretación, describiendo el tipo de roca de acuerdo a las resistividades obtenidas, para ello se tomó como referencia resistividades de algunos materiales geológicos.

Los Sondeos Eléctricos Verticales se los efectuaron mediante el arreglo Schlumberger de 4 electrodos. En el sector de estudio se realizaron 5 líneas paralelas a la vía de Integración Barrial.

### Descripción de la línea 1.

Ubicada en el barrio Obrapía con coordenadas UTM, X: 696498, Y: 9557783, Z: 2205.



**Fotografía 14.** Sondeo eléctrico vertical de la línea 1.

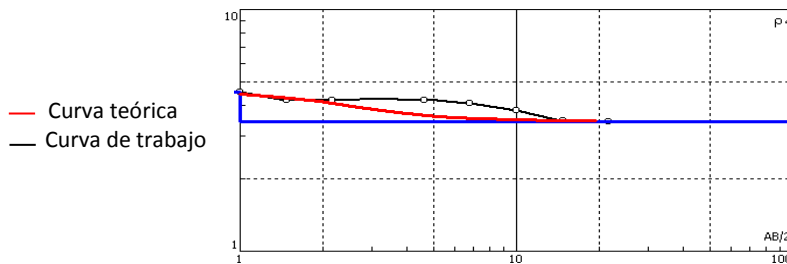
Esta línea tuvo una abertura AB/2 máxima de 21.50 m con un total de 13 lecturas, los datos obtenidos en campo son los siguientes:

Nº	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE	RESISTIVIDAD (ohm-m)
1	1	0.2	7,54	4.56
2	1.47	0.2	16,66	4.21
3	2.15	0.2	35,99	4.2
4	4.64	0.2	78,11	4.21
5	4.64	0.5	168,78	4.23
6	6.81	0.2	86,85	4.08
7	6.81	0.2	363,92	4.08
8	6.81	0.5	144,91	4.1
9	10	0.5	313,37	3.81
10	14.7	0.5	678,08	3.48
11	14.7	2	166,58	3.43
12	21.5	2	1454,42	3.42
13	21.5	0.5	359,91	90.3

**Tabla 18.** Datos Obtenidos en el Campo (Línea 1).

**Fuente:** Elaborada por el Autor.

Los datos obtenidos fueron procesados en el programa IPI 2Win donde se obtuvo la siguiente gráfica:



**Gráfica 2.** Curva teórica y de trabajo de la línea 1 mostrada por el programa IPI 2Win.

Interpretando los resultados arrojados de las curvas en el software IPI 2Win se tiene la siguiente descripción:

	<p>El primer estrato corresponde a rocas sedimentarias no consolidadas como arenas gruesas las mismas que poseen una resistividad de 4.60 – 9.54 <math>\Omega</math>-m, a una profundidad de 3.41 m.</p> <p>En la segunda capa constituida por arenisca saturada, en la cual se observa que la resistividad disminuye a 3.44 – 5.00 <math>\Omega</math>-m, a una profundidad y espesor no definido.</p>
--	---

**Tabla 19.** Interpretación de la Línea SEV 1.

**Fuente:** Elaborada por el Autor.



## Descripción de la línea 2.

Ubicada en el barrio Ciudad Victoria con coordenadas X: 696437, Y: 9557724, Z: 2211.



**Fotografía 15.** Sondeo eléctrico vertical de la línea 2.

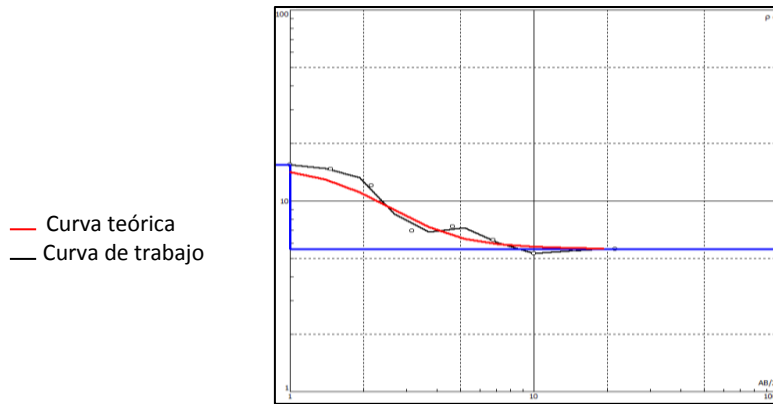
Esta línea tuvo una abertura AB/2 máxima de 21.50 m con un total de 13 lecturas, los datos obtenidos en campo son los siguientes:

Nº	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE	RESISTIVIDAD (ohm-m)
1	1	0.2	7,54	9.56
2	1.47	0.2	16,66	7.24
3	2.15	0.2	35,99	7.64
4	4.64	0.2	78,11	6.89
5	4.64	0.5	168,78	6.61
6	6.81	0.2	86,85	5.65
7	6.81	0.2	363,92	5.23
8	6.81	0.5	144,91	6.11
9	10	0.5	313,37	5.24
10	14.7	0.5	678,08	5.35
11	14.7	2	166,58	4.49
12	21.5	2	1454,42	4.69
13	21.5	0.5	359,91	5.57

**Tabla 20.** Datos Obtenidos en el Campo (Línea 2).

**Fuente:** Elaborada por el Autor.

En el programa IPI 2Win se procesaron los datos obtenidos, obteniéndose la siguiente gráfica:



**Gráfica 3.** Curva teórica y de trabajo de la línea 2 mostrada por el programa IPI 2Win.

Relacionando los datos obtenidos mediante el por el programa IPI 2Win con respecto a la tabla de resistividades de ciertos materiales se tiene:

	<p>En el primer estrato se tiene rocas sedimentarias no consolidadas corresponden a arenas gruesas que tienen una resistividad igual a <math>9.54 \Omega.m</math>, con un espesor y profundidad de 7.35 m.</p> <p>Seguidamente se encuentra una capa no definida compuesta de areniscas saturadas presentando una resistividad relativa de <math>5.11 \Omega.m</math>.</p>
--	--

**Tabla 21.** Interpretación de la Línea SEV 2.

**Fuente:** Elaborada por el Autor.

### Descripción de la línea 3.

Ubicada en el barrio Ciudad Victoria de coordenadas UTM, X: 696057, Y: 9557726, Z: 2206.



**Fotografía 16.** Sondeo eléctrico vertical de la línea 3.

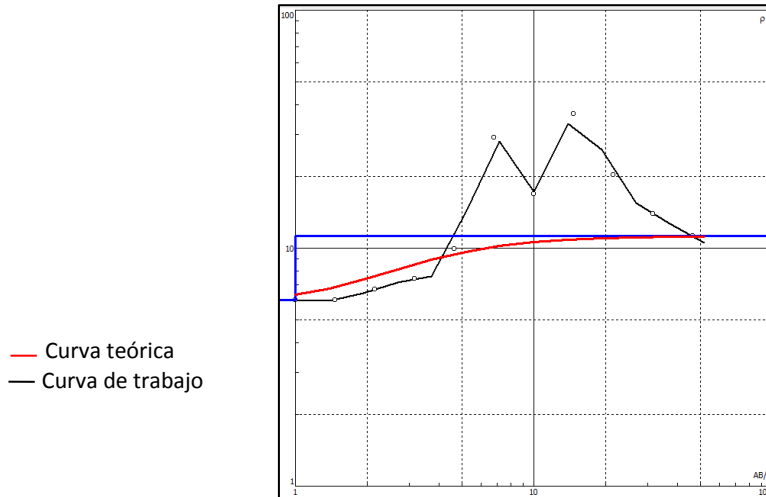
Esta línea tuvo una abertura AB/2 máxima de 31.60 m con un total de 14 lecturas, los datos obtenidos en campo son los siguientes:

Nº	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE	RESISTIVIDAD (ohm-m)
1	1	0.2	7,54	10.3
2	1.47	0.2	16,66	9.8
3	2.15	0.2	35,99	9.46
4	4.64	0.2	78,11	9.51
5	4.64	0.2	168,78	7.66
6	6.81	0.5	86,85	9.13
7	6.81	0.5	363,92	8.52
8	6.81	0.2	144,91	7.15
9	10	0.5	313,37	7.52
10	14.7	0.5	678,08	6.81
11	14.7	2	166,58	6.58
12	21.5	2	1454,42	6.69
13	21.5	0.5	359,91	6.95
14	31.6	2	781,13	5.84

**Tabla 22.** Datos Obtenidos en el Campo (Línea 3).

**Fuente:** Elaborada por el Autor.

Mediante la utilización del programa IPI 2Win se procesaron los datos obtenidos en el campo, dando como resultado la siguiente gráfica:



**Gráfica 4.** Curva teórica y de trabajo de la línea 3 mostrada por el programa IPI 2Win.

Interpretando los resultados arrojados de las curvas en el software IPI 2Win se tiene las siguientes capas:

	<p>En esta primera capa a 2.32 m de profundidad se tiene rocas sedimentarias no consolidadas, arcilla arrojando una resistividad de 9.19 – 10.3 <math>\Omega</math>.m, siendo esta capa la que presenta mayor resistividad en el sondeo.</p> <p>Seguidamente se tiene un estrato de 2.68 m de espesor el mismo que corresponde a arenisca limosa con una resistividad de 7.15 – 8.62 <math>\Omega</math>.m.</p> <p>Por último a los 7.35 m hasta la profundidad máxima del sondeo se encuentra un estrato compuesto de arenisca presentando una resistividad aparente de 3.49 – 6.28 <math>\Omega</math>.m.</p>
--	---

**Tabla 23.** Interpretación de la Línea SEV 3.

**Fuente:** Elaborada por el Autor.

#### Descripción de la línea 4.

Ubicada en el barrio Ciudad Victoria con coordenadas UTM, X: 696417, Y: 9557333, Z: 2252.



Fotografía 17. Sondeo eléctrico vertical de la línea 4.

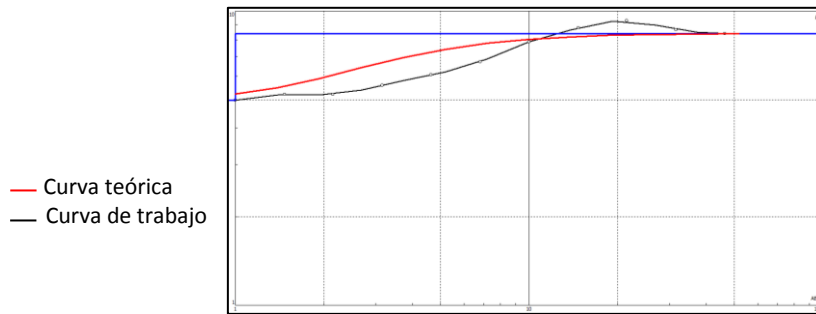
Esta línea tuvo una abertura AB/2 máxima de 46.40 m con un total de 16 lecturas, los datos obtenidos en campo son los siguientes:

Nº	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE	RESISTIVIDAD (ohm-m)
1	1	0.2	7,54	4.41
2	1.47	0.2	16,66	4.05
3	2.15	0.2	35,99	4.11
4	4.64	0.2	78,11	3.93
5	4.64	0.2	168,78	3.84
6	6.81	0.5	86,85	3.51
7	6.81	0.5	363,92	3.55
8	6.81	0.2	144,91	3.25
9	10	0.5	313,37	3.2
10	14.7	0.5	678,08	3.24
11	14.7	2	166,58	3.26
12	21.5	2	1454,42	3.23
13	21.5	0.5	359,91	3.22
14	31.6	2	781,13	3.54
15	46.4	2	1687,79	4.04
16	46.4	5	668,52	4.07

Tabla 24. Datos Obtenidos en el Campo (Línea 4).

Fuente: Elaborada por el Autor.

Al ingresar los datos de campo al programa IPI2Win se obtuvo la siguiente gráfica:



**Gráfica 5.** Curva teórica y de trabajo de la línea 4 mostrada por el programa IPI 2Win.

A través del programa IPI 2Win al ejecutar los datos de campo se tiene:

	<p>Se tiene rocas sedimentarias no consolidadas como arenisca a una profundidad de un metro con una resistividad de 4.41 <math>\Omega</math>.m.</p> <p>El siguiente estrato está compuesto por arenisca limosa, con resistividades que van desde 3.25 a 4.98 <math>\Omega</math>.m.</p> <p>A los 23.2 m de profundidad de evidencia nuevamente el estrato de arenisca presentando la misma resistividad del primer estrato.</p>
--	---

**Tabla 25.** Interpretación de la Línea SEV 4.

**Fuente:** Elaborada por el Autor.

### Descripción de la línea 5.

Esta línea está ubicada en el barrio Ciudad Victoria con coordenadas UTM, X: 696435, Y: 9557411, Z: 2239.



**Fotografía 18.** Sondeo eléctrico vertical de la línea 5.

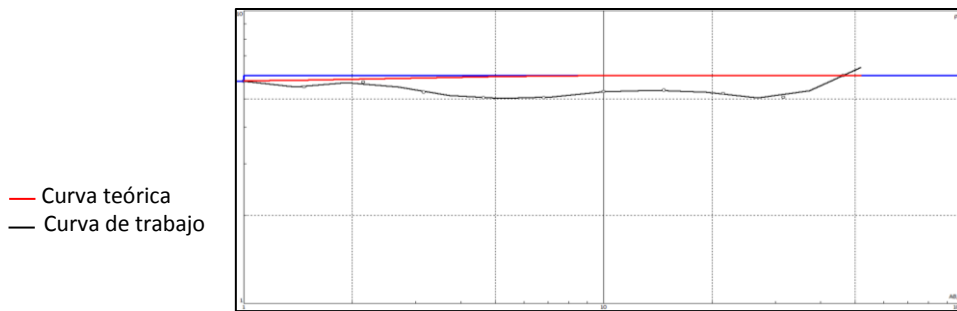
Esta línea tuvo una abertura AB/2 máxima de 31.60 m con un total de 14 lecturas, los datos obtenidos en campo son los siguientes:

Nº	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE	RESISTIVIDAD (ohm-m)
1	1	0.2	7,54	5.28
2	1.47	0.2	16,66	4.81
3	2.15	0.2	35,99	4.53
4	4.64	0.2	78,11	4.41
5	4.64	0.2	168,78	4.37
6	6.81	0.5	86,85	4.24
7	6.81	0.5	363,92	4.34
8	6.81	0.2	144,91	4.48
9	10	0.5	313,37	3.95
10	14.7	0.5	678,08	3.49
11	14.7	2	166,58	3.49
12	21.5	2	1454,42	0.02
13	21.5	0.5	359,91	0.02
14	31.6	2	781,13	0.03

**Tabla 26.** Datos Obtenidos en el Campo (Línea 5).

**Fuente:** Elaborada por el Autor.

En el programa IPI 2Win donde fueron procesados los datos conseguidos, donde se obtuvo la siguiente gráfica:



**Gráfica 6.** Curva teórica y de trabajo de la línea 5 mostrada por el programa IPI 2Win.

Interpretando los resultados arrojados de las curvas en el software IPI 2Win se tiene la siguiente descripción:

	<p>En este sondeo se tiene una delgada capa de arcilla de 50 cm e espesor, con resistividad aparente de 5.30 <math>\Omega</math>-m.</p> <p>Posteriormente a una profundidad de 3.4 m la resistividad de este estrato es de 4.41 <math>\Omega</math>-m, lo cual corresponde a rocas sedimentarias no consolidadas como arenisca.</p> <p>El siguiente estrato está compuesto de arenisca limosa con una resistividad de 3.25 – 3.95 <math>\Omega</math>-m. a una profundidad de 7.35 m.</p> <p>A los 10.75 m de profundidad se tiene una resistividad aparente de 0.02 <math>\Omega</math>-m. la cual nos indica la presencia de una arenisca saturada o posible nivel freático.</p>
--	--

**Tabla 27.** Interpretación de la Línea SEV 5.

**Fuente:** Elaborada por el Autor.

### ***Cortes Geoelectricos***

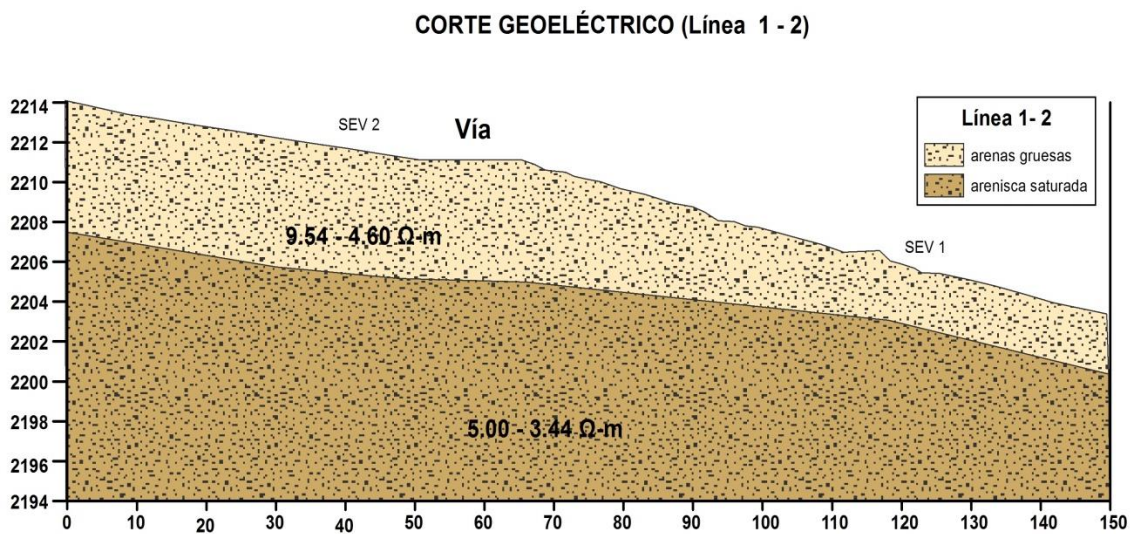
El objetivo de la prospección geoelectrica es establecer la conformación del subsuelo mediante la ubicación espacial de las capas resistivas (perfil geoelectrico) para



posteriormente transformar el perfil geoelectrico en otro, que represente los caracteres geológicos subterráneos.

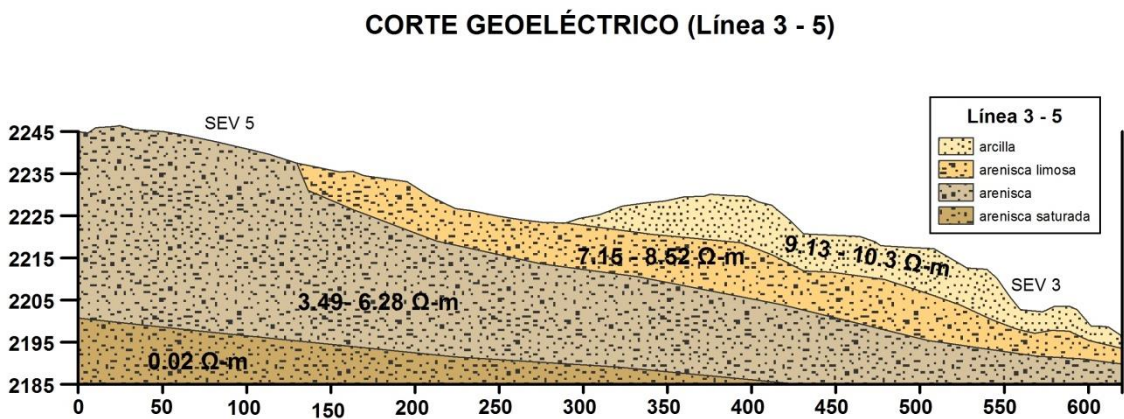
Para la obtención de los Cortes geoelectricos se utilizó como mínimo dos líneas de Sondeos Eléctricos, los cuales fueron ingresados al Software IPI2Win.

Se realizaron 3 cortes geoelectricos, donde se puede observar la correlación de los estratos de cada Sondeo Eléctrico Vertical, en donde los materiales que predominan en el sector son: arenas gruesas, arcilla, arenisca limosa, arenisca saturada.



**Figura 10.** Corte Geoelectrico de las líneas 1 y 2.

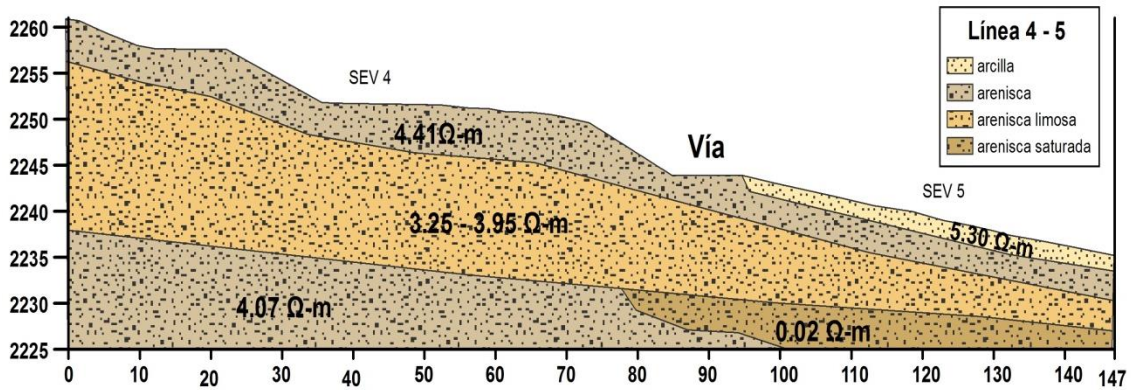
**Fuente:** Elaborado por el Autor (arcGIS 10.1)



**Figura 11.** Corte Geoelectrico de las líneas 3 y 5.

**Fuente:** Elaborado por el Autor (arcGIS 10.1)

### CORTE GEOELÉCTRICO (Línea 4 - 5)



**Figura 12.** Corte Geoeléctrico de las líneas 4 y 5.

**Fuente:** Elaborado por el Autor (arcGIS 10.1)

#### 4.8. Interpretación del ensayo de penetración estándar (SPT).

Se realizó un ensayo de penetración estándar – SPT, en el barrio Ciudad Victoria, el mismo que está ubicado en las coordenadas UTM, X: 696417, Y: 9557333, Z: 2248.



**Fotografía 19.** Ensayo de penetración estándar – SPT

Los suelos arcillosos hasta los 4 metros presentan densidades de  $1.504 \text{ gr/cm}^3$ . Según Krumbrein y Sloss (1995), las partículas de la muestra son 0.3/0.9 (forma/redondeamiento) y son preferentemente finos (60 – 80%).

Corresponden a materiales con un porcentaje medio de finos igual a 75% en los primeros 2 metros de profundidad y plasticidad alta (72% de límite líquido L.L.) el límite plástico L.P., varía entre el 29 al 27 %. Su índice de plasticidad I.P. relaciona un valor de 45%, lo que permite clasificar al material como CH1 (SUCS) Y A-7-6 (AASHTO) reconocidas como arcillas de alta plasticidad.

La resistencia a la compresión simple a los 3.0 metros de profundidad es de 2.91 Kg/cm<sup>2</sup>. La humedad varía entre un 31.96 % a los 2.0 metros de profundidad hasta 33.02 % a 6.0 metros de profundidad.

En base a los valores orientativos del SPT a los 2.0 metros, existe una variación de suelos muy flojos o blandos (N30 = 6 golpes). Desde los 4 a 6 metros de profundidad los valores de N30 mantiene un rango entre 31 – 32 golpes, considerando Suelos Medios.

Una de las formas de interpretar los valores obtenidos de las muestras, es entender la apreciación 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, de manera que elabora la siguiente tabla:

Límite Líquido, 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	<b>BAJO</b>	<b>MEDIO</b>	<b>ALTO</b>	<b>MUY ALTO</b>
				<b>SI</b>

**Tabla 28.** Criterios para la determinación y posible catalogación de ARCILLAS EXPANSIVAS a 2.0 metros de profundidad.

**Nota.** Los valores de LL=75% e IP=45%, constan en los resultados del SPT, **Ver Anexo 3.**

- **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 <10.0 metros.

Como excavabilidad, los materiales arenosos (poco densos) hasta mezcla de arena con grava o masas de roca (densidad media) son difíciles de extraer por medios mecánicos convencionales (Palas/Excavadoras/Retroexcavadoras). Esta unidad se considera permeable (valores de coeficiente de permeabilidad  $k > 10^{-1}$  cm/seg) con drenaje preferente por porosidad intergranular, lo que satura los niveles de suelo (5 cm).

#### **4.8.1. 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, los cuales se definen a continuación.

##### **a) Consistencia relativa. CR.**

El valor de la Consistencia Relativa,  $CR=0.89$ . Describiéndolo como SUELO DE CONSISTENCIA RIGIDA. Se considera que la resistencia a la compresión axial no confinada ( $q_u$ ) de la arcilla debe variar de 1.0 a 5.0  $\text{kg/cm}^2$ , porque su CR está más cerca de 1.0.

##### **b) Índice de liquidez. IL.**

El valor del Índice de Liquidez,  $IL=0.11$ . Se dice que la arcilla esta PRECONSOLIDADA; es decir, la arcilla ha sufrido presiones efectivas y la acción de la erosión.

### **c) Grado de Actividad de las Arcillas. $A_c$ .**

El valor del Grado de actividad de las arcillas,  $A_c=0.6$ . 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.

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

De la información obtenida e interpretada se concluye que en el sector de estudio Ciudad Victoria – Obrapia, se presentan dos tipos de rocas bien diferenciadas: areniscas, depósitos conglomeráticos y limolitas.

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.

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 mejores condiciones para la construcción de obras civiles. Las rocas metamórficas, pertenecientes a la Serie Zamora, afloran hacia el borde de las dos cordilleras que limitan la hoya de Loja, caracterizado por un relieve alto cubierto de vegetación.

Al interior del valle existen afloramientos de poca magnitud de estas rocas, representados por esquistos cristalinos, arcillosos, micas y grafitos (Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, 1975; Mora, 1997; Benavides, 2003).

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 y 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 la siguiente tabla tanto la valoración, como las características geotécnicas de las diferentes unidades descritas.

<b>Condicionantes Geotécnicos</b>	<b>UNIDAD GEOTÉCNICA N° 1 FORMACIÓN BELÉN. Areniscas, depósitos conglomeráticos y limolitas</b>
Capacidad portante	1.0
Deformabilidad	0.0
Excavabilidad	1.0
Tipo de explanada	1.0
Reutilización	0.5
Drenaje	1.0
Total de la valoración geológica – geotécnica	4.5
Clasificación	<b>DEFICIENTE</b>

**Tabla 29.** Valoración de la Unidad geotécnica. Valencia Carolina. 2008.

**Nota:** 0, menos favorable. 2, más favorable. Criterios del autor.

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  $q_a < 78.0 \text{ kg/m}^2$ .
- Luego de los 2.0 metros de profundidad,  $q_a$  mantiene valores superiores a  $256 \text{ kg/m}^2$ .
- 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 2.0 m con posible presencia de agua freática.

Al definirse parámetros de deslizamientos; se determinó la metodología de cálculo de factor de seguridad tal como se presenta a continuación:

#### ✓ **Factor de Seguridad**

Según Bishop (1955), el coeficiente de seguridad, que comúnmente se conoce como factor de seguridad al deslizamiento, es el valor numérico de la relación entre: a) la resistencia media del suelo a lo largo de la superficie de deslizamiento potencial y b) la resistencia estrictamente necesaria para mantener el terreno en equilibrio.

El cálculo del factor de seguridad de uno de los deslizamientos inventariados se lo realizara mediante la siguiente fórmula:

$$F_s = \frac{c'}{\gamma * H * \cos^2 \beta * \text{Tang} \beta} + \frac{\text{tang } \phi}{\text{tang } \beta}$$

**Donde:**

Fs= Factor de Seguridad

c' = Cohesión

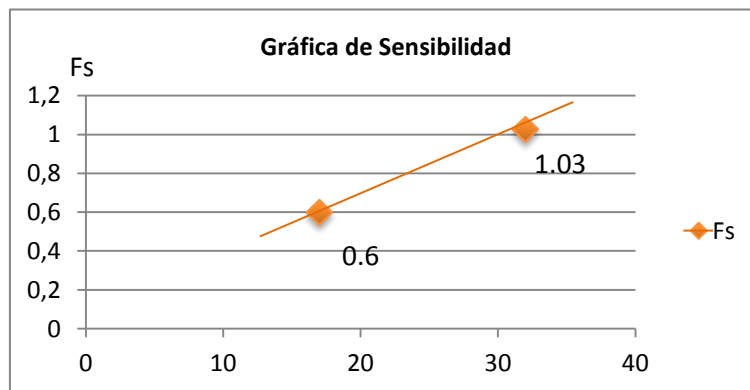
Y = Peso Específico del material

H = Profundidad del deslizamiento

Ø = Ángulo de fricción interna

β = Ángulo de Trabajo

<b>DESLIZAMIENTO 1</b>	
<b>DATOS:</b> c' = 5.0 KN/m <sup>2</sup> γ = 14.7 KN/m <sup>3</sup> H = 5 m Ø = 17°	
<b>β = 35°</b>	$FS = \left[ \frac{c'}{\gamma * H * \cos^2 \beta * \tan \beta} \right] + \left[ \frac{\tan \emptyset}{\tan \beta} \right]$ $FS = \left[ \frac{5 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{14.7 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 5\text{m} * \cos^2 35^\circ * \tan 35^\circ} \right] + \left[ \frac{\tan 17^\circ}{\tan 35^\circ} \right]$ $FS = 0.14 + 0.44$ $FS = 0.57 \cong 0.6$
<b>β = 32° (Según Varnes)</b>	$FS = \left[ \frac{5 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{14.7 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 5\text{m} * \cos^2 35^\circ * \tan 35^\circ} \right] + \left[ \frac{\tan 32^\circ}{\tan 35^\circ} \right]$ $FS = 0.14 + 0.88$ $FS = 1.02$



**Gráfica 7.** Gráfica de sensibilidad.



#### 4.9. Susceptibilidad a deslizamientos

El mapa de susceptibilidad a deslizamientos nos indica las áreas con mayor problema en las cuales se debe considerar un Plan de Ordenamiento Territorial, en dicho mapa se evalúa características o condiciones intrínsecas y condiciones biofísicas particulares del terreno como: pendiente, geología, geomorfología, cobertura vegetal y uso actual del suelo. Todos estos factores antes mencionados se evalúan a través de la realización de mapas para cada uno de ellos generados a partir de la visualización y evaluación de campo.

Para la generación del mapa final de susceptibilidad se consideró la zonificación de las diferentes unidades presentes en el terreno, aquellas que den indicios de una actividad que provoque o genere deslizamientos, esto se determinó con el análisis multivariable entre varios factores del terreno que estén afectando a la susceptibilidad a los deslizamientos.

Para realizar la descripción e interpretación de la susceptibilidad a deslizamientos se ha tomado la metodología propuesta por “Sarkar y Kanungo, 2004”, en la cual establece el análisis de las condiciones presentes en el terreno como: Pendientes, Geología, Geomorfología, Cobertura Vegetal, y Uso Actual del Suelo, a cada una de las presentes variables se le asignó un peso, cuyos rangos fue de 1 a 5 utilizando 1 para la más baja y 5 para la susceptibilidad más alta, según fuese el caso, es decir cómo están influyendo para que se genere la inestabilidad del terreno.

Para esto se utilizó criterios de Pesos usando el Método de “*Suma de Rango*” propuesta por Janssen y Van Herwijnen (1994). Se multiplica a cada factor de análisis por un factor de ponderación o peso.

Cada mapa es representado por un parámetro, valorado entre 1 a 5. Por lo tanto el peso total de cada parámetro debe ser repartido de acuerdo a su valoración, de tal forma que para obtener el mapa de Condición Biofísica se lo hizo uniendo el mapa de Uso Actual del Suelo y el mapa de Cobertura Vegetal el mismo que nos debe sumar 1; para el mapa de Condición Intrínseca se utilizó los mapas de Pendientes, Geológico y Geomorfología

al igual la suma de este fue de 1. Por último para obtener el mapa de susceptibilidad, se suman los dos mapas generados anteriormente y dicha suma debe ser 1. Teniendo así que el terreno se subdivide en áreas y rangos con diferente susceptibilidad. (*Ver Anexo 14. Susceptibilidad a deslizamientos del Área de Estudio*).

#### **4.9.1. Variables y Pesos**

Los mapas temáticos generados a partir de los factores condicionantes de la susceptibilidad.

**Mapa de pendientes:** Define la inclinación topográfica de la zona de estudio, considerada como un factor muy importante en la inestabilidad de taludes y laderas ya que las regiones montañosas, de fuerte pendiente y donde hay cambios bruscos de inclinación son las más propensas a sufrir deslizamientos. Sin embargo se puede dar el caso de una zona con pendiente natural suave que combinada con una litología y condiciones de saturación desfavorables sea determinada una zona de inestabilidad alta.

El mapa de pendientes fue generado reuniendo las áreas en las cuales las líneas de nivel tienen un espaciamiento estándar y pueden dividirse en pendientes muy bajas, bajas, medias, altas y muy altas.

**Mapa geológico:** Permite cartografiar las unidades litológicas además de conocer la agrupación de unidades geológicas, naturaleza, y estructuras presentes de los materiales presentes en la zona de estudio. De la misma manera muestra el comportamiento mecánico de la roca, relacionadas a la identificación, permitiendo así el análisis geológico estructural, deduciendo parámetros cualitativos que conllevan a un diagnóstico de estabilidad.

En los deslizamientos de gran magnitud generalmente la geología es determinante para la ocurrencia del movimiento.

**Mapa geomorfológico:** Este mapa describe las distintas unidades geomorfológicas que integran el área, las cuales son esenciales para el análisis de la ocurrencia de los deslizamientos. Estas unidades se dividen en diferentes tipos para las formas del relieve, las cuales son un reflejo directo de la acción de distintos procesos endo y exodinámicos.

**Mapa de cobertura vegetal:** Muestra la densidad vegetal de la zona en estudio y se la clasificó en varias sub-zonas dependiendo del tipo de vegetación predominante. La cobertura vegetal es un factor muy importante en el estudio ya por medio de este se determinan zonas con mayor erosión en el terreno.

**Mapa de uso actual del suelo:** En este mapa se describe las diferentes unidades de uso que se está dando al terreno, para poder analizar los fenómenos del efecto del uso sobre el suelo se requirió investigar las características específicas del terreno en el ambiente natural que se esté estudiando.

Para la ejecución del mapa de susceptibilidad se utilizó la siguiente jerarquización y asignación de diferentes pesos para las varias condiciones presentes en el terreno, dichos pesos asignados van desde 1 hasta 5 según sea el caso. La siguiente tabla contiene variables y pesos asignados para la elaboración del mapa de susceptibilidad a deslizamientos.

Condición	Variable	Unidad	Peso
<b>Condición Biofísica</b> <b>0.33</b>	Uso Actual del Suelo 0.66	Agrícola	4
		Urbana	1
		Ganadera	3
		Áreas verdes	2
	Cobertura Vegetal 0.33	Infraestructura	1
		Matorral-árbol	2
		Pastizal	3
		Cultivo	4
<b>Condición Intrínseca</b> <b>0.66</b>	Pendientes 0.17	Muy baja 0° - 8.5°	1
		Baja 8,5 ° - 16,7 °	2
		Media 16,7 ° - 26,6 °	3
		Alta 26,6 ° - 40 °	4
		Muy alta Mayor de 40 °	5
	Geológico 0.50	Areniscas	4
	Geomorfología 0.33	Garganta 40 – 70 %	4
		Superficie de cuesta 5 – 12 %	3
		Relieve colinado bajo 12 – 25 %	3
		Relieve colinado muy bajo 12 – 25 %	2
		Relieve colinado medio 5 – 12 %	2
		Ladera cóncava 5 – 12 %	4
		Ladera cóncava 12 – 25 %	3
		Superficie de cuesta 12 – 25 %	4
Ladera convexa 12 – 25 %		3	

**Tabla 30.** Variables del mapa de susceptibilidad a deslizamientos.

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.10. Valoración e interpretación de Susceptibilidad a deslizamientos

El mapa final de susceptibilidad se podrá utilizar para controlar el desarrollo de un área, es decir para evitar la construcción directa sobre las zonas potencialmente inestables, o puede servir como indicador de zonas de inestabilidad que puedan extenderse y crear zonas de amenaza.

Una vez terminado el método de jerarquías analíticas, se ha creado la matriz con los criterios de valor relativos entre pares de factores condicionantes de la inestabilidad, obteniéndose así un peso para cada factor.

El índice de susceptibilidad, calculado mediante la suma ponderada de pesos de las diferentes variables de cada mapa temático (pendientes, geología, geomorfología, cobertura vegetal y uso actual del suelo), finalmente se dividió en 5 clases generales que van desde muy baja a muy alta susceptibilidad a deslizamientos.

Los tipos de susceptibilidad obtenida se describen a continuación:

***Susceptibilidad Muy Baja.***- Se ha considerado zonas relativamente estables, por lo que se estima baja la probabilidad a que ocurran deslizamientos en dichos áreas, esta no presenta deslizamientos antiguos o recientes. Ocupa una área de 6.38 ha (9.28 % del área total).

***Susceptibilidad Baja.***- Este tipo de susceptibilidad en su totalidad comprende a las zonas ya urbanizadas, donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos actuales por lo que son considerados suelos relativamente estables. Esta zona ocupa el 44.92 % con un área de 30.89 ha del total del área en estudio.

***Susceptibilidad Media.***- Ocupa un área de 11.27 ha (16.39 % del área total). Presenta zonas medianamente susceptibles a deslizamientos, Se encuentra dispersa en todo el área de estudio, donde hay sectores que se considera como lugares propensos a la ocurrencia de deslizamientos.

***Susceptibilidad Alta.-*** Considera a lugares que presentan mayor grado de susceptibilidad debido a la presencia de zonas de relleno, meteorización alta a moderada, y elevada presencia de agua, en esta zona han ocurrido 2 de los 3 deslizamientos antes descritos.

Ocupa un área de 17 ha (24.73 % del área total). Distribuida casi en toda la zona de estudio. Para el uso de suelo de estas zonas se deben realizar estudios de estabilidad a detalle y la implementación de medidas correctivas que aseguren la estabilidad del sector.

***Susceptibilidad Muy Alta.-*** Son aquellas zonas de elevada susceptibilidad en las que puede ocurrir o ser afectadas por deslizamientos, áreas con elevada erosión, y presencia de agua debido al constante riego. Esta zona ocupan el 4.69 % con un área de 3.23 ha del total del área en estudio.

## 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La finalidad de realizar estudios geológicos – geofísicos en la ciudad de Loja en especial en la vía de Integración Barrial es establecer o elaborar guías o mapas reales a detalle del lugar para el uso y una buena planificación del territorio, en dicho proyecto se ven inmersos los Barrios de Obrapía y Ciudad Victoria. Dichos estudios servirán como base para determinar zonas susceptibles a deslizamientos, lo cual nos llevara a una mejor planificación territorial.

En cuanto a la topografía realizada, el área de estudio posee un relieve casi plano en su totalidad, debido a que en su mayor parte se encuentra poblado ocupando un área de 38.84 ha equivalente a un 56.3% del área total.

Con respecto al análisis geológico de campo, mediante la descripción de afloramientos y deslizamientos más relevantes en el sector, se tiene la presencia de areniscas de grano fino, de coloración marrón a café claro, en ciertos afloramientos se evidenció lentes de conglomerado se matriz arenosa y arcilla como cementante, además la existencia de pequeñas capillas de carbonato de calcio, lo cual indica que el sector está dentro de la Formación Geológica Belén. Los materiales presentan una meteorización física que vuelve a este tipo de rocas muy inestables.

Del inventario de deslizamientos que se realizó, a través de las visitas de campo y la utilización de fichas para la identificación y descripción de movimientos en masa en este caso de deslizamientos, se identificó tres deslizamientos, donde los tres son rotacionales. Dos de ellos se encuentran activos, donde el factor lluvia y agua de riego hacen que se encuentre activos, ninguno de estos posee estabilización o control.

Se realizaron cinco sondeos eléctricos verticales (SEV) y un ensayo de penetración estándar (SPT) los cuales nos ayudaron a ratificar las diferentes tipos de rocas presentes en el sector, dándonos como resultado areniscas, arenas y arcillas, al analizar los resultados del SPT a una profundidad de 6m, se describe materiales de elevada plasticidad, alto contenido de humedad.

Para el análisis de la susceptibilidad a deslizamientos la geomorfología del sector es un factor indispensable, los principales relieves identificados son superficies de cuesta con una pendiente de 5 – 12 % y relieve colinado bajo de 12 – 25 %.

El uso actual del suelo y cobertura vegetal del área de estudio, visualizadas mediante observación directa con visitas al lugar, nos indican que la vegetación que predomina en el sector son los pastizales y matorral-árbol, lo que nos muestra que el sector es principalmente agrícola; al analizar el uso actual del suelo se encuentran en su mayor parte cubierto de zona poblacional y de lotización como viviendas y vías principal y de segundo orden.

Como es de conocimiento los Sistemas de Información Geográfica, es un software que permite integrar y manipular la información de manera sencilla y directa a través de la superposición de varios mapas temáticos realizados con los datos obtenidos en el campo, los mismos que nos ayudan a la determinación de zonas susceptibles a deslizamientos; mediante la clasificación y asignación de pesos a las diferentes variantes se puede diferenciar cinco clases de zonas susceptibles a deslizamientos.

El propósito de realizar la suma ponderada de las condiciones biofísicas e intrínsecas es obtener como resultado el mapa de susceptibilidad, donde se representa polígonos que van desde muy baja susceptibilidad que comprende el 9.28 % que representa 6.4 ha.; áreas de susceptibilidad baja correspondiente al 44.92 % que representa 30.89 ha; susceptibilidad moderada que ocupa 16.39 % que representa 11.27 ha; área de susceptibilidad alta que ocupa el 24.73 % que representa 17.00 ha; y por último se tiene el área de muy alta susceptibilidad que corresponde el 4.69 % que representa 3.23 ha.

Con el mapa final es viable conseguir fundamentos para un ordenamiento territorial correcto así como la planificación y la gestión, siempre considerando de gran importancia el diagnóstico profundo de las distintas condiciones en que se presenta el terreno haciendo énfasis en los estudios a detalle ya que por dicho sector está trazada la vía de Integración Barrial.



## 6. CONCLUSIONES

- Topográficamente el área de estudio comprendió una superficie de 69 Has, la misma que va de inclinada a plana, donde las alturas varían desde 2205 hasta 2274 m. s. n. m.
- Geológicamente el área de estudio corresponde a la formación Belén constituida por areniscas de grano fino de color marrón a café claro, lentes de conglomerado con matriz arenosa y como cementante arcilla, las mismas que se encuentran altamente meteorizadas.
- Relacionado los cinco sondeos eléctricos verticales realizados dieron como resultado que en el sector se tiene la presencia rocas sedimentarias no consolidadas como arcillas, arenas y limos saturados siendo 9,54  $\Omega$ m. la resistividad aparente más elevada.
- Los materiales del sector de estudio entre más se acercan a suelos granulares (no cohesivos) se tornarán más inestables, por lo que es necesario implementar medidas de estabilización y control para realizar construcciones.
- En el área de estudio los ángulos de estabilización relacionan un valor máximo de 32°, considerando un factor de seguridad de 1.0
- La geomorfología que predomina en el sector corresponde a superficie de cuevas con una pendiente de 5 – 12 %, la cual ocupa un área de 38.4 has, lo que representa el 55.57 % del total de la zona de estudio.
- El uso actual del suelo y la cobertura vegetal del sitio en un mayoría corresponde a pastizales y a matorrales con un 37.41 % y 14.4 % respectivamente, por otro lado se tiene que la infraestructura ocupa el 56.3 % del total del área de estudio.

- La zona de estudio posee pendientes principalmente muy bajas con un 65.24 %, seguidas por pendientes bajas representando el 30.1 % del total del área de estudio, las cuales nos ayudan a dar un poco de estabilidad en el terreno.
- De acuerdo al análisis de las variables naturales presentes del sector, se obtiene que la mayor parte del sector de estudio muestra una susceptibilidad a deslizamientos muy baja con 6.38 has, lo que significa un 9.28 %, baja con una superficie de 30.89 has, lo que se traduce en un 44.9 %, moderada con un área de 16.39 has, que constituye un 11.27 %, alta ocupa un área de 17 has, que representa el 24.73 % y susceptibilidad muy alta con 3.22 has que representa un 4.69 %.

## **7. RECOMENDACIONES**

- EL mapa de susceptibilidad a deslizamientos en la vía de Integración Barrial desde el KM 5+400 m hasta el KM 6+300 m en el sector Occidental de la ciudad de Loja debe ser actualizado de forma permanente con el único propósito de observar los cambios o evolución de los factores que contribuyen a la desestabilización del sector.
- Se recomienda realizar el control de la escorrentía superficial y drenaje a corto plazo y ya que pueden representar un riesgo para los pobladores e infraestructuras.
- Se requiere medidas específicas en cuanto al uso del suelo con la única finalidad de minimizar y tratar de evitar que ocurran nuevos deslizamientos por acción antrópica, concretamente en áreas de cultivo que dan mal uso al agua para riego.
- Determinar el factor de seguridad en diferentes contextos de saturación, es decir en las peores condiciones del terreno, con la finalidad de plantear diferentes medidas de estabilización y control.
- Realizar la reubicación de los tanques de aguas servidas del barrio Ciudad Victoria ya que están contribuyendo a que siga activo un deslizamiento adjunto a estos, además que las aguas de infiltran y llegan a la quebrada Las Pavas ocasionando contaminación.
- Considerar los niveles de susceptibilidad para la planificación del uso de suelo ya que pueden ocurrir pérdidas importantes si no se toma en cuenta esta variable esencial en la elaboración de proyectos de inversión donde se necesita un mapa de zonificación de riesgos más detallado.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Brabb, E.E. (1978), "Analyzing and portraying geologic and cartographic information for landuse planning" emergency response and Decision making in San Mateo country, California. In Proc., SIG'87, San Francisco, California, American Society of photogrammetry and remote sensing, falls church, Virginia, pp 362-374.
- Brabb, E. (1984) Innovative Approaches to Landslide Hazard and Risk Mapping In: IV International Symposium on Landslide, vol. 1 (Toronto, 1984), pp. 307-323.
- Brabb, E. (1984) Innovative Approaches to Landslide Hazard and Risk Mapping.
- Burrough, Goodchild, Rhin y otros. Departamento de Medio Ambiente (DoE), 1986.
- Clirsen., Semplades, Sigagro, Inigem. (2010) Proyecto: Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional.
- Crozier, M.J. (1986), "Landslides: Causes, Consequences and Environment, Croom Helm", London, 1965, p 49.
- Cruden D. M. y D. J. Varnes (1996), "Landslides types and processes", in Turner, A. K. y R. L. Schuster (eds.), *Landslides: Investigation and Mitigation*, Transportation Research Board, Special Report 247, National Academy Press, Washington.
- Cruden, D. (1991) "Una definición simple de un deslizamiento de tierra". Boletín de la Asociación Internacional de Ingeniería Geológica, Vol. 43, pp. 27-29.

- Chelotti, L., Acosta, N., Foster, M., 2009 “La Ciencia Geofísica” Chelotti cátedra de geofísica aplicada UNPSJB Chubut, Argentina.
- 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.
- Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Levantamiento y Carteo Geológico. 2004.
- García Yagüe, A. y García Álvarez, J. 1988. “Clasificación tipológica de los movimientos de ladera”. Comunicaciones II Simposio sobre Taludes y Laderas Inestables. Andorra la Vella. pp. 53-64.
- Goodman y Bray, 1976. Toppling of Rock Slopes. Rock Engineering for Foundations and Slopes (pp. 201 - 234). New York: American Society of Civil Engineers.
- Corominas, J. Y García Yagüe, A. 1997. “Terminología de los movimientos de ladera”. IV Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Granada. Vol. 3: 1051-1072.
- Gray, D. H., and R. B. Sotir. 1996. Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization: A Practical Guide for Erosion Control. John Wiley and Sons.
- González (2005), valuación de amenaza por fenómenos de remoción en masa. Documento digital. Bogotá, pp. 53.
- Hungerbühler, (2002). “Estratigrafía Neógeno y geodinámica de los Andes del sur de Ecuador ". Tierra-Ciencia. Pp.1- 50 pp.

- Hungerbühler, D.; Steinmann, M.; Winkler, W.; Seward, D.; Egüez, A.; Peterson, D.; Helg, U; Hammer, C. (2002). Neógeno Estratigrafía y geodinámica de los Andes del sur de Ecuador. Editorial Elsevier. 50 pp.
- IAEG. (1990-2000). Commission on Landslides contributed to the Working Classification which records an international consensus on types of landslides.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censo. (2010). Censo de Población y del 2010 de la Republica de Ecuador. Disponible en: <http://www.inec.gob.ec>.
- Janssen y Van Steijn et al. 1988. “Apoyo de decisión multi objetivo a dirección ambiental. Decisiones definidas de un juego finito de alternativas: discos de demostración e instrucción”. Kluwer. Editores Académicos, Dordrecht (Países Bajos). 232 pp. ISBN 0-7923- 1908-7.
- Jorge Dharmawidjaja, et al (2008). Semestre Primavera 2008. Depto. de Ingeniería Eléctrica *Conductores* Eléctricos Características y Aplicaciones en Ingeniería Eléctrica.
- Maldonado, N. (1997) Clima y desertificación en la provincia de Loja, en Revista de Ciencias Agrícolas. Loja: Universidad Nacional de Loja.
- Miguel Montes De Oca, M. 1970. Topografía. S. E.P., México.
- Montiel, K. (2009) Peligro por inestabilidad de laderas en la cuenca del Río Castán. Flanco Norandino de Venezuela. Tesis Doctoral. Universidad de la Habana. Cuba. pp 143.
- Orellana, E. 1982 “Prospección geoelectrica en corriente continua”.
- Pedraza (1996). Geomorfología. Principios, métodos y aplicaciones.

- Sarkar y Kanungo, 2004. Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos, Cuadro tomado de la Zonificación de Susceptibilidad Amenaza y Riesgo. 2004.
- Suárez, J. (1996) “Estudio del Deslizamiento de La Colina en Bucaramanga”, C.D.M.B.
- Suarez, J (1998). Libro de Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en zonas tropicales.
- Summerfield (1991). Global Geomorphology.
- Varnes (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.
- Varnes D.J. (1984) “Landslide hazard Zonation “A Review of Principles and practice. UNESCO Press, París 63 p.

# **ANEXOS**





**ANEXO 2. Ficha 2 para inventarios de deslizamientos.**

<b>HOJA DE EVALUACIÓN DE MOVIMIENTOS DE LADERA</b>		<input style="width: 80px; height: 20px;" type="text"/>
Fecha ____/____/____ Hora _____ Código _____ Responsable de la inspección _____ Institución/organización _____ Dirección/tel./fax/e-mail _____ _____ Número ficha		
<input style="width: 80px; height: 20px;" type="text"/>		
<b>Tipo de movimiento:</b>		
Deslizamiento ( )		Desprendimiento o vuelco ( )
Flujo ( )		Complejo ( )
<b>DATOS DEL MOVIMIENTO DE LADERA</b>		
<b>1. Fecha de ocurrencia y ubicación</b> Coordenadas X:		
Fecha _____ en _____ que _____ ocurrió _____ el _____ movimiento _____/____/____ Departamento _____ Municipio _____ Cantón _____ _____ Caserío/Barrio _____ Colonia/Residencial/Otro _____ Calle/Número de las viviendas/Otros _____		
<b>2. Condiciones topográficas y geométricas</b>		
Altura de la corona _____ (msnm) Altura del talud (T) _____ (m) Pendiente promedio del talud originado _____ (°) del talud original _____ (°) Grietas en la parte superior de la corona ( ) Abertura ____ (cm) Longitud ____ (cm) Profundidad _____ (cm) Escalones ( ) Altura _____ (m) Medidas de la superficie de ruptura: Ancho (A) _____ (m) Largo (L) _____ (m) Espesor (E) _____ (m) Volumen estimado _____ (m <sup>3</sup> )		
<b>3. Material deslizado</b>		
Suelos ( )		Rocas ( ) Relleno ( )
Basura y ripio ( )		Árboles ( )
Superficie de afectación: Ancho(a) ____ (m) Largo (l) ____ (m) Área (A) ____ (m <sup>2</sup> )		
Ocupando cauce de río o quebrada ( ) Permanece: (SI) (NO)		
Viabilidad de movilizar el material (palas, máquina) _____		
<b>4. Factores generadores</b>		
<i>Factores Naturales:</i>		<i>Factores Antrópicos:</i>
Escorrentía Superficial ( )		Cortes de caminos y/o construcción ( )
Lluvias ( )		Drenajes ( )
Sismos ( )		Acumulación de sobrecargas ( )
Otros _____		
Comentarios _____		

**Fuente:** Valarezo M. 2010. Levantamiento geológico “Proyecto Alamor – Rio Pindo”

### ANEXO 3. Resultados del Ensayo de Penetración Estándar



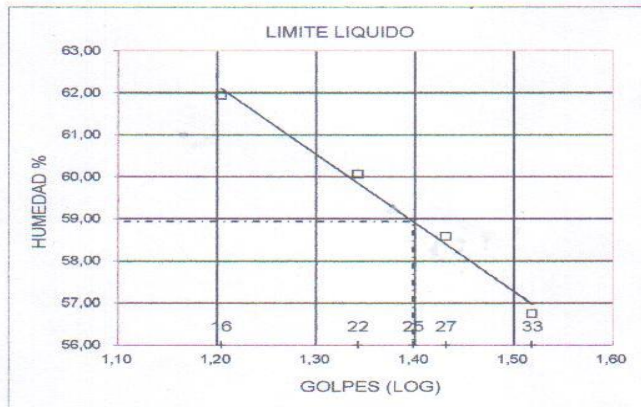
**ESTSUELCON CIA. LTDA.**

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCION Y CONSULTORIA

e-Fax: 2540594. Celular: 093663061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

#### ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : TESIS						
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS						
UBIC. : LOJA						
FECHA : JULIO-2014		OPERADOR: O.C		MUESTRA POZO 1		
				PROFUND. 1,00 m.		
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		48,78	42,40	19,60	27,98	
		53,65	46,33	20,66	28,52	28,25
2.- LIM. LIQUIDO	33	36,52	33,28	27,57	56,74	
	27	39,06	34,93	27,88	58,58	
	22	35,14	31,29	24,88	60,06	
	16	28,96	25,04	18,71	61,93	58,94
3.- LIM. PLASTICO		31,94	30,90	27,27	28,65	
		31,75	30,76	27,31	28,70	28,67
4.-GRANULOMETRIA			5.- CLASIFICACION.-			
PESO IN= 114,27 (H/S) H			GRAVA= 1 %			
PESO INICIAL DE CALCULO: 89,1			ARENA= 31 %			
			FINOS= 68 %			
TAMIZ	PESO R. %	R.A. %	% PASA			
1 1/2"	0,00	0,0	100			
1"	0,00	0,0	100			
3/4"	0,00	0,0	100			
1/2"	0,00	0,0	100			
3/8"	0,00	0,0	100			
No. 4	1,21	1,4	99			
No. 10	1,61	3,2	97			
No. 40	7,37	11,4	89			
No. 200	18,30	32,0	68			
COLOR= CAFÉ			LL = 59,00 %			
			LP = 29,00 %			
			IP = 30,00 %			
			CLASIFICACION:			
			SUCS = CH1			
			AASHTO= A-7-6			
			IG(86)= 20			
			IG(45)= 18			



ESTSUELCON CIA. LTDA.  
 Ing. Diego G. Castañeda  
 LABORATORIO CONSULTORIA  
 Loja-Ecuador





## ESTSUELCON CIA. LTDA.

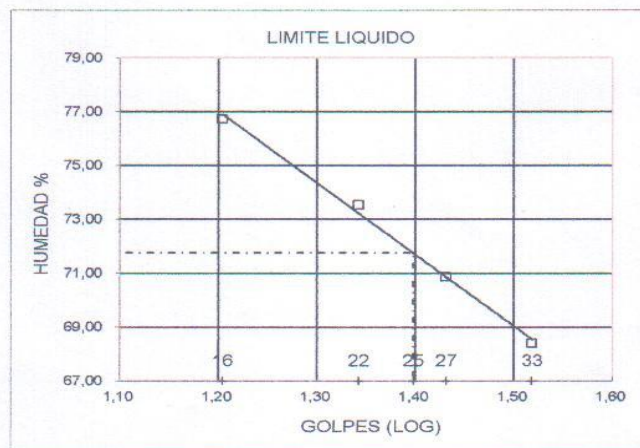
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

Fax: 2540594. Celular: 092862061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

### ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : TESIS						
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS						
UBIC. : LOJA						
FECHA : JULIO-2014						
OPERADOR: O.C			MUESTRA POZO 1			
			PROFUND. 2,00 m.			
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		69,16	57,21	19,76	31,91	
		73,38	60,51	20,32	32,02	31,97
2.- LIM. LIQUIDO	33	33,56	30,01	24,82	68,40	
	27	38,50	33,90	27,41	70,88	
	22	28,79	25,12	20,13	73,55	
	16	35,79	31,24	25,31	76,73	71,75
3.- LIM. PLASTICO		30,37	29,27	25,19	26,96	
		32,50	31,38	27,14	26,42	26,69
4.-GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO IN= 150,56 (H/S) H				GRAVA= 4 %		
PESO INICIAL DE CALCULO: 114,1				ARENA= 21 %		
				FINOS= 75 %		
TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA	LL = 72,00 %		
1 1/2"	0,00	0,0	100	LP = 27,00 %		
1"	0,00	0,0	100	IP = 45,00 %		
3/4"	0,00	0,0	100			
1/2"	0,00	0,0	100			
3/8"	0,00	0,0	100			
No. 4	4,29	3,8	96	CLASIFICACION:		
No. 10	3,32	6,7	93	SUCS = CH1		
No. 40	5,96	11,9	88	AASHTO= A-7-6		
No. 200	14,88	24,9	75	IG(86)= 35		
COLOR= CAFÉ				IG(45)= 20		



ESTSUELCON CIA. LTDA.  
 ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO,  
 CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA  
 Ing. Diego I. Castillo  
 LABORATORIO



## ESTSUELCON CIA. LTDA.

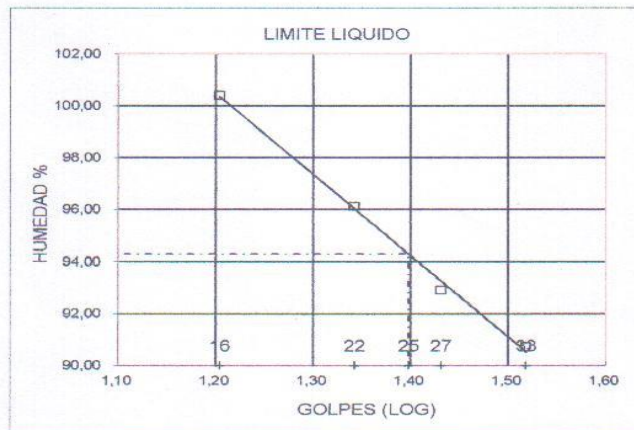
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

e-fax: 2540594. Celular: 093863061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

### ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : TESIS						
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS						
UBIC. : LOJA						
FECHA : JULIO-2014						
			OPERADOR: O.C		MUESTRA POZO 1 PROFUND. 3,00 m.	
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		61,99 58,78	49,22 46,85	20,06 19,26	43,79 43,24	43,52
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 22 16	35,06 31,55 37,67 37,66	30,36 25,78 32,71 32,72	25,18 19,57 27,55 27,80	90,73 92,91 96,12 100,41	94,30
3.- LIM. PLASTICO		23,73 23,45	22,79 22,25	20,37 19,17	38,84 38,96	38,90
4.-GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO IN= 145,21 (H/S) H				GRAVA= 5 %		
PESO INICIAL DE CALCULO: 101,2				ARENA= 13 %		
				FINOS= 83 %		
TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA			
1 1/2"	0,00	0,0	100	LL = 94,00 %		
1"	0,00	0,0	100	LP = 39,00 %		
3/4"	0,00	0,0	100	IP = 55,00 %		
1/2"	0,00	0,0	100			
3/8"	3,18	3,1	97	CLASIFICACION:		
No. 4	1,70	4,8	95	SUCS = CH1		
No. 10	2,17	7,0	93	AASHTO= A-7-5		
No. 40	3,54	10,5	90	IG(86)= 53		
No. 200	7,03	17,4	83	IG(45)= 20		
COLOR= CAFE						



  
 Ing. Diego Castillo Laboratorio.  
 LABORATORIO CONSULTORIA  
 Loja-Ecuador





## ESTSUELCON CIA. LTDA.

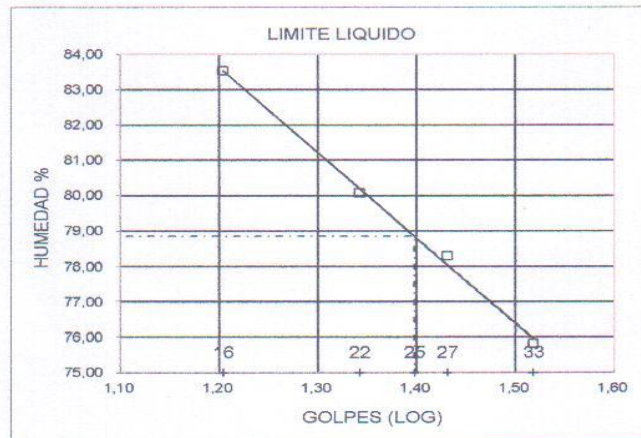
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

Teléfono: 2940594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

### ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : TESIS						
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS						
UBIC. : LOJA						
FECHA : JULIO-2014		OPERADOR: O.C		MUESTRA POZO 1		
				PROFUND. 4,00 m.		
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		59,94	49,04	19,90	37,41	
		62,02	50,44	19,61	37,56	37,48
2.- LIM. LIQUIDO	33	30,16	25,96	20,42	75,81	
	27	31,32	26,45	20,23	78,30	
	22	34,53	30,63	25,76	80,08	
	16	36,33	31,46	25,63	83,53	78,85
3.- LIM. PLASTICO		26,33	24,71	20,06	34,84	
		32,47	31,32	28,01	34,74	34,79
4.-GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO IN= 130,52 (H/S) H				GRAVA= 0 %		
PESO INICIAL DE CALCULO: 94,9				ARENA= 7 %		
				FINOS= 93 %		
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA			
1 1/2"	0,00	0,0	100	LL = 79,00 %		
1"	0,00	0,0	100	LP = 35,00 %		
3/4"	0,00	0,0	100	IP = 44,00 %		
1/2"	0,00	0,0	100			
3/8"	0,00	0,0	100			
No. 4	0,00	0,0	100	CLASIFICACION:		
No. 10	1,40	1,5	99	SUCS = CH1		
No. 40	2,39	4,0	96	AASHTO= A-7-5		
No. 200	2,39	6,5	93	IG(86)= 50		
COLOR= CAFÉ				IG(45)= 20		



ESTSUELCON CIA. LTDA.  
Estudios de Suelos, Laboratorio,  
Ing. Diego A. Caspallu  
LABORATORIO Ecuador



## ESTSUELCON CIA. LTDA.

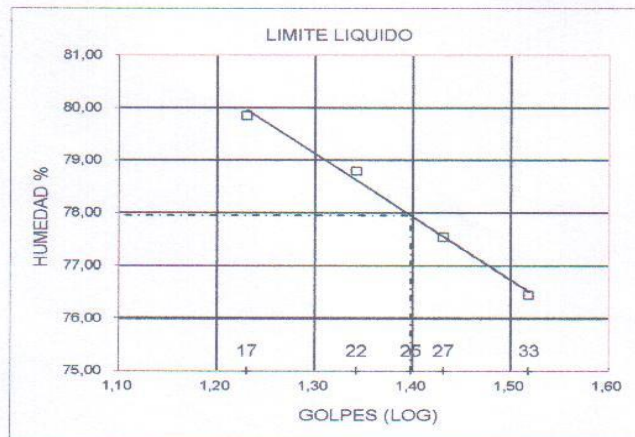
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

tel-fax: 2540594. Celular: 093863061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

### ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : TESIS						
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS						
UBIC. : LOJA						
FECHA : JULIO-2014		OPERADOR: O.C		MUESTRA POZO 1		
				PROFUND. 5,00 m.		
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		49,07	41,00	20,62	39,60	
		55,88	45,45	19,17	39,69	39,64
2.- LIM. LIQUIDO	33	35,13	31,82	27,49	76,44	
	27	32,22	29,25	25,42	77,55	
	22	34,04	31,03	27,21	78,80	
	17	27,17	23,88	19,76	79,85	77,95
3.- LIM. PLASTICO		23,75	22,66	19,37	33,13	
		24,25	23,03	19,34	33,06	33,10
4.-GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO IN= 197,84 (H/S) H						
PESO INICIAL DE CALCULO: 141,7						
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA			
1 1/2"	0,00	0,0	100	GRAVA= 2 %		
1"	0,00	0,0	100	ARENA= 17 %		
3/4"	0,00	0,0	100	FINOS= 80 %		
1/2"	0,00	0,0	100	LL = 78,00 %		
3/8"	2,95	2,1	98	LP = 33,00 %		
No. 4	0,42	2,4	98	IP = 45,00 %		
No. 10	1,66	3,6	96	CLASIFICACION:		
No. 40	5,57	7,5	93	SUCS = CH1		
No. 200	17,26	19,7	80	AASHTO= A-7-5		
COLOR= CAFÉ				IG(86)= 41		
				IG(45)= 20		



ESTSUELCON CIA. LTDA.  
 ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO,  
 CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA  
 Ing. Diego J. Castillo  
 LABORATORIO





# ESTSUELCON CIA. LTDA.

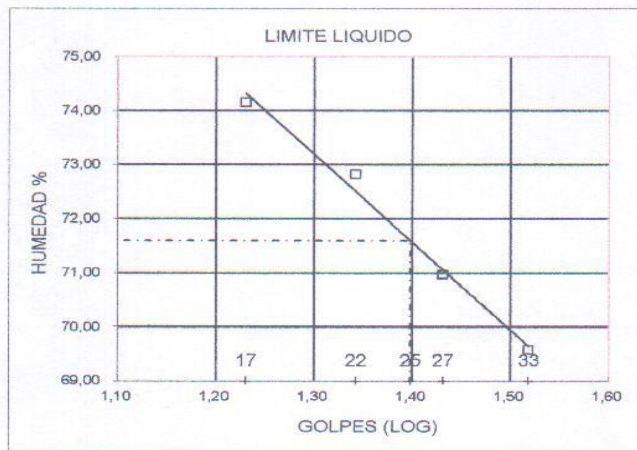
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

s-fax: 2540594. Celular: 092883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

## ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : TESIS						
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS						
UBIC. : LOJA			MUESTRA POZO 1			
FECHA : JULIO-2014		OPERADOR: O.C		PROFUND. 6,00 m.		
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		80,48	65,49	20,25	33,13	
		76,53	64,01	25,96	32,90	33,02
2.- LIM. LIQUIDO	33	35,83	32,72	28,25	69,57	
	27	29,49	25,53	19,95	70,97	
	22	29,54	25,36	19,62	72,82	
	17	34,02	30,29	25,26	74,16	71,60
3.- LIM. PLASTICO		23,54	22,40	19,08	34,34	
		31,27	29,86	25,79	34,64	34,49
4.-GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO IN= 131,52 (H/S) H				GRAVA= 0 %		
PESO INICIAL DE CALCULO: 98,9				ARENA= 17 %		
				FINOS= 83 %		
TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA			
1 1/2"	0,00	0,0	100	LL = 72,00 %		
1"	0,00	0,0	100	LP = 34,00 %		
3/4"	0,00	0,0	100	IP = 38,00 %		
1/2"	0,00	0,0	100			
3/8"	0,00	0,0	100			
No. 4	0,00	0,0	100	CLASIFICACION:		
No. 10	1,08	1,1	99	SUCS = CH1		
No. 40	4,25	5,4	95	AASHTO= A-7-5		
No. 200	11,56	17,1	83	IG(86)= 36		
COLOR= CAFÉ				IG(45)= 20		



ESTSUELCON CIA. LTDA.  
Estudios de Suelos, Laboratorio,  
Inc. Dirección y Consultoría  
LABORATORIO



RESUMEN DE DATOS DE CAMPO, DE LABORATORIO Y RESISTENCIAS OBTENIDAS



PROYECTO: TESIS  
 OBRA: ESTUDIO DE SUELOS  
 SOLICITADO POR: Srta. Cecilia Jimenez  
 REALIZADO POR: Ing. Diego I. Castillo

OBRA	POZO	PROF. m.	C. H. %	L. L. %	L. P. %	I. P. %	GRAVA %	ARENA %	FINOS %	CLASIFI SUCS	CLASIFI AASHTO	GOLPES N			N30 golpes	qa Kg/m2
												15 cm	30 cm	45 cm		
CIMENTACION	1	1,00	28,25	59	29	30	1	31	68	CH1	A-7-6	8	9	11	20	256
CIMENTACION	1	2,00	31,96	72	27	45	4	21	75	CH1	A-7-6	2	3	3	6	78
CIMENTACION	1	3,00	43,52	94	39	55	5	13	82	CH1	A-7-6	11	14	17	31	439
CIMENTACION	1	4,00	37,48	79	35	44	0	7	93	CH1	A-7-6	11	12	11	23	356
CIMENTACION	1	5,00	39,64	78	33	45	2	17	81	CH1	A-7-6	7	10	12	22	370
CIMENTACION	1	6,00	33,02	72	34	38	0	17	83	CH1	A-7-6	11	16	16	32	576

ESTSUELOSA CIA. LTDA.  
 Estación de Servicios Laboratorio  
 C. 17, No. 1001, Calle 17  
 Ing. Diego I. Castillo  
 CONSULTOR



ESTSUELCON CIA. LTDA.

## ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.

### ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

HOJA 1

PROYECTO:	<b>SUSCEPTIBILIDAD DESLIZAMIENTOS</b>				
OBRA:	ESTUDIO DE SUELOS				
LOCALIZ.:	CIUDAD VICTORIA	POZO No.	1,00		
FECHA:	MARZO-201	OPERADOR:	C.F.G.C.	PROFUND. (m)	3,00
DATOS DE LA MUESTRA:			CONTENIDO DE HUMEDAD:		
DIAMETRO:	3,98	cm.	Peso Hum. :	86,54	
ALTURA :	6,04	cm.	Peso Seco :	72,35	
AREA :	12,41	cm <sup>2</sup> .	Peso Cap. :	34,25	
VOLUMEN :	74,96	cm <sup>3</sup> .	w ( % ) :	37,24	
PESO :	1.127,41	gr.	CONSTANTE DE CARGA		
DENSIDAD:	15,04	gr/cm <sup>3</sup>	K = 1,0000		
DATOS DE LA PRUEBA:					
Dial de Deform. mm	Dial Carga	Deform. Unit. ( % )	Carga (kg)	Area Corrg. (cm <sup>2</sup> )	Tension Desviante (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,0	0	0,00	0,00	12,41	0,00
0,5	0,11	0,83	11,21	12,51	0,90
1,0	0,21	1,66	21,41	12,62	1,70
2,0	0,32	3,31	32,62	12,84	2,54
3,0	0,36	4,97	36,70	13,06	2,81
4,0	0,38	6,62	38,74	13,29	2,91
5,0	0,36	8,28	36,70	13,53	2,71
<b>RESULTADOS :</b> COMPRESION SIMPLE: ( Kg/cm <sup>2</sup> ) = 2,91					

ESTSUELCON CIA. LTDA.  
Estudios de Suelos, Laboratorio,  
Construcción y Consultoría  
Loja-Ecuador





ESTSUELCON CIA. LTDA.

## ESTSUELCON CIA. LTDA.

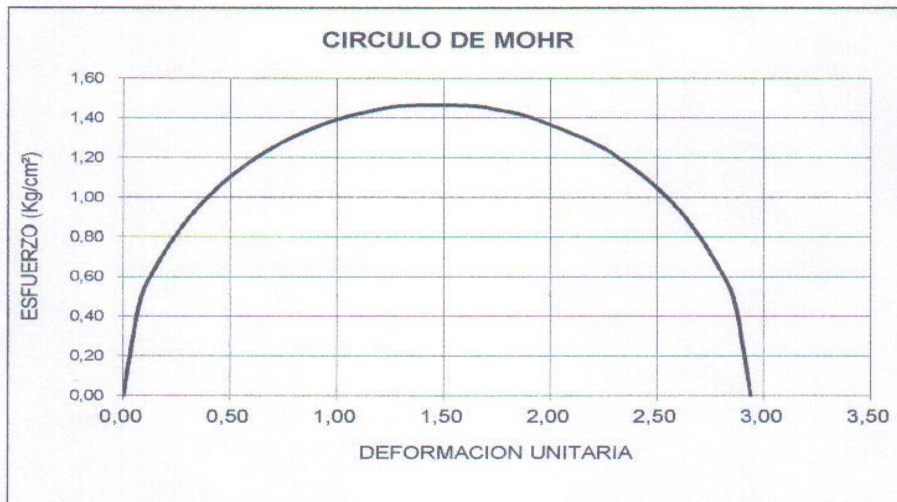
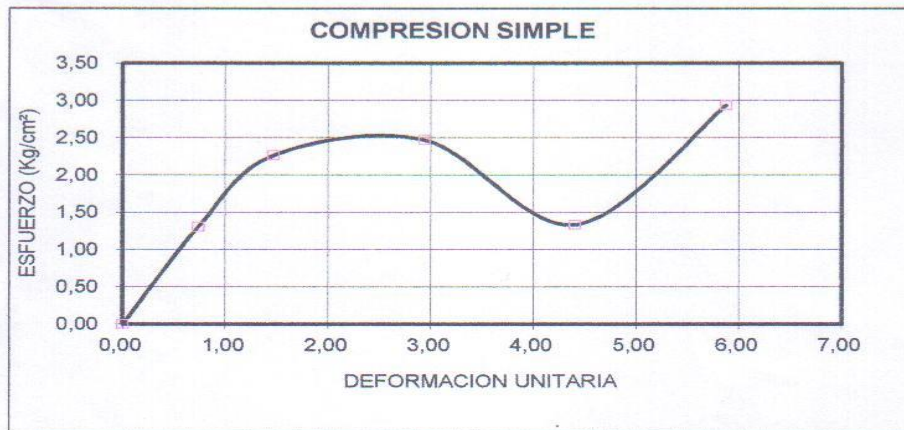
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.

### ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

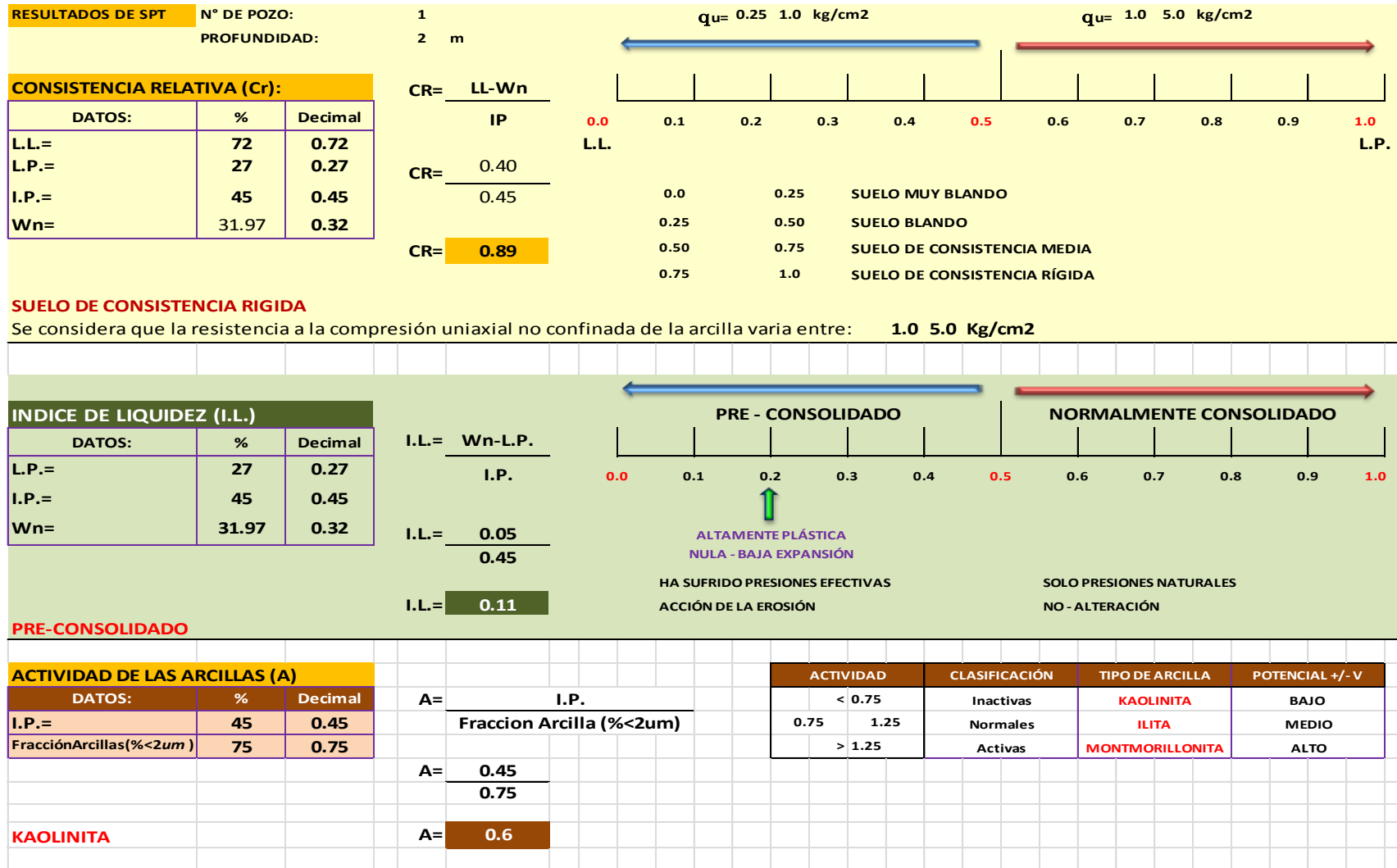
HOJA 2

PROYECTO:	<b>SUSCEPTIBILIDAD DESLIZAMIENTOS</b>		
OBRA:	ESTUDIO DE SUELOS		
LOCALIZ.:	CIUDAD VICTORIA	MUESTRA No.	1,00
FECHA:	MARZO-2014	OPERADOR:	C.F.G.C. PROFUND. (m) 3,00





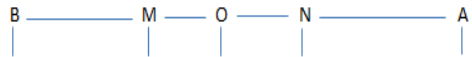
ESTSUELCON CIA. LTDA.  
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO,  
CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA  
Loja-Ecuador

## ANEXO 4. Tabla de interpretación de suelos expansivos



Fuente: Valarezo M. 2014. INTERPRETACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS

### ANEXO 5. Registro de datos para los Sondeos Eléctricos Verticales.

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL</b> 				<b>DIBUJO UBICACIÓN SEV</b>						
<b>SISTEMA GEOELÉCTRICO: MÉTODO ELÉCTRICO</b> <b>RESISTIVIDAD VERDADERA SCHLUMBERGER</b> <b>NOMBRE DEL SONDAJE:</b> <b>FECHA:</b> <b>OPERADOR:</b> <b>COORDENADAS:</b>										
										
ESTACION PUNTO	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE K	1era LECTURA		2da LECTURA		3era LECTURA		OBSERVACIONES
				RESISTENCIA	RESISTIVIDAD	RESISTENCIA	RESISTIVIDAD	RESISTENCIA	RESISTIVIDAD	
				R(Ohm)	(Ohm-m)	R(Ohm)	(Ohm-m)	R(Ohm)	(Ohm-m)	
1	1	0.2	7.54							
2	1.47	0.2	16.66							
3	2.15	0.2	35.99							
4	3.16	0.2	78.11							
5	4.64	0.2	168.78							
6	4.64	0.5	86.85							
7	6.81	0.5	363.92							
8	6.81	0.2	144.91							
9	10	0.5	313.37							
10	14.7	0.5	678.08							
11	14.7	2	166.58							
12	21.5	2	1454.42							
13	21.5	0.5	359.91							
14	31.6	2	781.13							
15	46.4	2	1687.79							
16	46.4	5	668.52							
17	68.10	2	3639.24							
18	68.10	5	1449.10							
19	100	5	3133.75							

**Fuente:** UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, 2012. “Ficha para Sondeos Eléctricos Verticales”

**ANEXO 6. Tablas de referencia de los valores de resistividad natural de los geomateriales.**

**Valores de resistividad de geomateriales**

<b>Material</b>	<b>Resistividad en Ohm.m</b>
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba Húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silíceas	200 a 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas agrietadas	500 a 1000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y Gneis procedente de alteración	1500 a 10000
Granitos y Gneis muy alterado	100 a 600

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

**Valores representativos de resistividad**

<b>Material</b>	<b>Resistividad en Ohm.m</b>
Arcilla y limo saturado	0 - 10
Arcilla arenosa y arena limosa húmeda	10 - 25,0
Arena arcillosa y arena saturada	25 - 50
Arena	50 - 150
Grava	150 - 500
Roca meteorizada	100 - 200
Roca sana	150 - 4000

**Fuente:** Exploración Geoeléctrica – Suelos (CONSTRUCTOR CIVIL)