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

"SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DE LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL TRAMO UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA-KILOMETRO 0,9, EN LA CIUDAD, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA"

Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Autor:

Luis Alberto González Betancourt

Director.

Ing. Fermín Alexander González Sisalima, Mg, Sc

Loja - Ecuador

2015

CERTIFICACIÓN

Loja 23 de Julio del 2015.

Ing. Fermín Alexander González Sisalima, Mg, Sc.
DOCENTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente Trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación cuyo tema versa en **"SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DE LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, TRAMO UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA - KILOMETRO 0.9, EN LA CIUDAD, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA",** previo a la obtención del título de Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial. Realizado por el señor egresado: Luis Alberto González Betancourt, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa

AUTORÍA

Yo **LUIS ALBERTO GONZÁLEZ BETANCOURT**, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

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

Firma _____

Cedula: **1104384787**

Fecha: **23 de Julio del 2015**

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

Yo, **Luis Alberto González Betancourt,** declaro ser autor de la tesis titulada: **"SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DE LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, TRAMO UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA - KILOMETRO 0.9, EN LA CIUDAD, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA",** como requisito para optar al grado de: **Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial;** autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

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

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

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veinte días del mes de Julio del dos mil quince.

Firma: _____

Autor: Luis Alberto González Betancourt

Cédula: 1104384787

Dirección: Loja "Esteban Godoy 2da Etapa. Calles: Cabo Richard Burgos 32-45 y Cpto. Kelvin Romero J"

Correo Electrónico: manchalango@hotmail.com

Teléfono: (07) – 3025196 **Celular:** 0981356836

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Fermín Alexander González Sisalima, Mg. Sc

Tribunal de Grado: Ing. José Francisco Ochoa Alfaro Mg. Sc
Ing. Jimmy Estalin Paladines Mg. Sc
Ing. Walter Simón Tambo Encalada Mg. Sc

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a Dios por ser mi guía y demostrarme que la fe mueve montañas, a mi padre Holger González Vega, a mi madre Catalina Betancourt Luzón que siempre han estado ahí incluso cuando yo he fallado, por todo su ejemplo y su amor incondicional.

A la Universidad Nacional de Loja, Área de la Energía las Industrias y Recursos Naturales no Renovables con la carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial por darme la oportunidad se superarme profesionalmente.

A toda la planta docente, al director de tesis por guiar y aportar con sus valiosos conocimientos en todo el proceso de la investigación e impulso para culminarla.

A todos mis hermanos Silvia, Hatman, Elio, Xavier, Manuel y Cristina.

A mis amigos que durante toda la carrera universitaria y la realización de la presente investigación de una u otra forma apoyaron para realización de esta investigación.

DEDICATORIA

A Dios por toda la fortaleza que me ha dado.

Con todo el afecto del mundo a mi Hijo Jhon Andrés, a mi esposa Ana Castillo Luzuriaga que llegaron a mi vida para convertirse en mi primera razón.

A mi padre Holger Tulio González Vega, a mi madre Catalina Betancourt Luzón, y de forma especial a mi hermano Elio Rolando que con su dedicación, trabajo y humildad me han demostrado que no importa lo insignificante de las cosas pero será tan importante hacerlas.

RESUMEN

El presente trabajo de tesis tiene como finalidad principal identificar las zonas propensas a sufrir deslizamientos en la vía de Integración Barrial, en el tramo comprendido entre la ciudadela Julio Ordoñez y Universidad Nacional de Loja en aproximadamente 0.9 kilómetros en la ciudad Loja – Ecuador.

Para la ejecución de la presente investigación fue necesario desarrollarla en dos fases de campo y de oficina: la primera consistió en utilizar equipos especializados para la realización del levantamiento de la topografía, geología, uso de suelo, geomorfología e investigación geotécnica en exploración directa con ensayos de penetración estándar (SPT), e indirecta con sondeos eléctricos verticales SEV que seguidamente en fase de oficina se analizaron y procesaron dicha información, para ingresarla a los software (Arcgis 10.1. Ilwis 3.06 y ArcView 3.2) y posteriormente realizar el modelamiento mediante métodos para el cálculo de la susceptibilidad a deslizamientos.

Los métodos empleados para la determinación de la susceptibilidad son el determinístico que se basa en el cálculo de factor de seguridad (FS) y el método Heurístico con la suma de mapas factores cuyos pesos son asignados de acuerdo al conocimiento de las condiciones reales del sector que se obtuvieron de los SEV, SPT y fuentes bibliográficas. El método Heurístico fue sistemizado en el software ArcGis 10.1 mediante la aplicación de la herramienta de ***model builder*** para realizar la combinación de mapas en formato raster mediante la herramienta de ***suma ponderada,*** los valores asignados para cada una de la variables son las siguientes: geología 0.4, pendientes 0.3, geomorfología 0.2, y cobertura vegetal 1. En cambio para el método determinístico se elaboró un modelo digital de terreno DTM en el software Ilwis, calibrado y modelado en el software ArcGis 10.1 siendo los parámetros más importantes el ángulo de fricción interna y cohesión de los suelos.

Se obtuvieron 2 mapas de susceptibilidad a deslizamientos, el primero por el método heurístico el cual se lo clasificó en 5 categorías, Muy Baja (4.65%), Baja (27.99%), Mediana (45.98%), Alta (17.92%) y Muy Alta (3.46%). Y el segundo por el método determinístico en el cual los resultados fueron: Zona umbral más alto de la estabilidad con 3.10%, la zona umbral más bajo con 2.20 %, casi estable con 2.20%, moderadamente estable 5.20% y estable con 87.30%.

También se realizó un inventario de deslizamientos mismos que se ubicaron dentro de la zona de alta susceptibilidad que coincide con las características físico-mecánicas del suelo arrojadas por SPT y SEV.

SUMMARY

This thesis primarily aims to identify landslide prone areas in the path of integration Neighborhood, in the section between the citadel July Ordoñez and National University of Loja in about 0.9 kilometers in the city Loja - Ecuador.

For the implementation of this research it was needed to develop in two phases of field and office: the first was to use specialized equipment to carry out the survey of the topography, geology, land use, geomorphology and geotechnical investigation directly scan tests standard penetration (SPT), and indirectly with vertical electrical soundings SEV which under office then analyzed and processed the information, the software to enter it (Arcgis. Ilwis and ArcView) and perform modelamientos by methods for calculating the landslide susceptibility.

The methods used for determining susceptibility are deterministic based on the calculation of safety factor (FS) and the heuristic method with the combination of factors maps which weights are assigned according to the knowledge of the actual conditions of the sector They were obtained from the SEV, SPT and bibliographic sources. Heuristic method was sistemizado in ArcGis 10.1 software by applying the tool model builder for combining raster maps using the tool of weighted sum, the values assigned to each of the variables are: geology 0.4, earrings 0.3, 0.2 geomorphology and vegetation cover 1. Instead deterministic method for a digital terrain model DTM was developed in the Ilwis software, calibration and modeling in ArcGIS 10.1 software being the most important parameters the angle of internal friction and cohesion soil.

Two landslide susceptibility maps were obtained, the first by the heuristic method which has been classified into 5 categories, very low (4.65%), Low (27.99%), Medium (45.98%), Alta (17.92%), and Far high (3.46%). And the second by the deterministic method in which the results were higher threshold zone of stability with 3.10%, the lower threshold zone with 2.20%, almost stable at 2.20%, 5.20% and moderately stable stable with 87.30%.

An inventory of landslides same that were located within the area of high susceptibility to match the physical-mechanical characteristics of the soil thrown by SPT and SEV was also performed.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN…….....ii
AUTORÍA…….iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR……..iv
AGRADECIMIENTOS…….v
DEDICATORIA……vi
RESUMEN……...vii
SUMMARY…….....viii
ÍNDICE DE CONTENIDOS…….x
ÍNDICE DE TABLAS.....xi
ÍNDICE DE FIGURAS……...xii
1. TEMA……14
2. INTRODUCCIÓN ……15
3. OBJETIVOS……17
2.1. Genera……..……..……17
2.1. Específico….……17
4. MARCO TEÓRICO…….…..18
4.1. Topografía……..…….……18
4.2. Geología.....……19
4.3. Geomorfología……..…….....19
4.4. Geología estructural……..……..……20
4.5. Geofísica……21
4.5.1. Sondeos Eléctricos Verticales (SEV)…….....21
4.6. Geotecnia…….....22
4.6.1. Clasificación de Suelos..……..21
4.1.1. Ensayo de Penetración Estándar (SPT)……24
4.7. Susceptibilidad a Deslizamientos……..……..…25
4.7.1. Susceptibilidad……25
4.7.2. Movimientos de Masa……26
4.7.3. Deslizamientos……..……..……..……..28
4.7.4. Factores Condicionantes y Desencadenantes……..31
4.8. Sistema de Información Geográfica (SIG)…….……..…33
4.8.1. Zonificación de Susceptibilidad……..……33
4.8.2. Susceptibilidad por Deslizamiento…….....33
4.8.3. Métodos para el Análisis de Susceptibilidad por Deslizamientos…..34
5. MATERIALES Y MÈTODOS……..36
5.1. Materiales…….…….…...36
5.2. Metodología……..……..…36
5.2.1. Levantamiento topográfico……..……37

5.2.2. Levantamiento geológico……39
5.2.3. Ensayo de penetración Estándar (SPT)……39
5.2.4. Sondeo Eléctrico Vertical (SEV)……41
5.2.5. Mapa de susceptibilidad……43
4.5.1. Método determinístico……43
4.5.2 Método heurístico……45
6. RESULTADOS……47
6.1. Descripción biofísica del sector……47
6.2. Clima……48
6.3. Geología Regional……49
6.3.1. Geología…… 49
6.3.2. Geología regional……49
6.3.3. Geología Estructural……52
6.4. Relieve……54
6.5. Hidrología……55
6.6. Vegetación……56
6.7. Datos Socio Económicos…… ……57
6.7.1. Población……57
6.7.2. Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)……58
6.7.3. Economía y Población Económicamente Activa (PEA)……58
6.7.4. Vivienda……59
6.8. Caracterización de las Variables……60
6.8.1. Topografía……60
6.8.2. Geología local……62
6.8.3. Geomorfológia……72
6.8.4. Pendientes……75
6.8.5. Cobertura vegetal……77
6.8.6. Caracterización geotécnica……78
6.8.7. Análisis de la susceptibilidad……96
6.8.7.1. Por el método Determinístico……96
6.8.7.2. Por el método Heurístico……101
6.8.8. Índice de susceptibilidad……102
6.8.9. Inventario de deslizamientos……106
7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS……107
8. CONCLUSIONES……111
9. RECOMENDACIONES……113
10. BIBLIOGRAFíA……105
ANEXOS……121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: *Clasificación de los suelos por el método SUCS……..……..…..24*
Tabla 2: *Coordenadas de punto inicial de la Topografía……..……..……38*
Tabla 3: *Agrupación de mapas factores……..……..45*
Tabla 4: *Asignación de pesos……..…..45*
Tabla 5: *Asignación de peso por el método de suma de rangos….……..…..46*
Tabla 6: *Criterios para determinar la susceptibilidad……..……46*
Tabla 7*: Precipitaciones en la ciudad de Loja……..…..49*
Tabla 8: *Afloramientos descritos en campo……..…..…62*
Tabla 9: *Geomorfología de área de estudio……73*
Tabla 10: *Coordenadas de los sondeos eléctricos verticales……..……..80*
Tabla 11: *Resultados SPT 1……..…..……..84*
Tabla 12: *Resultados SPT 2……..……..……85*
Tabla 13: *Criterios para la determinación y posible catalogación de arcillas expansivas a 3.0 metros de profundidad……..……..…87*
Tabla 14: *Valores orientados del N-SPT, resistencias a compresión simple y módulo de elasticidad (modificada)……..…88*
Tabla 15: *Parámetros cuantitativos para diferentes profundidades……..…..…91*
Tabla 16: *Valoración de la Unidad geotécnica. Valencia Carolina. 2008……..…92*
Tabla 17: *Parámetros Geotécnicos usados en SINMAP ……..…..97*
Tabla 18: *Valores de FS y su correlación con el SINMAP…….....97*
Tabla 19: *Categorías de la Susceptibilidad……..……..……..98*
Tabla 20: *Pesos asignado a la variable de Geología……..……..101*
Tabla 21: *Pesos asignado a la variable de Geomorfología……..……..101*
Tabla 22: *Pesos asignado a la variable de Cobertura vegetal……..…...101*
Tabla 23: *Pesos asignado a la variable de Pendiente……..…..…...102*
Tabla 24: *Valores que muestran los pesos asignados a las variables……..…..102*
Tabla 25: *Categoría de la susceptibilidad……..103*
Tabla 26: *Parámetros deslizamiento 1……..…..…106*
Tabla 27: *Parámetros deslizamiento 2……..…107*

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: *Gráfica de índice de plasticidad para determinar el tipo de suelo…….....22*
Figura 2: *Esquema manual-mecánico de un ensayo de penetración estándar……...25*
Figura 3: *Caída de rocas……...26*
Figura 4: *Basculamiento de columnas de roca……...27*
Figura 5: *Separación lateral……...27*
Figura 6. *Flujo de detritos (Skinner & Porter, 1992)……...28*
Figura 7: *Deslizamiento rotacional……....28*
Figura 8: *Deslizamiento traslacional……...29*
Figura 9*: Partes de un deslizamiento……...30*
Figura 10: *Dimensiones de los movimientos en masa……..31*
Figura 11: *Mapa conceptual que relacionan a los factores condicionantes y desencadenantes……..32*
Figura 12 *Materiales de campo y de oficina..…….....……....36*
Figura 13: *Estación Servo Robótica R4…….……..……38*
Figura 14*: Estación Total S6……..…..……...38*
Figura 15*: Descripción de litológica ……..…….……39*
Figura 16: *Inventario de deslizamientos……...39*
Figura 17: *Perforación a percusión SPT……..40*
Figura 18*: Toma de registro del SPT…….……..…..40*
Figura 19: *Recolección de muestras de SPT…….……41*
Figura 20: *Syscal Junior/ R1 Plus (Standard & Switch Versión)….…….……..…..42*
Figura 21: *Sondeo Schlumberger. Los electrodos A y B se abren progresivamente mientras M y N están fijos……...42*
Figura 22: *Esquema de aplicación en el programa……..……34*
Figura 23: *Esquema de realización del mapa de susceptibilidad a deslizamientos por el método determinístico……..44*
Figura 24: *Ubicación del área de estudio…..…….……....47*
Figura 25: *Mapa geológico de la hoya de Loja Escala 1:25.000….……...53*
Figura 26*: Hidrología de la ciudad de Loja ..……..56*
Figura 27: *Población por sexo de la cabecera cantonal…….……..57*
Figura 28: *Grupos étnico culturales de la cabecera cantonal..……..……..58*
Figura 29: *Actividades de la población económicamente activa PEA….……...59*
Figura 30: *Afloramiento 1……...63*
Figura 31: *Afloramiento 2…….……..63*
Figura 32: *Afloramiento 3…….……..64*

Figura 33: *Afloramiento 4……..……..65*
Figura 34: *Afloramiento 5……..……66*
Figura 35: *Afloramiento 6…….....66*
Figura 36: *Afloramiento 7……...67*
Figura 37: *Afloramiento 8……..……..68*
Figura 38: *Afloramiento 9……..……..…68*
Figura 39: *Afloramiento 10……..……..…...68*
Figura 40: *Cárcavas en conglomerados poco consistentes……..…....70*
Figura 41: *Comparación del área en porcentaje de la pendiente……....75*
Figura 42: *Comparación del porcentaje de la cobertura vegetal.……...77*
Figura 43: *Esquema de medición de resistividades por el arreglo de Slumberguer……79*
Figura 44: *Resistividad aparente y real de la Línea del SEV1……....81*
Figura 45: *Resistividad aparente y real de la Línea del SEV 2……....82*
Figura 46: *Resistividad aparente y real de la Línea del SEV3……..…....82*
Figura 47: *Resistividad Parente y real de la Línea del SEV4……...83*
Figura 48: *Clasificación de las partículas por su forma y redondeamiento….…….....86*
Figura 49: *Parámetros cuantitativos para diferentes profundidades……...91*
Figura 50: *Comparación del porcentaje de la susceptibilidad respecto su área.…..…....98*
Figura 51: *Análisis secuencial "Model Builder" para la obtención del Mapa Final.…....103*
Figura 52: *Comparación de susceptibilidad ..……..……103*
Figura 53: *Arcillas Pláticas ……..……106*
Figura 54: *Acumulacion de agua……..……..…106*
Figura 55: *Escarpe principal del deslizamiento 2……..……...107*

1. TEMA

SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DE LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, TRAMO UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA - KILOMETRO 0.9, EN LA CIUDAD, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA”

2. INTRODUCCIÓN

La susceptibilidad es la capacidad o potencialidad de una unidad geológica / geomorfológica de fallar en un momento determinado, debido a las condiciones intrínsecas a las que se encuentra sometido, en este caso expresa la posibilidad de que un fenómeno de remoción en masa ocurra en un área determinada.

Existen diversos métodos de evaluación de la susceptibilidad a los deslizamientos a través de SIG. Soeters y Van Westen (1996), entre otros autores, proporcionan una amplia visión de los más utilizados, entre los que se incluyen principalmente los heurísticos, determinísticos, estadísticos de evaluación directa de la susceptibilidad entre otros. La aplicabilidad de cada método a una zona determinada depende sobre todo de las características y extensión de dicha zona, del tipo y magnitud de los deslizamientos existentes, de los datos geotécnicos e hidrogeológicos disponibles y de la escala de trabajo.

La zonificación de la susceptibilidad de un área determinada corresponde únicamente a un período de tiempo y no prevé condiciones futuras de inestabilidad, pero facilita la determinación de áreas o zonas que requieren de medidas de prevención, control y mitigación inmediata.

Para elaborar un mapa de susceptibilidad frente a inestabilidades de ladera en general, es necesario tener en cuenta un gran número de factores del terreno. Este tipo de mapas zonifican las áreas en función de su potencial riesgo frente a estos procesos. La forma más eficaz para realizar esta zonificación es hacer un análisis multivalente de los diferentes factores condicionantes y desencadenantes. Actualmente los sistemas de información geográfica (SIG), permiten hacer un análisis a la rotura por deslizamiento así como también la elaboración de mapas de forma más rápida y eficiente.

Una de la herramientas muy importantes para la zonificación a deslizamientos según González (2005), es la generación de los mapas de inventario de fenómenos de remoción en masa, por ejemplo, permiten tener una primera noción de la susceptibilidad de un sitio en particular considerando que en áreas donde han sucedido fenómenos naturales (deslizamientos, flujos, expansiones laterales, desprendimientos y vuelcos) existe la posibilidad de que nuevamente se produzcan.

GeoLoja 2008. En la ciudad estadísticamente los fenómenos que muestran el mayor grado de recurrencia en la región son los movimientos de masa; provocados por

eventos hidrometeorológicos, y en menor grado por la actividad sísmica, por lo que en los últimos años se han invertido una gran cantidad de recursos en medidas de mitigación y reducción de los daños que causan.

En área de estudio comprende la vía de Integración Barrial Ángel Felicísimo Rojas en el entre el sector Universidad Nacional de Loja y la ciudadela Julio Ordoñez mismas que están siendo afectadas por movimientos de remoción en masa, donde actualmente se está culminando la construcción de la vía, con todas las medidas de prevención ante deslizamientos, pero su ocurrencia sigue siendo evidente en el trayecto de la vía.

Los resultados de la presente tesis se convierten en una herramienta para el municipio y empresas de construcción para la planificación de futuros proyectos urbanísticos y también para la regulación de uso del suelo y elaboración de planes de desarrollo.

3. OBJETIVOS

3.1. General

- Realizar el mapa de susceptibilidad a deslizamientos de la vía de Integración Barrial tramo Universidad Nacional de Loja - Kilometro 0.9, en la ciudad, Cantón y Provincia de Loja".

3.2. Específicos

- Realizar el levantamiento topográfico y geológico a detalle, 200 metros a cada margen del eje de la vía de Integración Barrial, identificando los principales rasgos litológicos, geomorfológicos y estructurales.
- Determinar el valor de la resistividad, el nivel de agua freática y estratigrafía del subsuelo mediante el sondeo eléctrico vertical (SEV), a partir de mediciones en superficie.
- Elaborar el mapa de susceptibilidad a deslizamientos con la información obtenida del sector de estudio.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Topografía

Frederick, (1979). Define a “La Topografía como la ciencia y el arte de efectuar las mediciones necesarias para determinar las posiciones relativas de los puntos, ya sea arriba, sobre o debajo de la superficie de la tierra, o para establecer tales puntos.”

Domínguez, (1979). Definía a la topografía como “el conjunto de principios métodos instrumentos, y procedimientos utilizados para la determinación del entorno, dimensiones y posición relativa de una porción limitado de una superficie terrestre, del fondo de los mares y del interior de las minas. También compete a la topografía el replanteo de los proyectos”.

Buckner, (1983). En su libro Topografía mediciones y su análisis **“**Es la ciencia y el arte de realizar las mediciones necesarias para determinar la posición relativa de puntos sobre la superficie terrestre.

Siendo las principales aplicaciones de la topografía las siguientes:

- Levantamientos cartográficos: se llevan a cabo en mapas de pequeña escala (1/200000, 1/50000, etc.). Se necesita el apoyo de la geodesia para pasar a superficie plana, será necesario apoyarse en la fotogrametría.
- Levantamientos topográficos: son levantamientos de escala medidas a grandes (1/5000, 1/100, 1/10 máximo), no es necesario tener en cuenta la curvatura terrestre y no hemos a recurrir a la geodesia. Aunque si hacemos un canal o similar de gran longitud, en el que hay que superponer varios planos es necesario tener en cuenta la geodesia.
- Levantamientos catastrales: se realizan para determinar cómo es la planimetría de la parcela (1/5000).
- Levantamientos urbanos: se hace en municipios para que quede representada la planimetría de cada edificio o solar (1/500).
- Levantamientos para proyectos de ingeniería: se hace en el caso en que tenemos una escala grande y necesitamos una pequeña, entonces tenemos que hacer nuestro propio plano (1/1000).
- Aplicaciones de ingeniería: se realizan para llevar al terreno lo que hemos representado en el papel. Se requiere de topografía para las plataformas petrolíferas, repetidores de televisión, entre otras.

Por tanto la importancia para iniciar un proyecto en todas las áreas de ingeniería, y de los softwares como los sistemas de información geográfica SIG que permiten la información y procesamiento en modelos digitales en 2D y 3D.

4.2. Geología

González, (2002). De la Universidad de Cantabria define a “La geología como la ciencia que se ocupa del estudio de la tierra, de su constitución y estructura, de los agentes y procesos que vienen modificándola continuamente desde su formación, y de la localización, explotación y empleo de los materiales terrestres que presentan utilidad para el hombre. Se trata de una ciencia sumamente compleja, como compleja es la Tierra. En ella se reúne multitud de disciplinas que, aplicadas adecuadamente a un idéntico objeto, contribuyen a lograr una visión unitaria de nuestro planeta”.

Echarri, (1998). En su obra Ciencias de la tierra define la Geología como: “Una de las ciencias más modernas, es por definición la ciencia de la tierra y como tal, estudia su composición, su estructura y los fenómenos que se producen y se han producido en ella desde la hora cero de los tiempos geológicos hasta nuestros días, es una ciencia poco independiente, su desarrollo va estrechamente unido al de la astronomía, la física, la química, la biología y otras ciencias”.

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

La aplicación de la geología en la ingeniería, aunque de historia reciente, ha crecido en importancia con la evidencia de que los descubrimientos y deducciones del geólogo pueden traducirse en aplicaciones prácticas en los problemas que se dan cuando se construyen diques, los puentes, las autopistas.

Los acueductos donde se deben aplicar conocimientos como geotécnicos para resolver los problemas de mecánica de rocas, prevención y mitigación ante los sucesos como terremotos, inundaciones, deslizamientos entre otros.

4.3. Geomorfología

Escobar, (2013), Desde su libro Manual de geología para Ingenieros. Geomorfología, enuncia que: “La geomorfología es la ciencia que estudia las formas de la Tierra. Se especializa en estructural (que atiende a la arquitectura geológica) y climática (que se interesa por el modelado), incorpora las técnicas estadísticas sedimentológicas, en

laboratorio y, sobre todo, pierde su aislamiento para convertirse en una ciencia que Atiende múltiples factores e inserta el estudio del relieve al conjunto de relaciones naturales que explica globalmente la geografía física”.

Un concepto más completo de geomorfología aparece en el Diccionario de Geología y Mineralogía, donde se define como la "Rama de la geografía general que estudia las formas superficiales de la tierra, describiéndolas, ordenándolas sistemáticamente e investigando su origen y desarrollo".

La mayor importancia de la geomorfología radica en sus aplicaciones prácticas. Por ejemplo en ingeniería civil, a la hora de proponer trazados de carreteras, y al recomendar áreas para urbanismos y sitios ideales para construir puentes o represas.

En prospección de minerales, los procesos geomorfológicos fluviales, por ejemplo, suelen concentrar los minerales de placer (oro y diamante) en sitios particulares. Algunas estructuras favorables para el entrampamiento de hidrocarburos (pliegues anticlinales, fallas) pueden proyectarse hasta la superficie y servir de guía en la exploración de los mismos.

En la planificación territorial, es decir, la asignación de usos de la tierra en un espacio determinado; la planificación del turismo, en este caso ideando las formas de sacarle provecho a la naturaleza en actividades recreacionales como: excursionismo, navegación, pesca, escalado, entre otros.

4.4. Geología estructural

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

Definir las estructuras geológicas como fallas, pliegues, tipos de geomaterial, agua superficial y subterránea son los problemas a los que tienen que enfrentarse el ingeniero geólogo al momento de edificar una obra, lo que puede significar el éxito o fracaso de la misma de ahí la importancia de la geología estructural.

4.5. Geofísica

Estrada, (2012). De la Universidad define a la Geofísica así (etimológicamente, del griego, naturaleza de la Tierra) es la ciencia que estudia los campos físicos vinculados a nuestro planeta. Es decir, que estudia la Tierra mediante métodos de la física, de carácter indirecto, a fin de conocer su evolución y características actuales (geofísica pura) y también como herramienta de prospección de recursos (geofísica aplicada). Pueden medirse directamente los campos físicos naturales (gravedad, magnetismo, radioactividad, geotermas, etc.) o generarse campos artificiales por emisión de electricidad, energía sísmica, etc., para así obtener mediciones más efectivas a los fines exploratorios.

Chelotti y Foster, (2009). Desde su libro La Ciencia Geofísica enuncia: “La Geofísica (etimológicamente, del griego, naturaleza de la Tierra) es la ciencia que estudia los campos físicos vinculados a nuestro planeta.

4.5.1. Sondeos Eléctricos Verticales (SEV)

Los Sondeos Eléctricos Verticales corresponden a una serie de medidas realizadas alrededor de un punto, en donde se aplica corriente eléctrica a cierta distancia para obtener lecturas de resistividad. Estas diferentes 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.

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

Usos:

- Exploración de Agua Subterránea.
- Medición de Resistividades Eléctricas del Subsuelo.
- Medición de espesores de aluviones, tales como gravas y arenas de río.
- Exploración de interfases Aluvión – Roca, para depósitos auríferos de tipo aluvial.
- Ubicación de la superficie de corte en deslizamientos.

4.6. Geotecnia

En la Universidad de Cantabria se define a La Geotecnia como la rama de la Ingeniería que se ocupa del estudio de la interacción de las construcciones con el terreno. Se trata por tanto de una disciplina no sólo de la Ingeniería Civil, sino también de otras actividades, como la Arquitectura y la Ingeniería Minera, que guardan relación directa con el terreno.

4.6.1. Clasificación de Suelos

4.6.1.1. Uso del Sistema de Clasificación

El sistema de clasificación de suelos será el indicado por las especificaciones particulares del proyecto, pero como guía general se podrá utilizar el Sistema de Clasificación de AASHTO en los casos de Investigaciones Geotécnicas destinadas al diseño o verificación de pavimentos (obras viales, playas de estacionamiento y acopio, rellenos, materiales de aporte, sectores a ser compactados, etc.) y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS, Casagrande) para las restantes.

4.6.1.2. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) tiene por objetivo proveer una clasificación cualitativa de los suelos de origen mineral u orgánico-mineral con fines ingenieriles, a partir de ensayos de laboratorio que determinan sus propiedades granulométricas y de plasticidad.

Dicho sistema no clasifica cuantitativamente a los suelos, razón por la cual, no debe ser utilizado para la determinación de propiedades ingenieriles (resistencia al corte, etc.) ni para la estimación del comportamiento carga vs. Deformación del suelo o del sistema suelo-estructura.

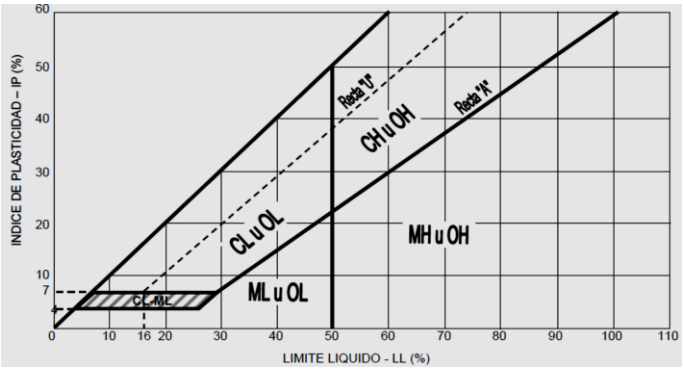


Figura 1: *Gráfica de índice de plasticidad para determinar el tipo de suelo.*
Fuente: *Casa Grande ASTM 1948.*

En base a lo anterior, los suelos quedarán clasificados bajo el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos de acuerdo con la Tabla 2 y la definición de cada tipo de suelo será la que se detalla a continuación:

(a) Arcilla: suelo pasante el tamiz #200 (75 μm) de la serie estandarizada de U.S. que presenta características plásticas bajo diferentes contenidos de humedad y que puede alcanzar una dureza considerable en condiciones secas.
Desde el punto de vista de la clasificación SUCS, la arcilla es un suelo o parte de un suelo de grano fino, con índice de plasticidad igual o mayor que 4, cuya representación en la Carta de Plasticidad (ver la Figura 8.2.3.) está por encima de la Recta “A”.

(b) Grava: partículas de roca que pasan el tamiz de 3” (75 mm) y que son retenidas por el tamiz #4 (4,75 mm) de la serie estandarizada de U.S., aceptando la siguiente subdivisión:
- Gruesa: pasa el tamiz de 3” (75 mm) y queda retenida por el tamiz ¾” (19 mm).
- Fina: pasa el tamiz de ¾” (19 mm) y queda retenida por el tamiz #4 (4,75 mm)

(c) Arcilla orgánica: Arcilla con suficiente contenido de material orgánico como para alterar las propiedades del suelo. Desde el punto de vista de la clasificación, la arcilla orgánica se clasifica como arcilla, con la salvedad que su límite líquido después de secado en horno es menor que el 75% del límite líquido antes de ser secado en horno.

(d) Limo orgánico: limo con suficiente contenido de material orgánico como para alterar las propiedades del suelo.

(e) Turba: suelo compuesto por vegetales en varias etapas de descomposición, generalmente acompañadas por un hedor orgánico, de color marrón oscuro a negro, consistencia esponjosa y con textura variable entre fibrosa y amorfa.

(f) Arena: partículas de roca que pasan el tamiz # 4 (4,75 mm) y que son retenidas por el tamiz #200 (75 μm) de la serie estandarizada de U.S., aceptando la siguiente subdivisión:
- Gruesa: pasa el tamiz #4 (4,75 mm) y queda retenida por el tamiz #10 (2,00 mm).
- Mediana: pasa el tamiz #10 (2,00 μm) y queda retenida por el tamiz #40 (4,25 μm).
- Fina: pasa el tamiz #40 (4,25 μm) y queda retenida por el tamiz #200 (75 μm).

(g) Limo: suelo pasante el tamiz #200 (75 μm) de la serie estandarizada de U.S. que presenta pocas o nulas características plásticas. Desde el punto de vista de la clasificación SUCS, el limo es un suelo o parte de un suelo de grano fino, con Índice

de Plasticidad menor que 4, cuya representación en la Carta de Plasticidad está por debajo de la Recta “A”.

TIPO DE SUELO	CLASIFICACIÓN			CLASIFICACIÓN	
				Grupo	Nombre
SUELOS GRUESOS	Gravas	Gravas Limpias	$C_{U.} \geq 4$ y $1 > C_C > 3$	GW	Grava bien graduada
Más de 50 % es retenido por el Tamiz #200	Más del 50% de la fracción gruesa es retenida en tamiz #4	Menos del 5% de finos	$C_U \geq 4$ y/o $1 > C_C > 3$	GP	Grava mal graduada
		Gravas con finos	Finos se clasifican como M o MH	GM	Grava Limosa
		Más del 12 de finos	Finos se clasifican como Cl o CH	GC	Grava Arcillosa
	Arenas	Arenas limpias	$C_U \geq 6$ y $1 \leq C_C > 3$	SW	Arena Bien Graduada
	50% o más de la fracción gruesa	Menos del 5% de finos	$C_U \geq 6$ y/o $1 \leq C_C > 3$	SP	Arena mal Graduada
		Arena con finos	Finos clasifican como ML o MH	SM	Arena Limosa
		Más del 12% de finos	Finos se clasifican como CL o CH.	SC	Arena Arcillosa
SUELOS FINOS	Limo y arcillas	Inorgánico	IP > 7 y cae sobre o arriba de la recta “A”	CL	Arcilla de Baja plasticidad
Más del 50% pasa el Tamiz #200	LL < 50		IP > 7 o cae sobre o arriba de la recta “A”	ML	Limo de baja plasticidad
		Orgánico	LL< 0.75	OL	Arcilla orgánica
				OL	Limo orgánico
	Limo y Arcillas	Inorgánico	IP cae sobre o arriba de la recta “A”	CH	Arcilla de alta Plasticidad
	LL≥50		IP cae debajo de la recta A	MH	Limo de ata Pasticidad
		Orgánico	LL < 0.75	OH	Arcilla orgánica
				OH	Limo orgánico
SUELOS MUY ORGANICOS	Prima la materia Orgánica, color oscuro y Hedor Orgánico			PT	Turba

Tabla 1: *Clasificación de los suelos por el método SUCS.*
Fuente: *Casa Grande ASTM 1948.*

6.1.1. Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

El Ensayo de Penetración Estándar (S.P.T) es un método muy usado en las exploraciones de los suelos que permite determinar las características, espesor y estratificación de los materiales que se encuentran en el subsuelo, así como también permite conocer la resistencia a la penetración en función al número de golpes delos diferentes estratos que conforman el subsuelo a diversas profundidades. El S.P.T es un método muy usado en las exploraciones de los suelos que permite determinar las características, espesor y estratificación de los materiales que se encuentran en el

subsuelo, así como también permite conocer la resistencia a la penetración en función al número de golpes delos diferentes estratos que conforman el subsuelo a diversas profundidades.

Constituye el ensayo o prueba más utilizada en la realización de sondeos, y se realiza en el fondo de la perforación. 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**.**

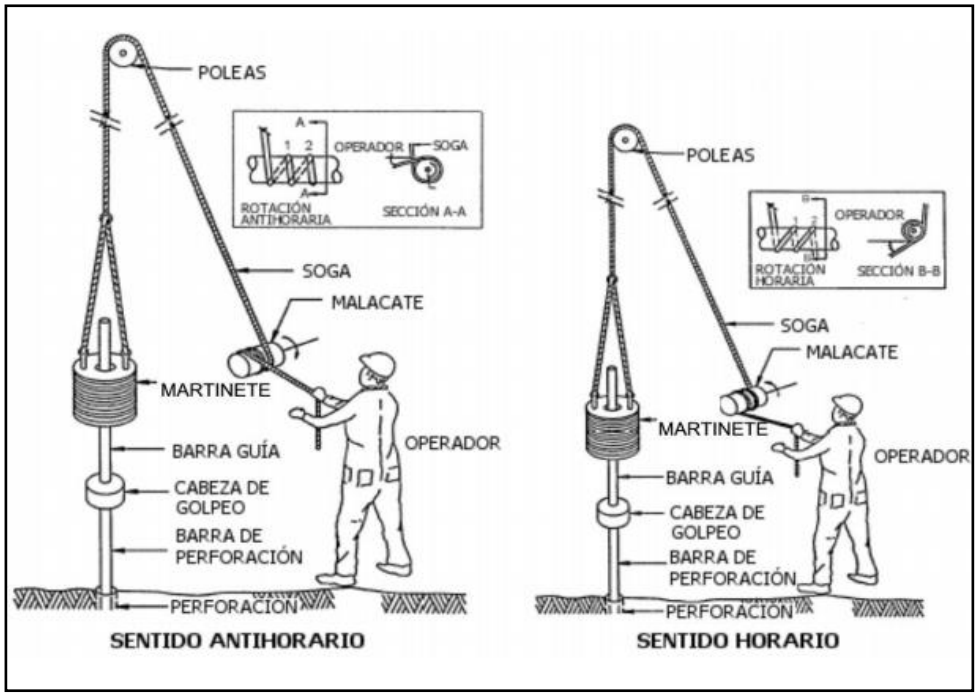


Figura 2: *Esquema manual-mecánico de un ensayo de penetración estándar.*
Fuente: *(CFE, 1980 Y ASTM D 1586-99).*

4.7. Susceptibilidad a Deslizamientos

4.7.1. Susceptibilidad

Suarez, (2001). Explica que la susceptibilidad, generalmente, expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno. La susceptibilidad es una propiedad del terreno que indica qué tan favorables o desfavorables son las condiciones de éste, para que puedan ocurrir deslizamientos.

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

Los mapas de susceptibilidad, se realizan a partir de datos cartográficos de tipo topográfico, geomorfológico, litológico, estructural, vegetación, usos de suelos.

4.7.2. Movimientos de Masa

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

Ferrer, (1980). En su libro Deslizamientos, desprendimientos, flujos y avalanchas "Un movimiento de masa se define como un movimiento de roca, detritos o tierra pendiente abajo bajo la acción de la gravedad, cuando el esfuerzo de corte excede el esfuerzo de resistencia del material".

4.7.2.1. Clasificación de los Movimientos de Masa

Caídas: Cruden y Varnes, (1996). Todas las caídas se inician con un desprendimiento de suelo o roca de una ladera muy empinada, a lo largo de una superficie en la que poco o ningún desplazamiento cortante se desarrolla. El material desciende en caída libre, saltando o rodando, el movimiento es de muy rápido a extremadamente rápido

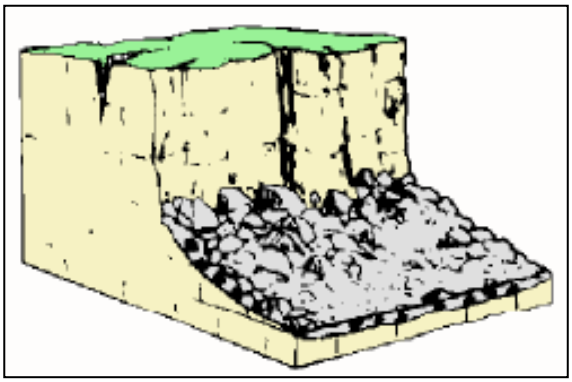


Figura 3: *Caída de rocas.*
Fuente: *(Varnes, 1996).*

Basculamientos: Cruden y Varnes, (1996). Un basculamiento es la rotación hacia adelante (afuera) de una masa de suelo o roca, alrededor de un punto o eje bajo el centro de gravedad de la masa desplazada, estos producen caídas o deslizamientos del material desplazado, dependiendo de la geometría del material en movimiento, la geometría de la superficie de separación y la orientación y extensión de las discontinuidades cinemáticamente activas. Los basculamientos varían de extremadamente lentos a extremadamente rápidos, algunas veces acelerando con el avance del movimiento

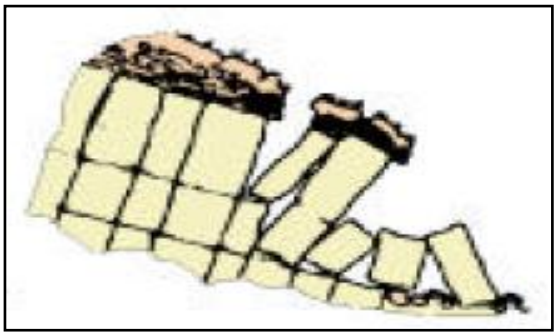


Figura 4: *Basculamiento de columnas de roca.*
Fuente: *(Varnes, 1996).*

Separaciones Laterales: Cruden y Varnes, (1996). La separación lateral se define como una extensión de una masa cohesiva de suelo o roca, combinada con la subsidencia del material fracturado en un material subyacente más blando, la superficie de ruptura no es una superficie de corte intenso y el proceso es el producto de la licuefacción o flujo (extrusión) del material más blando. Claramente estos movimientos son complejos, pero debido a que son muy comunes en ciertos materiales y situaciones geológicas, es mejor reconocerlos como un tipo separado de movimiento

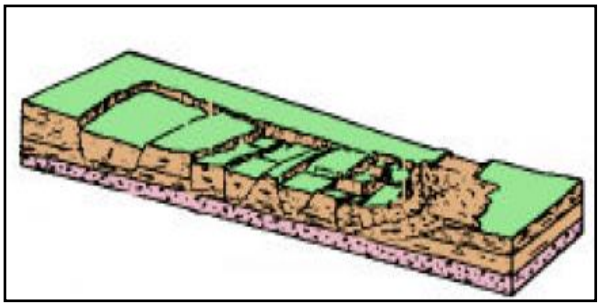


Figura 5: *Separación lateral.*
Fuente: *(Cruden y Varnes, 1978*).

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

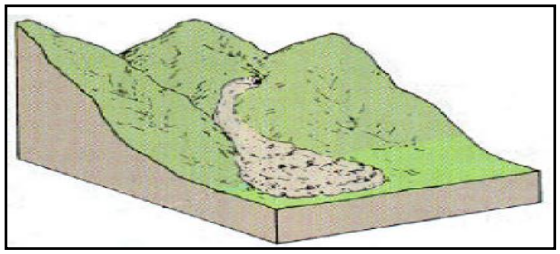


Figura 6: *Flujo de detritos (Skinner & Porter, 1992).*
Fuente: *(Cruden & Varnes).*

4.7.3. Deslizamientos

Cruden y Varnes, (1996). Definen a un deslizamiento como un movimiento ladera abajo de una masa de suelos o rocas, que ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de ruptura o zonas relativamente delgadas de intensa deformación cortante

Crozier, (1986). En su publicación Los Deslizamientos de tierra. Causas, consecuencias y medio ambiente: “Un deslizamiento se define como el movimiento gravitacional hacia el exterior de la ladera y descendente de tierras o rocas sin la ayuda del agua como agente de transporte”.

4.7.3.1. Deslizamiento Rotacional

Cruden y Varnes, (1996). Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los movimientos en masa rotacionales muestran una morfología distintiva, caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca.

Debido a que el mecanismo rotacional es auto estabilizante, y este ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas.

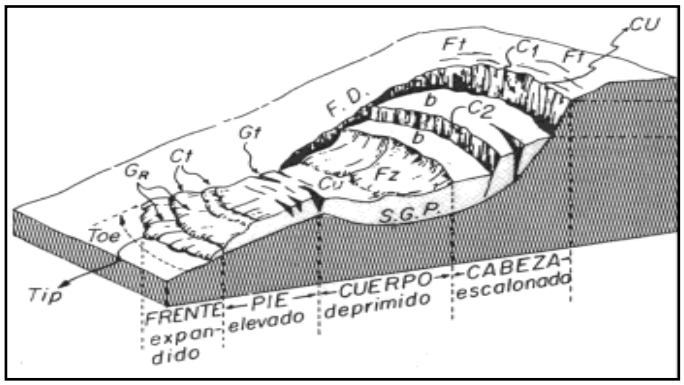


Figura 7: *Deslizamiento rotacional.*
Fuente: *Modelo de Varnes 1958.*

4.7.3.2. Deslizamiento Traslacional

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

En los casos en que la traslación se realiza a través de un solo plano se denomina deslizamiento planar.

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

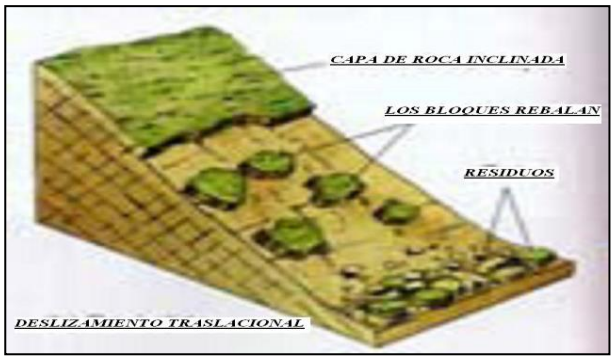


***Figura 8**: Deslizamiento Traslacional.*
***Fuente:** Cruden y Varnes 1996.*

Elementos de un deslizamiento

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

a. Escarpa principal: Una superficie de fuerte pendiente sobre terreno no perturbado alrededor de la periferia del deslizamiento, causado por movimiento de material de deslizamiento fuera del terreno no perturbado. La proyección de la superficie de escarpa debajo del material desplazado viene a ser la superficie de la ruptura.
b. Escarpa secundaria: Una superficie de pendiente fuerte sobre el material desplazado producida por movimientos diferenciales al interior de la masa deslizante.

c. Cabeza: La parte superior del material de deslizamiento a lo largo del contacto entre el material desplazado y la escarpa principal.
d. Cima: El punto más alto de contacto entre el material desplazado y la escarpa principal.
e. Pie de la superficie de ruptura: La intersección (a veces enterrada) entre la parte inferior de la superficie de ruptura y la superficie original del terreno.
f. Punta del pie: El margen de material desplazado más lejano de la escarpa principal.
g. Puntera: El punto más lejano de la margen desde la cima del deslizamiento.
h. Pie: La porción del material desplazado que queda pendiente abajo del margen de la superficie de ruptura.
i. Cuerpo principal: Aquella parte del material desplazado, suprayacente a la superficie de ruptura entre la escarpa principal y el pie y la base de la superficie de ruptura.
j. Flanco: El costado del deslizamiento.
k. Corona: El material que aún permanece en su lugar, prácticamente no desplazado y adyacente a las partes más altas de la escarpa principal.
l. Superficie original del terreno: La pendiente que existía antes de ocurrir el movimiento que se está considerando. Si ésta es la superficie de un deslizamiento anterior, el hecho debe ser anotado.
m. Izquierda y derecha: Las direcciones con una brújula son preferibles para describir las pendientes pero si se usa "derecha o izquierda" se refiere al deslizamiento visto desde la corona.
n. Superficie de separación: Es la superficie que separa el material desplazado del material estable, pero no se reconoce que hubiera sido una superficie que falló.
o. Material desplazado: El material que se ha desplazado de su posición original sobre la pendiente. Puede estar en estado deforme o no deforme.
p. Zona de agotamiento: El área dentro de la cual el material desplazado queda debajo de la superficie original del terreno.
q. Zona de acumulación: El área dentro de la cual el material desplazado queda encima de la superficie original del terreno.

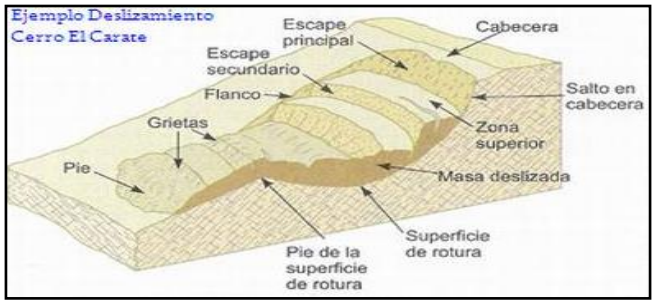


Figura 9: *Partes de un deslizamiento.*
Fuente: *Vallejo (2002).*

Dimensiones.- Para definir las dimensiones de un movimiento se utiliza la terminología recomendada por el IAEG en 1990 como se muestra en la (Figura 10):

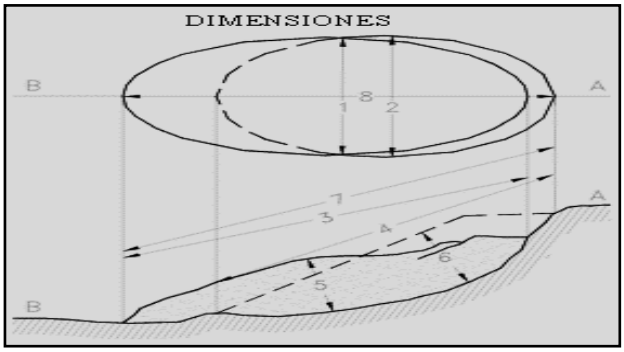


Figura 10. *Dimensiones de los movimientos en masa.*
Fuentes: *IAEG Commission on Landslides 1990.*

- **Ancho de la masa desplazada Wd.-** Ancho máximo de la masa desplazada perpendicularmente a la longitud, Ld
- **Ancho de la superficie de falla Wr**.- Ancho máximo entre los flancos del deslizamiento perpendicularmente a la longitud Lr.
- **Longitud de la masa deslizada L**d.- Distancia mínima entre la punta y la cabeza.
- **Longitud de la superficie de falla Lr.-** Distancia mínima desde el pie de la superficie de falla y la corona.
- **Profundidad de la masa desplazada Dd.-** Máxima profundidad de la masa movida perpendicular al plano conformado por Wd y Ld.
- **Profundidad de la superficie de falla Dr.-** Máxima profundidad de la superficie de falla con respecto a la superficie original del terreno, medida perpendicularmente al plano conformado por Wr y Lr.
- **Longitud total L.-** Distancia mínima desde la punta a la corona del deslizamiento.
- **Longitud de la línea central Lcl.-** Distancia desde la punta o uña hasta la corona del deslizamiento a lo largo de puntos sobre la superficie original equidistantes de los bordes laterales o flancos.

4.7.4. Factores Condicionantes y Desencadenantes

Condicionantes. Elementos que configuran una condición potencialmente inestable.

- **La Topografía y Geomorfología.** Pendiente, forma de la ladera, morfología, acantilado, depósitos antiguos, presencia de cauce al pie de la ladera, forma de cuenca receptora, altura, orientación de la ladera
- **Geología:** Meteorización, hidrogeología, estructuras, ambiente tectónico, historia geológica.

- **Geotecnia.** Resistencia del material intacto, resistencia al corte de las estructuras**,** rellenos de estructuras, densidad del material, grado de saturación, plasticidad (suelos).
- **Clima y Vegetación:** Distintos tipos climáticos pueden condicionar diferentes tipos de RM. Cantidad de lluvia antes del movimiento influye en susceptibilidad de un evento (lluvias antecedentes). Intensidad y frecuencia de precipitaciones, estacionalidad, cambios de temperaturas, posición de isoterma 0oC, son factores importantes. **La** vegetación generalmente actúa como elemento estabilizador, protegiendo la ladera de la erosión por lluvia y escurrimiento. Raíces fortalecen el suelo en pendientes moderadas.
- **Acción Antrópica:** Cambios en propiedades de los materiales y estado de stress (uso de explosivos, excavaciones, sobrecargas, etc.), en niveles de agua y capacidad de infiltración, en la geometría de las laderas, deforestación, acciones erosivas.

Desencadenantes

- **Lluvia**. Sobresaturación de las masas.
- **Sobrecarga.** Por la sobresaturación de agua del suelo aumentan el peso del material y decanta.
- **Excavación**. En la excavación se llena de agua y por humedad se puede deslizarse
- **Deforestación.** Las raíces de los vegetales actúan como estabilizador. Sin raíces aumenta el riesgo de deslizarse
- **Terremoto.** El movimiento de suelo supera el punto máximo de estrés

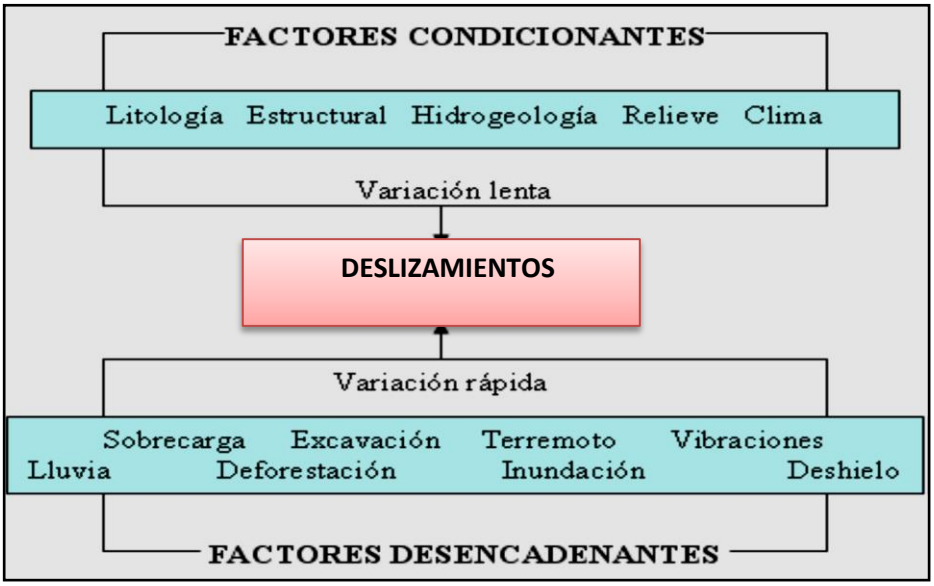


Figura 11: *Mapa conceptual que relacionan a los factores condicionantes y desencadenantes para la ocurrencia de deslizamientos.*
Fuente: (Ayala-Carcedo, F.J., 2002).

4.8. Sistema de Información Geográfica (SIG)

Whitten, Benthley y Barlow (1996). Expresan que los SIG como una disposición de personas, actividades, datos, redes y tecnologías integradas entre sí con el propósito de apoyar y mejorar las operaciones cotidianas de una empresa, así como satisfacer las necesidades de información para la resolución de problemas y la toma de decisiones por parte de los directivos.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi de Colombia (2011). Definen a los SIG que son ante todo herramientas que ayuda en la resolución de problemas. De forma general, están compuestos por un conjunto de metodologías, procedimientos y programas informáticos especialmente diseñados para manejar información geográfica y datos temáticos asociados.

El concepto de herramienta hace referencia a que el SIG no es el fin, sino el medio, ya que es una herramienta utilizada para preparar y presentar hechos que ocurren sobre la superficie terrestre, así que no debemos especializarnos en saber manejar un programa informático, sino en saber cómo aplicar su potencialidad para nuestro beneficio

4.8.1. Zonificación de Susceptibilidad

Suarez (2009). La zonificación permite evaluar, parcialmente, la susceptibilidad y es una herramienta muy útil para la toma de decisiones, especialmente, en las primeras etapas de planeación de un proyecto. La zonificación consiste en la división del terreno en áreas homogéneas y la calificación de cada una de estas áreas de acuerdo con el grado real o potencial de susceptibilidad.

El mapeo puede realizarse sobre un área donde se tiene información de la ocurrencia de deslizamientos o se tiene un inventario de estos eventos, o sobre áreas en las cuales no se tiene conocimiento de deslizamientos en el pasado, pero se requiere predecir la posibilidad de amenazas hacia el futuro. En el primer caso, se trabaja con una metodología de mapeo directo con base en la experiencia y en el segundo, una de mapeo indirecto con base en los factores que contribuyen a su ocurrencia.

4.8.2. Susceptibilidad por Deslizamiento

Ayala-Carcedo y Corominas, (2002). “La susceptibilidad está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada por movimientos de ladera por desestabilización, determinada a través de un análisis comparativo de factores

condicionantes y/o desencadenantes, cualitativo o cuantitativo, con las áreas movidas o alcanzadas, análisis que se materializa normalmente en forma de mapa de susceptibilidad".

4.8.3. Métodos para el Análisis de Susceptibilidad por Deslizamientos

Santacana (2001). Los siguientes conceptos se refieren a los principales métodos utilizados para el análisis de susceptibilidad a deslizamientos.

4.8.3.1. Métodos Heurísticos

Los métodos heurísticos se basan en categorizar y ponderar los factores causantes de inestabilidad según la influencia esperada de éstos en la generación de deslizamientos. Son métodos conocidos como indirectos. Un procedimiento de este tipo es el análisis cualitativo basado en combinación de mapas de factores. Cada uno de estos factores forma un mapa que se combinará con los demás para la obtención del mapa final de zonificación de inestabilidad. El inconveniente de este método bastante popularizado recae en la ponderación exacta de los distintos factores, dado que a menudo, se basa en un conocimiento insuficiente en el campo de los factores importantes para definir la estabilidad. El análisis heurístico introduce un grado de subjetividad que imposibilita el comparar documentos producidos por diferentes autores.

Son métodos directos que se basan en cartografía geomorfológica a partir de la cual el autor identifica y localiza los deslizamientos y procesos asociados a éstos directamente en el campo. La elaboración de estos mapas exige conocer la morfología y tipología de movimientos. Estos métodos así como los heurísticos se basan en una información de partida que es el mapa inventario de deslizamientos de un área. Este mapa se elabora a partir de fotointerpretación, trabajo de campo y recogida de información de eventos históricos.

4.8.3.2. Método Determinístico

Van Westen (1993). Los métodos determinísticos se utilizan para el estudio de una ladera o talud en concreto. Se fundamente en método de equilibrio límite o en modelos numéricos teniendo. Pues una base física, lo que es una gran ventaja respecto a otros métodos. Los datos de entrada son derivados de ensayos de labotaorio y se utilizan para determinar el factor de seguridad de la ladera. Estos datos muestran un grado de fiabilidad altos en caso que los datos utilizados sean correctos su principal incoveniente

es la baja idoneidad para zonificarse rápidas y áreas extensas de regionalización. Para el estudio de caso se utilizan generalmente los siguientes datos de entrada:

Para la Aplicación de un SIG se puede aplicar diversos métodos determinísticos

- Usando un modelo de talud infinito, calculando el factor de seguridad para cada celda.
- Selección de un número de perfiles extraídos de un modelo digital de elevaciones y de otros mapas de factores, exportando luego estos datos a un modelo de estabilidad de talud tridimensional.
- Muestreando datos en puntos predefinidos de una malla regular, y exportando los mismos a un modelo de estabilidad tridimensional.

Para el estudio de susceptibilidad deslizamientos del caso se utilizan generalmente los siguientes datos de entrada:

- Mapa de Elevación Digital (DEM).
- Mapa de dirección del drenaje local.
- Mapa de Pendientes.
- Mapa de geología.
- Coeficiente de conductividad hidráulica del suelo (cm/día), las cuales son enlazadas en el modelo con las unidades de cobertura.

5. MATERIALES Y MÈTODOS

5.1. Materiales

Para la realización de la presente tesis fue necesario disponer de los siguientes materiales de campo y oficina.

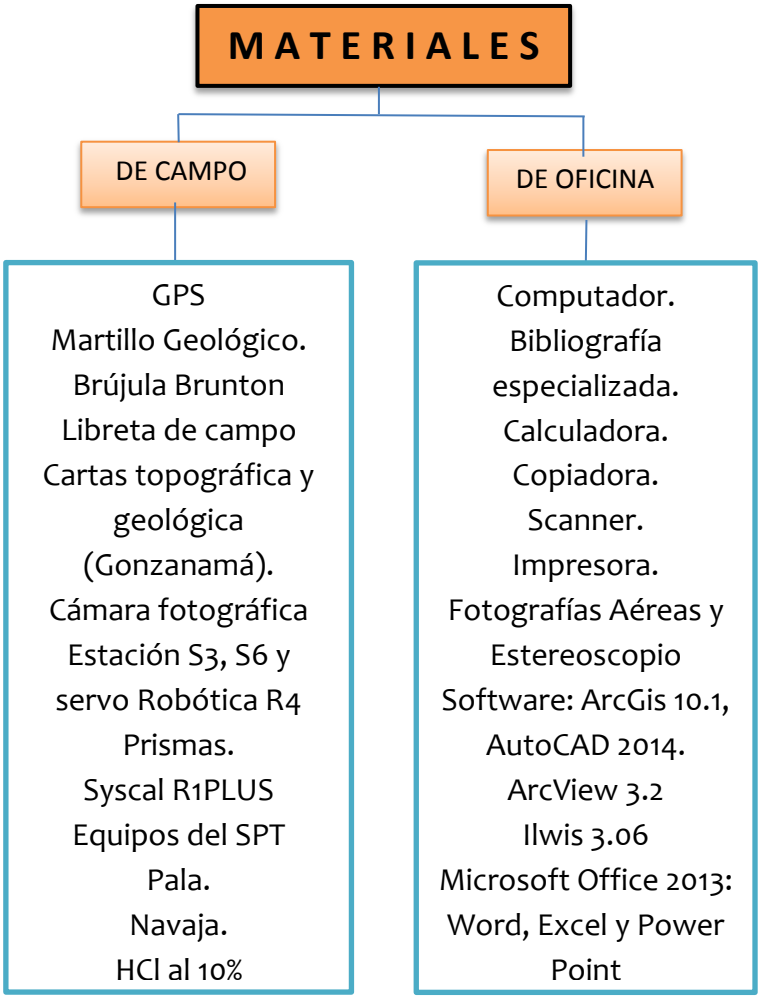


Figura 12: *Materiales de campo y de oficina.*
Fuente: *El autor.*

5.2. Metodología

La metodología aplicada en la investigación está basada en un Sistema de Información Geográfico que implica insertar datos obtenidos de laboratorio e inspecciones técnicas de campo, donde para la evaluación de la susceptibilidad se aplican dos métodos: el método heurístico y determinístico, en los que se integran la información tanto en factores condicionantes y desencadenantes que influyen en las inestabilidades de las laderas y taludes de la vía de integración barrial Ángel Felicísimo Rojas.

La diferencia de los métodos aplicados radica en lo siguiente; el heurístico más bien es indirecto y/o subjetivo y se basa en la geomorfología, geología, pendiente y uso del suelos es decir en categorizar y ponderar los factores causantes de inestabilidad según la influencia esperada de éstos en la generación de los deslizamientos siendo idóneo para análisis en áreas grandes, a diferencia de método determinístico que se basa en resultados con datos obtenidos de laboratorio y se utilizan para determinar el FS de una ladera en específico.

Para el desarrollo la presente tesis en primera instancia se realizó una recopilación bibliográfica de informes técnicos realizados por empresa constructora Técnica General de Construcciones (TGC), mapa geológico (Gonzanamá Hoja 57 Escala 1:10000 edición 1975) topográficos y otros tipos información como los reportes de periódicos que ya se haya generado en el área de estudio a fin de obtener una idea general para el levantamiento de la información necesaria.

Además para la evaluación de la susceptibilidad, se requirió en primer lugar la creación de la base de datos mediante la elección y cartografía de los factores del terreno condicionantes de la inestabilidad. Para ello se utilizó técnicas tradicionales, como la fotointerpretación y el reconocimiento directo de campo, junto con otras de tratamiento digital de imágenes de satélite, tridimensionales (Hervás y Rosin, 2001) y de imágenes de sombreado del relieve a partir de modelos de digitales de terreno (DTM) de alta resolución mediante el empleo de softwares como: ArcGis 10.1, Ilwis 3.06 y AutoCAD 2014.

Primer Objetivo: ***Realizar el levantamiento topográfico y geológico a detalle, 200 metros a cada margen del eje de la vía de Integración Barrial, identificando los principales rasgos litológicos, geomorfológicos y estructurales.***

5.2.1. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se realizó a 200 metros a cada margen de la vía a fin de conocer las condiciones y configuración del terreno representando infraestructuras como vías, viviendas, ríos, deslizamientos entre otros utilizando como base el Datum el WGS84.

Para la realización del levantamiento topográfico se utilizó 3 equipos topográficos Trimble (Estaciones Totales): la Servo-Robótica R4 por sus características de precisión (trabaja con señal satelital), permitió georeferenciarse desde el punto IGM ubicado en el redondel de la Universidad Nacional de Loja para luego ubicar los puntos de partida de

la demás estaciones totales Trimble S3 y S6,y con las mismas levantar la parte montañosa y de alta vegetación con la mayor cantidad de puntos ubicados estratégicamente para facilitar la rapidez y precisión, además la estación Servo-Robótica R4 también se utilizó para el mapeo preciso de las vías.

UBICACIÓN	COORDENADAS		
	NORTE	ESTE	COTA
Punto IGM (Redondel la Argelia)	9554036.18	699571.104	2130,823

Tabla 2: *Coordenadas de punto inicial de la Topografía.*
Fuente: *Instituto Geográfico Militar (IGM).*

Cabe recalcar que durante el levantamiento topográfico en forma periódica se hacía una revisión de los datos generados de las distintas estaciones descargándolas en un computador y atreves del software ArcGis 10.1 visualizar la información para corregir y evitar errores futuros.

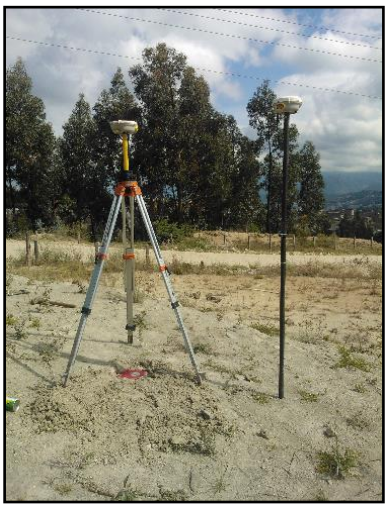


Figura 13: *Estación Servo Robótica R4.*
Fuente: *Elaborado por el autor.*

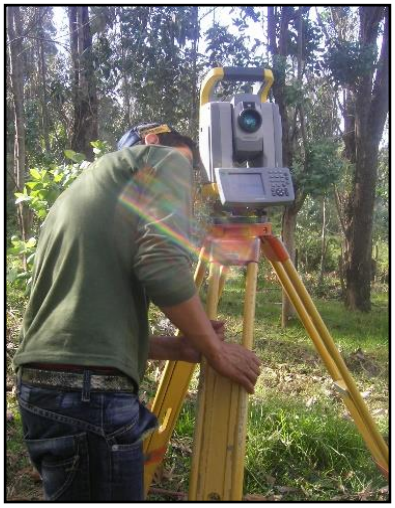


Figura 14: *Estación Total S6.*
Fuente: *Elaborado por el autor.*

Culminados los trabajos de campo, se procedió a la descarga de los archivos generados en las estaciones Servo Robótica R4, Totales: Trimble S3 y S6, en archivos Excel uniéndolos en una sola base datos de formato TXT, que luego fueron procesados en el software Foresigth 2.2.1 donde se generaron las curvas de nivel a 1 metro en un formato DWG, seguidamente en el software AutoCAD 2014 se visualizó en 3D las curvas de nivel donde se corrigió algunos errores, y en el software ArcGIS 10.1 los archivos DWG son convertidos a formato SHP.

Finalmente se verificó que la interpolación dada por software coincida con el relieve real del área levantada mediante fotografía aérea a escala 1: 5 000 (NVII-B2a-E1) y CARTA

NVII_E2) proporcionada por el sistema Nacional de Información Y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Geológica (SIGTIERRAS), dibujando las infraestructuras como vías, edificios, red hídrica y los deslizamientos entre otra información generadas.

5.2.2. Levantamiento geológico

Con los datos base (geológicos, geomorfológicos y estructurales) obtenidos de la fotointerpretación, recopilación bibliográfica y con el mapa topográfico se realizó una observación técnica del área de estudio y se corroboró los contactos de las formaciones geológicas, estructuras, litología e hidrogeológicas en afloramientos naturales y artificiales.

Con el mapa topográfico se realizó el recorrido de toda el área, con un total de 3 inspecciones técnicas de las cuales se obtuvo el inventario de los afloramientos, deslizamientos (clasificándolos de acuerdo a su magnitud y tipo de movimiento) y fallas geológicas existentes con sus datos estructurales y geométricos haciendo una descripción detallada lito estratigráfica y su ubicación en coordenadas UTM. Para éste efecto se utilizó fichas técnicas, GPS, libretas de campo, brújula Brunton, martillo geológico, una cinta métrica y cámara fotográfica.

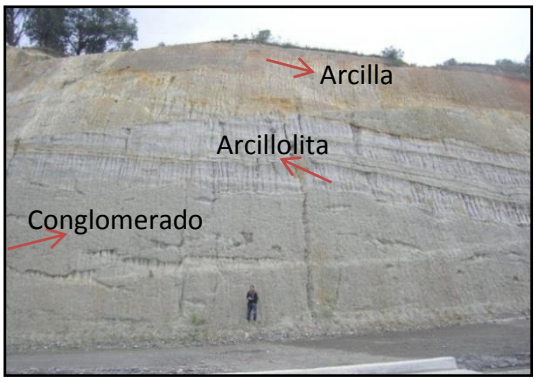


Figura 15: *Descripción litológica.*
Fuente: *El Autor.*

Figura 16: *Inventario de deslizamientos.*
Fuente: *El Autor.*

Posteriormente como en gabinete todos los datos generados se insertan en el software ArcGis 10.1 que facilita la representación de estructuras geológicas como fallas y los deslizamientos para su interpretación y correlación para la representación de los cortes geológicos, así como la simbología de las formaciones geológicas determinadas.

5.2.3. Ensayo de penetración Estándar (SPT)

Los primeros registros de la prueba de Penetración Estándar SPT, se remontan a inicios de la década de los 20's con los trabajos del Coronel Chares R. Gow. A finales de los

años veinte e inicio de los treinta, el procedimiento fue estandarizado por Harry Mohr para finalmente ser ajustado por Terzaghi (1947).

El ensayo de penetración estándar es una herramienta que permitió determinar lo siguiente.

- La compacidad relativa de suelos granulares y la consistencia de suelos cohesivos mediante correlaciones.
- La estratigrafía del sitio y la Obtención de muestras alteradas para su uso en laboratorio.

Procedimiento

Siguiendo la norma ASTM 1586-84 en forma resumida el proceso consiste en los siguientes pasos.

En primer lugar se realizó un sondeo hasta la profundidad de 20 cm, y a continuación se lleva al fondo de dicha perforación mediante golpes a percusión con una cuchara normalizada que se hinca 15 cm. en la capa a reconocer, a fin de eliminar la zona superficial parcialmente alterada.

Seguidamente se realizó una señal sobre el varillaje y se cuenta el número de golpes (N) necesarios para hincar de nuevo la cuchara, la profundidad de un pie (30 cm.). Como se mencionó anteriormente, la masa que se utiliza para la hinca pesa 140 lb. y su altura de caída es 30 plg., lo que corresponde a un trabajo de 0.5 KJ por golpe, aproximadamente, dicho proceso se realizó por cada metro perforado.

Por tanto se obtuvo N = N1 + N2, en donde N1 corresponde a el número de golpes necesarios para hundir el toma-muestras 15 cm y N2 es en número de golpes que se necesita para hundir los 15 cm.

Figura 17: *Perforación a percusión SPT.*
Fuente*: El autor.*

Figura 18: *Toma de registro del SPT.*
Fuente: *El autor.*

Finalmente se abren la cuchara partida y se tomó la muestra de su interior, para realizar los ensayos correspondientes (Contenido de Humedad, Granulometría, Límites de Consistencia, Peso Específico). Por cada metro

Figura 19: *Recolección de muestras de SPT.*
Fuente*: El autor.*

Segundo objetivo: Determinar el valor de la resistividad, el nivel de agua freática y estratigrafía del subsuelo mediante el sondeo eléctrico vertical (SEV), a partir de mediciones en superficie.

5.2.4. Sondeo Eléctrico Vertical (SEV)

Los sondeos eléctricos verticales permiten determinar la presencia de agua en los estratos y delimitar capas del subsuelo, aunque no permite obtener de manera exacta la litología se puede deducir el tipo de roca a través de sus resistividades comparando con tablas de resistividades de los geomateriales.

Para realizar el ensayo de geofísica se utilizó el método de Sondeo de Schlumberger. Se realizó 4 líneas de SEV en los lugares elegidos de acuerdo a su topografía, un lugar plano e importancia que se obtuvo en la fase del levantamiento geológico (Ver mapa geológico).

Los ensayos consistieron en separar progresivamente los electrodos inyectores A y B simétricamente dejando los electrodos detectores M y N fijos en torno a un punto central fijo. La representación de este sondeo muestra las abscisas, la distancia AB/2 (m). En este sondeo el efecto de las heterogeneidades irrelevantes es menor pues sólo se mueven el par de electrodos inyectores A y B. Para la realización del Sondeo eléctrico Vertical se realizaron las siguientes fases:

Figura 20: *Syscal Junior/ R1 Plus (Standard & Switch Versión)*
Fuente: *El Autor*

1. Se eligió el lugar de sondeo de acuerdo a las características topográficas (relativamente plano) del lugar ya que se debe de considerar la abertura de carretes.
2. Ubicar el punto central SEV y del arreglo para asegurar su linealidad.
3. Se medirán hacia ambos lados del arreglo las distancias en las que se ubicarán los electrodos de potencial M y N; mediante la cinta métrica.
4. Después se realiza las mediciones conforme a la distancia AB/2, configurando el aparato para que nos diera las repeticiones requeridas de datos.
5. Se anotaran los datos proporcionados por el dispositivo en un formato ya establecido.
6. Después de anotar los datos, se graficarán los datos de resistividad aparente contra la distancia AB/2 para observar el comportamiento de los materiales a la resistividad.

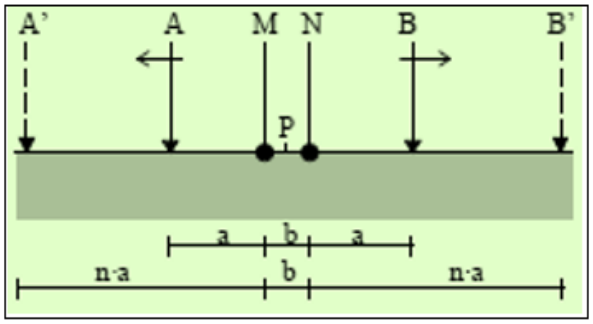


Figura 21: *Sondeo Schlumberger. Los electrodos A y B se abren progresivamente mientras M y N están fijos.*
Fuente: *El Autor.*

Los datos de espaciamientos tanto de AB y MN obtenidos en el campo fueron anotados en fichas para posteriormente pasarlos al programa IPI2Win, desarrollado por la Moscow State University, Geological Faculty, Department Of Geophysics. El cual permite realizar interpretaciones interactivas automatizadas y/o semi-automatizadas de SEV a partir de datos obtenidos por cualquiera de los arreglos más populares utilizados en la prospección eléctrica y realizar de esta forma la interpretación de la curva y los perfiles Geoeléctricos.

Tercer objetivo: ***Elaborar mapas de susceptibilidad a deslizamientos con la información obtenida del sector de estudio*****.**

5.2.5. Mapa de susceptibilidad

Para determinar el grado susceptibilidad del área estudiada y la influencia de los fenómenos para esta condición se aplicaron los métodos de heurístico y determinístico desarrollados en los software ArcGis 10.1, en conjunto con el ArcView 3.2 e Ilwis 3.06 respectivamente con la finalidad de realizar una comparación y obtener mayor exactitud del cálculo de la susceptibilidad.

La diferencia de los métodos radica en que el método heurístico se aplica generalmente para áreas de escalas regionales (1:50000) cuyo análisis se lo realiza de forma cualitativa basado en la suma de mapas factores, por otro lado el método determinístico se utilizan en estudios de laderas o taludes en concreto basado en el cálculo de (factores de Seguridad) FS con datos obtenidos de laboratorio.

5.2.5.1. Método determinístico

El análisis geoespacial de la información cartográfica digital se realizó con el apoyo del software ArcView 3.2 (aplicación *Stability Index Mapping* - SINMAP), ArcGIS 10.1 (Módulo ArcMap).

SINMAP (Mapa de índice de Estabilidad) es una extensión que no consta en el paquete de instalación de ArcGis 10.1, por tanto fue necesario su descarga e instalación en una versión 2.0 desarrollada por la Universidad de OTAH en Estados Unidos, para calcular los índice de estabilidad.

El SINMAP (Mapa de Índices de Estabilidad) es un modelo para evaluar la estabilidad de pendientes y riesgos a deslizamientos, proyección de patrones futuros de inestabilidad, análisis multivariados de los factores que caracterizan sitios de inestabilidad de laderas, análisis de probabilidad de fallas basados en modelos de estabilidad de pendientes con simulaciones hidrológicas estocásticas y en la clasificación de la estabilidad, basados en criterios como pendientes, litología, morfología, estructura geológica resumidos en parámetros geotécnicos en un DTM.

Para la generación del mapa, primeramente a partir de la curvas generadas en formato shp, en el software Ilwis 3.06 se importaron y se generó un Modelo Digital del Terreno (DTM) con tamaño de pixel de 1 metro, que es el conjunto de capas (raster) que

representan distintas características de la superficie terrestre derivadas de las elevaciones. Como punto importante se tuvo en cuenta al momento de exportar al ArcGis 10.1 el DTM se realizó con extensión tipo ***asc*** que es el único formato con el que permite trabajar SINMAP.

Se aplicó un modelo de pendiente infinita e índice de Humedad Topográfica, que es un modelo unidimensional que describe la estabilidad de los taludes con un plano de falla infinitamente grande mismo que se realizó sobre la base de un pixel que pueden considerarse cómo unidades homogéneas en los mapas. Por tanto los pixeles vecinos no se consideran dando como resultado un mapa de factores de seguridad.

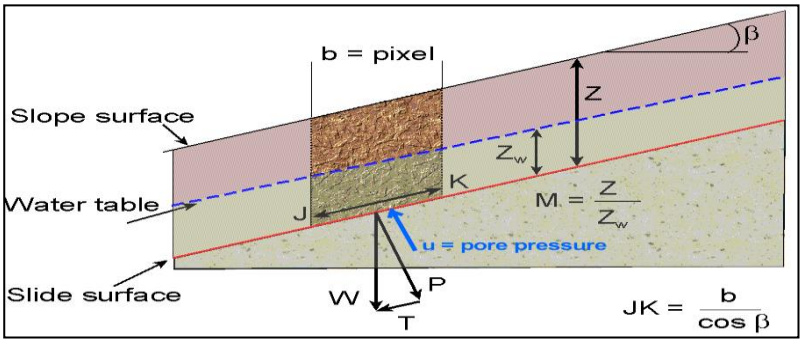


Figura 22: *Esquema de aplicación en el programa.*
Fuente*: ITC Holanda.*

Siendo un método basado en cálculo de factor de seguridad la metodología se desarrolla en base a los valores obtenidos de tablas (Ver Anexo 7) comparativas en relación a las arcillas y conglomerando promediando ambos valores y trabajar con un solo valor en el programa. El procedimiento realizado se resume a continuación en los software Ilwis y ArcGis 10.1 se resumen a continuación.

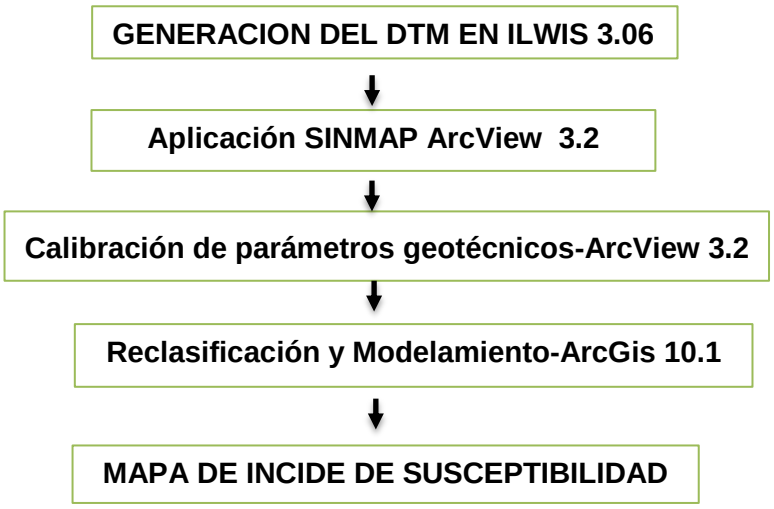


Figura 23: *Esquema de realización del mapa de susceptibilidad a deslizamientos por el método determinístico.*
Fuente: *El autor.*

5.2.5.2. Método heurístico

El método consistió en sumar mapas factores es decir aquellos influyentes para la ocurrencia de los deslizamientos conocidos las condiciones físicas reales del terreno. El análisis del método se lo realizó en el software ArcGis 10,1 específicamente con la aplicación de Model Builder.

Primeramente se agrupó los mapas factores para la ocurrencia de deslizamiento como una sola condición. Los criterios se fundamentaron en el conocimiento adquirido durante el levantamiento geológico y topográfico investigación geotécnica y recopilación bibliográfica.

CONDICIÓN	Geología
	Geomorfología
	Pendiente
	Cobertura vegetal

Tabla 3: *Agrupación de mapas factores.*
Fuente: *El Autor.*

A demás a cada una de las subvariables determinadas se les asignó pesos de acuerdo a la siguiente tabla:

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

Tabla 4: *Asignación de pesos.*
Fuente: *Tambo, Walter (2011)*

Para la generación del mapa de susceptibilidad final se consideraron 4 variables, geología, pendiente, geomorfología y cobertura vegetal , para lo cual se utilizó el método de suma de rangos (Janssen y Van Herwijnen, 1994) para la asignación de pesos a las variables conjuntamente con el método heurístico para la asignación de peso de los componentes individuales de cada variable, aplicando la herramienta ***suma ponderada***

en software ArcGis 10.1, que además de ponderar, combinó los mapas raster incorporando los pesos asignados por la importancia a que se produzcan deslizamientos.

El criterio utilizado para la asignación de pesos y su fórmula de aplicación por el método de suma de rangos se especifica en la siguiente tabla.

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 5: *Asignación de peso por el método de suma de rangos.*
Fuente: *Janssen y Van Herwijnen (1994*).

$$Wk = \left[\frac{n+1-k}{\sum_{i-n}^{n}(n+1-i)}\right]$$

Fuente: *Elaborado por el autor a partir de Janssen y Van Herwijnen (1994)*

Para la reclasificación del grado de susceptibilidad se basó en los criterios de Sarkar y Kanungo 2004.

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

Tabla 6: *Criterios para determinar la susceptibilidad.*
Fuente: *Sarkar y Kanungo, 2004.*

6. RESULTADOS

6.1. Descripción biofísica del sector

La ciudad de Loja y su entorno suburbano se encuentran ubicados al Sur de la Región Interandina (Sierra) de la república del Ecuador, en el valle de Cuxibamba, a 4º de latitud Sur. Tiene una extensión de 5.186,58 ha (52 km^2).

Administrativamente el sector de estudio limita: Norte con la Urbanización APUL, al Sur con el barrio Capulí, al Oeste con la ciudadela Julio Ordoñez y al Oeste con la Universidad Nacional de Loja.

El área de estudio es de 46,70 ha, se encuentra dentro de la provincia Loja y cantón del mismo nombre y a la vez en la parroquia San Sebastián, específicamente en el sector entre la Universidad Nacional de Loja y ciudadela Julio Ordoñes.

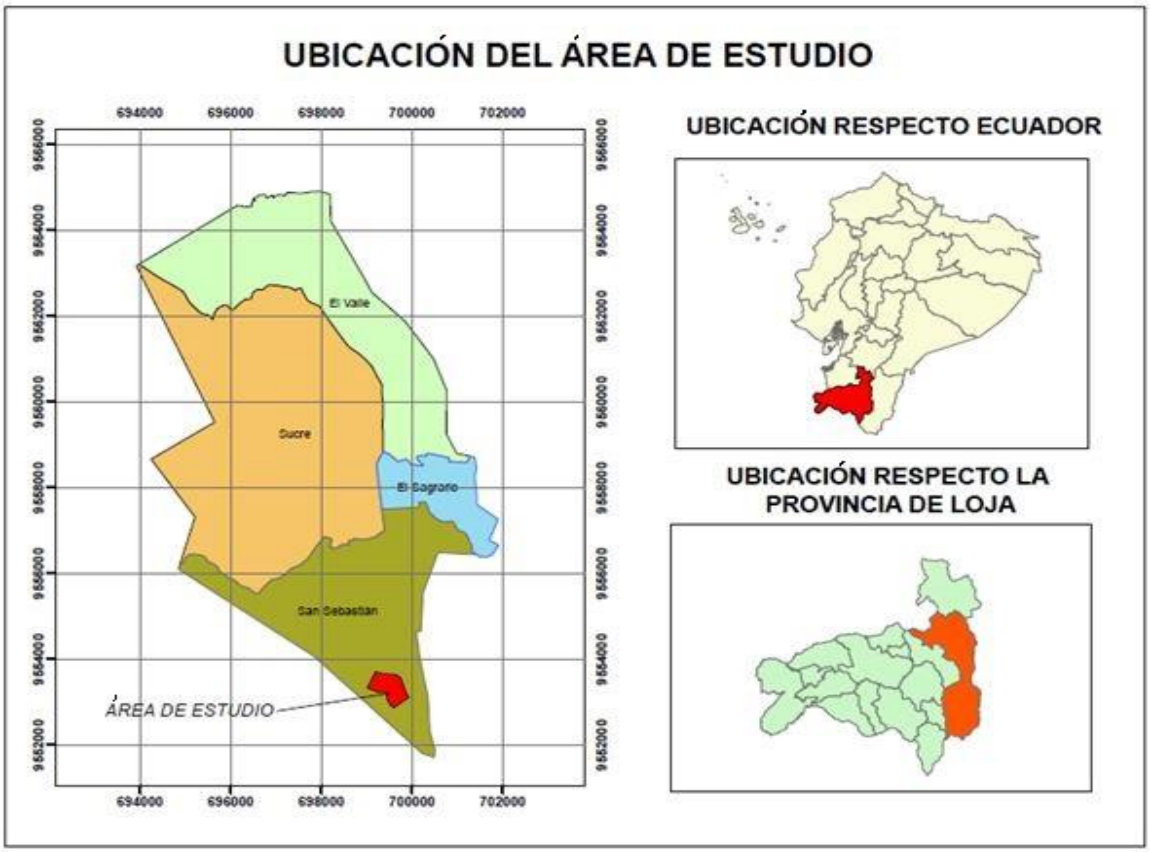


Figura 24: *Ubicación del área de estudio.*
Fuente: *Información cartográfica del GPL de* ***Escala*** *1:25000.*
Elaboración: *El Autor.*

El acceso principal a las urbanizaciones, se lo realiza por vía aérea desde Quito y/o Guayaquil, hasta la ciudad de Catamayo (Aeropuerto Camilo Ponce Enríquez), después se debe continuar por vía terrestre 33.39 km a través de la carretera Catamayo - Loja.

En la ciudad de Loja se puede acceder por medio de la Av. de Integración Barrial Ángel Felicísimo Rojas o por Av, Manual Carrión Pinzano siguiendo por la Pio Jaramillo Alvarado intersección en dirección Norte - Sur, hasta llegar al sector de la Universidad Nacional de Loja.

6.2. Clima

El clima de la ciudad de Loja es templado ecuatorial sub-húmedo, puesto que se asienta en la cuenca alta del Zamora, influenciado por el clima tipo amazónico y los vientos alisios, cuyos pequeños valles y mesetas se encuentran sobre los 2000 m.s.n.m.

La temperatura media del aire es de 17º C y oscila entre los 14 y 21 °C La oscilación anual de la temperatura es de 1.5 ºC generalmente cálido en el día y frio-húmedo en la noche donde los meses de menor temperatura fluctúan entre junio y septiembre, siendo julio el mes más frío. De septiembre a diciembre se presentan las temperaturas medias más altas, sin embargo en esos mismos meses se han registrado las temperaturas extremas más bajas. Particularmente en el mes de noviembre se registra el 30% de las temperaturas más bajas del año según los registros de la última década (INAMI)

La humedad relativa del 75% fluctuando entre 69 y 83% siendo de diciembre a junio los meses de mayor humedad y menor de julio a noviembre. Por otro lado los vientos se desplazan en velocidades de 1 y 4.3 m/s los meses con mayor fuerza de vientos son junio, julio y agosto; y su dirección es desde el Nor- Este.

El soleamiento que presenta el valle de Loja, es de cerca de 1.600 horas al año, con valores más altos en los seis últimos meses, siendo noviembre el que detecta la mayor cifra de horas de brillo solar/día siendo de 5.3 horas/día

En lo que respecta a las precipitaciones de lo registrado desde el año 2000 hasta el 2010 se tiene un promedio anual de 966.1 mm registrándose como los meses con menores precipitaciones mayo a septiembre, el mes de marzo es el que registra mayor cantidad de precipitación. Cabe señalar que durante el año 2008 la cantidad de lluvias aumentó considerablemente evidenciándose una de las épocas invernales con mayor fuerza en la ciudad de Loja. (Tabla 7).

Datos de precipitación (mm/año): LA ARGELIA													
	Enero	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**	**Julio**	**Agosto**	**Septiembre**	**Octubre**	**Noviembre**	**Diciembre**	**PRECIPITACIÓN ANUAL**
2003	152,1	178,5	192,1	105	81,8	86,8	37,1	50,3	67,7	31,6	25,4	57,6	1066,0
2004	82,8	116,6	68,3	69,8	67,3	86,9	81,2	52,1	42	35,5	128	98,3	928,8
2005	102	92,2	53,5	126,7	68,2	39,2	62,8	5,9	18,2	67,7	71,4	70,6	778,4
2006	80,3	113,3	188	68,8	92,4	53,9	34,1	6,9	25	73,3	56,5	106,8	899,3
2007	48,1	119	177,6	198,7	46,5	85,4	47,5	12,1	25,2	125,8	95,3	96,3	1077,5
2008	46,4	134,5	173,6	157,6	33	79	15,3	13,4	18,1	86,2	62,5	98,3	917,9
2009	138,1	88,8	188,3	82,7	33,6	78,5	33,7	13,2	22,5	37,2	93,1	90,6	900,3
2010	50,1	66,3	93,5	99,1	80,7	120	11,3	152,4	55	55,7	153,3	77,6	1015,0
2011	62,3	251	237,9	137,8	74,6	51,3	89,5	89,7	20,6	136,4	102,9	126,3	1380,3
2012	133	90,2	134,4	93,1	43,3	29,8	55,7	61,9	55,6	69,7	26	118,4	911,1
PROMEDIO DÉCADA													**966,1**

Tabla 7. *Precipitaciones en la ciudad de Loja.*

Fuente: *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología* ***–*** *INAMHI (Datos de la última década).*

6.3. Geología Regional

6.3.1. Geología

La cuenca de Loja se localiza en las estribaciones occidentales de la Cordillera Real que comprende un cinturón metamórfico de edad variada entre Paleozoico y Jurásico formada por divisiones litotectónicas separadas por fallas o suturas regionales con rumbos NNE. Estas divisiones comprenden unidades que muestran un grado de coherencia litotectónica y son de Este a Oeste: Zamora, Salado, Loja, Alao y Guamote.

6.3.2. Geología regional

La ciudad de Loja se encuentra ubicada sobre una cuenca de origen lacustre de edad miocénica (hace 26 millones de años); las rocas más antiguas de época paleozoica (560 millones de años) están constituyendo el basamento de la cuenca. Toda la serie terciaria. Incluso los depósitos cuaternarios más recientes de este valle han sido afectados por movimientos de compresión que han originado levantamientos o hundimientos. Así han aparecido pliegues más suaves en el lado occidental de la hoya y con pronunciada pendiente en la parte oriental.

En lo que corresponde a la época del Mioceno y Paleoceno estas pertenecen al periodo terciario. “Toda la serie terciaria, incluso los depósitos cuaternarios de este valle han sido afectados por movimientos de comprensión, que han originado levantamientos o hundimientos. Así, han aparecido pliegues más suaves en el lado occidental de la hoya y con pronunciada pendiente en la parte oriental, lo cual ha originado serios problemas en la construcción de obras civiles.

6.3.2.1. Basamento Metamórfico

El metamorfismo de la parte sur de la Cordillera Real es denominado Serie Zamora (Kennerley 1973) la edad supuesta es el paleozoico. Litherland et al. (1993,1994) dedujo que las series metamórficas de calidad inferior están agrupadas por filitas, esquistos grafíticos, cuarcitas, metalimolitas que pertenecen a la Unidad Chiguinda de edad Devoniana a Permiano; que aflora en la parte occidental de la Cuenca de Loja y en la parte oriental Loja-Zamora. Sin embargo en Tierras Coloradas la presencia de Gneis de grano medio sugiere que pertenecen a la Unidad Agoyán (Litherland et al 1994).

6.3.2.2. Estratigrafía de la cuenca de Loja

Esta cuenca intramontañosa, presenta facies arenosas, lacustres y fluviatiles, un basamento metamórfico-volcánico mixto, rocas de origen continental, una tectónica sinsedimentaria; y un volcanismo Neógeno contemporáneo al desarrollo de la misma. Estas rocas sedimentarias afloran en casi todos los cortes de carreteras y caminos desde la ciudad hacia las periferias, y en las quebradas y pequeños valles cerca de las estribaciones de las dos cordilleras.

Kennerley, (1973). La cuenca de Loja a lo largo de su evolución a adquirido una forma elíptica elongada en dirección N-S. La secuencia sedimentaria de esta cuenca ha sido estudiada y descrita por varios autores como Kennerley (1973), Hungerbühler et al (2002), Steinmann et al (1999) y Noblet et al (1988). Las series sedimentarias en la cuenca de Loja están tectónicamente divididas por una falla inversa importante post-deposicional de convergencia al W, en dos partes, una oriental y otra occidental; y diferentes secuencias de sedimentos en sus límites mutuos (Hungerbühler et al, 2002). Dichas series yacen discordantemente sobre el basamento a los dos lados de la cuenca (Litherland et al, 1994).

En resumen predominantemente la cuenca de Loja está formada por dos tipos de rocas las metamórficas y sedimentarias que principalmente son arcillas conglomerado, areniscas y mantos calizos. Las arcillas son el material rocoso más abundante mientras que los conglomerados se caracterizan por ser compactos desde el punto de vista físico-químico que afloran a la parte Este de la ciudad. Los mantos calizos dieron origen a suelos de buena calidad y conforman la zona de relieve bajo y erosionado del valle.

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). Estas rocas por su constitución son elementos frágiles del paisaje y frecuentemente producen deslizamientos o derrumbes**.**

Sobre el área de estudio se encuentra influenciada principalmente por dos formaciones geológicas conformadas por rocas sedimentarias que se describen a continuación.

- **Formación San Cayetano (Ms) (Mioceno Tardío a Último)**

Está expuesta al Este de la falla de cobijadura a lo largo del río Zamora. La formación puede ser dividida en tres miembros con límites transicionales.

El miembro inferior de areniscas, contiene capas de areniscas y algunas pequeñas capas de conglomerados y varias capas de carbón. Una capa intermedia del miembro limonitas que contiene lutitas laminado de color gris y blanco, con abundantes capas de diatomita y algunos piroclastos horizontales, con una rica microflora y gastrópodos (en parte silicificado con dos intercalaciones distintas de 3-5 m espesor de capas de brecha). El miembro superior de areniscas tiene una litología similar a la intermedia, pero generalmente muestran una tendencia de depositación estrato creciente. Tiene una edad del Mioceno Tardío a último.

- **Formación Quillollaco (MPl) (Mioceno Tardío)**

Está presente al Este y Oeste de la cuenca de Loja, sobrepuesto al resto de formaciones por una discordancia angular. La formación alcanza espesores hasta un máximo de 600 m, al este de la ciudad de Loja. La formación está dominado por conglomerados muy granulados con pocas intercalaciones de areniscas interestratificadas, sus clastos son metamórficos redondeados filitas, esquistos, cuarcitas vetas de cuarzo y esquistos de hasta 50 cm de diámetro.

Su espesor varía entre 600 m. al sur de la cuenca, 100 m en la parte central y 500 m. en la parte este de la cuenca. Los sedimentos muestran una facies típica asociada de un ambiente de abanico aluvial con depósitos detríticos dispersos dominado por canales fluviales, se sugiere una edad del Mioceno Tardío.

6.3.3. Geología Estructural

Abad, (2006). La cuenca se encuentra dividida en un área Oriental y otra Occidental por efecto de una falla longitudinal N160-N170º, que coincide con el curso actual del río Zamora; y, la cual se activó durante la depositación de la Fm San Cayetano.

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

Loja de edad Mioceno (15-10 Ma) han sufrido un volcamiento producto de la acción de una falla de edad Mioceno Tardío ubicada en el margen oriental.

Esta misma falla causó la superposición de las rocas metamórficas del Mesozoico sobre los sedimentos del Mioceno y un acortamiento adicional evidenciado por pliegues abiertos en la Fm Quillollaco. Simultáneamente se dio un plegamiento originando formas isoclinales cuyos ejes son paralelos a la falla. (Ver Figura 29).

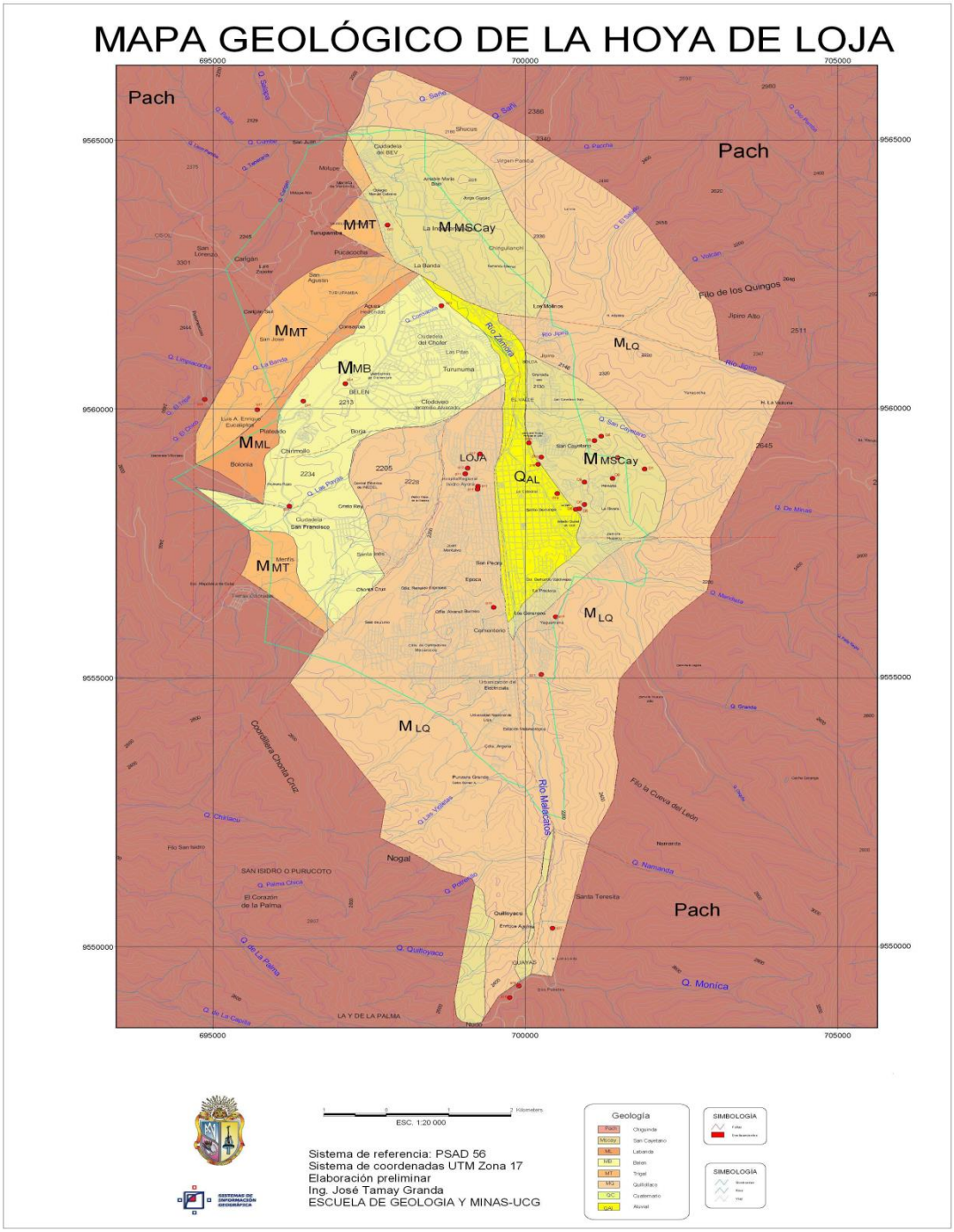


Figura 25: *Mapa Geológico de la hoya de Loja Escala 1:25.000*
Fuente: *UCG de la Universidad Técnica Particular de Loja.*

6.4. Relieve

Kennerley, (1974). El actual valle de Loja se encuentra dentro de la cuenca de Loja de origen lacustre del terciario, que tiene una forma elíptica, alargada de Norte a Sur, con aproximadamente 25 km en el eje N-S y 10 km en el eje transversal

Se encuentra conformado a lo largo y angosto (20Km x 4 Km), con relieve no muy pronunciado hacia el sector Norte relieve colinado y abierto hacia el oeste y abrupto hacia el este. La topografía es más o menos plana del valle al centro y llega hasta el barrio Motupe (unos 10 Km de longitud), justo donde se asienta la actual ciudad y sus barrios suburbanos septentrionales.

Abad, (2006). La morfología general de la cuenca presenta las siguientes características

- Una zona central, topográficamente baja (2 050 - 2 200 m s.n.m), que ocupa el eje principal de la cuenca, donde se asienta la ciudad de Loja, con un relieve casi plano y cubierta por material aluvial, el cual denota el curso de drenaje N-S del Río Malacatos, con un gradiente longitudinal que varía entre 3º y 6º.
- Una zona premontaña, que comprende los bordes sedimentarios que actúan como límites de la cuenca sedimentaria. Esta zona cubre en parte los declives de las elevaciones circundantes compuestas por rocas metamórficas, con alturas promedio de 2400 m s.n.m. que presentan un relieve moderado, con suaves pendientes en el sentido de la depositación (hacia el Oeste) y muestran grandes y abruptas caídas o desfiladeros en contrapendiente originadas por procesos endógenos y exógenos.
- Una zona de montaña en los bordes Occidental y Oriental de la cuenca, que constituye las estribaciones de las cordilleras con alturas entre 2600 y 3418 m s.n.m, compuesta exclusivamente por rocas metamórficas. Muchas de las quebradas y pequeños drenajes que alimentan los ríos principales nacen en estas montañas

Siendo la geomorfología uno de los parámetros a considerar para la elaboración del mapa de susceptibilidad se realizó una caracterización donde el área de estudio se encuentra entre las cotas que van desde los 2215 hasta 2129 m s.n.m. en las zonas más elevadas. Su morfología presenta relieves variados (Ver tabla Nº 8), desde estados juveniles de desarrollo hasta etapas de madurez. Los sectores planos se ubican en el sector de la ciudadela Julio Ordoñez y otras de pendientes inclinadas en los taludes de la vía y laderas del río Malacatos; que reflejan el proceso de evolución y relleno de la cuenca sedimentaria a lo largo de su historia geológica relegados por la dinámica.

6.5. Hidrología

La cuenca superior del río Zamora u hoya de Loja (230 km2) es parte del gran sistema del río Santiago (27.425 km2 de área drenada), afluente del Marañón–Amazonas y es el asiento de la actual ciudad de Loja. 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 que se unen en el recinto La Juntas a Norte donde cambia radicalmente de dirección hacia al este pasando por Jimbilla y tomando el nombre único de Rio Zamora para desembocar en Océano Atlantico.

GeoLoja, (2010). El río Malacatos Septentrional se desprende del nudo de Cajanuma, integrado por las quebradas Curitroje y Mónica. Aguas abajo engrosan su caudal las quebradas Quilloyacu, Namanda, Granadillo, Moquillo, Nangora y Alumbre. Esta sección del río hasta su unión con el Zamora tiene una longitud de 5,3 km.

El río Zamora Huayco nace al sureste de la ciudad de Loja, a través de las quebradas Simón, del Carmen y San Isidro; sus principales afluentes son las quebradas Mendieta y Los Pizarros. Hasta la unión con el Malacatos Septentrional, hace un recorrido de 10,25 km

GeoLoja, (2007). La afluentes de alimentación del caudal de los ríos forman una red detrítica. Al unirse forman el río Zamora que recorre un tramo de aproximadamente 24 km de Sur a Norte hasta el sitio de confluencia con el río Las Juntas. En este recorrido recibe los aportes hídricos de las quebradas La Banda, Las Lágrimas, Masaca y Solamar, por la margen izquierda; y del río Jipiro y las quebradas San Cayetano, Chinguilanchi, Zañy, Shucos, Paccha, Ciudadela, Florencia y Mamanuma, por la margen derecha.

Abad, (2006). Los caudales de estas corrientes son en la mayoría de casos poco considerables. Hay una mayor densidad de drenaje en la parte oriental de la cuenca (estribaciones de la Cordillera Real), básicamente debido a la baja conductividad hidráulica de las rocas metamórficas que limita la infiltración; y también a la mayor cantidad de lluvias (precipitación media mensual de 160 mm, Estación Zamora). En contraste, la parte central y occidental de la zona de estudio, presenta un drenaje espaciado subparalelo, debido a la presencia mayoritaria de rocas sedimentarias, más erosionables y meteorizadas.

El área de estudio se influenciada por el rio Malacatos al sector Este teniendo una dirección Sur-Norte que recorre aproximadamente 0.74 km y por otra parte una

laguna natural ubicada al Oeste-Sur cerca de la ciudadela Julio Ordoñez.

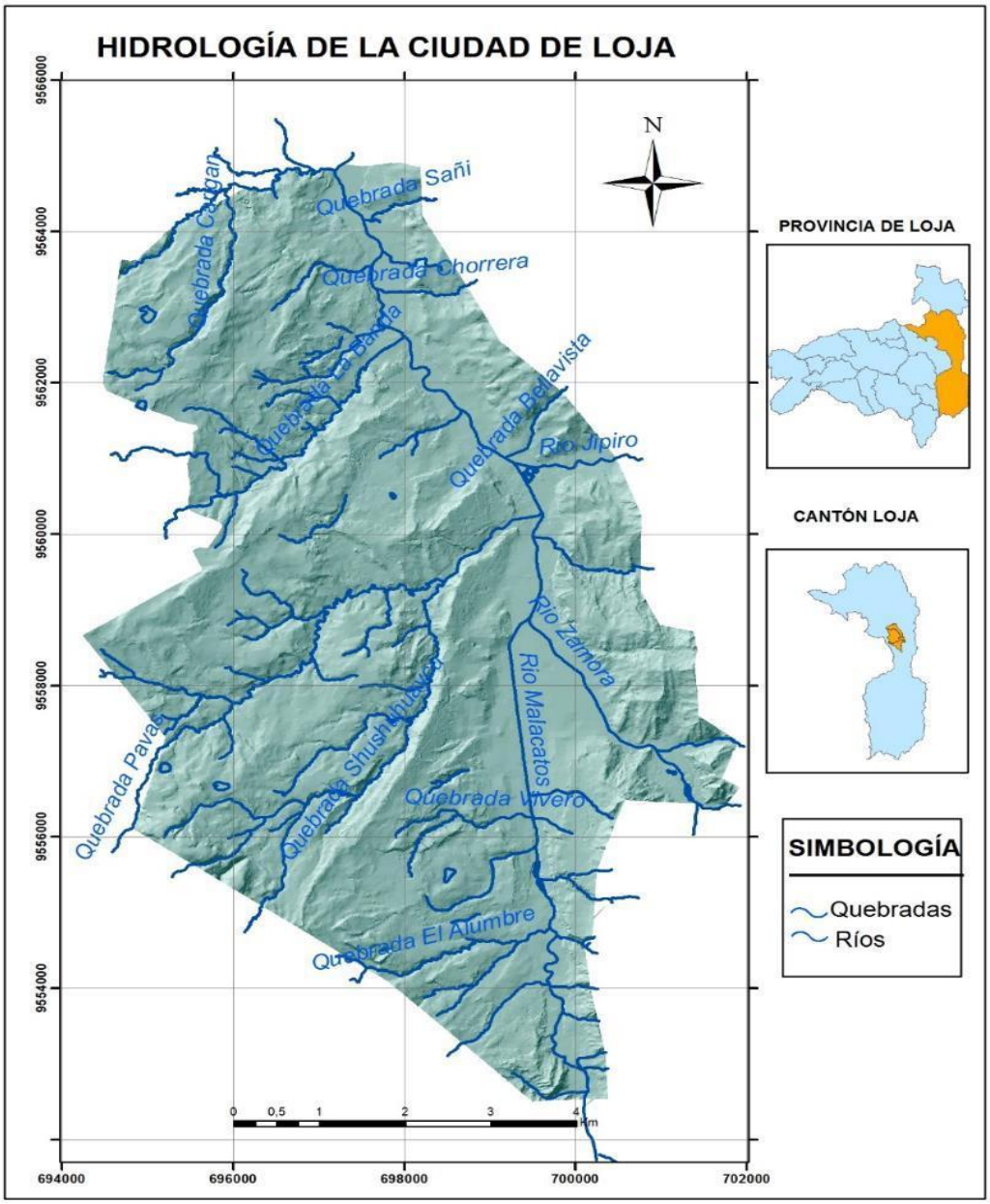


Figura 26. *Hidrología de la ciudad de Loja.*
Fuente: *Información Cartográfica escala 1: 5 000 base GPL.*
Elaboración: *El autor*

6.6. Vegetación

La vegetación del área de estudio se encuentra básicamente representada por dos tipos que son característicos de acuerdo a la ubicación en la que se encuentran:

Un bosque de montaña baja, que se extiende sobre diversas colinas, en las que se encuentran plantaciones de *Alnus acuminata Kunth* (Aliso), *Pinus patula* (Pino), *Eucaliptus globulus labil* (Eucalipto), de igual forma se observa dentro de este mismo tipo la vegetación silvestre típica de la zona como *Bacharis obtusifolia* (Chilca redonda), *Gynoxys sp* (Chilca), *Oreocallis grandiflora* (Cucharillo), *Pterydium sp* (Llashipa), y

diversos tipos de pastizales como: *Melinis menutiflora* (Pasto), *Holcus lanatus* (Holco,) *Cuphea racemosa* (Hierba de toro), *Tridium repens* (Trébol blanco), *Pennnisetum clandestinum* (KuiKuyo).

Sierra. (1999). El otro tipo, de vegetación baja, ubicado en valles y llanuras, compuesto principalmente por cultivos de hortalizas, cereales, frutales y árboles ornamentales junto al río Malacatos, etc. y áreas urbanizadas de la ciudad de Loja.

El mapa de cobertura vegetal fue uno de los parámetros utilizados en el análisis final, la elaboración del mismo se detalla en los siguientes resultados específicos.

6.7. Datos Socio Económicos

6.7.1. Población

Según el Censo de Población y Vivienda realizado el 28 de noviembre del año 2010 realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, el cantón Loja tiene una población de 214855 personas, que corresponde al 47% de la población de la provincia, la cual tiene 448966 habitantes**.**

En el cantón Loja la población urbana asciende a 170280, que representa el 79.3% de la población total. En el área rural, viven 44575 personas, que representa el 20.7% de la población.

La ciudad ha sido reconocido internacionalmente como de riqueza cultural, artes plásticas y cerámicas, es la cabecera cantonal donde viven 180 617 habitantes, el 47.96% son hombres (86 631 habitantes) y el 52.03% son mujeres (93 986 habitantes).

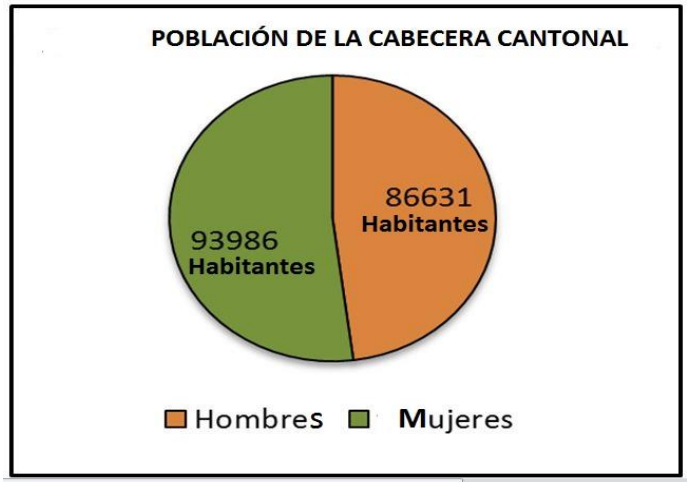


Figura 27: *Población por sexo de la cabecera cantonal*
Fuentes: *VII censo de población y VI de vivienda del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos 2010*

La *tasa de crecimiento* poblacional es mayor a nivel de ciudad (4.03%) con respecto al cantón (2.27%), debido a factores como la emigración interna. En el área periférica la tasa de disminución de la población es significativa (-9.23%), esto demuestra que la población tiende a concentrar en la parte urbana.

En el ámbito de los grupos étnicos culturales, el *2.6%* de la población de Loja se auto identifica como Indígena, el *2.5%* como afroecuatoriana y *1.1%* como montubia. El restante *93.9%* se autoidentifica como mestiza y otra.

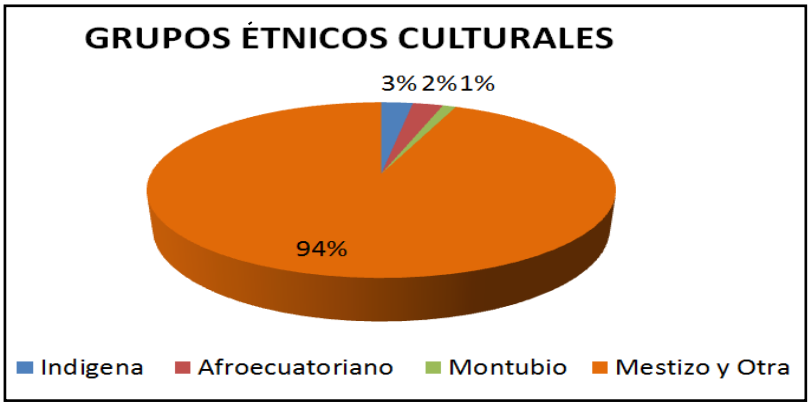


Figura 28: *Grupos étnicos de la cabecera cantonal de Loja*
Fuentes: *VII censo de población y VI de vivienda del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos 2010.*

6.7.2. Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)

En la cabecera cantonal se acumula el 84.06% de la población del cantón Loja que equivale a 180617 personas. En la cabecera cantonal viven 20662 personas pobres extremas por NBI y 43220 pobres no extremos por NBI, que corresponden al 11.44% y 23.93% de su población respectivamente. Del total de pobres extremos por NBI en el cantón Loja el 56.63% se concentran en su cabecera cantonal y del total de no pobres extremos por NBI el 77.66%.

En los estudios de Impacto Ambiental de la Constructora Técnica General de Construcciones (TGC) enuncia que los pobladores de la ciudadela Julio Ordoñez tienen todos los servicios básicos.

6.7.3. Economía y Población Económicamente Activa (PEA)

En el ámbito del empleo, en el cantón la Población Económicamente Activa es de 82.1 mil personas. De los cuales más de la mitad (59%) son hombres. El 94.5% de la PEA está ocupada. La principal rama de actividad de la PEA es el comercio al por mayor y menor (20.7%), construcción (10.7%), enseñanza (10.6%) industrias manufactureras

(8.5), agricultura ganadería y pesca (7.9%), administración pública (7.6%), transporte y comunicación (6.2%) y el resto de la población se dedica a otras actividades (27.8%).

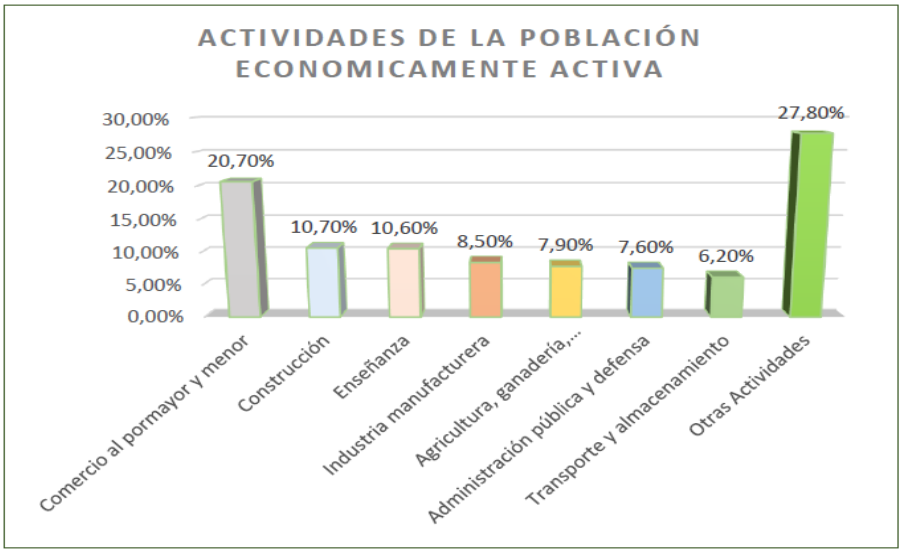


Figura 29: *Actividades de la población económicamente activa PEA.*
Fuentes: *VII censo de población y VI de vivienda del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos 2010.*

GeoLoja (2007), el incipiente desarrollo de la industria, entre otros factores como el aislamiento y las vías de comunicación inadecuadas, obedece a que los lojanos en su mayoría no han logrado derivar los procesos de acumulación de capital hacia otros sectores productivos, destinando, en muchos casos sus recursos predominantemente a vivienda, bienes de consumo y procesos de especulación financiera a través de los bancos.

La población económicamente activa (PEA) de los barrios en estudio, se dedica principalmente a las actividades de docencia, comerciales, empleados públicos y privados, de docencia dentro y fuera del cantón Loja, obreros, albañilería que ofertan su mano de obra en la ciudad y en otras ciudades del país.

6.7.4. Vivienda

Por otro lado, en el ámbito de la vivienda hay 35.5 mil personas que residen en hogares sin agua entubada, que representa el 16.7% de la población del cantón. Asimismo, 16.9 mil personas residen en hogares sin conexión a sistemas de eliminación de excretas. El 5.8% de la población reside en viviendas de tipo mediagua, ranchos, covachas, u otras. Además hay 3640 personas que residen en viviendas sin electricidad.

Por los procesos de migración interna de la provincia las viviendas y departamentos de la ciudadela Julio Ordoñez han sido adquiridas en su gran mayoría por docentes que

trabajan a nivel de la provincia, o personas que lograr obtener estabilidad laboral en la ciudad, mismos que a su vez dan en arriendo los departamentos ya sea para estudiantes, empleados o trabajadores que prestan sus servicios dentro y fuera de la ciudad.

6.8. Caracterización de las variables

6.8.1. Topografía

Con los datos obtenidos de Campo se procede a la descarga de los archivos para realizar el procesamiento de la información con el software ArcGis 10.1 para la digitalización y análisis de la información.

En el mapa generado se representó viviendas, vías, quebradas, deslizamientos, entre otras a escala 1:5000, con curvas de nivel secundarias a 1 metro y las principales cada 5. El área total es de 46.7 Ha con aproximadamente 0.9 Kilómetros lineales a 200 metros del eje de la vía toda la información georeferenció con el Datum WGS84, zona 17Sur

La cota mayor es de 2215 m s.n.m en el sector de la Ciudadela Julio Ordoñez y las más baja a 2129 m s.n.m en las riberas de Río Malacatos y el estadio alterno de la Universidad Nacional de Loja. La topografía en general es moderadamente accidentada a excepción por los taludes de la vía al construirla.

El área de estudio en la parte Nor-Este es relativamente plana, teniendo como infraestructura importante el monumento, campus universitario del Área Agropecuaria y Jurídica social y Administrativa y la Estación Meteorológica la Argelia de la Universidad Nacional de Loja. En la parte Nor-Oeste se asienta la urbanización Julio Ordoñez y por otro lado en el sur las únicas pendientes pronunciadas son los taludes de las vías donde el área en general está recubierta de vegetación arbustiva.

A las riveras de río se presentan laderas pronunciadas con inclinaciones de más de 50º grados en el lado occidental mientras que en el lado oriental es la topografía plana con cultivos y pastizales.

MAPA TOPOGRÁFICO

6.8.2. Geología local

El área de estudio se sitúa al sur de la cuenca sedimentaria de Loja con predominancia de la formación Quillollaco que se formó en el Mioceno Tardío cuya potencia es de máximo de 600 metros. Locamente está conformada por capas de color amarillento a café que son de conglomerados, basamento de las arcillas y arcillolita de poca potencia con orientaciones NNE de las capas.

Se inventarió 10 afloramientos originados por la construcción de la vía y otros de origen natural en los cuales se midió los elementos estructurales de las capas encontradas, diferenciándose tres tipos de geomateriales; las arcillas, conglomerados y arcillolitas que se describen a continuación.

En la siguiente tabla se describen los puntos de afloramientos descritos en el campo y medidas estructurales en donde fue posible la toma:

Nº	X	Y	Z	RUMBO	BUZAMIENTO	LITOLOGÌA
1	699157.0	9553461.7	2165	N 22 W	24	Arcillas, arcillolita
2	699471	9553442	2163	---	0	Conglomerado, arcilla negra
3	699546.3	9553395.4	2176	N 22 w	30	Conglomerado, arcillolita
4	699613.1	9553142	2167	N 51 E	31	Conglomerado, Arcillas
5	699621.4	9553155.2	2167	N 24 W	21	Arcillas Argilizadas
6	699740.8	9552963.9	2167	N 23 W	29	Arcillas y arcillas argilizadas
7	699487	9553125	2185	--	0	Arcillas
8	699549.2	9553284.6	2130	N 20 W	31	Conglomerado, Arcilla
9	699699.5	9553364.6	2132			Depósitos aluviales
10	699773	9553244	2199			Depósitos aluviales

Tabla 8: *Afloramientos descritos en campo.*
Fuente: *El Autor*

Descripción de los afloramientos.

Afloramiento 1. Este afloramiento se ubica al Norte a la entrada del área de estudio a lado oeste, es un talud construido por la apertura de la vía de integración barrial y su estado de alteración es bajo.

Litológicamente se compone de arcillas, arcillolita, y conglomerado ordenadas preferentemente verticalmente con direccionan N 25º E y buzan 42º al Este. La arcilla se presenta con coloraciones de gris claras a anaranjada por el alto índice de meteorización al que ha sido sometido, las arcillolitas tienen un color más oscuro gris mientras que los conglomerados sus clastos tienen un diámetros homogéneos de máximo de 8 cm con una matriz arcillosa plástica de coloración amarillenta a gris claro.

Figura 30: *Afloramiento 1.*
Fuentes: *El Autor.*

Afloramiento 2. Se encuentran a continuación del anterior al lado Este de la vía es un talud con un estado de alteración es bajo**.**

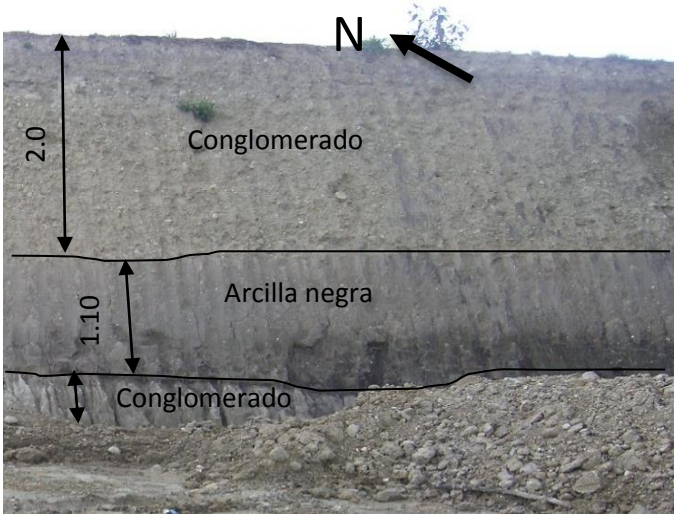


Figura 31: *Afloramiento 2.*
Fuentes: *El Autor.*

En la figura anterior se puede apreciar capas intercaladas de conglomerado con arcillas negras, La primera es de conglomerado presenta coloración de café a amarillento con pequeños clastos que no sobrepasan los 5 cm de diámetro. La arcilla negra ubicada en la parte céntrica de talud es de color café oscuro a negros y al último el conglomerado que tiene similares características al de la primera capa.

El orden de la capas se debe probablemente a la ocurrencia de un deslizamiento antiguo que coloco a la arcilla sobre el conglomerado (formando un coluvión).

Afloramiento 3. Este afloramiento con estado de alteración bajo, se ubica cerca del anterior es un talud construido como medida de prevención ante deslizamientos con 2 Bermas de seguridad de 2.30 m es decir es un retaludamiento.

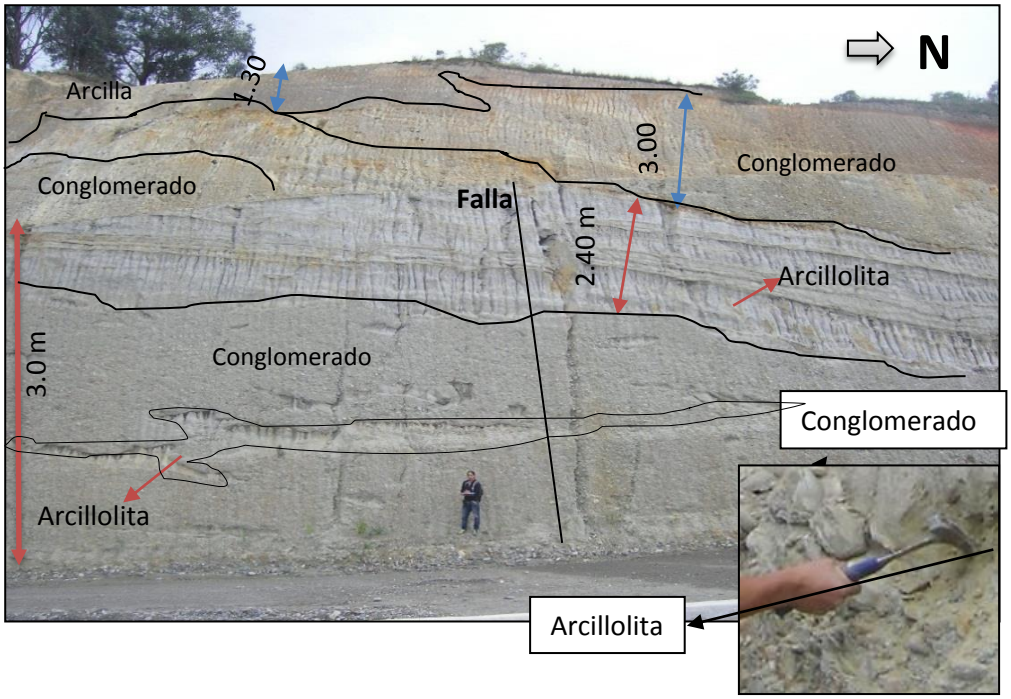


Figura 32: *Afloramiento 3.*
Fuentes: *El Autor.*

En el presente talud se pueden apreciar en la parte superior arcilla con potencias de 1.30 m con coloración de rojizas a amarillas seguidamente se aprecian a los conglomerados cuyos clastos son de color blanco mayoritariamente con diámetros de hasta 4 cm. En la parte céntrica del Talud se observa una capa inclinada de arcillita de color gris claro con finas capa de arcilla. Y por último el conglomerado con matriz arcillosa gris claro con grano grueso además los clastos de éste conglomerado son de mayor tamaño a los de la parte superior**.** Estructuralmente los materiales Buzan 30º al Este en rumbo de N22W.

Además se identificó un micro falla inversa con un desplazamiento de un bloque con respecto a otro de aproximadamente 7 cm por tanto su incidencia no es perceptible cuyos medidas estructurales son. Rumbo: N22°E y buzamiento 70 al Oeste

Afloramiento 4: Se ubica al lado Oeste de la vía y su estado de alteración es bajo, es un talud con una berma de seguridad de 2.20 m.

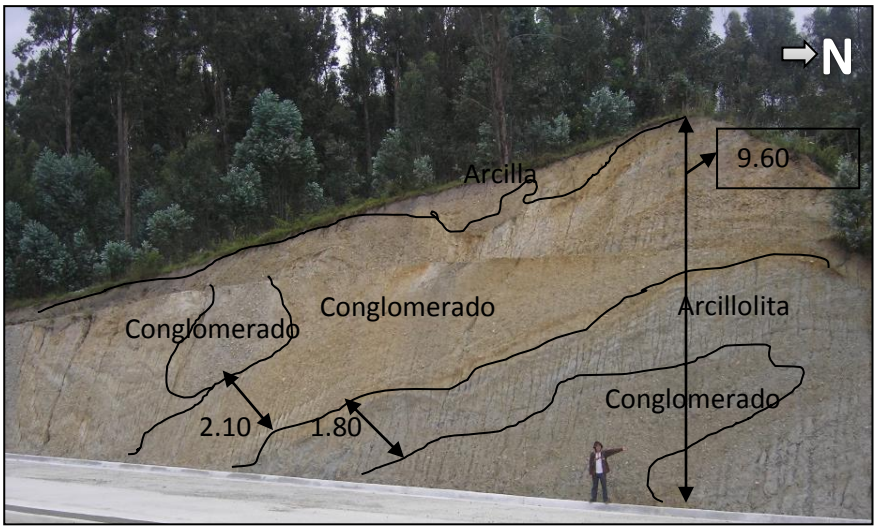


Figura 33: *Afloramiento 4.*
Fuentes: *El Autor.*

En la figura 32 se puede apreciar en la parte superior arcillas de color amarillo claro a gris claro de poca potencia de 1.0 m. El conglomerado es el que mayormente se aprecia y presenta coloraciones amarillas rojizas a cafés claro, los clastos tienen diámetros de 4 cm en su mayoría de color blanco (cuarcitas). También se aprecian arcillolitas con potencias entre los 1.80 m de coloraciones grises claras.

Aunque las capas no se presentan en forma ordenada se obtuvo las siguientes medidas estructurales, determinando que buzan 30º al Este en dirección N51W.

Afloramiento 5. Este afloramiento de igual manera se ubica a lado Oeste de la vía a continuación del anterior, es un talud construido por la apertura de la vía y su estado de alteración es bajo.

Litológicamente se puede apreciar a arcillas de diferentes coloraciones: arcillas amarillas claras, grises oscuras con material orgánicos y arcillas argilizadas rojizas por contener material ferrígeno que se diferencias de la anterior por su tamaño de grano muy fino. Ésta última se pudo haber originado por el enterramiento de material ferrígeno en un régimen turbulento erosional-fluviativo.

Figura 34: *Afloramiento 5.*
Fuentes: *El Autor.*

Afloramiento 6. Este afloramiento se ubica en la parte Sur del área de estudio, es un talud artificial con un estado de alteración bajo.

Litológicamente se aprecian tres capas inclinadas. La primera corresponde a arcilla argilizada con arcillolita de potencia 1.70 m, seguida por una capa e arcilla con conglomerado de potencia de 1.80 y por último de arcilla con arcillolita con 2.0 de potencia. Lac capas tiene una dirección de N60ºW y buzan 26º al Este.

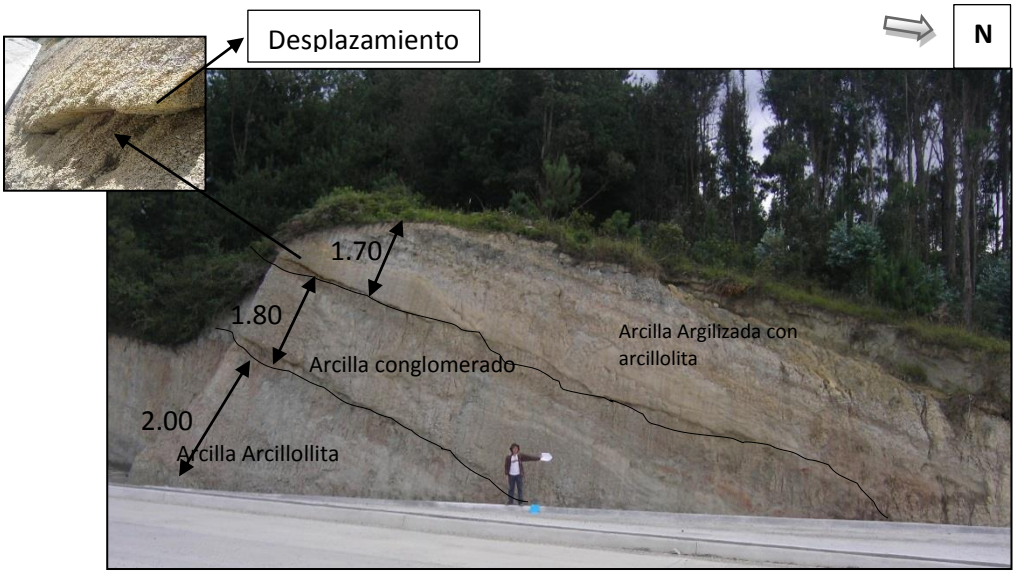


Figura 35: *Afloramiento 6.*
Fuente*: El autor.*

Cabe mencionar que se observó desplazamiento de una capa con respecto a otra de aproximadamente 7 cm producido por filtración y flujo de agua de internamente.

Afloramiento 7. Este afloramiento es originado de forma natural, se lo encuentra en la parte céntrica del área de estudio cerca de la ciudadela Julio Ordoñez.

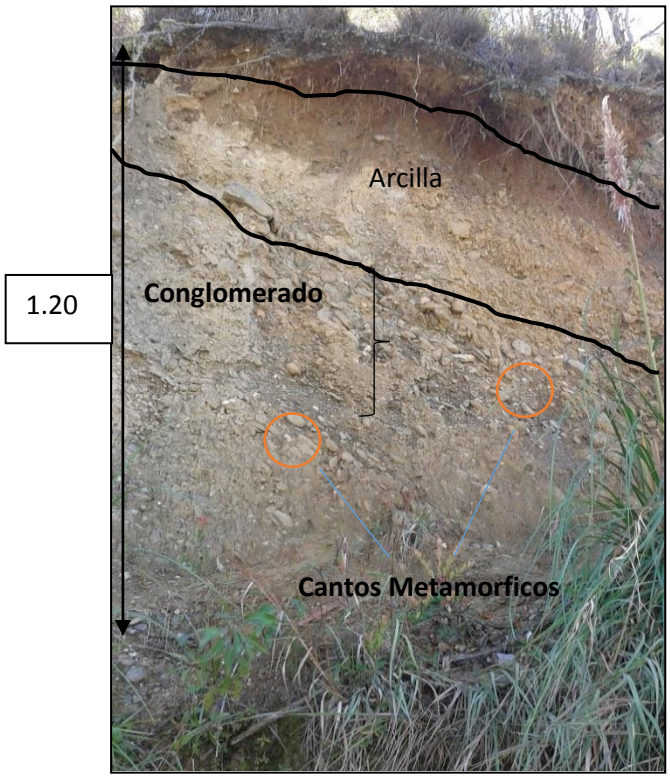


Figura 36: *Afloramiento 7.*
Fuente*: El autor.*

Litológicamente está compuesto por una capa de vegetación de arcilla orgánica de unos 0.10m, seguido de una capa de Arcilla de coloración amarillo claro de 0.30m, y por ultimo una capa de conglomerado con clastos de diámetros de 4 cm cuya potencia es 0.90 m.

Este afloramiento es de origen artificial tiene una altura aproximada de 1.20 m.

Afloramiento 8. Este afloramiento es originado por la apertura de una vía de acceso a la Universidad Nacional de Loja tomando como referencia la vía de integración barrial en sentido Sur-Norte. Adema se ubica cerca de la estación meteorológica la Argelia.

Litológicamente se puede apreciar en la figura 35 la total predominancia de conglomerado, recubierta por vegetación de tipo arbustiva. La arcilla orgánica tien un potencia de aproximadamente 0.10 m, seguido por una capa de 2.3 m de conglomerado con clastos de 4 cm a medida que desciende aumenta el tamaño de los granos.

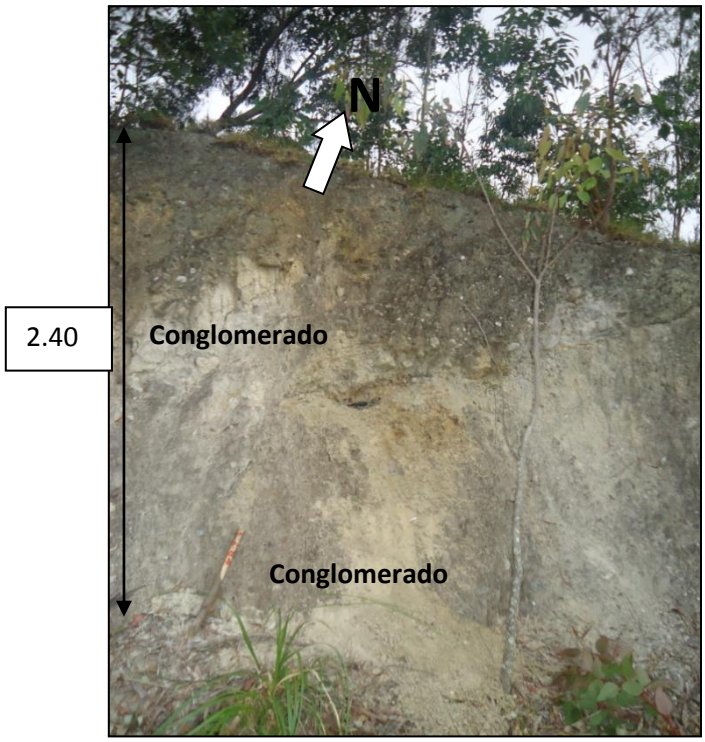


Figura 37: *Afloramiento 8.*
Fuente*: El autor.*

Afloramiento 9 y 10. Los afloramiento 9 y 10, se encuentran aledaños al río Malacatos, son depósitos del cuaternario, que han sido acarreados por miles de años por el afluente y erosión de los flancos Este y Oeste de la cuenca de Loja. Dando como resultado la formación a las terrazas aluviales. Lo que se evidencia por las capas que se han formado de forma horizontal cuando el flujo ha sido laminar.

Figura 38: *Afloramiento 9.*
Fuente: *El autor.*

Figura 39: *Afloramiento 10.*
Fuente: *El autor.*

Se determinó cantos rodados que son de origen metamórfico como cuarcitas, cantos migmatíticos, filitas y esquisto con un grado de redondez que corresponde al 07/09 y sus diámetros en promedio son de 7 cm.

Resumen Técnico.

- **Conglomerados con capas de Arcilla y Arcillolita.**

Los afloramientos de conglomerados se ubican mayoritariamente en la parte céntrica de área de estudio (Afloramiento 2, 3, 4, y 8), constituyéndose por cantos rodados de origen metamórficos (cuarcitas, esquistos, sericíticos) provenientes de la parte superior de la cuenca que no sobrepasan un diámetro de más de 12 cm, la matriz arcillosa es de color café - amarillento a blanquecino, su orientación es de N20º E con buzamientos que fluctúan entre los 21º NW. Además se evidenció incrustaciones de arcillolitas, amarillentas, grisáceas a cafés hasta un máximo de potencia de 40 cm que indica un bajo nivel de estratificación lo que permite suponer que tuvo un régimen muy turbulento al momento de la depositación.

Los conglomerados tienen matriz arcillosa al tacto plástica, de coloración gris clara a amarillentas rojiza. De Norte a Sur muestran una disminución de su diámetro y homogeneidad indicando el periodo de transición a las arcillas.

- **Arcillas Limosas y Arenosas**

Los afloramientos de las arcillas se encuentran en la parte Sur y Centro-Oeste en sectores como en la ciudadela Julio Ordoñez, su granulometría son de grano fino y de cementación variable, se presentan de color amarillento a cafés mientras que en otros lugares son rojizas argilizadas (Afloramiento 5 y 6) evidentes en taludes de la vía, estructuralmente se orienta al Norte con 28º al Este buzando 25º NW, en esta parte del área de estudio los estratos de arcillas varían de unos pocos centímetros hasta 2 metros.

Por otro lado las arcillas argilizadas se pudieron haber formado por enterramiento de material ferrígeno dado por procesos geodinámicos externos como deslizamientos, en donde el régimen tuvo que ser turbulento erosional fluviativo por lo que las capas no muestran un orden secuencial ni paralelo ni vertical.

También se identificó arcillolitas que no son predominantes en el área de estudio se presentan de coloración gris claras a oscuras su potencias varía hasta 1.80 m

- **Depósitos aluviales (Da)**

Son depósitos del cuaternario que se encuentran en el río Malacatos. Estos depósitos han sido acarreados por miles de años por el afluente y erosión de los flancos este y oeste de la cuenca de Loja. Dando como resultado la formación a las terrazas aluviales. Lo que se evidencia por las capas que se han formado de forma horizontal cuando el flujo ha sido laminar. También de evidencia material en donde el flujo ha sido turbulento a continuación se muestran los aforamientos descritos.

Por el grado de meteorización y permeabilidad del material, al recorrer la vía se observó cárcavas de medidas de más de 1 metro de ancho, formadas por erosión hídrica durante la precipitaciones donde los conglomerado y arcilla son poco compactos y consistentes y en su matriz contiene arcillas limosas poco consistentes además de tener un porcentaje menor al 10% de material arenoso.

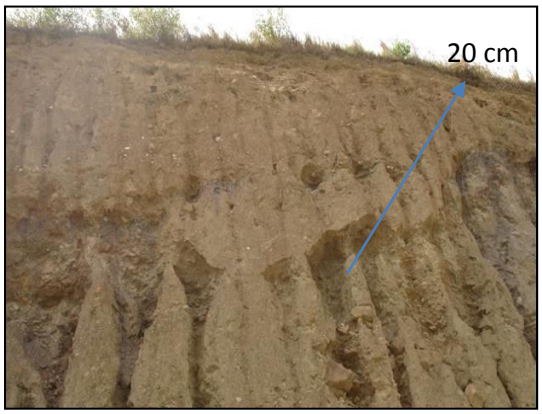


Figura 40: *Cárcavas en conglomerados poco consistentes.*
Fuente: *El Autor.*

Por otro lado se identificó un micro falla inversa en afloramiento 3 con un desplazamiento de un bloque con respecto a otro de aproximadamente 7 cm por lo que su incidencia no es perceptible cuyos medidas estructurales son. Rumbo: N22°E y buzamiento 70° al oeste

Además se identificaron dos deslizamientos, mismos que son de movimiento traslacional, y lentos, significando un peligro para la vía, En el primero de origen antrópico desencadenado por flujo de agua subterránea, proveniente de una laguna en aparte Sur-Oeste de área de estudio, el segundo no muestra actividad reciente pero que es un peligro latente.

MAPA GEOLÓGICO

6.8.3. Geomorfología

El resultado de la interpretación geomorfológica del sector de estudio se realizó a través de un programa de mapeo utilizando la ortografía a escala 1: 5 000 (NVII-B2a-E1 y CARTA NVII_E2) en cuadrícula 1: 50 000 generada a partir de la toma de fotografía aérea 1:20000 con un GSD (Ground Sample Distance) de 30 cm, producidas por el IGM para el proyecto SIGTIERRAS (Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica).

Para determinar las formas en primer lugar se hizo mediante observación de campo y fotografías aéreas y cartas geológicas y para corroborar la información se realizó un análisis de TPI (Índices de Posición Topográfica) con radios de 25, 50 y 100 m generados en el ArcView GIS 3.2 los mismos que fueron pasados al ArcGIS 10.1 para dibujar de mejor manera las geoformas.

La metodología aplicada en la elaboración del mapa de geomorfología fue la implementada por CLIRSEN en proyectos tales como la Generación de Geoinformación para la gestión de territorio a nivel nacional en el año 2010. El resultado fue el mapa Geomorfológico a escala de impresión 1: 5 000 en formato A3; en donde las unidades morfológicas definidas tienen en cuenta una estructura jerárquica según su importancia, como se indica en la Tabla Nº 8, en la misma geomorfológica se muestran las Unidades Morfológicas y Formas de relieve que forman parte de la base de datos, donde además se incluyen los campos de descripción y las características de cada unidad mapeada, además litología y la formación geológica.

El área de estudio muestras las siguientes unidades genéticas:

- ***Formas Estructurales***: Su relieve es de tipo residual, resultante de los procesos de erosión a los que ha sido sometida la mesa, quedando como testigo solo una parte de la cornisa, con pendiente del hasta 15º.
- ***Formas de Origen Fluvial:*** Forma de relieve alargada con pendiente, relativamente plana y de sección transversal estrecha en algunos casos, intercalada entre áreas de relieve más alto y que tiene como eje a un río que fluye generalmente en forma sinuosa. Suele ser inundable en época de invierno. Por tanto se ubican cerca de Río Malacatos y cerca de la laguna que se ubica al Sur-Oeste del área de estudio.
- ***Formas de Origen Estructural y Fluvio Erosional***: Producto de la acción antrópica y luego natural por escorrentías causadas por las precipitaciones. En área de estudio comprender los taludes de la vía y otros sectores de pendiente pronunciada.

LEYENDA GEOMORFOLÓGICA				
U. GENÉTICA	**U. MORFOLÓGICA**	**FORMA DE RELIEVE**	**LITOLOGÍA**	**PENDIENTE**
Formas estructurales	Estructuras monoclinales	Frente de Hogback.	Conglomerados.	(35 – 75)%
		Relleno.	Conglomerados.	(5 – 10)%
		Superficie plana ondulada.	Conglomerados con capas potentes de arcillolitas.	(5 – 10)%
		Laderas Cóncavas suaves.	Conglomerados con capas potentes de arcillolitas	(5 – 40)%
		Laderas plano convexas.	Conglomerados con capas potentes de arcillolitas	(5 – 30)%
Formas de origen fluvial	Llanura de Inundación y terrazas.	Terrazas fluviales inferiores	Sedimentos bien sorteados compuestos por boleos, gravas, arenas y limos	(0 – 5)%
	Valles aluviales	Terrazas fluviales superiores.	Sedimentos bien sorteados compuestos por boleos, gravas, arenas y limos.	(0 – 5)%
	Llanura de inundación y terrazas	Cauce de río.	Sedimentos mal sorteados compuestos por boleos, gravas y arenas.	
	Cuerpos Agradacionales	Depresión.	Sedimentos consolidados.	(0 - 5)%
	Estructuras monoclinales	Escarpe erosional.	Conglomerados.	(12 - 25)%
			Conglomerados.	(12 – 25)%
Formas de origen Estructural - Fluvio Erosional	Estructuras monoclinales	Escarpe erosional.	Conglomerados.	(12 – 25)%

Tabla 9: *Geomorfología de área de estudio.*
Fuente: *Realizada por el autor a partir de Clirsen 2010.*

MAPA GEOMORFOLÓGICO

6.8.4. Pendientes

A partir del Modelo de Elevación Digital generado a partir de las curvas de nivel del levantamiento topográfico se obtuvo el mapa de pendiente en porcentajes. Las cuales se reclasificaron en cinco categorías en base a la pendiente en grados propuesta por Demek en 1992. Seleccionada ya que en el terreno las mayores pendientes no superan los 55º que permitirán un mejor análisis al cálculo de la susceptibilidad que se explica posteriormente.

El sector de estudio después del análisis de pendientes presenta mayoritariamente terrenos planos o casi planos con una superficie de 19.64 Ha que representa el 42.72%, seguido de terrenos inclinados con 10,96Ha, representando el 23.84 %; por otro lado los terrenos moderadamente escarpados representan el 11,56% con 25.15 Ha, y por últimos los terrenos escarpados y muy escarpados representan del 3.27% con 7.11 y 0.26 con 0.26 con una área de 0.58 Ha respectivamente.

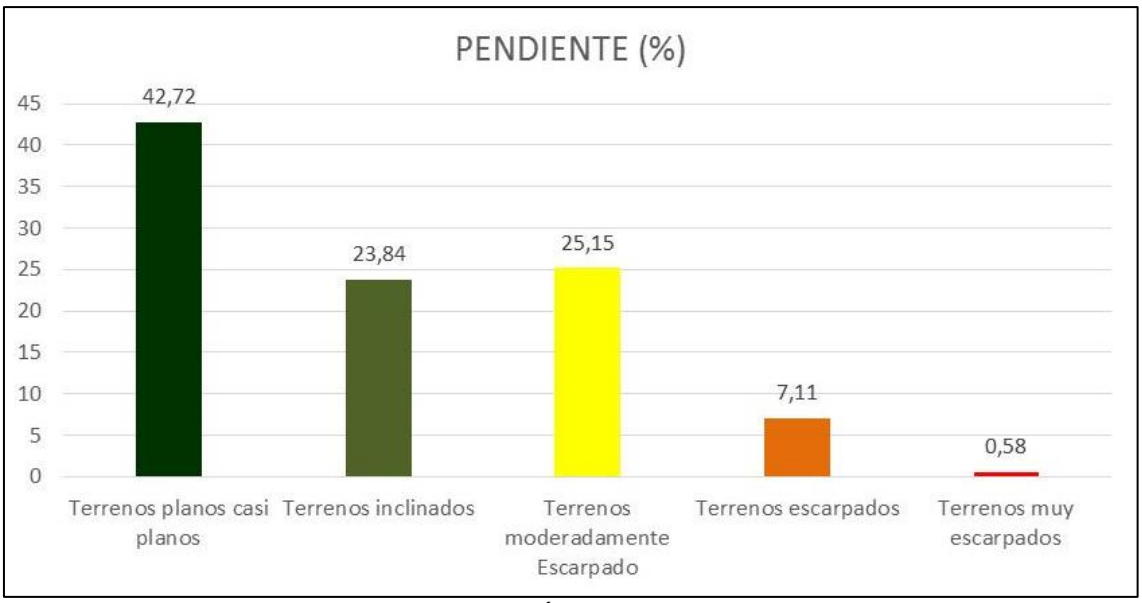


Figura 41: *Comparación del Área en porcentaje de la pendiente.*
Fuente: *El Autor.*

MAPA DE PENDIENTES.

6.8.5. Cobertura vegetal

El mapa de Cobertura se realizó a partir del levantamiento Topográfico y la ortofotografía escala 1:5000 (NVII-B2a-E1 y CARTA NVII_E2)) en cuadrícula 1:50000 generada a partir de la toma de fotografía aérea 1:20000 en el año 2008, generadas por el Instituto Geográfico Militar para el proyecto SIG-TIERRAS (Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica).

Como resultado se obtuvo Mapa de Cobertura Vegetal escala 1:5000 en donde se describen cultivos, zonas arbóreas, pastos, vía, suelo desnudo, zona poblada, características que necesitan un análisis para asignar pesos en el cálculo de la susceptibilidad.

El sector de estudio presenta en mayor cantidad zonas arbóreas con una superficie de 13.68 Ha en algunos sectores son cultivados (eucalipto y pino) y nativos, mientras que la superficie recubierta de zonas pobladas ocupa 9.98 Ha. La vías abarcan un área de 7.15 Ha, el suelo desnudo 5.32 Ha, y los cultivos de ciclo corto con 2.58 Ha.

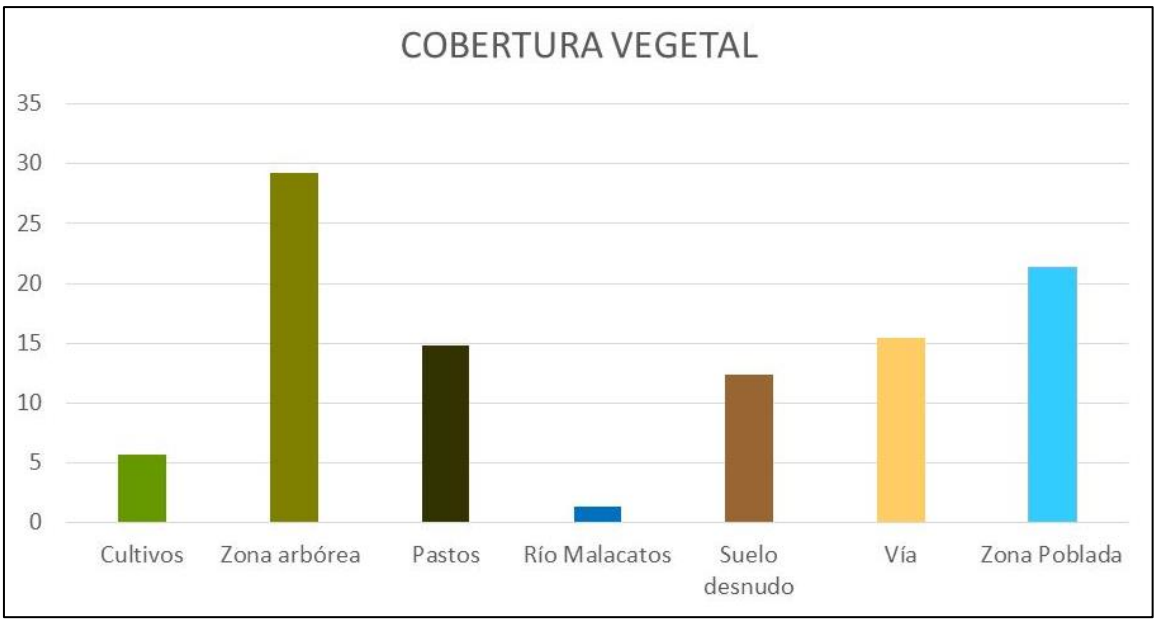


Figura 42: *Comparación del porcentaje de la cobertura vegetal.*
Fuente: *El Autor.*

MAPA DE COBERTURA VEGETAL.

6.8.6. Caracterización geotécnica

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

Para determinar las características geo mecánicas de los materiales con miras enfocadas a prevención de problemas al momento de construir infraestructuras se realizó exploración geotécnica mediante métodos indirectos con Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) y de forma directa con ensayos de penetración estándar SPT los valores obtenidos de campo y laboratorio respectivamente permitieron tener una mejor concepción de las condiciones de terreno al momentos de aplicar los métodos para determinar la siguientes variables a fin de la variables que se mencionan a continuación que servirán directamente para la susceptibilidad para asignación de pesos a cada una de la subvariables.

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

6.8.6.1. Exploración Indirecta

Sondeos eléctricos verticales SEV: Para realizar los SEV se tuvo en cuenta primeramente que es un mecanismo que solo mide la resistividad de los materiales misma que es muy variante dependiendo de condiciones como la temperatura y humedad esta que es muy determinante lo cual dificulta la estimación del material subyacente razón por la cual fundamentalmente solo para buscar niveles freáticos. Pero a pesar de ello permitió inferir en la distribución del material.

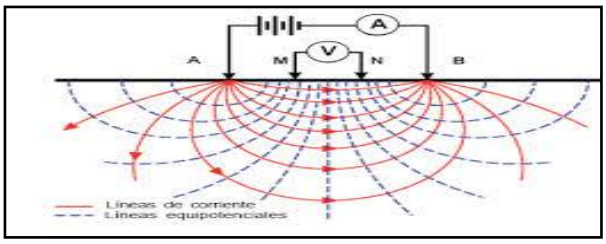


Figura Nº 43. *Esquema de medición de resistividades por el arreglo de Slumberguer.*
Fuente: Mittelbach, Lehner & Seneviratne. (2012).

Como se indica en figura 35 se aplicó el arreglo de Slumberguer de 4 electrodos con un total de 4 líneas (Ver mapa Geológico) y se interpretaron mediante el programa EARTHIMAGER 1D versión 2010 que permite usar profundidades y resistividades para minimizar el error de ajuste y de interpretación la ubicación la ubicación de los SEV se indican en la siguiente tabla.

SEV	X	Y	Z	Abertura A-B/2
SEV 1	699351.85	9553230.5	2184	31.60
SEV 2	699231.00	9553411.9	2182	31.60
SEV 3	699664.2	9553525.5	2131	31.60
SEV 4	699768.2	9553240.5	2133	31.60

Tabla 10: *Sondeos eléctricos verticales en el área de investigación.*
Fuente: *El Autor.*

Las gráficas de representación de las resistividades en el programa la línea de color azul es la resistividad real, la línea roja la resistividad aparente. Al momento de generar la información el programa de forma automática arroja un perfil con el número de capas según, cuya línea blanca en el modelo muestra valores de resistividad logarítmica relativas de todas las capas.

El proceso para determinar las capas se denomina de Inversión cuya función es combinar capas vecinas basadasen una resistividad logarítmica umbral de contraste definido por el usuario. El umbral predeterminado es 10%. "Combinar capas" también elimina las capas delgadas si una capa vecina es 20 veces más grueso. "Combinar capas" puede ser ejecutado / hace clic varias veces. Hay dos puntos de acceso de Combinar Capas: un botón de herramienta se encuentra en la barra de herramientas y otro botón "Combinar" en la ventana de Configuración.

El objetivo principal de la inversión es reducir inadaptado de datos entre las mediciones de campo y los datos calculados de un modelo reconstruido. Los errores de medición se extienden generalmente de 1% a 5 %. Pero hay que tener en cuenta los errores numéricos y errores de redondeo. Este número debería ser igual o mayor que el porcentaje de estimación de ruido 3 % que es un valor predeterminado.

Para realizar la interpretación de las resistividades y asignar su valores a un determinado material fue necesario basarse en la clasificación desarrollada por Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, 2011 (Ver anexo 3).

Línea 1.

El sondeo se realizó en la ciudadela Julio Ordoñez en dirección N-S de donde se obtuvo 14 mediciones en una abertura AB/2 de 31.60m.

El software EARTHIMAGER 1D genero un total de 3 capas con error de corrección de 7.3, donde la primera corresponde a Gravas (conglomerado) hasta un profundidad de 2.70 m con resistividades de 239.4 Ωm, en la capa dos con resistividad de 114.8 Ωm se clasifican como arcillas arenosas no saturadas con una potencia de 10.78 m y la última capa corresponde a un arcillas arenosas saturadas con resistividades de 47.6 Ωm.

Como se puede observar en la siguiente gráfica se determinó saturación del material por agua que proviene de una laguna ubicada en la parte alta del sector y un canal cercano.

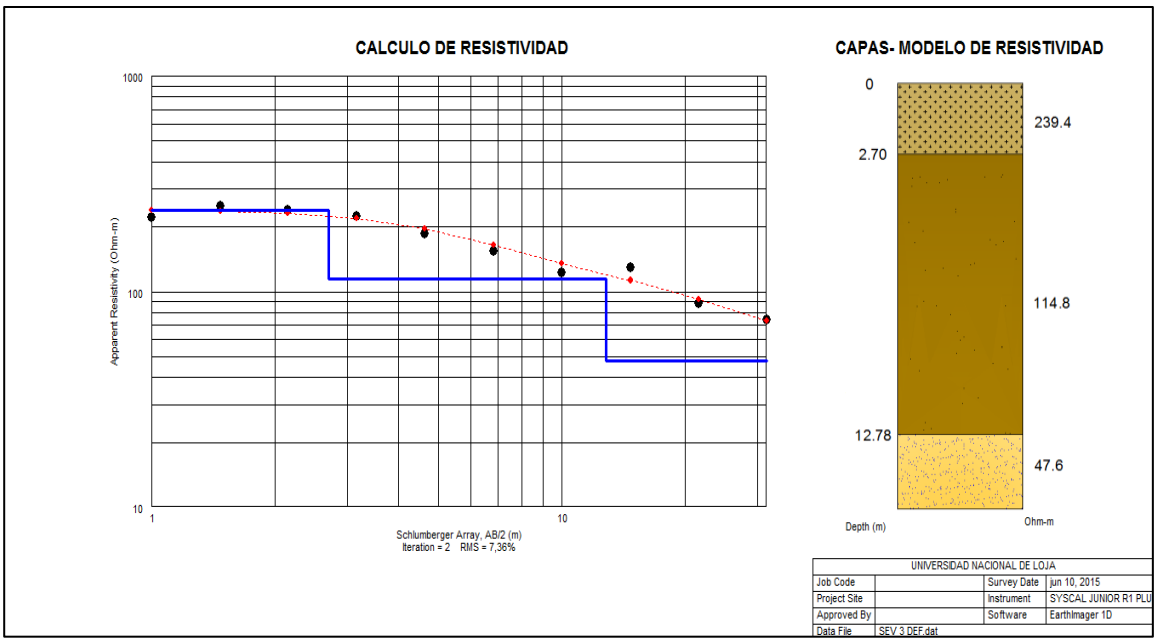


Figura 44: *Resistividad aparente y real de la Línea del SEV1.*
Fuente: *El Autor.*

Línea 2:

Esta línea se realizó cerca de la ciudadela Julio Ordoñez, donde se llegó hasta una abertura máxima AB/2 de 31.60 m, efectuando 14 mediciones.

El Programa EARTHIMAGER 1D generó un total de 4 capas con un error de corrección de 5.36%: La primera capa es una arena con arcilla, limosas con una potencia de aproximadamente de 0,71m y una resistividad igual a 85.4 Ωm, seguida por una capa de Gravas conglomerado sin saturación de agua con 4.72 m de potencia y una resistividad de 206.1 Ωm notándose el descenso de resistividad por presencia de agua, la tercera capa son arcillosas arenosas con resistividad más baja (83.3 Ωm) cuya potencia es de 0.91 m, y la última capa que tiene una resistividad de 58.9 Ωm que corresponde a un arcillas arenosas saturadas como se indica en la figura 34.

Desde el punto de vista geotécnico nos encontramos con un gran problema, debido a la intercalación de capas saturadas especialmente de arcillas que sufren cambios al

comprimirse y expandirse provocando fisuras y daños en cimentaciones y otra infraestructuras.

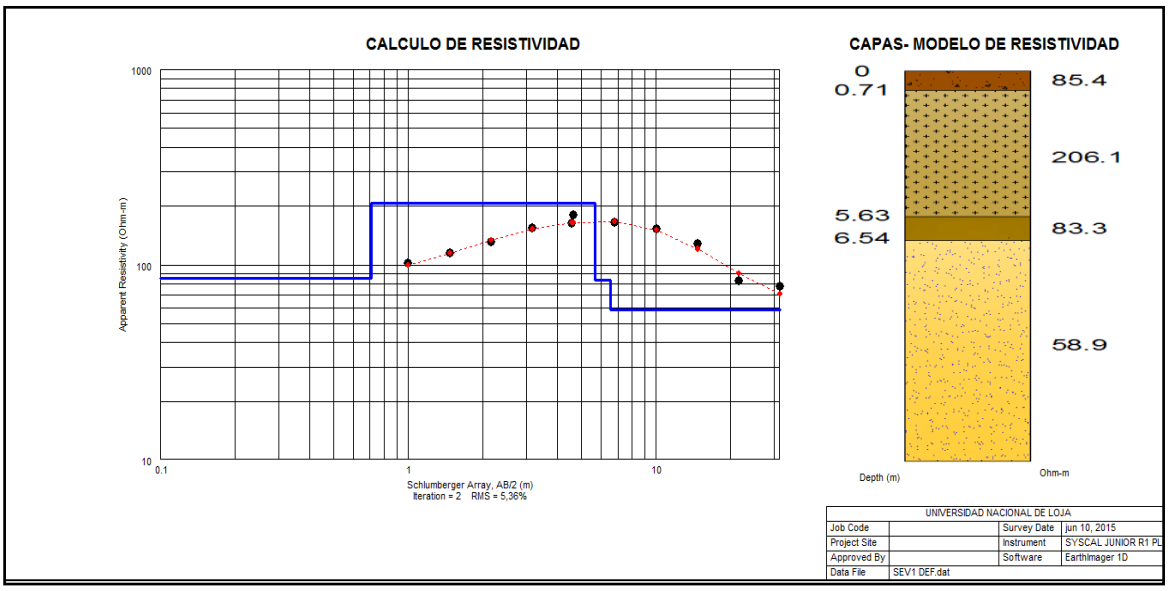


Figura 45: *Resistividad aparente y real de la Línea del SEV 2.*
Fuente: *El Autor.*

Línea 3

La línea se efectúo en el Estadio alterno de la Universidad Nacional de Loja a 40 metros de río Malacatos al pie de un coluvión, en dirección N-S, de donde se obtuvo 14 mediciones, llegando a una abertura AB/2 de 31.60 m.

El programa EARTHIMAGER 1D a través del análisis de reajuste genero 4 capas, con un error de corrección de 23.75% como se muestra en la siguiente figura.

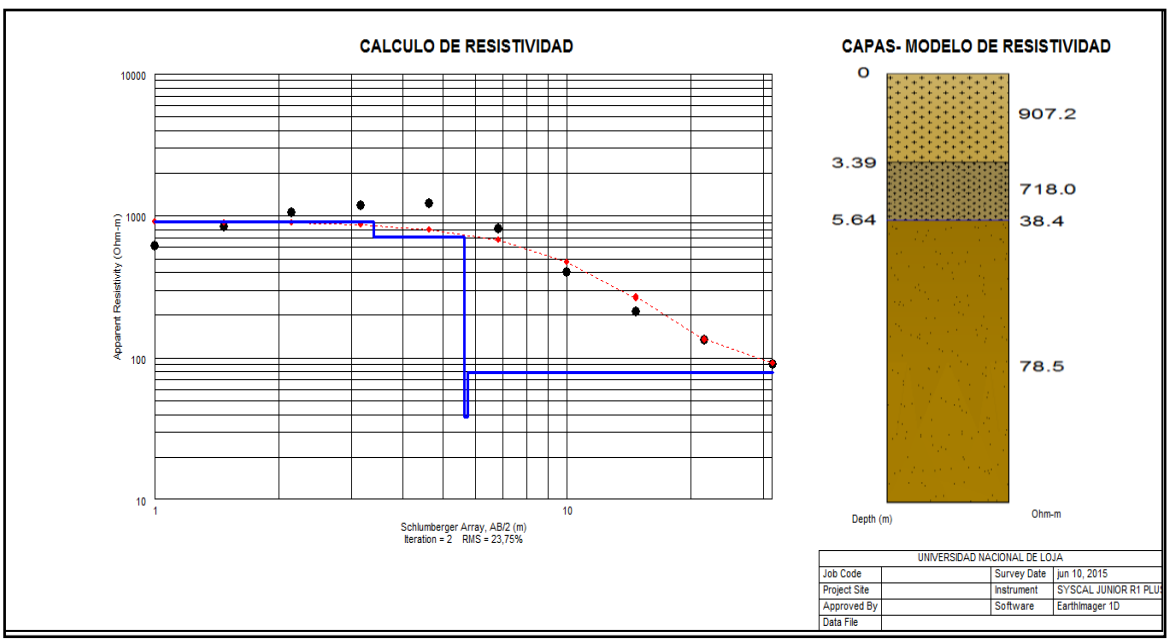


Figura 46: *Resistividad aparente y real de la línea del SEV3.*
Fuente: *El Autor.*

Esta línea indica la presencia en la primera capa de gravas (conglomerado) compactas (arcillas arenosas) con una profundidad 3.39 m y un resistividad de 907 Ω̣m, seguida por una capa de gravas (conglomerado) no saturadas con potencia de 2.25 m y resistividad de 718 Ω̣m, la capa 3 es una capa muy fina que corresponde a arcillas saturadas de 38.4 Ω̣m, y la última capa indefinida misma que es de arcillas arenosas saturadas con resistividad de 78.5 Ω̣m.

Línea 4

Se realizó cerca al Rio Malacatos en el sector Sur-Este de sector en sentido N-S específicamente en las parcelas de cultivo de Universidad Nacional de Loja, la abertura A/B de es de 31.60 metros con 14 mediciones.

El error de corrección ejecutado en el programa EARTHIMAGER 1D es de 18.72 generando dos indicando un estado de saturación en la segunda como se indica en la siguiente figura.

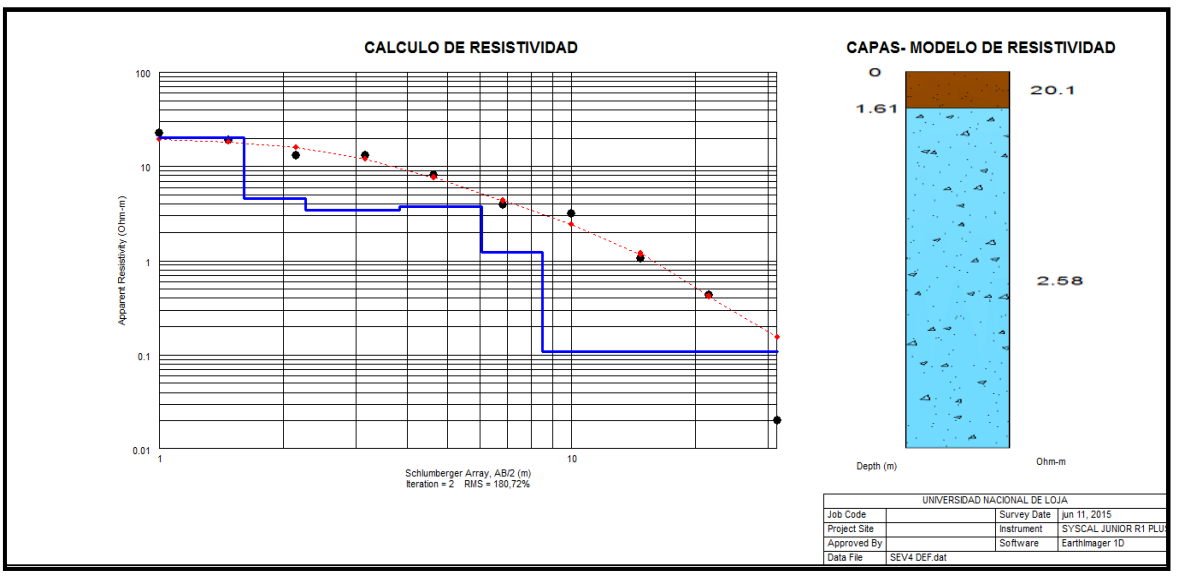


Figura 47: *Resistividad Parente y real de la Línea del SEV4.*
Fuente: *El Autor.*

La primera capa corresponden a arcillas no saturas Arcilla con una potencia de aproximadamente de 1,61m y una resistividad igual a 20.1 Ω-m, seguida por una segunda capa de arcillas saturadas con resistividades de 2.58 que son cercanas cero indicando la presencia de nivel freático por influencia del río.

CORTES GEOELÉCTRICOS

Los resultados alcanzados de los sondeos eléctricos se correlacionaron con la geología local obteniendo 2 cortes geoeléctricos como se puede observar en el (Anexo 6), lo que se comprueba la presencia de 3 capas, cuya disposición desde la superficie hasta el

suelo es de: intercalación de arcillas con limos y una base de conglomerados. Como se muestra en la descripción de los cortes:

Corte 1

Es el resultado de la interpolación de los sondeos eléctricos 1 y 2 con dirección NW, en el cual se puede observar intercalación de arcillas con conglomerados, siendo la última capa de arcillas arenosas saturadas, es decir capas permeables e impermeables que permiten el viaje del agua subterránea.

Corte 2

Este corte geoeléctrico se lo realizó en base a la interpolación de las líneas 3 y 4, en dirección NW atravesando el Rio Malacatos, cuyos resultados son intercalaciones de capas permeables de conglomerado con arcillas, y al final la presencia de nivel freático por registrarse resistividades de 0.1 como confirmación de la cercanía al Río Malacatos.

6.8.6.2. Exploración directa

Fue necesario para corroborar la información obtenida de los SEV mediante ensayos de penetración estándar para posteriormente determinar las características geomecánicas del suelo: los límites de Atterberg, clasificación del tipo de suelo en el SUCS y AASHTO, humedad y la capacidad portante del suelo cuyo objeto final es el cálculo del FS y de la cimentación**.**

Ensayo de penetración estándar (SPT): Se realizó dos Ensayos de Penetración Estándar aplicando la norma ASTM 1986-84 mediante la prestación de servicios de la empresa ESTSUELCON CIA. LTDA, el primero en la parte Sur y el segundo en la parte Norte en la ciudadela Julio Ordoñez ambos cercanos a la vía de integración en aproximadamente 20 metros mismos que se describen a la siguientes tablas.

S P T 1							
COORDENADAS			**X:699703.92**		**Y: 9552999.4**		
H (m)	**Clasificación**		**Límites de Atterberg**	**Granulometría**	**Descripción**	**N**	**qa kg/cm^2**
	SUCS	AAShTO					
0 – 1	**CL**	**A - 6**	LL: 33 LP: 19 IP: 14	Grava: 0 Arena: 16 Finos: 84	Arcillas de media plasticidad	50	6.89
1 – 2	**CL**	**A - 6**	LL: 33 LP: 19 IP: 14	Grava: 0 Arena: 17 Finos: 83	Arcillas de Alta plasticidad	97	6.47
2 - 3	**CL**	**A - 6**	LL: 33 LP: 18 IP: 15	Grava: 0 Arena: 12 Finos: 88	Arcillas de Alta plasticidad	20 0	13.3

Tabla Nº 11: *Resultados SPT 1.*
Fuente: *El Autor.*

S P T 2							
COORDENADAS			X: 699206.83		Y:9553440.11		
H (m)	Clasificación		Límites de Atterberg	Granulometría	Descripción	N	qa kg/cm^2
	SUCS	AAShTO					
0 – 1	**Sc**	**A-2-4**	LL: 25 LP: 20 IP: 5	Grava: 25 Arena: 46 Finos: 29	Arena arcillosa de compacidad baja	2	0.28
1 – 2	**Gc**	**A-1-b**	LL: 25 LP: 20 IP: 5	Grava:55 Arena: 29 Finos: 15	Grava arcillosa de compacidad media	18	2.48
2 - 3	**Sc**	**A-2-4**	LL: 26 LP: 20 IP: 6	Grava: 32 Arena: 25 Finos: 33	Arena arcillosa de compacidad media	26	3.58
3 - 4	**Gc**	**A-2-4**	LL: 25 LP: 20 IP: 5	Grava: 39 Arena: 31 Finos: 30	Grava arcillosa	63	8.68

Tabla 12: *Resultados SPT 2.*
Fuente: *El Autor.*

Nota: La simbología utilizada en tabla anterior es la sugerida ESTSUELCOM. CIA LTDA

INTERPRETACIÓN

El área de estudio dispone de 3 Geo materiales litológicos siendo el conglomerado el basamento de las arcillitas y arcillolitas que se encuentran intercaladas e inclinadas y en otros sectores en incrustaciones. Todos estos definidos como una sola unidad geotécnica.

*Formación Quillollaco (*Mioceno Tardío*): Arcilla, Conglomerado Arcillolita*

Litología

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

Estructura

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

Para poder distinguir las diferencias entre los materiales se en tres tipos de material

- **Arcillas**

De acuerdo al SPT 1 realizado en la parte sur del área de estudio se determinó que las arcillas corresponde a una clasificación CL en el sistemas de la SUCS y A-6 en la ASSHTO por tanto son de consistencia media a alta, es decir que granulométricamente no contiene gravas, arena en un 15% y finos en un 85% siendo el limite liquido 14.5. Como confirmación de estas condiciones cabe mencionar que durante el levantamiento geológico se evidencio desplazamiento de capas superiores.

Los suelos CL son muy blandos, normalmente consolidados con una resistencia en estado seco de ligera a media, una dilatancia media, la tenacidad de lenta a media. Referidas típicamente a suelos limo-arcillosos determinados hasta una profundidad de 3 metros cuya densidad promedio es de 2.6 gr/cm3. Según KRUMBREIN Y SLOSS (1995), por otro lado el grado de forma y redondamente es de 0.3/0.9 determinado según la siguiente tabla.

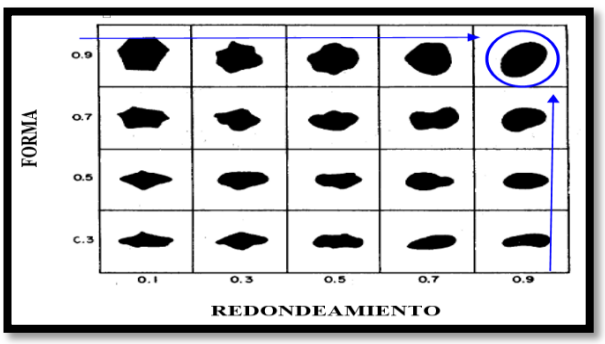


Figura 48: *Clasificación de las partículas por su forma y redondeamiento.*
Fuente: *Krumbrein y Sloss (1995).*

En sus características geo mecánicas, la resistencia a la compresión simple a los 3.0 m de profundidad es de 13.33 Kg/cm². La humedad varía entre un 9.32% a 14.48% a los 3.0 m de profundidad lo que indica presencia de agua (niveles freáticos – capilaridad - infiltración), según la tabla de Lopes Jimeno. 2009 en su libro Ingeniería del Terreno, la permeabilidad es entre 10^{-4} y 10^{-6} cm/seg.

En base a los valores orientativos del SPT de los 1.0m a los 2m; existe una constante de penetración lo que indica suelos medios (N30 = 50~97 golpes). Desde los 3 metros de profundidad los valores de N30 mantienen un rango de 200 golpes, considerando suelos muy blandos (Ver Anexo 8).

Para determinar la expansibilidad fue necesario regirse en clasificación de 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 en temáticas de mecánica de suelos. (Tabla 13).

EXPANSIBILIDAD DE LAS ARCILLAS				
Limite Liquido, LL	>30	30-40	40-60	>60
Índice de plasticidad, IP	0-18	15-28	25-40	>35
Presión de Hinchamiento (kg/cm2)	<0.3	0.3-1.2	1.2-3-0	>3.0
Hinchamiento probable (cm)	<0.8	1-3	3.0-7.0	>7.0
Peligro de Hinchamiento	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO

Tabla 13: *Criterios para la determinación y posible catalogación de arcillas expansivas a 3.0 metros de profundidad.*
Fuente: *El autor a partir de Criterios de Expansividad recopilados por Rodríguez–Ortiz (1975).*

Según la interpretación de la tabla anterior las arcillas Cl 4 tienen una expansibilidad media.

Condiciones de estabilidad

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

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

Índices correlativos a los Limites Atterberg. Comportamiento

Los parámetros de correlación más útiles, obtenidos a partir de la determinación de los límites de Atterberg son: el índice de plasticidad IP, la consistencia relativa CR, el índice de liquidez IL y el grado de actividad de las arcillas Ac. (Ver Anexo 8).

- ✓ ***Consistencia relativa.*** CR: El valor de la Consistencia Relativa, CR=0.07. Describiéndolo como *suelo muy blando.* Se considera que la resistencia a la compresión uniaxial (qu) de la arcilla varía entre: 6.67 ~ 26.67 Kg/cm2.
- ✓ **Índice de liquidez. IL**. El valor del Índice de Liquidez, IL=0.93. Se dice que la arcilla esta normalmente consolidada; es decir, la arcilla ha sufrido solo presiones naturales y ninguna alteración.
- ✓ **Grado de Actividad de las Arcillas**. Ac. El valor del Grado de actividad de las arcillas, Ac=0.7. Se indica que el suelo tiene una clasificación de INACTIVO. El suelo

de la muestra (obtenida por SPT) se puede catalogar, Según Skempton, al grupo de la Kaolinita, con medio potencial de variación de su volumen.

- **Arcillolita y conglomerado**

Según los resultados del SPT 2 se encontró capas intercaladas entre conglomerado y arcillolita mismas que se describen a continuación.

La arcillolita se presentó a profundidad de 1 y 3 metros la misma tiene una clasificación según la SUCS es SC y en AASHTO A-2-4 por lo tanto tiene una compacidad y plasticidad media, un comportamiento frágil y baja resistencia es decir su índice de plasticidad es de 5.5, granulométricamente contienen mayor porcentaje arena con 40.5% siguiendo por los finos con un 31%, y por ultimo las gravas con 28.5%, siendo estas de fácil excavabilidad con maquinaria, de fácil filtración y permeabilidad de agua propiedades que permiten la formación de cárcavas en los taludes y laderas de la vía.

En cuanto a su capacidad de carga admisible los resultados arrogados como promedio es 8.93 Kg/cm^2 con un numero de golpes de 26 apropiadamente dichas parámetros se dieron condiciones de humedad de 10.8 %. Por otro lado la grava arcillosa se evidencia en profundidades 2 y 4 metros y se clasificó de la siguiente manera según la SUCS es GC y en AASHTO A-1-b cuya compacidad es media y comportamiento rígido frágil, su granulometría se caracteriza por contener el 55 % de grava, 29% de arena y 15% de Finos cuyo comportamiento es frágil de media resistencia con IP de 5 y con una densidad de 2.08gr/cm^3.

Relacionando el tipo de material con valores de SPT y tablas referidas a geotecnia de suelos; estos materiales son: suelos muy flojos o muy blandos / suelos flojos o blandos según la clasificación la siguiente Tabla 14.

Tipo de suelo	N_{SPT}	qu(Kn/m^2)	qu(kp/cm^2)	E(MN/m^2)	E(kp/cm^2)F≈2
Suelos muy flojos o muy blandos	< 10	o-80	0-0.82	< 8	40.77
Suelos flojos o blandos	10-25	80-150	0.82-1.53	8 - 40	40.77-203.87
Suelos medios	25-50	150-300	1.53-3.06	40 - 100	203.87-509.68
Suelos compactos o duros	50-Rechazo	300-500	3.06-5,10	100 - 500	509.68-2548.42
Rocas blandas	Rechazo	500-5.000	5.10-50.97	500 - 8.000	2548.42-40774.67
Rocas duras	Rechazo	5.000-40.000	50.97-407.75	8.000-15.00	40774.67-76452.59
Rocas muy duras	Rechazo	>40.000	>407,75	>15.000	>76452.59

Tabla 14: *Valores orientados del N-SPT, resistencias a compresión simple y módulo de elasticidad (modificada).*
Fuente: *Geotecnia. Técnicas de investigación pdf.*

Para la clasificación de forma y redondez se basó en los criterios de Krumbrein y Sloss (1995), en una relación 09/09 respectivamente (Ver tabla 38) cuyas rocas son de origen metamórfico de igual forma su color corresponden de gris claros a cafés, la permeabilidad según Lopes (2009), en su libro ingeniería del terreno permeabilidad de entre 10^{-6} y 10^{8}. cm/seg.

En ambos materiales los valores orientativos del SPT son de los 1.0 m a los 3 m; existe una constante de penetración lo que indica suelos de consistencia media (N30 = 2~26 golpes). Los valores de N30 mantienen un rango de 63 golpes, considerando suelos Rígidos (Ver anexo 8).

La resistencia a la compresión simple a los 2.0 m de profundidad es de 1.20 Kg/cm² y 4 m es de 8.68 kg/cm^3 cuya humedad varía entre un 9.76% a 11.88% lo que indica presencia de agua (niveles freáticos – capilaridad - infiltración).

El grado de expansibilidad según la clasificación de Rodríguez – Ortiz (1975) (ver tabla 12) es suelos GC tiene un expansibilidad baja.

- **Condiciones de Estabilidad**

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

Índices correlativos a los Limites Atterberg. (Comportamiento)

Los parámetros de correlación más útiles, obtenidos a partir de la determinación de los límites de Atterberg son: el índice de plasticidad IP, la consistencia relativa CR, el índice de liquidez IL y el grado de actividad de las arcillas Ac. (Ver Anexo 8).

- **Consistencia relativa.** CR: El valor de la Consistencia Relativa, CR=0.60. Describiéndolo como *suelo de consistencia media.* Se considera que la resistencia a la compresión uniaxial (qu) de las gravas y arenas varía entre: 0.27 ~ 8.40 Kg/cm2.
- Índice de liquidez. IL: El valor del Índice de Liquidez, IL=0.40. Se dice las gravas y arenas están ***pre consolidada****;* es decir, las gravas y arenas han sufrido presiones efectivas con cierto grado de alteración.

Resumen y valoración geológica-geotécnica

Las valoraciones Geológicas – geotécnicas se basan en la interrelación de criterios litológicos y propiedades físico – mecánicas de los geomateriales, determinados del levantamiento geológico, SEV y SPT cuyas condiciones geotécnicas son:

1. Capacidad Portante.
2. Deformabilidad.
3. Excavabilidad.
4. Morfología / Relieve.
5. Tipo de Material.
6. Drenaje.

El conglomerado se presenta como esquistoso compacto y frágil y constituye toda la parte céntrica del área de estudio, se presenta como estable a diferencias de las arcillolitas que mayoritariamente en la parte norte y las arcillas en la parte sur-este. Evidenciándose durante que el principal desencadenante de la inestabilidad es el agua por tanto la son condiciones para las construcciones civiles son bajas además se podrían presentar problemas constantes movimientos diferenciales y deslizamientos.
Para determinar los parámetros cuantitativos en forma precisa se consideran la profundidad con respecto a su carga admisible, fue necesario basar en tablas de geotecnia desarrolladas por Noriega (2008).

Nivel	Profundidad media desde boca Ensayo	Descripción resumen de los niveles	Valores medios ensayos y o deducidos					
			Expansividad	Resistencia	Otros Parámetros			
de	**0,00**	**Rellenos** Arena limo arcillosa marrón parda. - Estructuras desordenada - Restos de raíces y materia - Indicios de restos de origen antrópico	**No critico**	**Blando - Heterogéneo**	**USCS**	**SC**	**N_{SPT}**	4
1					WI	23,4	N_S	3
					Wp	12,2	Qu Kp/cm^2	0,30-0,40
					%W	9,3	Y t/m^3	1,70-1,80
					Tamiz 4	64,6	C kp/cm^3	0,00
					Tamiz 200	38,4	Ø (^{0})	17^0-19^0
a	**0,80**							
De	**0,80**	Horizonte de transición Arcilla limo arenosa y arena limo arcillosa marrón anaranjada a rojiza. - Nódulos carbonados - Tonalidades rojizas por fenómenos de oxidación Representa un tramo de transición entre los rellenos superficiales y el terreno natural	**Marginal**	**Media firme**	USCS	CL	N_{SPT}	13
2					WI	28,9	N_S	10
					Wp	16,6	Qu Kp/cm^2	1,00-1,50
					%W	12,5	Y t/m^3	1,90-2,00
					Tamiz# 4	38,2	C kp/cm^3	0,10-0,15
					Tamiz 200	62,6	Ø (^{0})	22^0-24^0
a	**1,60**							
de	**1,60**	Plioceno carbonatado Arcilla limosa marrón amarillenta, - Algún nódulos carbonato Alternancia de alguna lente algo más limos e incluso algo arenoso	**Marginal - Critico**	**Firme- Dura**	USCS	CL	N_{SPT}	34
3					WI	35,6	N_S	26
					Wp	22,3	Qu Kp/cm^2	2,20-3,20
					%W	25.8	Y t/m^3	2,00-2,20
					Tamiz 4	18,7	C kp/cm^3	0,20-0,30
a	**6,00**				Tamiz 200	84,7	Ø (^{0})	24^0-26^0

Tabla 15: *Parámetros cuantitativos para diferentes profundidades.*
Fuente: *Noriega 2008.*

Y los parámetros a utilizar para el cálculo de factor de seguridad son los siguientes

0.0
NSPT: ± 13.
qu : 1,00-1,50 Kg/cm²
ɣ : 1.90 - 2.00 t/m³
C : 0.10 – 0.15 kp / cm²
Θ : 22° - 24°.

1.6
N SPT: ± 34.
qu : 2,20-3,20 Kg/cm²
ɣ : 2.00 – 2.20 t/m³
C : 0.20 – 0.30 kg/ cm²
Θ : 22° - 26°.

Figura 49: *Parámetros cuantitativos para diferentes profundidades.*
Fuente: *Noriega José M. 2008. "Técnicas de investigación del Suelo: Elaboración e Interpretación de Estudios Geotécnicos"*

La valoración será de 0 a 2, siendo el primer valor para terrenos menos favorables y el segundo para terrenos más favorables para cimentaciones. Por otro lado la sumatoria

de la valoración nos dará la categoría para cada uno de los geomateriales; para lo cual tenemos ≤ 5 puntos (deficiente), 6 – 9 puntos (aceptable), y > 9 puntos (bueno).

La valoración numérica depende de la experiencia y de las continuas salidas de campo:

FORMACIÓN QUILLOLLACO.			
Condiciones Geotécnicas	**Terciario Arcilla Mioceno**	**Arcillolita mioceno**	**Terciario Mio-plio-ceno Conglomerado**
CAPACIDAD PORTANTE	1.0	1.0	2.0
DEFORMABILIDAD	2.0	1.5	2.0
EXCAVABILIDAD	2.0	2.0	2.0
MORFOLOGÍA	1.0	1.0	2.0
TIPO DE MATERIAL	1.0	0.5	2.0
DRENAJE	0.0	0.5	1.0
TOTAL DE LA VALORACIÓN	7.0	6.5	11.0
CLASIFICACIÓN	**ACEPTABLE**	**ACEPTABLE**	**BUENO**
	Con restricciones		

Tabla 16: *Valoración de la unidad geotécnica. Valencia Carolina. 2008.*
Fuente: *Elaborado por el autor.*

En relación a todos los datos y su correlación se concluye que en la base de conglomerados es Bueno, mientras que para las arcillas y arcillolitas es aceptable con restricciones

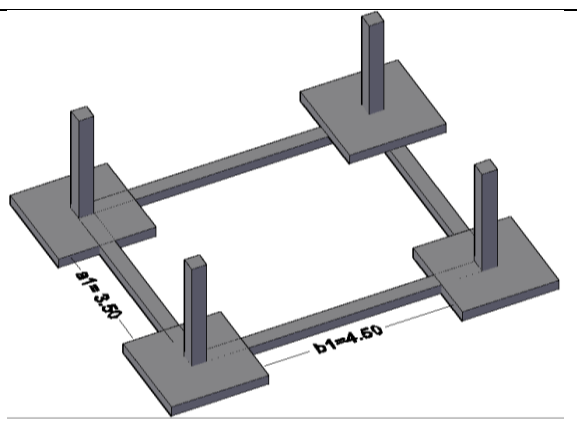
Atendiendo a la categorización de suelos para construcciones, se obtiene que las arcillas poseen una valoración de 6.5 por lo que son aceptables con restricciones, teniendo en cuenta los resultados del laboratorio la capacidad portante para 2m ya que es la base de cimentaciones hace el siguiente cálculo:

<u>Cálculo de la a cimentación.</u>

DATOS:
Base de Cimentación: 1,5 x 1,5
Carga Muerta (CM): 250 Kg/m2
Carga Viva (CV): 250 Kg/m2
Carga Admisible (qa): 2,48 Kg/cm2 = 24.8 ton/m^2.

1. Área Colaborante

$Ac = a1 * b1$
$Ac = 3{,}5\ m * 4{,}5\ m$
$\boldsymbol{Ac = 15{,}2}$



2. Carga Total. C= CM+CV C= 250$kg/m2$ + 250$Kg/m2$ $\boldsymbol{C}$= $\mathbf{500kgm2}$	**3. Carga total (Q).** Q= ($C*Ac$)$*$4 Q= (500$kg/m2*$15,2 $m2$)$*$4 Q= 31500 Kg $\boldsymbol{Q}$= $\mathbf{31{,}5}$ $\boldsymbol{ton}$
4. Relación Carga Vs. q Portante. $q = +\frac{Q}{A}$ $q = +\frac{31.5\ ton}{2.25\ m^2}$ $q = 14\ \frac{ton}{m^2}$ $q = 14\ \frac{ton}{m^2} \quad < qa = 24.8\ ton\frac{ton}{m^2}$	**5. A cimentación** $A = \frac{Q}{q\ adimisible}$ $A = \frac{31{,}5\ ton}{24.8\ \frac{ton}{m^2}}$ A=1,27 $m2$ =**0,65** $\boldsymbol{m}$
Criterio: *= (**0,65** $\boldsymbol{m}$) quiere decir que se puede realizar cimentaciones hasta de (0,65 x 0,65) m pero no se recomienda ya que el estándar es de (1,5 x 1,5) m.*	

Como se observa en los cálculos anteriores el sector tiene una capacidad admisible de 24,8 ton/m2, para que este suelo pueda soportar una construcción vertical normal de 4 pisos (31,5 ton), con cimentaciones de 0.7 x 0.7, pero no se recomienda para asentamientos humanos ya que según la norma de construcciones es de 1,5 x 1,5) m.

<u>Calculo de factor de seguridad.</u>

BISHOP, (1955). El coeficiente de seguridad más comúnmente 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 resultado

Para el cálculo del factor de seguridad de cada uno de los deslizamientos inventariados se utilizará la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{FS} = \left[\frac{c'}{\theta * h * sen\beta}\right] + \left[\frac{tan\theta}{tan\beta}\right] - \left[\frac{mh * \gamma W * \text{tang}\ \theta}{\gamma * tan\beta}\right]$$

FS = Factor de seguridad en Seco

c' = Cohesión.

ɣ = Densidad (peso específico del material).

h = Altura del talud.

Θ = Ángulo de Rozamiento Interno.

β = Ángulo de superficie talud.

md = Porcentaje de Saturación.

Para el cálculo matemático se analizarán las condiciones del deslizamiento en varios escenarios de saturación (md), con el fin de obtener la gráfica de sensibilidad de cada uno de los deslizamientos.

DESLIZAMIENTO 1

Datos. C = 20KN/m2. ɣ = 19,62 KN/m3. **d** = 7 m. **Θ** = 18. **β** = 19.

Condición de md: 1 = 1,0 m = 10 % = 0,1.

$$FS = \left[\frac{20\frac{KN}{m^2}}{24\frac{KN}{m^2} * 7m * sen\,28}\right] + \left[\frac{tan24}{tan28}\right] - \left[\frac{0.10 * 9.81\frac{KN}{m^2} * tang\,24}{19.62\frac{KN}{m^2} * tan\,28}\right]$$

FS=0.362+0.837−0.042

$\boldsymbol{FS}$**=1.157.**

Condición de md: 2.5 = 2,5 m = 25 % = 0,25.

$$FS = \left[\frac{20\frac{KN}{m^2}}{24\frac{KN}{m^2} * 7m * sen\,28}\right] + \left[\frac{tan24}{tan28}\right] - \left[\frac{0.25 * 9.81\frac{KN}{m^2} * tang\,24}{19.62\frac{KN}{m^2} * tan\,28}\right]$$

FS=0.362+0.837−0.104

$\boldsymbol{FS}$**=1.095.**

Condición md: 3,0 m = 50 % = 0,50

$$FS = \left[\frac{20\frac{KN}{m^2}}{24 * 7 * \theta\ sen\,28}\right] + \left[\frac{tan24}{tan28}\right] - \left[\frac{0.50 * 9.81\frac{KN}{m^2} * tang\,24}{19.62 * tan\,28}\right]$$

FS=0.362+0.837−0.209

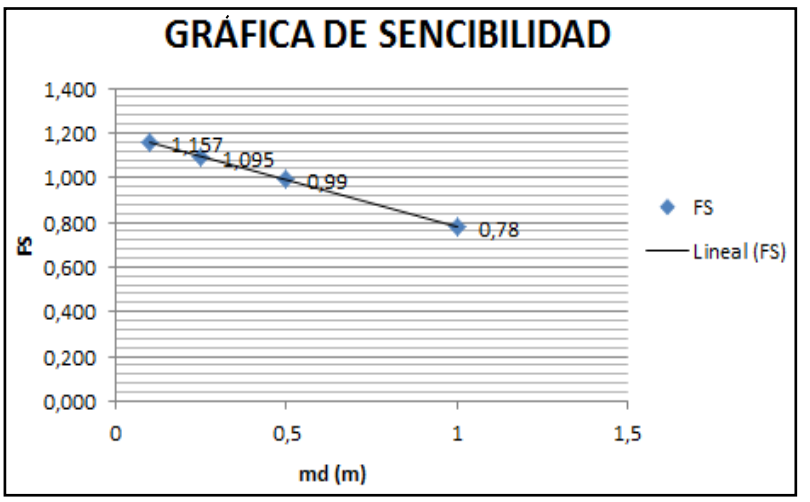
$\boldsymbol{FS}$**=0.99**

Condición: md= 6,0 m = 100 % = 1,0

$$FS = \left[\frac{20\frac{KN}{m^2}}{24 * 7 * \theta\ sen\,28}\right] + \left[\frac{tan24}{tan28}\right] - \left[\frac{1.0 * 9.81\frac{KN}{m^2} * tang\,24}{19.62 * tan\,28}\right]$$

FS=0.362+0.837−0.419

$\boldsymbol{FS}$**=0.78.**



DESLIZAMIENTO 2

Datos. C = 15KN/m2 **ɣ** = 20,KN/m3 **d** = 8 m **Θ** = 17 **β** = 18

md= 1,0 m = 10.6 % = 0,106

$$FS= \left[\frac{15\frac{KN}{m^2}}{20\frac{KN}{m^2}*8m*sen\,19}\right]+\left[\frac{tan17}{tan\,19}\right]-\left[\frac{0.106*9.81\frac{KN}{m^2}*tang\,17}{20\frac{KN}{m^2}*tan\,19}\right]$$

FS=0.288 + 0.887−0.046

$\boldsymbol{FS}$=**1.129**

md= 2,5 m = 25 % = 0,25

$$FS= \left[\frac{15\frac{KN}{m^2}}{20\frac{KN}{m^2}*8m*sen\,19}\right]+\left[\frac{tan17}{tan\,19}\right]-\left[\frac{0.25*9.81\frac{KN}{m^2}*tang\,17}{20\frac{KN}{m^2}*tan\,19}\right]$$

FS=0.288 + 0.887−0.109

$\boldsymbol{FS}$=**1.066**

md= 3,0 m = 10 % = 0,50

$$FS= \left[\frac{15\frac{KN}{m^2}}{20\frac{KN}{m^2}*8*sen\,19}\right]+\left[\frac{tan17}{tan19}\right]-\left[\frac{0.5*9.81\frac{KN}{m^2}*tang\;17}{20\frac{KN}{m^2}*tan\;19}\right]$$

FS=0.288+0.888−0.270

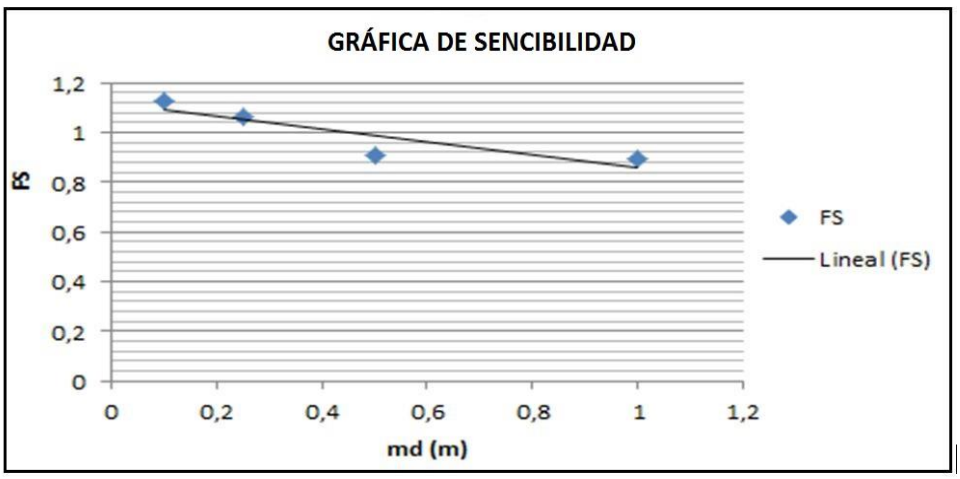
0.906

md= 6,0 m = 100 % = 10

$$FS= \left[\frac{15\frac{KN}{m^2}}{20\frac{KN}{m^2}*8m*sen\,28}\right]+\left[\frac{tan17}{tan19}\right]-\left[\frac{1.0*9.81\frac{KN}{m^2}*tang\,17}{20\frac{KN}{m^2}*tan\,28}\right]$$

FS=0.288 + 0.888 + 0.270

$\boldsymbol{FS}$= **0.894**



Obtenidos los valores de los factores se seguridad de los deslizamientos se concluye que el deslizamiento D1 en mejores condiciones de humedades (0.25%) y su FS es de 1.095 por lo que es medianamente estable al igual que el Deslizamiento D2 cuyo FS se determinó en 1.06 es decir con un estado de mayor saturación es susceptible a

desplazarse En ambos escenarios se deberá implementar medidas de estabilización y control tales como zanjas y cunetas de coronación con la finalidad de eliminar el agua, recaudamiento para el primer deslizamiento y sembrar vegetación arbórea apara incrementar la resistencia a la cizalla.

6.8.7. Análisis de la susceptibilidad

El análisis de susceptibilidad a deslizamientos se efectuó mediante el empleo de operadores y técnicas de análisis de datos espaciales como los de superficie, superposición, reclasificaciones y suma de mapas y mediante la aplicación de fórmulas a los mapas en el software ArcGis 10.1.

La escala de trabajo fue un aspecto de gran relevancia, todos los datos producidos y los adquiridos, se buscó que dieran el nivel de detalle de una escala 1:5000, lo cual garantizó la homogeneidad en la representación de diferentes características que dieron origen a las entradas producidas para modelar los fenómenos en el software.

6.8.7.1. Por el método determinístico

Para la realización del mapa de susceptibilidad por el presente método fue necesaria la aplicación de la extensión de SINMAP en ArcGis 10.1 desarrollado en la Universidad de UTAH de Estados Unidos mismo con la cual se calculó (Un mapa de índice de Estabilidad) que da una proyección de patrones futuros de inestabilidad basados en pendientes, litología, morfología, estructura geológica y vegetación.

Obtenidos los datos de campo y laboratorio como cohesión y ángulo de fricción interna, se creó un mapa cuantitativo de susceptibilidad de acuerdo con los factores de seguridad. Utilizando el análisis de talud infinito, que dentro el software es analizado con un raster (Modelo Digital de Terreno DTM.asc) pixel por pixel debidamente calibrado. La cohesión se refiere a la capacidad de las partículas para permanecer juntas de forma intergranular y el ángulo de fricción interna es la capacidad de una unidad de suelo (litología) para soportar una tensión determinada.

El método involucra una ecuación lineal que la ejecuta el programa para resolver problemas de movimientos que ocurren paralelos a una superficie finita:

$$FS = \left[\frac{C + \cos\left[1 - \min\left(\frac{R\,a}{T\sin}, 1\right) Tan\Phi\right.}{\sin}\right]$$

Dónde: C = Cohesión (adimensional; Cs: Cohesión del suelo; Cr: Cohesión por raíces, ambos en Nm^{-2}); **Θ** = Pendiente del terreno (grados); R = Recarga (mhr^{-1}); T =

Transmisividad del suelo (m^2hr_{-1}); a = Área de captación (m_2); r = Densidad del agua / Densidad del suelo (adimensional); **Φ** = Ángulo de fricción interno del suelo (grados).

Los valores utilizados para las variables se tomaron de los resultados obtenidos en campo y de la recopilación bibliográfica (Ver anexo 7).

El factor de seguridad (FS) del SINMAP es un modelo infinito de la estabilidad de pendientes, es básicamente una proporción matemática de fuerzas que estabilizan o desestabilizan una ladera.

Nº	VARIABLE COSIDERADA	VALOR
1	DTM. Modelo Digital Del Terreno	1 m
2	Espesor del Suelo (m)	1 m
3	Gravedad (m/s^2)	9.81
4	Densidad Del Agua (Kg/m^3)	1000
5	Densidad Del suelo (Kg/m^3)	1900
6	T/r Min (m)	2215
7	T/r Max (m)	2219
8	Cohesión Min (adimensional).	0.05
9	Cohesión Max (adimensional)	0.2
10	Phi Min (°)	22
11	Phi Max(°)	35
12	Ponderación del Usuario	1

Tabla 17. *Parámetros Geotécnicos usados en SINMAP.*
Fuente: *El autor.*

El mapa resultante se lo categorizó en 5 categorías mediante valores de Factor de seguridad (FS), como se indica en la tabla a continuación.

Tipo de estabilidad	Susceptibilidad	Intervalo del índice de estabilidad	FS	Influencia de factores Estabilizantes y Desestabilizantes
Inestable		0.0	< 1	Son requeridos factores para estabilizar
Umbral Superior de Inestabilidad	Alto	0.0-0.5	>50 Fs ≤ 1	Factores estabilizadores pueden ser responsables de la estabilidad No son necesarios factores
Umbral inferior de inestabilidad	Moderado	0.05-1.0	≥ 50 de FS >1	Desestabilizantes para la Estabilidad factores menores
Nominalmente estable		1.0-1.25	Máximo FS=1	Desestabilizantes son requeridos para la inestabilidad. Factores moderadamente
Moderadamente Estable	Bajo	1.25-1.50	Máximo FS =1.25	Desestabilizantes son requeridos para la inestabilidad Factores significativamente
Estable		>1.50	Máximo FS = 1.5	Desestabilizantes son necesarios para inestabilidad

Tabla 18. *Valores de FS y su correlación con el SINMAP.*
Fuente: *El autor a partir del Atlas de Riesgos Naturales de Santa Maria Tlahuitoltepec Mixe, Oaxaca.*

Los resultados obtenidos del modelamiento se describen a continuación.

CATEGORIA	COLOR	AREA(Ha)	%
Zona umbral más alto de la estabilidad		1.69	3.10
Zona umbral más bajo de la estabilidad		1.13	2.20
Casi estable		1.82	2.20
Moderadamente estable		2.65	5.20
Estable		39.49	87.30
TOTAL		**46.7**	**100.0**

Tabla 19: *Categorías de la Susceptibilidad.*
Fuente: *El Autor.*

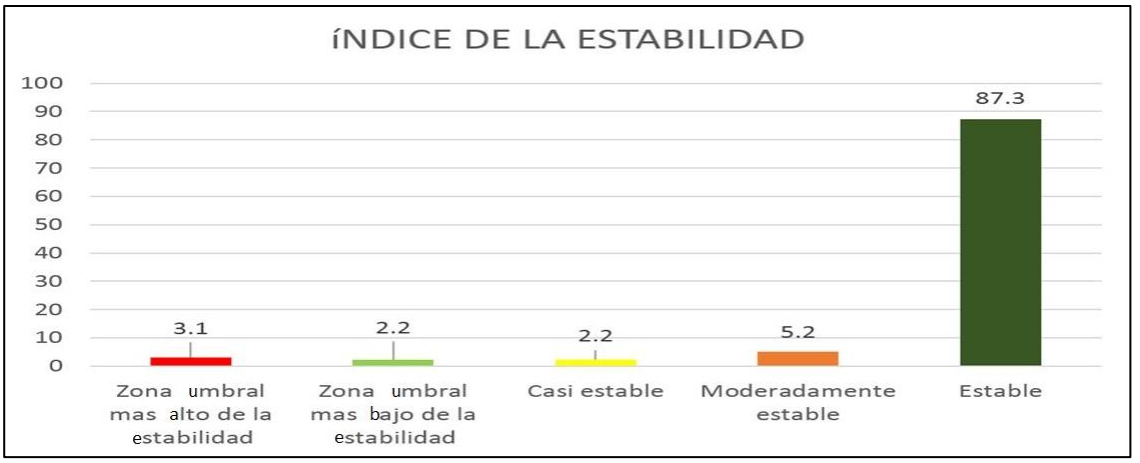


Figura 50: *Comparación del porcentaje de la susceptibilidad respecto su área.*
Fuente: *El autor.*

Umbral más Alto de la Estabilidad.- Son zonas donde la fuerzas desestabilizadoras superan ampliamente la estabilizadoras y se caracterizan por ser zonas de pendiente pronunciadas representan 1,69 Ha es decir el 3.10% de área total éstas áreas pueden afectar a la vía.

Umbral más Bajo de la Estabilidad.- Representan el 2.20% es decir 1.13 Ha del total del área. Son zonas que se encuentra junto a las anteriores y se caracterizan por ser zonas de taludes artificiales y naturales por tanto representa una probabilidad alta para la ocurrencia a deslizamientos.

Casi estable.- Representan 1.82% con 2.20Ha las condiciones de estabilización están equiparadas y son muy poco propensas a la ocurrencia a deslizamientos.

Moderadamente Estable.- Son zona donde las condicionantes para la inestabilidad no superan a las desencadenantes así se presente los escenario propicios, representan 2.65 Ha es decir 5.20 % del área total.

Estable.- Son zonas de relieve Plano principalmente y es el más extensa con 39.49 Ha es decir con 87.30%. En esta área se asienta la Ciudadela Julio Ordoñez la Universidad Nacional de Loja.

Mapa de susceptibilidad a deslizamientos por el método determinístico

6.8.7.2. Por el método heurístico.

Insertados los datos de entrada en el software ArcGis 10.1, fueron representados a través de la unidad de trabajo adoptada para representar los datos con una estructura RASTER. Esta unidad fue la celda con dimensiones de 1x1m, formato al cual fueron llevadas todas las coberturas que participaron en el análisis final de susceptibilidad.

El mapa de susceptibilidad permitió desarrollar una aproximación del grado de ocurrencia de los deslizamientos, a partir de los parámetros que presentan mayor influencia en las condiciones de inestabilidad, cuyo proceso comienza dándoles a los datos de entrada como la geomorfología, pendientes, litología (tipos de rocas) y cobertura vegetal; y a cada una de sus variables un peso de 1 a 5. Como se indican en las siguientes tablas.

LITOLOGíA	PESO
Depósitos aluviales	3
Arcillas y conglomerado	5
Arcillolita conglomerado	5
Relleno Artificial	5
Conglomerado	4
Depósitos cuaternarios	5

Tabla 20: *Pesos asignado a la variable de Geología.*
Fuente: *El Autor.*

LEYENDA GEOMORFOLÓGICA	
FORMA DE RELIEVE	**PESO**
Frente de Hogback.	3
Relleno.	5
Superficie plana ondulada.	3
Laderas Cóncavas suaves.	3
Laderas plano convexas.	2
Terrazas fluviales inferiores	2
Terrazas fluviales superiores.	3
Cauce de río.	5
Depresión.	4
Escarpe erosional.	5

Tabla 21: *Pesos asignado a la variable de Geomorfología.*
Fuente: *El Autor.*

DESCRIPCIÓN	PESO
Cultivos	4
Zona arbórea	2
Pastos	3
Río Malacatos	1
Suelo desnudo	5
Vía	2
Zona Poblada	3

Tabla 22: *Pesos asignado a la variable de Cobertura Vegetal.*
Fuente: *El Autor.*

CATEGORÍA	RANGO	PESO
Terrenos planos casi planos	0 - 5	1
Terrenos inclinados	5 - 10	2
Terrenos moderadamente escarpado	10 - 35	3
Terrenos escarpados	35 - 55	4
Terrenos muy escarpados	> 55	5

Tabla 23: *Pesos asignado a la variable de Pendiente.*
Fuente: *El Autor.*

Estos valores reclasificados en 5 categorías son en base a la facilidad con que las variables propician a los deslizamientos, como se muestra en la siguiente tabla.

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

Tabla Nº 24: *Valores que muestran los pesos asignados a la variables.*
Fuente: *El Autor.*

Obtenidos los mapas de las variables antes indicadas se procede a efectuar un cruce entre ellos mediante ***suma ponderada***.

6.8.8. Índice de susceptibilidad

La susceptibilidad se expresa como la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno.

El procedimiento aplicado da mayor preponderancia al peso establecido en los criterios sobre los valores asignados a las alternativas en el proceso de toma de decisiones (Barredo, 1996). Esto significa en nuestro caso que el índice de susceptibilidad obtenido depende fundamentalmente del peso asignado a los factores (evaluado mediante la razón de consistencia), y en menor medida de la asignación de pesos a cada clase dentro de un factor, por lo que la subjetividad y ausencia de control inherentes a éste último proceso no influye de sobremanera en el cálculo del índice final, cuya relación es la siguiente

$$S = G + L + V + P$$

Dónde:

G = Valor de la variable geomorfológica.
L = Valor de la variable litológica.

V = Valor de la variable vegetación.
P= Valor de la variable pendiente.
S= Susceptibilidad.

Paralelamente a la evaluación analítica de la susceptibilidad, la visualización tridimensional de algunos de los mapas de factores condicionantes de la inestabilidad, e incluso fotografías aéreas mediante su superposición a un MDE de alta resolución, permitió una mayor comprensión de la influencia que dichos factores, ya sea individualmente o combinados entre sí, puede ejercer sobre las condiciones de estabilidad de la zona.

A continuación se presenta la secuencia para la elaboración del mapa final a través del **Model Builder,** cuyos pesos asignados en suma ponderada son: geología 4, pendiente 3, geomorfología 2 y cobertura vegetal 1.

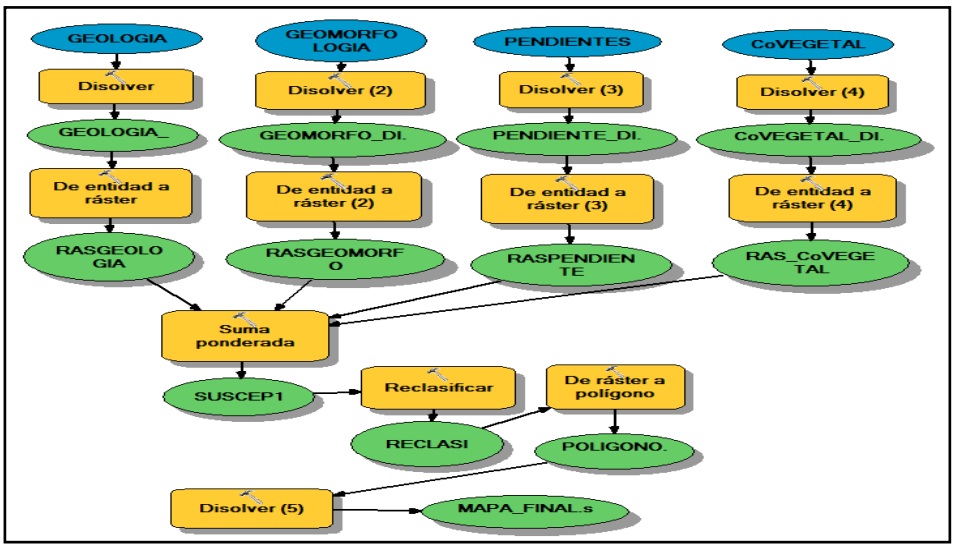


Figura Nº 51: *Análisis secuencial "Model Builder" para la obtención del Mapa Final.*
Fuente: *El Autor.*

Los resultados obtenidos del modelamiento se describen a continuación.

CATEGORíA	COLOR	AREA(Ha)	%
Muy baja susceptibilidad		2.08	4.65
Baja susceptibilidad		12.85	27.99
Media susceptibilidad		21.13	45.98
Alta susceptibilidad		8.19	17.92
Muy alta susceptibilidad		1.34	3.46
TOTAL		**45.59**	**100.0**

Tabla 25: *Categorías de la susceptibilidad.*
Fuente: *El Autor.*

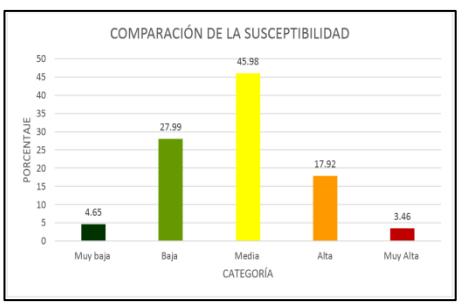


Figura 52: *Comparación de susceptibilidad.*
Fuente: *El autor*

Susceptibilidad Muy Baja.- Se caracterizan por la estabilidad que posee el terreno, para que no ocurran deslizamientos. Estos sectores poseen pendientes muy bajas entre 0 y 5º (terrenos planos o casi planos), en su mayor parte son zonas de cultivos

principalmente por estar en zonas casi planas y se encuentran aledañas al Río Malacatos. En cuanto a su litología están compuesta por depósitos aluviales y arcillas pertenecientes a la Formación Quillollaco Ocupan 2.8 Ha con el 4.65%.

Susceptibilidad Baja.- Estos sectores se caracterizan por ser de pendientes poco inclinadas o terrenos casi planos; comprenden arcillolitas, arcillas y conglomerados que no presentan gran peligro debido a su inclinación. Se encuentran en suelos ocupados por urbanizaciones y pastos en su mayoría, abarcan una área de 12. 85 Ha siendo el 27.99%.

Susceptibilidad Media.- Pertenecen a sectores donde la susceptibilidad es media debido a las condiciones de terreno, poseen pendientes entre 30 y 50% (terrenos moderadamente escarpados). Están presentes en arcillas, conglomerados y depósitos cuaternarios. El área que abarcan es de 21.13 Ha que corresponde al 45.98 %.

Susceptibilidad Alta.- Abarca un área de 8.19 Ha que corresponde al 17.92% y las condiciones del terreno hacen que sea posible la ocurrencia de deslizamientos, en este caso en terrenos escarpados con pendientes mayores a entre 35 y 55º además de encontrarse sobre arcillas y conglomerados que incrementa la posibilidad a producir estos fenómenos.

Susceptibilidad Muy Alta.- Son zonas de pendiente mayores a 55º además estar sin cobertura vegetal en su mayoría sumado las arcillas hace de estas áreas muy inestable, se encuentran cercanos al rio Malacatos y a la vía de integración barrial. Ocupando una área de 1.34 Ha con un porcentaje de 3.46%.

Mapa de Susceptibilidad a deslizamientos por el método Heurístico

.

6.8.9. Inventario de deslizamientos

Para determinar la correlación entre los resultados arrojados por los mapas de susceptibilidad se recorrió el área para determinar los deslizamientos existentes donde se identificaron 2 deslizamientos de tipo traslacional. Mismos que significan una área de 0.68 Ha representado el 1.43% del área total.

Sobreponiendo los deslizamientos sobre los mapas resultantes de los métodos tanto turístico como determinístico se determinó que los mismos se ubican en áreas de alta susceptibilidad. (Ver Mapas de Susceptibilidad).

Deslizamiento 1.

D 1		
COORDENADAS	**X:** 699463	**Dirección.** N 45 W
	Y: 9653216	**Angulo de inclinación.** 40
FOTO N°	**001**	**Forma de la ladera**. Recta
ALTUTUD	2165	**Uso del terreno**; Pastos
CATEGORÍA	**Susceptibilidad Alta**	
PARÁMETROS MÉTRICOS		
Área		0.2 Ha
Escarpes		0.30 - 2.0
Ancho		19.00
Largo		25.00
H de la masa desplazada		2.00

Tabal Nº 26: *Parámetros deslizamiento 1.*
Fuente: *El Autor.*

El deslizamiento generado en el área de estudio, se crean por los movimientos de tipo traslacional, desencadenado principalmente por presencia de flujos de agua el subsuelo entre las capas de arcillas llegando a saturarla por completo. El material principalmente es arcillas de varias coloraciones; negras con materia orgánica y amarillenta, los pastos la cubierta de vegetación y sus escarpes son muy evidentes. En la interpretación geotécnica se realizó el cálculo de factor de seguridad siendo el resultado de 0.78 en estado de saturación del 50 %, evidenciándose que el material se encuentra en estado totalmente elástico y plástico teniendo un comportamiento de flujo.

Figura 53: *Arcillas Pláticas.*
Fuente: *El autor.*

Figura 54: *Acumulacion de agua.*
Fuente: *El autor.*

El agua se pudo detectar a profundidad de 3.0 m, correlacionando con los resultados SEV corresponde a una capa saturada que puede ser resultado del flujo de agua interna proveniente de la laguna que se ubica al Sur-Oeste del área de estudio, siendo la dirección del flujo en sentido Oeste-Este.

Deslizamiento 2.

D 2		
COORDENADAS	**X:** 699597	**Dirección.** N 2 W
	Y: 9553218	**Angulo de inclinación.** 15
FOTO N	**002**	**Forma de la ladera**. Recta
ALTUTUD	2165	**Uso del terreno**; Arbórea
Categoría.	**"SUSCEPTIBILIDAD ALTA"**	
PARÁMETROS MÉTRICOS		
Área		0.5 Ha
Escarpes		1.80.
Anch0		78.00
Largo		64.00
H. de la masa desplazada		3.0 aprox

Tabla 27: *Parámetros deslizamiento 2.*
Fuente: *El Autor.*

El deslizamiento 2; es relativamente reciente cuyo movimiento es traslacional, se presume haberse provocado por la falta de resistencia a la cizalla y su pendiente que se generó desde los inicios de la apertura de vía. Actualmente se encuentra recubierta por vegetación arbórea (eucaliptos y otros arbustos) sembrado por el humano.

Los escarpes no presenta movimientos recientes pero se evidencian medidas de 1.80 m de alto, litológicamente se observó arcilla con cantos rodado muy pequeños de hasta 3 cm de diámetro. Además no se detectó agua aunque en el cálculo de factor de seguridad obtenido es de 0.9 en condiciones de saturación de 50% (Ver Figura 44).

Figura 55: *Escarpe Principal del Deslizamiento 2.*
Fuente: *El Autor.*

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Guamán 2008 describe que en la ciudad de Loja son numerosos los casos de fenómenos de remoción en masa que han causado serios problemas socio-económicos, debido a sus condiciones geológicas (rocas sedimentarias) sumado a las precipitaciones e intensidad de lluvias hacen que aumente la posibilidad de inestabilidad, llevando a valorar 33 barrios catalogados como de alto riesgos a fenómenos geológicos – climáticos.

El sector de estudio se sitúa al Sur de la ciudad específicamente entre la Universidad Nacional de Loja y ciudadela Julio Ordoñez sobre la formación Quillollaco en el mismo lugar se constituye por arcillas conglomerados que asociándose a las actividades humanas y precipitaciones la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos es alta.

Los métodos de evaluación de la susceptibilidad frente a deslizamientos están basados en la observación directa con la realización de inventarios que tienen gran importancia, además de la recolección de información preexistente, para definir las variables como la de geología, geomorfología, pendiente, cobertura vegetal y parámetros geotécnicos con mayor certeza, modelados desde varios programas como el Software ArcGis 10.1, Ilwis 3.06 y ArcView 3.2.

Las variables analizadas para la asignación de pesos en la generación de mapas raster en el método heurístico, y valores de la variables para el cálculo de factor de seguridad en el método determinístico se han basado principalmente en criterios de investigación bibliográfica y fundamentalmente en la caracterización geotécnica con la realización de ensayos de SPT y sondeos eléctricos verticales (SEV) que permitieron tener mayor exactitud para las valoraciones de las características físico-mecánicas de los geo materiales en estudio.

El área de estudio presenta relieves más o menos accidentados principalmente ocasionados por la construcción de la vía de integración Barrial además existen zonas de ladera natural aledañas al río.

La geología del sector se asienta totalmente sobre la formación Quillollaco misma que se compone por arcillas, arcillolitas y el conglomerado como basamento que pudieron haberse formado por proceso sísmico y ambiente fluviativos. Siendo en la parte Sur del área de estudio donde predominan las arcillas y en la Centro-Norte los conglomerados con capas de arcillas, evidenciándose en los taludes incrustaciones de Arcillolita. La orientación es N 22 W, e inclinaciones al Este con 31º como promedio.

La geomorfología del sector está representada por 11 formas de relieve: frentes de hotback, relleno, superficie plana ondulada, laderas cóncavas suaves, laderas plano convexas, terrazas fluviales inferiores, terrazas fluviales superiores, cause de río depresión, escarpe erosional. Determinado así algunas geoformas que inciden en la ocurrencia de los deslizamientos.

Para el reconocimiento de las geoformas se basó en la observación directa en campo y con la utilización un DEM y fotografías aéreas mismas que se categorizaron de acuerdo a su génesis y clasificadas según parámetros morfométricas y morfológicos.

En la cobertura vegetal el sector de estudio presenta en mayor cantidad zonas arbóreas en algunos sectores son cultivados (eucalipto y pino) y otros nativos, también ocupa gran cantidad de área las zona urbanas y por último los suelos desnudos que al momento de una precipitación favorecen la infiltración y la saturación de suelo.

Para la asignación de pesos en el modelamiento del mapa de susceptibilidad por el método Heurístico se enlazaron con el mapa de pendiente, que al igual que el mapa geológico son los mayor ponderados, Que fueron validados con la información de los parámetros obtenidos a partir del SPT y SEV con la finalidad de tener un mayor criterio. Al Cruzar los mapas en el software ArcGis 10.1 se realizó mediante la utilización de la herramienta Model Builder varios modelamientos y de esta forma obtener resultados que representen las condiciones físicas reales del terreno.

Por otro lado los parámetros para el método determinístico se dedujo de tablas referenciales y de los resultados de laboratorio realizados por la empresa ESTSUECOM S.A. necearías para la calibración del DTM,asc generado en el software Ilwis 3.06 y modelado con la extensión de SINMAP en el ArcGis 10.1.

El mapa resultante de susceptibilidad realizado por método determinístico arrojo datos indicando que la mayoría del terreno es estable con una área de 39.49 Ha que representa el 87.30% que corresponde principalmente a áreas de topografía plana: La demás categorías, representan áreas en promedio de 3·Ha y son principalmente los taludes y laderas aledañas a la vía y rio respectivamente. El área de mayor inestabilidad representan 1.69 Ha representado 3.20% y son áreas de pendiente con ángulo mayores a 50º además de constituirse por arcillas representando la evidente susceptibilidad a deslizamientos.

El mapa resultante de la susceptibilidad por el método heurístico determinó que la mayoría del terreno tiene una susceptibilidad media abarcando una área de 21.13 Ha que representa el 45.98% y la baja susceptibilidad que representa 12.85 ha con el

27.99% estas categorías es donde principalmente se asienta la Ciudadela Julio Ordoñez y parte de la Universidad Nacional de Loja, mientras que la susceptibilidad baja ocupa 2,08 Ha con 4.65% y se ubica cerca al río Malacatos y topográficamente es de relieve plano, misma donde se desarrollan los cultivos de ciclo corto de la Universidad. Y por último la susceptibilidad Alta con 8.19 Ha que representa el 17.92% y muy Alta con 1.34 Ha con 3.46 % que se presente principalmente en los taludes de la vía y laderas al rio además de estar sobre suelos desnudo y de pastos condicionantes para la ocurrencia de deslizamientos.

En este trabajo se introdujo la aplicación de dos método determinístico (SINMAP) y Heurístico (Model Builder) bajo condiciones naturales a fin de esbozar las ventajas y limitaciones de dichos modelos, demostrando tener aproximaciones de susceptibilidad bastante cercanas a la realidad, además de poder ser aplicables tanto en escalas regionales y locales. Ambos poseen un moderado grado de concordancia con el inventario de deslizamientos. Los resultados de la validación del modelo ilustran que el método determinístico y heurístico tiende a la sobre predicción, misma que se puede justificar en una evaluación de deslizamientos a escala local debido a cuatro razones principales: en primer lugar, las zonas de deslizamientos sobrepredichas como Altas se encuentran por encima o cerca de los deslizamientos existentes, por lo tanto, estas zonas pueden tener el potencial para futuros deslizamientos; en segundo lugar, los deslizamientos predichos por los modelos y los existentes en el inventario de deslizamientos no tienen por qué coincidir, ya que los modelos son sólo una guía para evaluar las áreas de alta susceptibilidad a deslizarse; tercero, el inventario de deslizamientos puede no mostrar alguno, debido a que el tiempo en que fue construido no refleja futuras zonas inestables, por lo que hay una disimilitud entre el resultado del modelo y el inventario de deslizamientos, y cuarto, en el análisis de los modelos, el uso del modelo digital de elevación a 1 y 1 m de resolución y la generalización cartográfica de los mapas 1:5000 para el análisis de SINMAP también es una limitante, ya que en esta resolución y generalización todos los tipos de deslizamiento tienden a perder la representación cartográfica y es difícil entrenar al modelo para separar áreas de deslizamiento de otras sin deslizamientos.

Entre la ventajas del ArcGis para realizar el mapa de susceptibilidad es su rapidez de procesamiento y la facilidad de manejo, pues sus herramientas como la de model builder permitió sistemizar de forma automática el procedimiento, evitando así la edición de los Shapefhiles por cada una de la variable analizadas: por otro lado con la extensión SINMAP el procedimiento es secuencial y se trabaja con un DTM tipo Raster mismo que se lo calibró con variables reales obtenidas de campo y de fuentes bibliográficas.

Otro punto a analizar son los resultados de SPT a profundidades de 4 metros la saturación de suelos es alta, los conglomerados son medianamente consistentes con matriz arcillosa y con incrustación de arcillolitas siendo los escenarios que estado de saturación son favorables para la susceptibilidad a deslizamientos y otros fenómenos de remoción en masa.

El sector de estudio muestra desarrollo urbanístico, a causa de apertura de la vía. Por lo que es fundamental la planificación del crecimiento. En la ciudadela Julio Ordoñes se realizó un SPT que muestra un q admisible de 3.58 kg/cm^2 en condiciones de humedad del 10.98%, implicando realizar el cálculo de acimentación donde se determinó que la base de las construcciones de edificios deben realizarse en al menos 1.5 * 1.5 m para que el suelo resista la carga vertical.

Además se calculó el factor de seguridad de los deslizamientos en varios escenarios de humedad obteniendo que en condiciones de saturación los deslizamientos son propensos a movimientos por cuanto el índice llega hasta 0.89 con humedades de mayores a 25 %. Lo que hace necesario la ejecución medidas de estabilización y control por parte de la construcción de la vía (Técnica General de Construcciones S.A.) en caso puntales como los deslizamientos.

8. CONCLUSIONES

- El área de estudio se sitúa sobre la formación Quillollaco que está conformada por rocas sedimentarias como arcillas, conglomerados y arcillolitas cuyas orientaciones es N 22 W, e inclinaciones al este con 31º al Este como promedios.

- Se determinaron 11 geoformas donde la mayor incidencia en modelamiento de cálculo de la susceptibilidad fue escarpes erosiónales donde además de su litología y al no tener cobertura vegetal dichas zonas se determinaron como de susceptibilidad Alta.

- Los resultados del SPT demostraron que las arcillas son suelos blandos de consistencia media. Consolidados en estado seco y una expansibilidad media con un q admisible de 5.58 kg/m^2 hasta una profundidad de 2 metros como promedio.

- Los conglomerados tiene un comportamiento frágil y de baja resistencia, son de fácil filtración y permeabilidad cuya q admisible es de 8.93Kg/cm^2.

- EL método heurístico a pesar de utilizarse generalmente para cubrir escalas mayores a 1:50000 los resultados en la presente tesis son viables, porque con la ayuda de la investigación geotécnica los pesos asignados a las distintas variables se dieron con mayor certeza coincidiendo que los deslizamientos se ubican en zonas de alta susceptibilidad.

- El método determinístico también es un método que puede utilizarse a escala grandes como pequeñas, ya que depende de que un profesional geólogo realicé interpretaciones de la idoneidad y comportamiento de material que tienen que ser basadas en investigaciones preexistentes y con datos de laboratorio.

- El mapa realizado por el método determinístico determino que las áreas de relieve plano que representan el 87.30% de área total son estables demostrando que tiene mayor precisión al momento del cálculo de la susceptibilidad diferencia del mapa resultante del método heurístico que en dichas áreas la susceptibilidad es de moderada 45.98%, Baja con 27.99 y muy baja con 4.65%. Por otro lado la areas de inestabilidad los resultados son similares en ambos métodos por el determinístico el área de mayor inestabilidad representa 3.10% y por el Heuristico 4.65% demostrando la gran aproximación de ambos métodos al calcular la susceptibilidad a deslizamientos.

- El mapa resultante de la susceptibilidad por el método heurístico determinó que la mayoría del terreno tiene una susceptibilidad media abarcando una área de 21.13 Ha que representa el 45.98% y la baja susceptibilidad que representa 12.85 ha con el 27.99% estas categorías es donde principalmente es asienta la Ciudadela Julio Ordoñez y parte de la Universidad Nacional de Loja, mientras que la susceptibilidad baja ocupa 2,08 Ha con 4.65% se ubica cerca al rio Malacatos y topográficamente es de relieve plano, misma donde se desarrollan los cultivos de ciclo corto de la Universidad. Y por último la susceptibilidad Alta con 8.19 Ha que representa el 17.92% y muy Alta con 1.34 Ha con 3.46 % que se presente principalmente en los taludes de la vía y laderas al rio además de estar sobre suelos desnudo y de pastos condicionantes para la ocurrencia de deslizamientos.

- Entre la relación y correlación de la información en exploración geotécnica se concluye que en la base de conglomerados es Bueno, mientras que para las arcillas y arcillolitas es aceptable con restricciones con bases de 1.5 x 1.5 metros para soportar una construcción de 4 piso con 31.5 ton.

- Se evidenció dos deslizamientos ambos con movimiento traslaciones que si sitúan a lado de la vía el primero es nuevo y el segundo antiguo que representa un peligro por cuanto los factores de seguridad en condiciones de saturación fueron menores a 1 y en la condiciones actuales en las que se encuentran.

9. RECOMENDACIONES

- Tener en cuenta mayor cantidad de factores que intervienen en los procesos de deslizamientos como: uso de suelo, dirección de los estratos, clima, erosión fluvial, sismicidad de la zona y acciones antrópicas, con la finalidad de evaluar aún más la confiabilidad de los resultados.

- El levantamiento de la información de campo como: topografía, geología, geomorfología, Cobertura Vegetal y caracterización de los deslizamientos; se la debe realizar minuciosamente ya que dichos datos servirán para el modelamiento y el análisis final.

- Considerar obras de ingeniería para dar mayor estabilidad a los deslizamientos determinados, con técnicas de bioingeniería, zanjas de drenaje y canaletas.

- En el modelamiento de los mapas utilizar un DEM y la aplicación ArcScene para obtener una mejor visualización en 3D en el momento de la determinación de la geoformas.

- Fomenta y difundir la metodología aplicada en la presente tesis así como la aplicación de otros métodos de cálculo de susceptibilidad a fin de disminuir las pedidas socio-económicas ante desastres naturales.

- Considerar los resultados de la presente tesis y de otros estudio similares para la generación de bases de datos para que se incluyan en los planes de ordenación territorial y de emergencia del gobierno local ya que la geología y topografía de la Cuenca de Loja presenta presentan condiciones favorables, a fin que los proyectos de construcción parte de la valoraciones geotécnica y de riesgos de terreno.

- Fomentar la investigación con otras metodologías de cálculo de susceptibilidad diferentes de las expuestas en la presente tesis, como la de multivariado y estadístico a fin de generar mayor información geocientífica y comprobar las aproximaciones del cálculo de la susceptibilidad de las diferentes metodologías.

10. BIBLIOGRAFíA

- **Abad Francisco. (2006).** “Ensayo Metodológico para la Evaluación y Zonificación de la Amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa, Cuenca de Loja. Pág. 15.

- **Aranha Domínguez, F. A**. **(1979)** “Topografía y astronomía posición a Ingenieros y Arquitectos”. Editorial McGraw - Hill. Sao Paulo.

- **Ayala-Carcedo y J. Corominas (2002)** “Mapas de Susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG”. Editores – Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 194 p.

- **Barlow J. Bentley Whintten.** “Análisis y diseño de sistemas de información” - Mc Graw- Hill Interamericana Colección ·ra Edición 908 pags/rustica en Castellano ISBN13 9788480862523.

- **Belousov, V. (1974)** Geología Estructural, Editorial MIR, Moscú.

- **Bemmelen, R.W. (1961)**. “El Carácter Científico de la geología".

- **Brabb, E.E. Pampeyan, E.H. Bonilla M.G. (1972),** “Landslide Susceptibility in San Mateo County”, California Misc. Field Studies Map. MF360 (scale 1:62, 500).

- **Braja M das.** Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Sacramento Universidad de California, Editorial Thomson Learning. 1999 608pp.

- **Buckner, R.B. (1983):** Surveying measurements and their Analysis. Third Printing, May 1991. Landmark Enterprises, Rancho Cordova, California. USA.

- **Carrara (1975)** “La tecnología SIG en la cartografía deslizamiento de tierra” Sistemas de información geográfica en evaluar los riesgos naturales, Kluwer, Dordrecht, Países Bajos. 135-175p.

- **Chelotti, L. Acosta, N., Foster, M**., **(2009)** “La Ciencia Geofísica”. Cátedra de Geofísica Aplicada, U.N.P.S.J.B., Chubut, Argentina.

- **CLIRSEN, (2012)**. Ficha de Fotointerpretación geomorfológica.

- **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.

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

- **Crozier, M. J. (1986)** "Los deslizamientos de tierra. Causas, consecuencias y medio ambiente”.

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

- **Diccionario de Geología y Mineralogía (**1985) 3ª. Edit. Rioduero, Madrid 238 p.

- **Echarri Luis. (1998)** Ciencia de la Tierra y del Medio Ambiente. Editorial Teide. España. 200 pp.

- **Escobar, Duque. (2013).** Manual de Geología para Ingenieros. Geomorfología 720 pp.

- **Estrada Luis A (2012.).** “SISMOLOGÍA PARA ALUNOS DE GEOLOGIA”. Universidad Nacional de Tucumán.

- **Ferrer, M. (1980).** “Deslizamientos, desprendimientos, flujos y avalanchas”. Riesgos Geológicos. Serie Geología Ambiental. IGME. Madrid 175-192 p.

- **Frederick S. Merrit (1979)** “Manual de Ingeniero Civil Cuarta Edición Tomo I”.pag 12.1. Editorial McGraw - Hill. Sao Paulo.

- **GAD Loja. Guamán, Galo. (2008)** “Riesgos Naturales en el Área Urbana de la Ciudad de Loja”.

- **González (2005),** Evaluación de amenaza por fenómenos de remoción enmasa. Documento digital. Bogota, pp. 53.

- **González Fermín (2011)**. Estudio del Peligro de deslizamiento del Sur de la ciudad de Loja, Provincia de Loja. Ecuador.

- **González de Vallejo. I, (2002).** Ingeniería Geológica, Capitulo 11: Prevención de Riesgos Geológicos, pp. 607-620 y capitulo 14.6_ prevención de riesgos por movimientos de terrero, pp . 656-664- Pearson educación. Madrid, España.

- **Goodman. R. E. y Bray, J. W. (1976)**. "Derrocamiento de taludes en roca". Actas del Congreso Especialidad en Roca Ingeniería de Fundaciones y pendientes. Boulder, CO ASCE. Vol. 2: 201-234.

- **Guamán Galo (2012)**. "Aplicación de SIG para el Manejo de Riesgos Naturales en el Área Urbana de la ciudad de Loja. Quito – Ecuador 113p.

- **Hoek, E. y Bray, J.W.** 1981. "Roca ingeniería pendiente". Institución de Minería y Metalurgia. Londres. 358 p.

- **Hutchinson J. N. (1988).** "Parámetros morfológicos y geotécnicos de deslizamientos de tierra en relación con la geología y la hidrogeología ", en: Recuerdos, 5 ª Conferencia Internacional sobre desprendimientos de tierras, Lausanne, Suiza. pp 3–35.

- **Instituto Geográfico Agustín Codazzi de Colombia (2011)**

- **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.

- **Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2010).** Información meteorológica. Anuarios. Disponible en: http://www.inamhi.gob.ec.

- ***ICT Holanda (2011)**. Manual de Usuario (ejercicio Deterministic Assessment).*

- **Janssen y Van Herwijnen, (1994)**. "Pesos de criterios usando el Método de Suma de Rango". Apoyo de decisión multiobjetivo a dirección ambiental. Decisiones definidas. Janssen, R, and van Herwijnen, M. (1994). "Multiobjective decision support for environmental management. DEFINITE Decisions on a FINITE set of alternatives": Demonstration, disks and instruction. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht (Netherlands). 232 pp. Two 3, 5" disks. ISBN 0-7923-1908-7

- **Jiménez Bravo José Daniel (2012)**. Caracterización Geológica-geotécnica de los movimientos de ladera de los sectores el Plateado y San Cayetano bajo con aplicación de tomografía eléctrica y técnicas de GPS diferencial.134 pp.

- **Karl Terzaghi y Ralph B. Peck (1947).** Mecánica de suelos en la Ingeniería Practica. Editorial el Ateneo S.A. 2da Edición.

- **Kennerley, (1974)** “Geología de la provincia de Loja, Ecuador sur ". Instituto de Ciencias Geológicas. División de Ultramar. Londres. Reino Unido. Informe no publicado 23. 34 pp.

- **Krumbrein y Sloss (1995).** "Industrial Minerals in Pharmaceuticals". Industrial Minerals. August. pp. 52-63.

- **M. Sc. Rolando Mora Chinchilla**. FUNDAMENTOS SOBRE DESLIZAMIENTOS. San José-Costa Rica.120 p.p.

- **Michael Buckner R.B, (1983)** “Observaciones y aplicaciones Topográficas en Ingeniara Civil.233 pp.

- **Mittelbach et al, H. Mittelbach, I. Lehner, S.I. Seneviratne (2012**). Comparison of four soil moisture sensor types under field conditions in Switzerland**.** Journal of Hydrology, 430–431 (2012), pp. 39–49

- **Mora, R. Chávez, J. & Vásquez, M. (2002)** “La zonificación de la susceptibilidad al Deslizamiento”. Resultados obtenidos para la Península de Papagayo. Internacional acerca del tercer curso microzonificación y su aplicación en la mitigación de desastres. Lima, Perú 38-46 p.

- **Noriega José M. (2008).** “Técnicas de investigación del Suelo: Elaboración e Interpretación de Estudios Geotécnicos.

- **Orellana, E., (1982)** “Prospección Geoeléctrica en Corriente Continua.” Paraninfo, S. A. Madrid.

- **Rodríguez – Ortiz (1975).** *Criterios de “Expansividad de las Arcillas”.*

- **Santacana J. (2001)** “Una reflexión sobre conceptos históricos aprendidos a través del juego” Didáctica de las Ciencias Sociales, Geografía e Historia, 30 p.

- **Sarkar, S., Kanungo, D.P. (2004)** “An integrated approach for landslie susceptibility mapping using remote sensing and GIS”. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 70: pp. 617-625.

- ***Sierra et al., 1999.*** La Vegetación de los andes del ecuador: memoria Explicativa De los mapas de vegetación Potencial y remanente De los andes del Ecuador a escala 1:250 000 del modelamiento predictivo con especies indicadoras.

- **SIG-TIERRAS** (Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica). Disponible en: http://www.sigtierras.gob.ec/.

- **Sistemas de Clasificación de suelos (1948”).** “Casa Grande.

- **Soeters, R. y Van Westen, C.J. (1996).** "Slope instability recognition, analysis and zonation". In Turner, K. y Schuster, R.L. (Eds.), Landslides Investigation and Mitigation; Transportation Research Board, Special Report 247, National Academy Press, Washington DC, 129-177.

- **Suárez J. (2009)** “Deslizamientos Volumen 1: Análisis Geotécnico” Primera edición. Bucaramanga – Colombia 607p.

- **Tambo Walter. (2011**) “Estudio del Peligro de deslizamiento del Norte de la ciudad de Loja, Provincia de Loja. Ecuador”.

- **Universidad Nacional de Colombia (2000),** Investigación de aguas subterráneas región Valles y San Nicolás, Medellín.

- **Van Westen, C. (1994)** “Aplicación del Sistema de Información Geográfica para la zonificación del peligro de deslizamiento”.

- **Van Westen, C. (1994)** “Aplicación del Sistema de Información Geográfica para la zonificación del peligro de deslizamiento”.

- **Van Westen C. J. (2005)** “Introducción al uso de SIGs en el mapeo de deslizamientos”. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences. ITC Enschede, The Netherlands.

- **Varnes, DJ (1978)**. “Tipos de movimientos de pendiente y procesos. En: Informe Especial 176: Análisis y Control” (Eds: Schuster, RL y Krizek, RJ). Transporte y Carretera la Junta de Investigación de la Academia Nacional de Ciencias, Washington DC, 11-33.

- **Varnes, (1984).** De peligro de deslizamiento Zonificación. Una revisión de los Principios y Práctica. UNESCO, Paris, 63pp.

- **Whitten, Benthley y Barlow (1996).** Análisis y diseño de Sistemas de Información Geográfica. Editorial: Mc Graw-Hill Interamericana. 3ra Edición. 908 pag.Rustica. Castellano, Libro.

ANEXOS:

ANEXO 1: Ficha técnica para descripción de afloramientos

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

Proyecto

Afloramiento Nº:
Coordenadas:
Dimensiones:
Cota:
Relieve: Llano( ) Bajo ( ) De colinas( ) Montañoso( )
Vegetación: Exuberante( ) Escasa( ) Color( )
Nº Foto:
Fecha:

CROQUIS

PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO.

POTENCIA	Nº DE CAPAS	LITOLOGÍA	COLOR	ORIENTACIÓN	MUESTRA	DESCRIPCIÓN

OBSERVACIONES

ANEXO 2. Tabla de registro de valores de resistividad en campo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

CARRERA EN GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Sondaje Geofísico: Métodos Eléctricos

"Resistividad Verdadera " SCHUMBERGER"

NOMBRE DEL SONDAJE:

FECHA:

OPERADOR:

COORDENADAS:

DIBUJO UBICACIÓN SEV # =

DISPOSITIVO SCHLUMBERGER

B —— M —— O —— N —— A

ESTACIÓN PUNTO	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE k	1ra LECTURA		2da LECTURA		3ra LECTURA		OBSERVACIONES
				RESISTENCIA R (Ohm)	RESISTIVIDAD (ohm-m)	RESISTENCIA R (Ohm)	RESISTIVIDAD (ohm-m)	RESISTENCIA R (Ohm)	RESISTIVIDAD (ohm-m)	
1	1.00	0.20	7.54							
2	1.47	0.20	16.66							
3	2.15	0.20	35.99							
4	3.16	0.20	78.11							
5	4.64	0.20	168.78							
6	4.64	0.50	86.85							
7	6.81	0.20	363.92							
8	6.81	0.50	144.91							
9	10.00	0.50	313.37							
10	14.70	0.50	678.08							
11	14.70	2.00	166.58							
12	21.50	0.50	1454.42							
13	21.50	2.00	359.91							
14	31.60	2.00	781.13							
15	46.40	2.00	1687.79							
16	46.40	5.00	668.52							
17	68.10	2.00	3639.24							
18	68.10	5.00	1449.10							
19	100.00	5.00	3133.75							
20	100.00	10.00	1555.09							

ANEXO 3: Caracterización de los deslizamientos

DATOS GENERALES

Movimiento	**1**	
COORDENADAS	**X:** 699463	**Dirección.** N 45 W
	Y: 9653216	**Angulo de inclinación.** 40
FOTO N	**001**	**Forma de la ladera**. Recta(**X**) Curvada( ) Convexa()
ALTUTUD	2165	**Uso del terreno**; Arbusto y arboles ( ), No vegetada ( ), Pastos (**X**), Cultivos ( ), Residencial ( ), Vía presente ( ).
FECHA	Marzo del 2015	

CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO

Tipo: Deslizamiento (**X**) Flujo ( ) Caída ( ) Reptación ( ) Erosión ( ).
Longitud (Distancia Promedio desde Escarpe hasta la base: 28 metros
Ancho (Promedio de la zona): 58 metros
Tipo de falla: Indeterminada( ) Rotacional( ) Trasnacional(**X**) Completa Múltiple( )
Mecanismo. Evento sencillo y rápido ( ) Evento sencillo y lento (**X**) Evento múltiple y rápido ( ) Evento múltiple y lento ( )
SECUENCIA DE REPETICIÓN.
ACTIVIDAD : Inactivo ( ) Latente (**X**) Activo (**X**) Actividad localizada ( )
ESTADO DEL ESCARPE: No es aplicable ( ). Escarpe evidente (**X**) Escarpe vago ( )
FORMA DEL ESCARPE: No aplicable ( ) Semicircular ( ) Elongado ( ) Alargado (**X**)
AREA DEL ESCARPE: No aplicable ( ) Pequeña (200 m2) () Mediana (200–500m2) ( ) Grande (500 m2) (**X**)
VEGETACIÓN DEL ESCARPE: No Aplicable ( ) No vegetada ( ) Vegetación Escasa (**X**) Arbustos ( )
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA: No aplicable ( ) Longitud=Ancho () Longitud>Ancho (**N**) Longitud<Ancho ( ).
ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA: Masa intacta ( ) Masa desintegrada (**X**) Masa en forma de flujo ( ) No Presente ()
HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA: No Presenta zonas Húmedas ( ) Zonas de alta Humedad (**X**) Zonas Inundadas ( ) Zonas Húmedas ( )
VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA: No Aplicable ( ) No vegetada ( ) Vegetación escasa (**X**) arbustos ( ) Árboles ( ).
SUPERFICIE DE FALLA: Cubierta orgánica ( ) Suelo depositado (**X**) Suelo residual( ) Relleno( )
CAUSA PROBABLE: Desconocida ( ) Erosión concentrada ( ) Deforestación ( ) Exceso de agua (**X**) construcciones ( ) Discontinuidades ( ).
FACTOR DISPARADOR : Desconocido ( ) Lluvias (**X**) Construcciones (**X**) Apertura de vía ( )
DAÑO: No visible (**X**) Carreteras ( ) Residencias ( ) Áreas de pasto (**X**) Residencias ( )
ESTABILIZACIÓN: No Visible (**X**) Muros ( ) Canales ( ) Drenes ( ) Otros ( )
REGISTO FOTOGRÁFICO.

DATOS GENERALES

Movimiento	**2**	
COORDENADAS	**X:** 699597	**Dirección.** N 5º W
	Y: 955348	**Angulo de inclinación.** 25
FOTO N	**002-003**	**Forma de la ladera**. Recta(**X**) Curvada( ) Convexa()
ALTUTUD	2167	**Uso del terreno**; Arbusto y arboles ( ), No vegetada ( ), Pastos (**X**), Cultivos ( ), Residencial ( ), Vía presente ( ).
FECHA	Marzo del 2015	

CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO

Tipo: Deslizamiento (**X**) Flujo ( ) Caída ( ) Reptación ( ) Erosión ( ).
Longitud (Distancia Promedio desde Escarpe hasta la base: 130 metros
Ancho (Promedio de la zona): 60 metros
Tipo de falla: Indeterminada( ) Rotacional( ) Trasnacional(**X**) Completa Múltiple( )
Mecanismo. Evento sencillo y rápido ( ) Evento sencillo y lento (**X**) Evento múltiple y rápido ( ) Evento múltiple y lento ( )
SECUENCIA DE REPETICIÓN.
ACTIVIDAD : Inactivo (**X**) Latente () Activo () Actividad localizada ( )
ESTADO DEL ESCARPE: No es aplicable ( ). Escarpe evidente () Escarpe vago (**X**)
FORMA DEL ESCARPE: No aplicable ( ) Semicircular (**N**) Elongado( ) Alargado (**X**)
AREA DEL ESCARPE: No aplicable ( ) Pequeña (200 m2) () Mediana (200–500m2) ( ) Grande (500 m2) (**X**)
VEGETACIÓN DEL ESCARPE: No Aplicable ( ) No vegetada ( ) Vegetación Escasa () Arbustos (**X**)
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA: No aplicable ( ) Longitud=Ancho () Longitud>Ancho ( ) Longitud>Ancho<(**X**).
ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA: Masa intacta ( ) Masa desintegrada () Masa en forma de flujo ( ) No Presente (**X**)
HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA: No Presenta zonas Húmedas (X) Zonas de alta Humedad () Zonas Inundadas ( ) Zonas Húmedas ( )
VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA: No Aplicable ( ) No vegetada ( ) Vegetación escasa () arbustos (X) Árboles ( ).
SUPERFICIE DE FALLA: Cubierta orgánica ( ) Suelo depositado (**X**) Suelo residual ( ) Relleno ( )
CAUSA PROBABLE: Desconocida (**X**) Erosión concentrada ( ) Deforestación ( ) Exceso de agua () construcciones ( ) Discontinuidades ( ).
FACTOR DISPARADOR : Desconocido ( ) Lluvias (**X**) Construcciones (**X**) Apertura de vía ( )
DAÑO: No visible (**X**) Carreteras ( ) Residencias ( ) Áreas de pasto (**X**) Residencias ( )
ESTABILIZACIÓN: No Visible (**X**) Muros ( ) Canales ( ) Drenes ( ) Otros ( ).
REGISTO FOTOGRÁFICO.

ANEXO 4: Tabla de referencia de resistividad natural de los materiales

MATERIAL	RESISTIVIDAD (Ωm)
Basamento. Roca sana con diaclasas espaciadas	> 10000
Material	Resistividad (**m**)
Basamento. Roca fracturada	1500 -5000
Basamento. Roca fracturada saturada con agua corriente	100-2000
Basamento. Roca fracturada saturada con agua salada	1-100
Gruss no saturado	500-1000
Gruss saturado	40-60
Saprolito no0 saturado	200-500
Saprolito saturado	40-100
Gravas no saturadas	500-2000
Gravas saturadas	300-500
Arenas no saturadas	400-700
Arenas saturadas	100-200
Limos no saturados	100-200
Limos saturados	20-100
Limos saturados con agua salada	5-15
Arcillas no saturadas	20-40
Arcillas saturadas	5-20
Arcillas saturadas con agua salada	1-10
Andosoles secos	1000-2500
Andosoles no saturados	300-1000
Andosoles saturados	30-50
Limos	20-100
Humus	10-150
Turba húmeda	5-100
Arcilla plástica	50
Margas y arcillas compactas	100-200
Margas del jurásico	30-40
Arena arcillosa	50-500
Arena silícea	200-3000
Suelo pedregoso desnudo	300-5000
Calizas blandas	100-300
Calizas compactas	1000-5000
Calizas agrietadas	500-1000
Pizarras	50-300
Roca de mica y cuarzo	800

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

Valores Representativos de Resistividad. Material	Resistividad (m
Arcilla y limo saturado	0 – 10,00
Arcilla arenosa y arena limosa húmeda	10,00 – 25,00
Arena arcillosa y arena saturada	25,00 – 50,00
Arena	50,00 – 150,00
Grava	150,00 – 500,00
Roca meteorizada	100,00 – 200,00
Roca sana	150,00 – 4000,00

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

ANEXO 5: Valores de resistividad recogidos en el campo e insertados en el programa EarthImager 1d

LINEA SEV 1

Edit Raw Data

Data#	AB/2 (m)	MN/2 (m)	V/I (mV/mA)	Rho Ohm-m
1	1.000	0.200	2.92830E+01	220.789
2	1.470	0.200	1.50280E+01	250.329
3	2.150	0.200	6.60000E+00	237.540
4	3.160	0.200	2.85300E+00	222.855
5	4.640	0.200	1.09674E+00	185.107
6	4.640	0.500	2.76892E+00	185.107
7	6.810	0.200	4.22692E-01	153.827
8	6.810	0.500	1.06154E+00	153.827
9	10.000	0.500	3.91000E-01	122.529
10	14.700	0.500	1.90550E-01	129.208
11	14.700	2.000	7.75676E-01	129.208
12	21.500	0.500	6.05475E-02	87.880
13	21.500	2.000	2.44172E-01	87.880
14	31.600	2.000	9.50000E-02	74.207

Array Type
- Schlumberger
- Wenner
- Dipole Dipole
- Pole Dipole
- Pole Pole

Length Unit
- Meters
- Feet

Number of Data: 14

Update

Delete

Clear All

Read Data

Update Data

Close

LINEA SEV 2

Edit Raw Data

Data#	AB/2 (m)	MN/2 (m)	V/I (mV/mA)	Rho Ohm-m
1	1.000	0.200	1.35180E+01	101.923
2	1.470	0.200	6.90700E+00	115.053
3	2.150	0.200	3.62900E+00	130.611
4	3.160	0.200	1.98200E+00	154.819
5	4.540	0.200	1.00300E+00	162.054
6	4.640	0.500	2.69300E+00	180.032
7	6.810	0.200	4.53471E-01	165.028
8	6.810	0.500	1.13884E+00	165.029
9	10.000	0.500	4.85000E-01	151.986
10	14.700	0.500	1.88832E-01	128.043
11	14.700	2.000	7.68683E-01	128.043
12	21.500	0.500	5.66436E-02	82.213
13	21.500	2.000	2.28428E-01	82.213
14	31.600	2.000	9.90000E-02	77.331

Array Type
- Schlumberger
- Wenner
- Dipole Dipole
- Pole Dipole
- Pole Pole

Length Unit
- Meters
- Feet

Number of Data: 14

Update

Delete

Clear All

Read Data

Update Data

Close

LINEA SEV 3

Edit Raw Data

Data#	AB/2 (m)	MN/2 (m)	V/I (mV/mA)	Rho Ohm-m
1	1.000	0.200	8.14520E+01	614.134
2	1.470	0.200	5.01100E+01	834.708
3	2.150	0.200	2.93210E+01	1055.288
4	3.160	0.200	1.51130E+01	1180.515
5	4.640	0.200	7.29112E+00	1230.587
6	4.640	0.500	1.84077E+01	1230.589
7	6.810	0.200	2.23139E+00	812.054
8	6.810	0.500	5.60387E+00	812.054
9	10.000	0.500	1.28600E+00	402.999
10	14.700	0.500	3.11491E-01	211.216
11	14.700	2.000	1.26800E+00	211.217
12	21.500	0.500	9.16259E-02	132.987
13	21.500	2.000	3.69503E-01	132.987
14	31.600	2.000	1.16000E-01	90.611

Array Type
- Schlumberger
- Wenner
- Dipole Dipole
- Pole Dipole
- Pole Pole

Length Unit
- Meters
- Feet

Number of Data: 14

Update

Delete

Clear All

Read Data

Update Data

Close

LINEA SEV 4

Edit Raw Data

Data#	AB/2 (m)	MN/2 (m)	V/I (mV/mA)	Rho Ohm-m
1	1.000	0.200	2.97900E+00	22.461
2	1.470	0.200	1.13700E+00	18.940
3	2.150	0.200	3.66000E-01	13.173
4	3.160	0.200	1.66000E-01	12.967
5	4.640	0.200	4.84074E-02	8.170
6	4.640	0.500	1.22213E-01	8.170
7	6.810	0.200	1.08748E-02	3.958
8	6.810	0.500	2.73108E-02	3.958
9	10.000	0.500	1.00000E-02	3.134
10	14.700	0.500	1.56734E-03	1.063
11	14.700	2.000	6.38022E-03	1.063
12	21.500	2.500	1.49490E-03	0.428
13	21.500	2.000	1.19005E-03	0.428
14	31.600	2.000	2.56000E-05	0.020

Array Type
- Schlumberger
- Wenner
- Dipole Dipole
- Pole Dipole
- Pole Pole

Length Unit
- Meters
- Feet

Number of Data: 14

Update

Delete

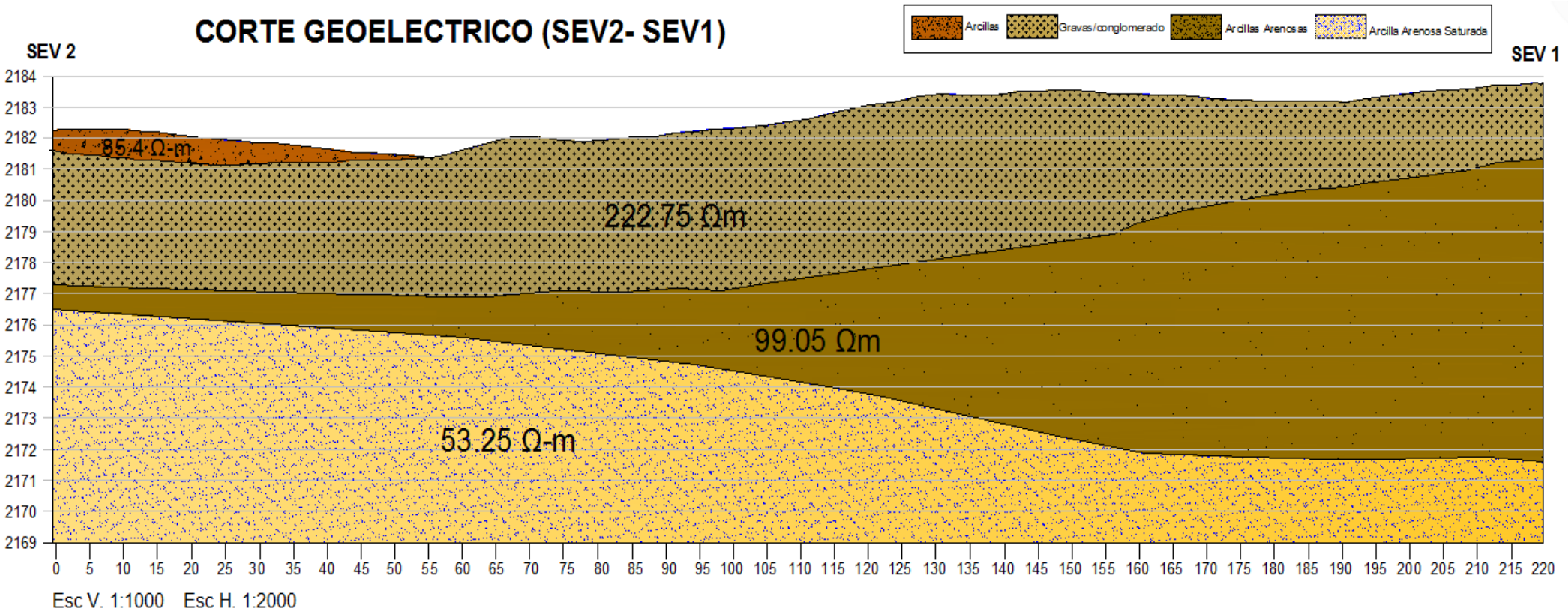
Clear All

Read Data

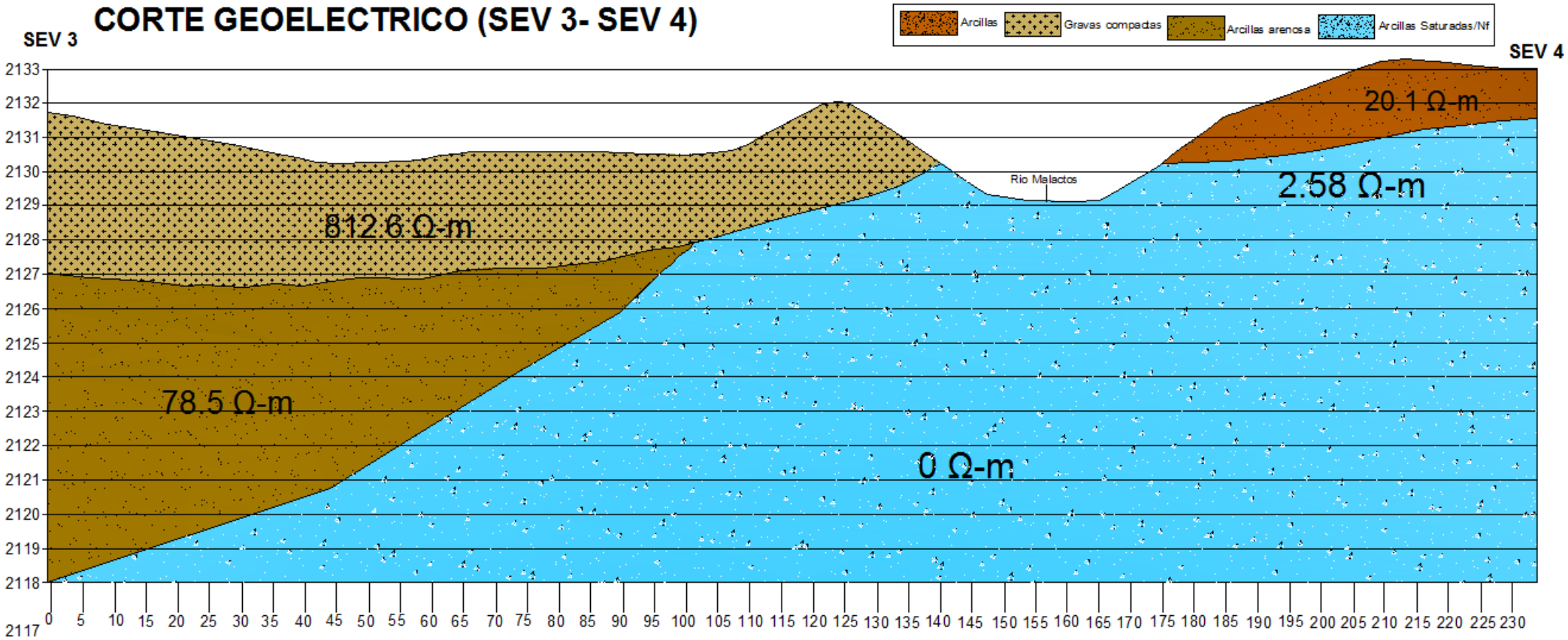
Update Data

Close

ANEXO 6.
Cortes Geoeléctricos.


CORTE GEOELECTRICO (SEV2- SEV1)
Arcillas
Gravas/conglomerado
Arcillas Arenosas
Arcilla Arenosa Saturada
SEV 2
SEV 1
85.4 Ω-m
222.75 Ωm
99.05 Ωm
53.25 Ω-m
2184
2183
2182
2181
2180
2179
2178
2177
2176
2175
2174
2173
2172
2171
2170
2169
0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220
Esc V. 1:1000 Esc H. 1:2000

CORTE GEOELECTRICO (SEV 3- SEV 4)



Esc V. 1:1000 Esc H. 1:2000

ANEXO 7: Tablas referenciales.

Tipos de Suelos.		Ángulo de Fricción Interna en grados.	Cohesión C.
Granulares o no Cohesivos	Arena suelta	30	
	Arena de Compacidad media	32,5	
	Arena densa	35	
	Grava	35	
	Grava arenosa heterogénea	35	
	Bloques de piedra escolleras (sin presencia de arena)	35	
Suelos Cohesivos	Arcilla semidura	15	0,25
	Arcillas firmes	16	0,1
	Arcillas Blandas	17	0
	Arcilla arenosa firme	22,5	0,05
	Arcilla arenosa blanda	23,5	0
	Limo firme	24,5	0,02
	Limo blando	25,5	0
	Arcilla orgánica, limo y cieno, no fibroso	10	0
	Turba	15	0

Angulo de Fricción Interna y Cohesión de los suelos
Fuente: *Orta Amaro Pedro Andrés, Explotación eficiente de máquinas de construcción. Universidad Central de la Villas 2007.*

Tipos de suelos.	Peso Unitario (kg/m^3)
Arcilla compactada.	1900
Arenisca compacta.	1600
Caliza blanda.	1900
Caliza dura.	2500
Marga.	2200
Serpentina.	2560
Yeso.	2300
Arcilla seca.	1700
Arcilla húmeda.	1760
Arena natural suelta.	1430
Arena natural compacta.	1620
Arena artificial suelta.	1450
Arena artificial compacta.	1650
Gravas.	1700
Tierra seca suelta.	1500
Tierra seca compacta.	1700
Tierra húmeda suelta.	1600
Tierra mojada compacta.	1800
Fango (fluido).	1750
Mármoles.	2640
Pizarra metamórfica.	2800
Granito.	2750

Pesos Unitarios de los suelos de los suelos
Fuente: *Orta Amaro Pedro Andrés, Explotación eficiente de máquinas de construcción. Universidad Central de la Villas 2007.*

ANEXO 8.
Resultados de los ensayos de penetración Estándar

SPT 1

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

e-fax: 2640884. celular: 093883361-098692335 email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ENSAYOS DE CLASIFICACION

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

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS

UBIC. : LOJA MUESTRA :1

FECHA : ABRIL-2015 OPERADOR: O.V PROFUND.:1,00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		58,00	55,00	28,21	11,20	
		54,45	51,73	27,76	11,35	11,27
2.- LIM. LIQUIDO	33	29,09	26,78	19,31	30,92	
	27	31,85	29,09	20,55	32,32	
	22	30,66	27,87	19,70	34,15	
	16	30,50	27,78	20,12	35,51	32,87
3.- LIMITE PLASTICO		27,02	25,98	20,46	18,84	
		26,92	25,74	19,38	18,55	18,70

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 110,7 (H/S) H

PESO INICIAL DE CALCULO: 99,5

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	0,00	0,0	100
No. 10	0,30	0,3	100
No. 40	1,17	1,5	99
No. 200	14,72	16,3	84

COLOR= CAFÉ CLARO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA= 0 %

ARENA= 16 %

FINOS= 84 %

LL = 33,00 %

LP = 19,00 %

IP = 14,00 %

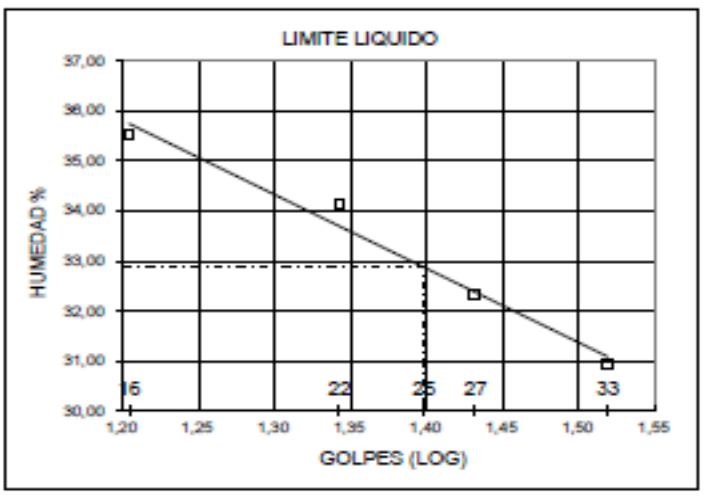
CLASIFICACION:

SUCS = CL

AASHTO= A-6

IG(86)= 12

IG(45)= 10



Ing. Diego I. Castillo
LABORATORIO

ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
e-fax: 2540594. celular: 091551081-099492115 email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO EN LA VIA DE INTERGRACION BARRIAL TRAMO CIUDADELA JULIO ORDOÑES HASTA BARRIO CAPULI
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : LOJA MUESTRA :1
FECHA : ABRIL-2015 OPERADOR: O.V PROFUND.:2,00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		100,36	93,56	25,28	9,96	
		82,47	77,95	25,89	8,68	9,32
2.- LIM. LIQUIDO	33	32,16	29,11	19,68	32,34	
	27	33,04	29,74	19,75	33,03	
	22	30,72	27,97	19,80	33,66	
	17	32,41	29,07	19,39	34,50	33,26
3.- LIMITE PLASTICO		18,02	17,25	13,05	18,33	
		24,51	23,68	19,25	18,74	18,53

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 223,1 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 204,1

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	0,73	0,4	100
No. 10	1,12	0,9	99
No. 40	2,42	2,1	98
No. 200	31,09	17,3	83

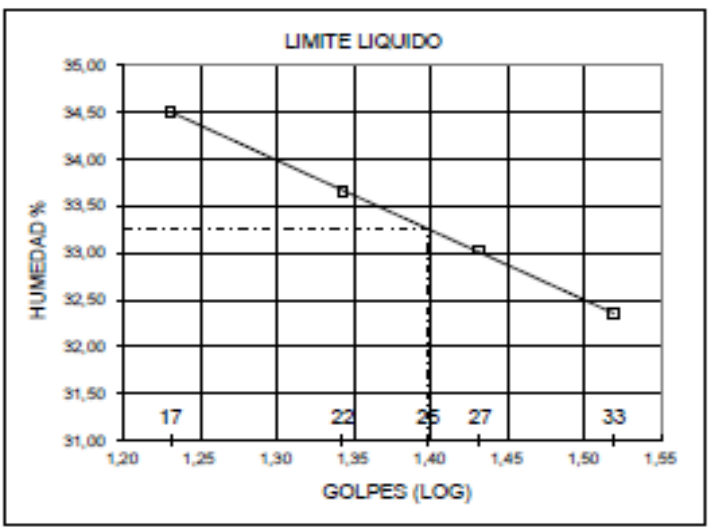
COLOR= CAFÉ CLARO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA= 0 %
ARENA= 17 %
FINOS= 83 %

LL = 33,00 %
LP = 19,00 %
IP = 14,00 %

CLASIFICACION:
SUCS = CL
AASHTO= A-6
IG(86)= 12
IG(45)= 10



Ing. Diego I. Castillo
LABORATORIO

ESTSUELCON CIA. LTDA.

RESUMEN DE RESULTADOS

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

OBRA: ESTUDIO DE SUELOS SECTOR 1
SOLICITADO POR: SRTA. GABRIELA ALEXAND POZO: 1
REALIZADO POR: ING. DIEGO I. CASTILLO

PROF. (m)	N.F. (m)	STANDARD PENETRATION TEST (S.P.T.) 15	30	45	N SPT	GRÁFICO DE GOLPES DE SPT (0 20 40 60 80)	CLASIFICACIÓN S.U.C.S. W (%)	LÍMITES ATTERBERG L.L.	L.P.	I.P.	GRANULOMETRÍA G	A	F	SUCS	Perfil estratigráfico Símbolo	Descripción del Suelo	Consistencia (Suelos Arcillosos)	Compacidad Relativa (arena)
0																		
1,0		12	15	35	50		11,27	33	19	14	0	16	84	CL		Arcillas	Media	
2,0		15	45	52	97		9,32	33	19	14	0	17	83	CL			Alta	
3,0		53	80	120	200		14,48	33	18	15	0	12	88	CL			Alta	
4,0																		
5,0																		
6,0																		

PERFORAC. TOTAL: 3,0 m.
NIVEL FREATICO: 0 m.

LEYENDAS:
Perforación destructiva
Limo
Arena
Bloque
Nivel Freático
Arcilla
Grava

ESTSUELCON CIA. LTDA.

RESUMEN DE DATOS DE CAMPO, DE LABORATORIO Y RESISTENSIAS OBTENIDAS

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

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

POZO	PROF.	C. H.	L. L.	L. P.	I. P.	GRAVA	ARENA	FINOS	CLASIFIC		GOLPES N			N30	qu	qultneta	qadmneta	c = Kg/cm²	
	m.	%	%	%	%	%	%	%	SUCS	AASHTO	15 cm	30 cm	45 cm	golpes	Kg/cm²	Kg/cm²	Kg/cm²	calc.	obt.
1	1,00	11,27	33	19	14	0	16	84	CL	A-6	12	15	35	50	6,67	20,67	6,89	3,33	
1	2,00	9,32	33	19	14	0	17	83	CL	A-6	15	45	52	97	12,93	40,09	13,36	6,47	
1	3,00	14,48	33	18	15	0	12	88	CL	A-6	53	80	120	200	26,67	82,67	27,56	13,33	

Ing. Diego I. Castillo
CONSULTOR

SPT 2.

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

e-fax: 2640994. celular: 093883861-099492338 email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO EN LA VIA DE INTERGRACION BARRIAL TRAMO CIUDADELA JULIO ORDOÑES

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS

UBIC. : LOJA — MUESTRA :1

FECHA : MAYO-2015 — OPERADOR: O.V — PROFUND.:1,00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		66,43	62,58	27,41	10,95	
		68,48	64,71	27,99	10,27	10,61
2.- LIM. LIQUIDO	33	37,18	35,26	27,29	24,09	
	26	32,92	31,86	27,57	24,71	
	24	34,15	32,77	27,27	25,09	
	19	34,48	32,59	25,27	25,82	24,93
3.- LIMITE PLASTICO		34,48	33,34	27,76	20,43	
		33,21	31,88	25,35	20,37	20,40

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 94,8 (H/S) H

PESO INICIAL DE CALCULO: 85,7

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"	9,55	11,1	89
3/8"	1,17	12,5	87
No. 4	10,43	24,7	75
No. 10	10,14	36,5	63
No. 40	11,48	49,9	50
No. 200	18,00	70,9	29

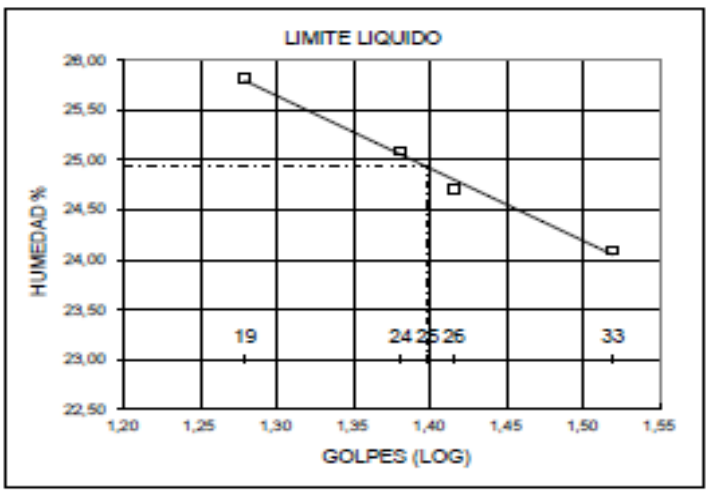
COLOR= CREMA

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA= 25 %
ARENA= 46 %
FINOS= 29 %

LL = 25,00 %
LP = 20,00 %
IP = 5,00 %

CLASIFICACION:
SUCS = SC
AASHTO= A-2-4
IG(86)= 0
IG(45)= 0



Ing. Diego I. Castillo
LABORATORIO

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

e-fax: 2840984. celular: [illegible] email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO EN LA VIA DE INTERGRACION BARRIAL TRAMO CIUDADELA JULIO ORDOÑES

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS

UBIC. : LOJA MUESTRA :1

FECHA : MAYO-2015 OPERADOR: O.V PROFUND.:2,00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		51,45	48,85	27,58	12,22	
		56,27	53,12	25,86	11,54	11,88
2.- LIM. LIQUIDO	34	30,78	29,59	24,71	24,39	
	28	35,80	33,76	25,53	24,79	
	24	35,56	33,46	25,11	25,15	
	18	34,01	32,70	27,60	25,69	25,03
3.- LIMITE PLASTICO		32,72	31,47	25,32	20,33	
		35,10	33,78	27,34	20,50	20,41

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 216,2 (H/S) H

PESO INICIAL DE CALCULO: 193,2

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	59,56	30,8	69
1/2"	28,19	45,4	55
3/8"	9,71	50,4	50
No. 4	9,56	55,4	45
No. 10	12,41	61,8	38
No. 40	17,25	70,7	29
No. 200	26,92	84,7	15

COLOR= CREMA

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA= 55 %

ARENA= 29 %

FINOS= 15 %

LL = 25,00 %

LP = 20,00 %

IP = 5,00 %

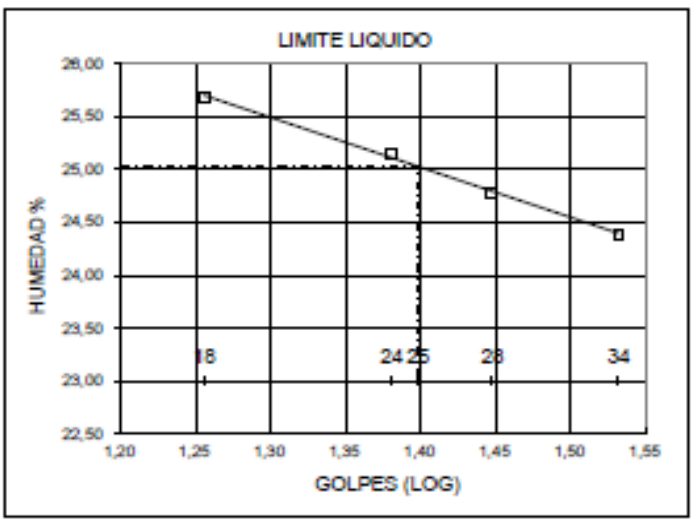
CLASIFICACION:

SUCS = GC

AASHTO= A-1-b

IG(86)= 0

IG(45)= 0



Ing. Diego I. Castillo

LABORATORIO

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

e-fax. 2540994. celular. 093833861-099692335 email. estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO EN LA VIA DE INTERGRACION BARRIAL TRAMO CIUDADELA JULIO ORDOÑES

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS

UBIC. : LOJA — MUESTRA :1

FECHA : MAYO-2015 — OPERADOR: O.V — PROFUND.:3,00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		81,41	75,47	25,31	11,84	
		75,45	71,05	27,54	10,11	10,98
2.- LIM. LIQUIDO	33	36,42	34,42	26,53	25,35	
	27	33,56	32,26	27,18	25,59	
	22	40,13	37,56	27,65	25,93	
	17	41,21	38,29	27,23	26,40	25,75
3.- LIMITE PLASTICO		30,56	29,58	24,68	20,00	
		32,37	31,24	25,56	19,89	19,95

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 303,1 (H/S) H

PESO INICIAL DE CALCULO: 273,1

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	32,81	12,0	88
1/2"	23,22	20,5	79
3/8"	2,42	21,4	79
No. 4	27,91	31,6	68
No. 10	19,80	38,9	61
No. 40	25,90	48,4	52
No. 200	50,22	66,7	33

COLOR= CREMA

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA= 32 %

ARENA= 35 %

FINOS= 33 %

LL = 26,00 %

LP = 20,00 %

IP = 6,00 %

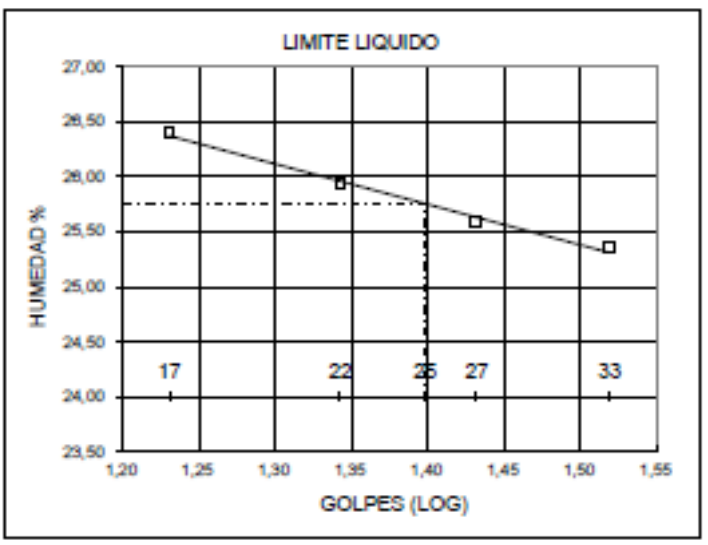
CLASIFICACION:

SUCS = SC

AASHTO= A-2-4

IG(86)= 0

IG(45)= 0



Ing. Diego I. Castillo

LABORATORIO

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

e-fax: 2840884. celular: 0918831081-0984922118 email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO EN LA VIA DE INTERGRACION BARRIAL TRAMO CIUDADELA JULIO ORDOÑES

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS

UBIC. : LOJA MUESTRA :1

FECHA : MAYO-2015 OPERADOR: O.V PROFUND.:4,00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		96,30	90,57	27,63	9,10	
		107,56	100,05	28,00	10,42	9,76
2.- LIM. LIQUIDO	33	33,40	32,21	27,37	24,59	
	26	36,60	34,43	25,86	25,32	
	22	33,92	32,61	27,54	25,84	
	17	39,69	37,15	27,68	26,82	25,48
3.- LIMITE PLASTICO		34,06	32,68	25,78	20,00	
		34,20	32,68	25,12	20,11	20,05

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 460,8 (H/S) H

PESO INICIAL DE CALCULO: 419,8

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	70,90	16,9	83
1/2"	32,27	24,6	75
3/8"	22,40	29,9	70
No. 4	39,97	39,4	61
No. 10	34,52	47,7	52
No. 40	37,91	56,7	43
No. 200	57,30	70,3	30

COLOR= CREMA

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA= 39 %

ARENA= 31 %

FINOS= 30 %

LL = 25,00 %

LP = 20,00 %

IP = 5,00 %

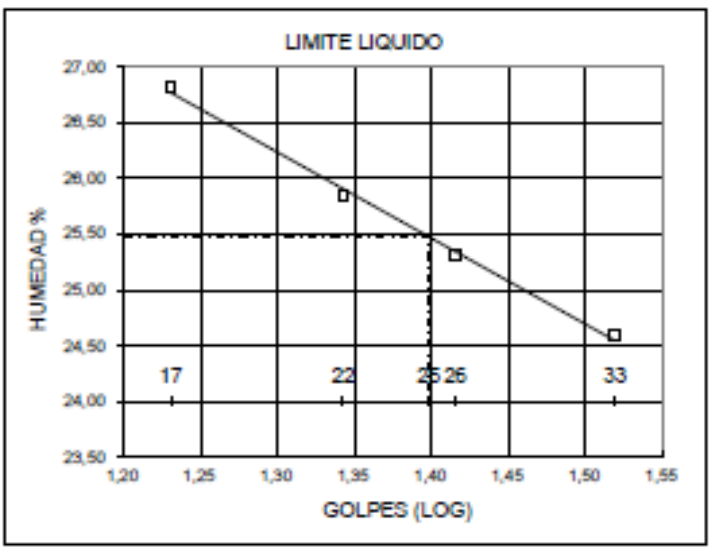
CLASIFICACION:

SUCS = GC

AASHTO= A-2-4

IG(86)= 0

IG(45)= 0



Ing. Diego I. Castillo

LABORATORIO

ESTSUELCON CIA. LTDA.

RESUMEN DE RESULTADOS

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

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

PROF. (m)	N.F. (m)	STANDARD PENETRATION TEST (S.P.T.) 15	30	45	N SPT	CLASIFICACIÓN S.U.C.S. W (%)	LÍMITES ATTERBERG L.L.	L.P.	I.P.	GRANULOMETRÍA G	A	F	SUCS	Perfil estratigráfico Símbolo	Descripción del Suelo	Consistencia (Suelos Arcillosos)	Compacidad Relativa (arena)
0																	
1,0		1	1	1	2	10,61	25	20	5	25	46	29	SC		ARENA ARCILLOSA		BAJA
2,0		5	8	10	18	11,88	25	20	5	55	29	15	GC		GRAVA ARCILLOSA		
3,0		9	11	15	26	10,98	26	20	6	32	35	33	SC		ARENA ARCILLOSA		MEDIA
4,0		20	28	35	63	9,76	25	20	5	39	31	30	GC		GRAVA ARCILLOSA		
5,0																	
6,0																	

GRÁFICO DE GOLPES DE SPT: 0 20 40 60 80

PERFORAC. TOTAL: 4,0 m.
NIVEL FREATICO: 0 m.

LEYENDAS: Perforación destructiva; Limo; Arena; Bloque; Nivel Freático; Arcilla; Grava

ESTSUELCON CIA. LTDA.

RESUMEN DE DATOS DE CAMPO, DE LABORATORIO Y RESISTENSIAS OBTENIDAS

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

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

POZO	PROF.	C. H.	L. L.	L. P.	I. P.	GRAVA	ARENA	FINOS	CLASIFIC		GOLPES N			N30	qu	qultneta	qadmneta	c = Kg/cm²	
	m.	%	%	%	%	%	%	%	SUCS	AASHTO	15 cm	30 cm	45 cm	golpes	Kg/cm²	Kg/cm²	Kg/cm²	calc.	obt.
1	1,00	10,61	25	20	5	25	46	29	SC	A-2-4	1	1	1	2	0,27	0,83	0,28	0,13	
1	2,00	11,88	25	20	5	55	29	15	GC	A-1-b	5	8	10	18	2,40	7,44	2,48	1,20	
1	3,00	10,98	26	20	6	32	35	33	SC	A-2-4	9	11	15	26	3,47	10,75	3,58	1,73	
1	4,00	9,76	25	20	5	39	31	30	GC	A-2-4	20	28	35	63	8,40	26,04	8,68	4,20	

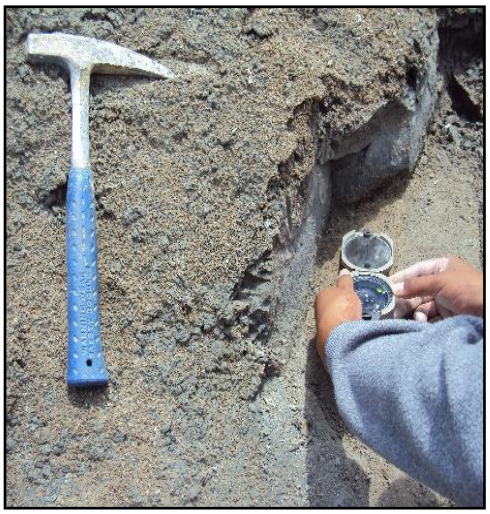
Ing. Diego I. Castillo
CONSULTOR

ANEXO 9

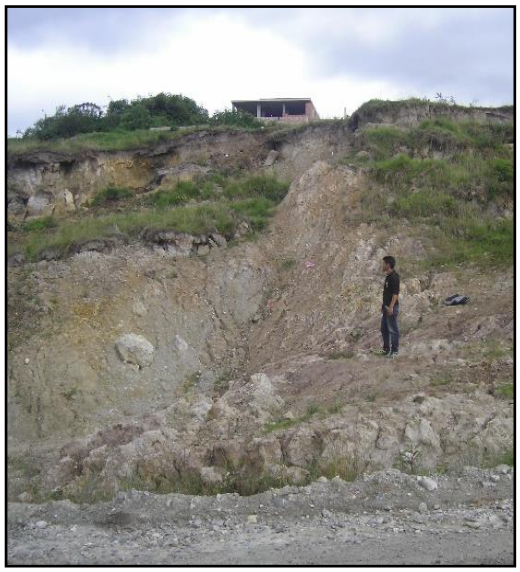
Registro Fotográfico

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.

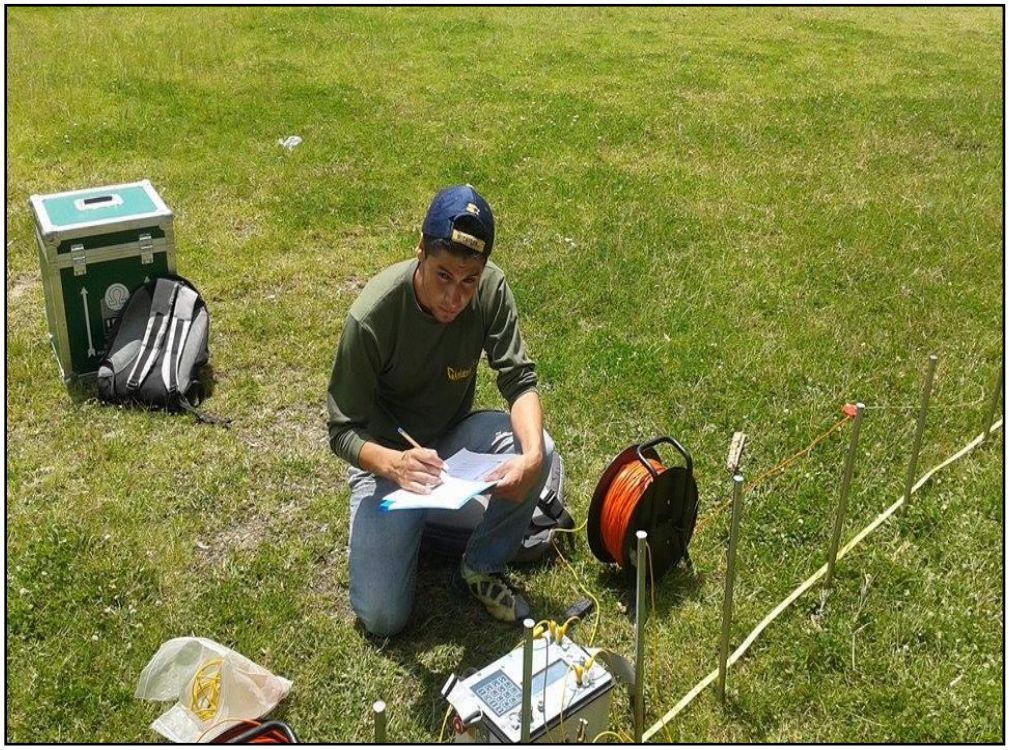
LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO.



INEVTARIO DE DELSIZAMIENTOS



SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES SEV



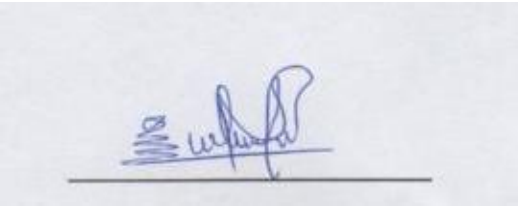
ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR SPT

REGISTRO DE MUESTRAS
PROYECTO
N° POZO
PROFUNDIDAD
N° MUESTRA

Loja 29 de Julio del 2015

CERTIFICACIÓN

Yo **MASHURY CRISTINA GONZÁLEZ BETANCOURT,** graduada en la Carrera de Idioma Inglés en la Universidad Nacional de Loja doy fe de haber Traducido el resumen de la tesis denominada **"SUCEPTIBILIDAD A DEZLIZAMIENTOS DE LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, TRAMO UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA – KILÓMETRO 0,9 EN LA CIUDAD, CANTON Y PROVINCIA DE LOJA",** autorizo dar al presente certificado el uso que se estime conveniente.



Atentamente

Lcda: Mashury Cristina González Betancourt.

CI: 1105225757.

Tel: 0979662238.