



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

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

GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO
TERRITORIAL.

TÍTULO:

“ESTUDIO GEOLÓGICO PARA EL ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD DEL TERRENO,
EN LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS CANTÓN SARAGURO PROVINCIA DE LOJA”.

-AUTOR:

Diego Esteban Morocho Piedra.

-DIRECTOR DE TESIS:

Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg. Sc.

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

Loja - Ecuador.

2015.



CERTIFICACIÓN

Loja, 28 de Julio del 2015.

Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg. Sc.

COORDINADOR Y 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 “**ESTUDIO GEOLÓGICO PARA EL ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD DEL TERRENO, EN LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS CANTÓN SARAGURO PROVINCIA DE LOJA**”, previo a la obtención del título de Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, realizado por el señor egresado: Diego Esteban Morocho Piedra, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación para la evaluación y posterior sustentación correspondiente.

Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS



AUTORÍA

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

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

Firma:

Cédula: 1105007353

Fecha: 28-07-2015



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

Yo, **DIEGO ESTEBAN MOROCHO PIEDRA**, declaro ser autor de la tesis titulada: **“ESTUDIO GEOLÓGICO PARA EL ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD DEL TERRENO, EN LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS CANTÓN SARAGURO 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.

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

Firma:

Autor: Diego Esteban Morocho Piedra

Cédula: 1105007353

Dirección: Saraguro (Calle Loja y Guayaquil)

Correo Electrónico: diegomor8@hotmail.es

Teléfono: 2200-224 **Celular:** 0988473774

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg. Sc.

Tribunal de Grado: Ing. Jimmy Stalin Paladines, Mg. Sc.

Ing. Hernán Luis Castillo García, Mg. Sc.

Ing. Fermín Alexander González Sisalima, Mg. Sc.



AGRADECIMIENTO

Es necesario dejar constancia de agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, al Área de Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables, especialmente a la carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial representada en cada uno de los docentes que en su momento me brindaron sus conocimientos y apoyo para la formación como futuro profesional. De manera especial:

Al Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, por haber colaborado en la realización del presente proyecto.

A los habitantes de la comunidad Las Lagunas por darme toda la facilidad y confianza de acceder a su comunidad para poder realizar todos los trabajos de campo.

A nuestros familiares, compañeros y amigos que con su apoyo y ánimo impulsaron a la culminación de mi Proyecto de Tesis.



DEDICATORIA

A Dios por ser quien guía e ilumina mi vida, a mi esposa e hijo por darme el tiempo necesario para formarme profesionalmente, a mis padres por brindarme el apoyo incondicional y saberme formar como persona de bien y de buenos valores, a mis hermanos por el cariño y respaldo mutuo para lograr mis metas.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA.....	iii
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
TÍTULO:.....	1
RESUMEN.....	2
ABSTRACT	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. OBJETIVOS.	6
a. Objetivo General	6
b. Objetivos Específicos	6
3. MARCO TEÓRICO	7
3.1. Levantamiento topográfico.....	7
3.2. Geología.....	7
3.2.1. Geología aplicada a la susceptibilidad de deslizamientos.....	7
3.2.2. Características litológicas	8
3.2.3. Meteorización	10
3.2.4. Resistencia de las Rocas.....	10
3.2.5. Microestructura de las rocas.....	10
3.2.5.1. Partículas que Conforman la Roca o Suelo.....	10
3.2.6. Suelo en Geología	11
3.2.6.1. Suelos Residuales	11
3.2.7. Coluviones.....	12
3.2.7.1. Deslizamientos en Coluviones	13



3.2.7.1.1.	Espesor de los Deslizamientos.....	13
3.2.7.1.2.	Partes y etapas del deslizamiento en un coluvión.....	14
3.2.8.	Elementos y Dimensiones de un Deslizamiento	15
3.2.9.	Estructura de la masa de roca	15
3.2.9.1.	Estratificación.....	15
3.2.9.2.	Perfil estratigráfico	16
3.2.10.	Rumbo y Buzamiento.....	17
3.2.11.	Estudio geológico.....	17
3.2.11.1.	Mapa Geológico General	17
3.2.11.2.	Planos Geológicos Detallados.....	18
3.3.	Análisis del nivel freático.....	18
3.3.1.	Efectos del Agua sobre el Suelo	18
3.3.1.1.	Lubricación.....	18
3.3.1.2.	Ablandamiento	18
3.3.1.3.	Presiones de Poros.....	19
3.3.1.4.	Lavado de Cementantes	19
3.3.1.5.	Colapso.....	19
3.3.2.	Conductividad Hidráulica o “Coeficiente de Permeabilidad”	19
3.3.3.	Nivel Freático.....	20
3.3.3.1.	Flujo de Agua Subterránea	20
3.4.	Susceptibilidad del terreno.....	21
3.4.1.	Deslizamientos	21
3.4.1.1.	Tipos de Deslizamientos	22
3.4.1.1.1.	Deslizamientos Superficiales	22
3.4.1.1.2.	Deslizamientos Complejos.....	25
3.4.1.1.3.	Deslizamientos Compuestos	25
3.4.1.2.	Factores Condicionantes y Desencadenantes	26
3.4.2.	Sistemas de Información Geográfica	26
3.4.2.1.	Ventajas del Uso del SIG	26



3.5. Geotecnia	27
3.5.1. Estudios Geotécnicos y su Uso	27
3.5.2. Propiedades físicas de los suelos	27
3.5.2.1. Tamaño de los granos	27
3.5.2.2. Forma de las partículas.....	28
3.5.2.3. Humedad	28
3.5.2.4. Grado de saturación.....	28
3.5.2.5. Límites de consistencia de los suelos	28
3.5.2.6. Peso específico.....	29
3.5.2.7. Porosidad.....	29
3.5.2.8. Resistencia	30
3.5.2.9. Consistencia	30
3.5.3. Métodos de Reconocimiento del Subsuelo	31
3.5.3.1. Designación ASTM	31
3.5.3.2. Métodos Indirectos.....	31
3.5.3.3. Métodos directos.....	34
3.5.3.3.1. Equipo utilizado en el SPT.....	34
4. MATERIALES Y METODOLOGÍA	36
4.1. Materiales.....	36
4.2. Metodología.....	36
4.2.1. Primer Objetivo: Realizar el levantamiento geológico y topográfico a escala 1:5000 de la comunidad las Lagunas, cantón Saraguro, para identificar las características geológicas, geomorfológicas, litológicas y estructurales.....	37
4.2.2. Segundo Objetivo: Determinar el nivel freático y la estratigrafía del subsuelo mediante Sondeos Eléctricos Verticales por medio de mediciones en la superficie.....	43
4.2.3. Tercer Objetivo: Elaborar el mapa de susceptibilidad de la comunidad las Lagunas considerando la información obtenida en el sector de estudio.....	45
5. RESULTADOS	48
5.1. Descripción Biofísica del Sector de Estudio.....	48



5.1.1.	Ubicación	48
5.1.1.1.	Ubicación de la Comunidad las Lagunas	48
5.1.2.	Acceso.....	50
5.1.3.	Clima	51
5.1.4.	Vegetación	52
5.1.5.	Relieve	54
5.1.6.	Hidrografía.....	54
5.1.7.	Población	55
5.2.	Resultados Específicos	56
5.2.1.	Topografía	56
MAPA TOPOGRÁFICO		57
5.2.2.	Geología.....	58
5.2.2.1.	Geología Regional	58
5.2.2.2.	Geología Estructural	60
5.2.2.3.	Geología Local.....	60
MAPA GEOLÓGICO.....		69
5.2.3.	Geomorfología.....	70
5.2.3.1.	Morfometría.....	70
5.2.3.2.	Origen Deposicional.....	72
5.2.3.3.	Origen Tectónico Erosivo	73
MAPA DE GEOMORFOLOGÍA.....		78
5.2.4.	Pendientes	79
MAPA DE PENDIENTES.....		80
5.2.5.	Uso del Suelo	81
MAPA USO DEL SUELO.....		83
5.2.6.	Análisis de Susceptibilidad	84
5.2.6.1.	Susceptibilidad.....	88
MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD		91
A DESLIZAMIENTOS		91



5.2.7. Inventario de Deslizamientos	92
5.2.8. Caracterización Geotécnica.....	93
5.2.8.1. Exploración Indirecta.....	93
5.2.8.2. Prospección Directa	100
6. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	114
7. CONCLUSIONES	117
8. RECOMENDACIONES.....	119
9. BIBLIOGRAFÍA.....	120
ANEXOS.....	124
ANEXO 1	125
ANEXO 2	137
ANEXO 3.....	143
ANEXO 4.....	144
ANEXO 5.....	148
ANEXO 6.....	150
ANEXO 7.....	160



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Abertura de los electrodos AB/2 identificados por colores.	45
Tabla 2. Asignación de Pesos usando el método de suma de Rangos.....	46
Tabla 3. Criterios para jerarquizar la Susceptibilidad.....	47
Tabla 4. Flora de la Comunidad Las Lagunas.	53
Tabla 5. Fauna de la Comunidad Las Lagunas.	53
Tabla 6. Puntos de Afloramientos descritos en el Levantamiento Geológico.	68
Tabla 7. Categorías de Pendiente en porcentaje.....	71
Tabla 8. Categorías de Pendiente en porcentaje adaptado a la codificación de la ficha de Fotointerpretación geomorfológica - CLIRSEN, 2012 en función del desnivel relativo.....	71
Tabla 9. Categorías de desnivel relativo.....	71
Tabla 10. Unidades morfológicas, formas del relieve y variables de morfometría del lugar de estudio.	76
Tabla 11. Geomorfología de la comunidad Las Lagunas, cantón Saraguro.....	77
Tabla 12. Categorías utilizadas en el mapa de pendientes.....	79
Tabla 13. Uso del Suelo, comunidad Las Lagunas.....	82
Tabla 14. Pesos relativos para asignar a las clases de cada variable procesada en el análisis de susceptibilidad.....	84
Tabla 15. Pesos asignados a la variable geológica.	85
Tabla 16. Pesos asignados a la variable geomorfológica.	85
Tabla 17. Pesos asignados a la variable uso del suelo.....	86
Tabla 18. Pesos asignados a la variable de pendientes.	87
Tabla 19. Superficies de susceptibilidad a deslizamientos en la comunidad Las Lagunas.....	89
Tabla 20. Parámetros métricos de los deslizamientos.....	92
Tabla 21. Puntos de ubicación SEV, coordenadas UTM_WGS 84.	93



Tabla 22. Datos de resistividad obtenidos en el campo del SEV N° 1.	95
Tabla 23. Interpretación SEV 1.....	96
Tabla 24. Datos de resistividad obtenidos en el campo del SEV N° 2.	96
Tabla 25. Interpretación SEV 2.....	97
Tabla 26. Datos para el cálculo del Factor de Seguridad Talud Nro. 1.	108
Tabla 27. Datos para el cálculo del Factor de Seguridad Talud Nro. 2.	110
Tabla 28. Datos para el cálculo del Factor de Seguridad Talud Nro. 3.	112



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Las características geológicas determinan el relieve y éste es el resultado de la tectónica, la erosión y los deslizamientos.....	8
Figura 2. Clasificación general de ingeniería de los diversos materiales litológicos.	9
Figura 3. Valores típicos de ángulos de fricción para varios tipos de roca.....	10
Figura 4. Clasificación general de un perfil de roca blanda y suelo residual (Spink y Norbury, 1993).....	12
Figura 5. Depósito de Coluvión típico (Abramson y otros, 2002) y falla en coluviones.	13
Figura 6. Vectores de desplazamiento en los diferentes sectores de un coluvión	14
Figura 7. Elementos de un deslizamiento.....	15
Figura 8. Dimensiones de un deslizamiento.....	15
Figura 9. Estratificación de manto de arenisca sobre Lutita.	16
Figura 10. Representación gráfica de una columna estratigráfica.	16
Figura 11. Rumbo y Buzamiento.....	17
Figura 12. Los suelos colapsables pueden disminuir de volumen por el colapso	19
Figura 13. Coeficientes de permeabilidad y capacidad de infiltración.....	20
Figura 14. Clasificación de la susceptibilidad a los deslizamientos con base en la observación	21
Figura 15. Deslizamientos peliculares o superficiales.	23
Figura 16. Deslizamientos peliculares o superficiales.	24
Figura 17. Deslizamientos traslacionales.	25
Figura 18. Deslizamientos complejos.....	25
Figura 19. Deslizamientos compuestos.....	26
Figura 20. “Relación de N golpes del SPT con la consistencia en arcillas y el ángulo de fricción interno”.	31
Figura 21. “Designaciones estándar utilizadas en estudios de suelos”.....	31



Figura 22. “Propiedades resistivas de algunos materiales”	32
Figura 23. “Dispositivos o arreglos que se utilizan en la prueba eléctrica”	33
Figura 24. “Espaciamiento de perforaciones”	35
Figura 25. Levantamiento Topográfico con estación SOKKIA Serie 610 desde el sector Oeste de la comunidad Las Lagunas.....	38
Figura 26. Estaciones fijas ubicadas en la parte altitudinal de la comunidad Las Lagunas con una altura de los 2642 m.s.n.m aproximadamente.	38
Figura 27. Consideración de Flancos en el sector de estudio para el levantamiento geológico de campo, ubicación de los afloramientos.	39
Figura 28. Medición de elementos de Yacencia, registro de datos en las fichas técnicas para afloramientos.	40
Figura 29. Deslizamiento N° 1 localizado dentro del coluvión.	42
Figura 30. Deslizamiento N° 2 localizado dentro del coluvión.	42
Figura 31. Deslizamiento N° 3 localizado dentro del coluvión.	43
Figura 32. Arreglo Electrónico de Cuatro Puntos Tipo Schlumberger.....	44
Figura 33. Mapas temáticos utilizados en el análisis de la Susceptibilidad a deslizamientos.....	46
Figura 34. Ubicación Geográfica del cantón Saraguro y la comunidad Las Lagunas.	49
Figura 35. Límite Territorial de la comunidad Las Lagunas.	50
Figura 36. Letrero guía en la entrada a la Comunidad Las Lagunas.	50
Figura 37. Croquis de las Vías de Acceso a la comunidad Las Lagunas.....	51
Figura 38. Estadística poblacional de los habitantes del Cantón Saraguro.	55
Figura 39. Estadística poblacional de los habitantes de la Comunidad Las Lagunas.	55
Figura 40. Afloramientos aglomeráticos de toba volcánica en la vía Panamericana ubicados al Noroeste de la zona de estudio.....	61
Figura 41. Fragmentos angulosos a redondeados de andesitas incrustados en toba volcánica.....	62
Figura 42. Nódulos bastos de toba volcánica incrustados en el afloramiento.....	62



Figura 43. Pequeños minerales de plagioclasas, biotitas y cuarzo.....	63
Figura 44. Suelo limoso que envuelven a los boleos de toba volcánica.	64
Figura 45. Lentes de conglomerado de roca andesita que forman parte del coluvión.	65
Figura 46. Afloramiento de limos y andesitas de coloración altamente rojiza por la presencia de oxidación abundante.....	66
Figura 47. Zanja N° 2 de material limoso en el flanco Este de la comunidad Las Lagunas.....	67
Figura 48. Zanja N° 3 de material limoso en el flanco Este de la comunidad Las Lagunas.....	67
Figura 49. Bloques redondeados de andesita extraídos en la zanja N° 3.....	68
Figura 50. Valle indiferenciado ubicado al Noreste de la comunidad Las Lagunas. ...	72
Figura 51. Relieve colinado bajo ubicado al Noroeste de la comunidad Las Lagunas.	73
Figura 52. Relieve colinado medio ubicado al Noroeste de la comunidad Las Lagunas.	74
Figura 53. Relieve colinado medio con tendencia a alto por su desnivel relativo de 55 metros ubicado al Noroeste de la comunidad Las Lagunas.	75
Figura 54. Análisis estadístico de los porcentajes de cada unidad Geomorfológica. ..	77
Figura 55. Análisis estadístico de los porcentajes de pendientes obtenidos.....	79
Figura 56. Ortofoto escala 1:5000 código NVI-D4 del sector de estudio.....	81
Figura 57. Análisis estadístico de los porcentajes obtenidos en el mapa de Uso de Suelos.	82
Figura 58. Flujo de trabajo con la aplicación Model Builder en Arcgis 10.1.	88
Figura 59. Análisis estadístico de los porcentajes obtenidos en el mapa de Susceptibilidad.....	89
Figura 60. Ubicación paralela de líneas SEV en el software IX1D V3.	94
Figura 61. Curva de resistividad aparente del SEV 1.	95



Figura 62. Curva de resistividad aparente del SEV 2.	97
Figura 63. Correlación de Líneas SEV con respecto a los valores de resistividad.....	98
Figura 64. Corte Geoeléctrico de la Línea SEV 1-2.....	99
Figura 65. Procedimiento de marcado previo al hinchamiento del sacamuestras.....	101
Figura 66. Consistencia de suelos cohesivos.....	103
Figura 67. Valores de N SPT resistencia a compresión simple y módulo de elasticidad (Modificada).....	103
Figura 68. Esquema constructivo para cimentación de viviendas.....	104
Figura 69. Detalles sobre las fuerzas involucradas en el análisis de estabilidad.	105
Figura 70. Condiciones de flujo de agua y selección del ábaco N°1.....	106
Figura 71. Ángulos de fricción interna y peso específico de suelos.....	107



TÍTULO:

**“ESTUDIO GEOLÓGICO PARA EL ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD DEL
TERRENO, EN LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS CANTÓN SARAGURO
PROVINCIA DE LOJA”.**



RESUMEN

El presente trabajo de tesis realiza el estudio geológico para el análisis y determinación de zonas susceptibles a deslizamientos en la comunidad Las Lagunas cantón Saraguro provincia de Loja, para lo cual se ha llevado a cabo el análisis siguiendo el método Heurístico para las variables del sector de estudio, dando mayor realce a las condiciones geológicas siendo el parámetro de mayor complejidad relacionado con las propiedades geotécnicas de los materiales.

Para la elaboración de este trabajo, se realizó un conjunto de actividades propuestas en obtener los datos de campo como de gabinete, entre los cuales se puede indicar el levantamiento topográfico, geológico, geomorfológico, uso del suelo, además de la aplicación de técnicas de prospección indirecta en este caso SEV (Sondeos Eléctricos Verticales), y prospección directa como el Ensayo de Penetración Estándar (SPT) lo que permitió la caracterización geotécnica de los geomateriales.

En el resultado final de susceptibilidad se tomaron en cuenta cuatro factores muy importantes como la geología, geomorfología, uso del suelo y pendientes, todas estas variables antes mencionadas fueron diseñadas para representar cada uno de los mapas temáticos gracias a los Sistemas de Información Geográfica (ArcGis 10.1) que a más de ello permite superponer los mapas con herramientas funcionales como la de suma ponderada en la cual se obtiene como resultado el mapa de susceptibilidad a deslizamientos clasificado en cinco categorías que van desde Muy baja con el 17,94%, Baja 33%, Mediana 13,01%, Alta 11,80% y Muy alta con un 11,64 % del total del área de estudio.

Los resultados de esta investigación serán de gran utilidad para los habitantes y directivos de la comunidad en proyectos de urbanización u otras construcciones civiles que tengan programadas a futuro.



ABSTRACT

The present thesis work carries out the geological survey for the analysis and the determination of zones susceptible to landslides in the Las Lagunas community, Saraguro canton province of Loja, for which purpose has been carried out the analysis by following the Heuristic method for the variables of the sector in study by giving more emphasis to the geological conditions being of greater complexity the parameter related to the geotechnical properties of the materials.

For the development of this paper, there was performed a series of proposed activities in obtaining the field data like cabinet, among which there can be indicated the topographical survey, geological, geomorphological, land use, in addition to the application of indirect prospecting techniques in this instance SEV (vertical electrical sounding), and direct canvassing such as Standard Penetration Test (SPT) which enabled geotechnical characterization of the geo materials.

In the final outcome of susceptibility four very important factors were taken into account such as geology, geomorphology, use of land and slopes all of the variables mentioned above were designed for representing each one of the thematic mapping thanks to the Geographical Information Systems (ArcGIS 10.1) which moreover allows superimposing maps with functional tools as the weighted summation in which as a result it is obtained the landslide susceptibility map categorized into five categories ranging from very low to the 17.94% Low 33% Medium 13.01% High 11.80% and very high with 11.64% of the total study area.

The outcome of this investigation will be very useful for the inhabitants and leaders of the community at urban development projects or other private constructions which have been scheduled for the future.



1. INTRODUCCIÓN

Los movimientos en masa constituyen un riesgo geológico de origen natural o inducido que debe tenerse en cuenta en la planificación del territorio y en áreas de montaña. Sin embargo la percepción de este tipo de procesos naturales es baja en comparación a las inundaciones, los volcanes y terremotos. Ello se debe al menor número de víctimas mortales producidas por los deslizamientos aunque no ocurre así con las pérdidas materiales originadas por éstos.¹

La mejor estrategia para reducir los impactos de los deslizamientos es la prevención², pero para llegar a la misma es necesario analizar las zonas susceptibles del terreno por el fenómeno geológico, de evaluar el sector vulnerable y adoptar las medidas que permitan mitigar los efectos.

La comunidad Las Lagunas hoy en día es uno de los sectores mayormente afectados en el cantón Saraguro por los problemas de origen geodinámico constantes, manifestándose con movimientos diferenciales como deslizamientos y asentamientos del suelo, provocando la destrucción de sembríos, alumbrado público, viviendas, vías de segundo orden entre otros factores que de manera directa e indirectamente los pobladores del sector se ven perjudicados delimitando su desarrollo social y económico.

El siguiente trabajo investigativo está orientado en el **“ESTUDIO GEOLÓGICO PARA EL ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD DEL TERRENO, EN LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS CANTÓN SARAGURO PROVINCIA DE LOJA”**; con este trabajo se determinaron las condiciones extrínsecas naturales que influyen en la generación de deslizamientos tales como la geología, geomorfología, pendientes, uso del suelo. Se conoce que uno de los principales problemas para que los movimientos en masa se produzcan es la influencia del agua en los materiales (roca y/o suelos) que exceden su capacidad de rompimiento al comportarse como un suelo saturado. Para ello fue muy importante el estudio de las condiciones intrínsecas como el nivel freático y la capacidad portante del subsuelo siendo los Sondeos Eléctricos Verticales y los Ensayos de Penetración Estándar las principales técnicas que nos permiten analizar el comportamiento geomecánico correlacionando con la litología presente.

Los Sistemas de Información Geográfica a través del Software Arcgis 10.1, permiten el análisis de la susceptibilidad a través de la elaboración de mapas de susceptibilidad de

¹ (Ayala et al., 1987).

² Corominas, 1992.



manera sistemática, rápida y eficiente, los mismos que clasifican la estabilidad relativa de un área, en categorías que van de estable a inestable y además nos muestran donde hay o no condiciones para que puedan ocurrir deslizamientos. Mediante el análisis temático que se desarrolló como complemento al estudio Geológico de la comunidad las Lagunas, éste nos permitió conocer qué tan favorables o desfavorables son las condiciones del terreno para que puedan ocurrir deslizamientos, los mismos que se constituyen como un riesgo geológico.

El presente trabajo investigativo se espera que sirva de aporte técnico con la finalidad de reducir los riesgos geológicos a través del uso de la información que se basa en la zonificación de la susceptibilidad, ya sea en el diseño o implementación de un plan de Ordenamiento Territorial en el cantón Saraguro, en la construcción de obras civiles o en el crecimiento urbanizable de la comunidad Las Lagunas fortaleciendo de esta manera el desarrollo y el Buen Vivir de sus habitantes. Además pueda servir como guía auxiliar para los profesionales en formación y/o técnicos, cuyas actividades estén relacionadas con la ingeniería geológica, las amenazas y los riesgos geológicos.



2. OBJETIVOS.

a. Objetivo General

- Realizar el estudio geológico para el análisis de la susceptibilidad del terreno, en la comunidad las lagunas cantón Saraguro provincia de Loja.

b. Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento geológico y topográfico a escala 1:5000 de la comunidad las Lagunas, cantón Saraguro, para identificar las características geológicas, geomorfológicas, litológicas y estructurales.
- Determinar el nivel freático y la estratigrafía del subsuelo mediante Sondeos Eléctricos Verticales por medio de mediciones en la superficie.
- Elaborar el mapa de susceptibilidad de la comunidad las Lagunas considerando la información obtenida en el sector de estudio.



3. MARCO TEÓRICO

3.1. Levantamiento topográfico

La topografía de un sitio produce información básica para el análisis de los movimientos. Los mapas topográficos precisos son esenciales para la elaboración de los modelos y el diseño de las obras de mitigación, remediación o estabilización.

Los levantamientos topográficos tienen los siguientes objetivos:

- Establecer controles en tierra para el mapeo fotogramétrico y la instrumentación.
- Obtener detalles topográficos, especialmente de aquellos factores ocultos por la vegetación.
- Determinar los perfiles topográficos para los análisis de estabilidad.
- Establecer un marco de referencia sobre el cual puedan compararse los movimientos futuros del terreno.³

3.2. Geología

3.2.1. Geología aplicada a la susceptibilidad de deslizamientos⁴

La susceptibilidad a los deslizamientos está relacionada con las características geológicas del sitio. La litología, la geomorfología, la estructura y el estado de meteorización, entre otros, son factores determinantes en la ocurrencia de deslizamientos.

Cada formación geológica posee una susceptibilidad específica a los deslizamientos y los mapas de inventario de deslizamientos presentan densidades de número o tamaño de los movimientos que son característicos de determinadas áreas dentro de cada formación geológica (Figura 1). Cuando un talud está formado por varios tipos de roca, el comportamiento geotécnico del conjunto es diferente al de cada material por separado.

³ Volumen 1: Análisis geotécnico Primera edición: Febrero de 2009. Jaime Suárez Díaz.

⁴ Volumen 1: Análisis geotécnico Primera edición: Febrero de 2009. Jaime Suárez Díaz.

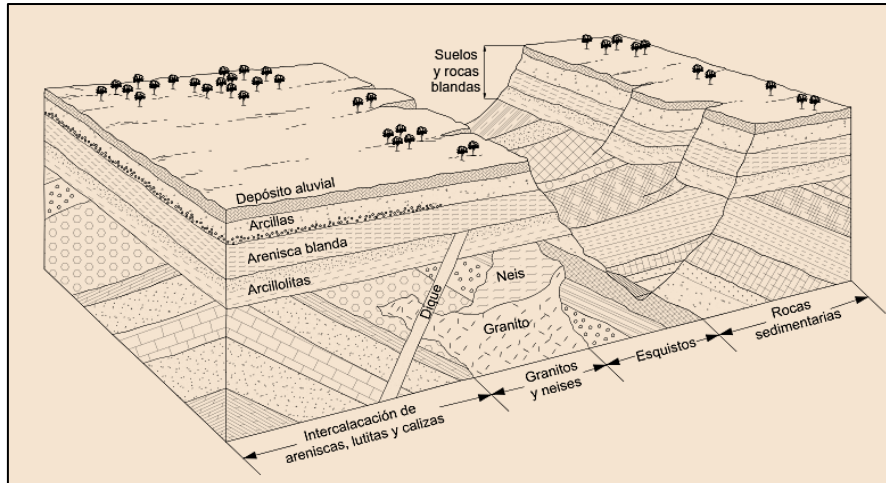


Figura 1. Las características geológicas determinan el relieve y éste es el resultado de la tectónica, la erosión y los deslizamientos.

Fuente: Técnicas de remediación. Jaime Suarez Díaz.

Watari y Kobashi (1987) presentan una clasificación de los deslizamientos de acuerdo con la naturaleza de la masa en movimiento:

- Deslizamientos en roca.
- Deslizamientos en suelos residuales.
- Deslizamientos en coluviones.
- Deslizamientos en arcilla.

3.2.2. Características litológicas⁵

Desde el punto de vista litológico, los materiales se clasifican de acuerdo con su génesis o formación (Abramson, 1996), diferenciándose dos grupos de materiales diversos que son: la roca y el suelo (Figura 2).

⁵ Volumen 1: Análisis geotécnico Primera edición: Febrero de 2009. Jaime Suárez Díaz.



Tipo de Material	Formación	Características	Detalles Prioritarios
Roca	Ígnea Metamórfica	Rocas formadas por cristales de minerales.	Estructura geológica. Fracturas.
	Sedimentaria (debe definirse el tipo de roca en la forma más detallada posible).	Rocas formadas por granos cementados, depositados en capas.	Planos de estratificación.
Roca meteorizada (saprolito)	Ígnea Metamórfica Sedimentaria	Permanecen algunos rasgos de la roca pero ésta se encuentra descompuesta en las discontinuidades.	Estructura geológica Discontinuidades Estado de meteorización.
Suelo	Residual	Roca meteorizada en la cual ya no aparecen las características físicas de la roca.	Estructura geológica. Discontinuidades. Propiedades fisicoquímicas.
	Aluvial Coluvial. Glacial Loess	Grupos de partículas o bloques de suelo o roca.	Propiedades físicas.
Materiales heterogéneos	Roca, roca meteorizada, suelo.	Mezcla de diversos materiales en un mismo perfil.	Estructura geológica. Discontinuidades. Meteorización. Propiedades fisicoquímicas.

Figura 2 Clasificación general de ingeniería de los diversos materiales litológicos.

Fuente: Técnicas de remediación. Jaime Suarez Díaz.

Las rocas a su vez se clasifican de acuerdo con su origen así:

- **Rocas Ígneas Intrusivas.** Son rocas cristalinas formadas cuando el magma se enfría al penetrar las rocas, sin alcanzar la superficie.
- **Rocas Volcánicas.** Son depósitos de materiales arrojados por los volcanes, los cuales se enfriaron después de salir a la superficie.
- **Rocas Metamórficas.** El metamorfismo es la transformación de una roca en un nuevo tipo de roca por la recristalización de sus materiales constitutivos; las rocas originales pueden ser ígneas, sedimentarias u otras metamórficas, que han sufrido cambios por aumento de calor o temperatura.
- **Rocas Sedimentarias.** Las rocas sedimentarias están compuestas por sedimentos que se han endurecido para formar una roca. Los sedimentos pueden ser granos de minerales o depósitos de compuestos químicos.
- **Suelos Residuales.** Los suelos residuales son rocas descompuestas por meteorización.
- **Suelos Aluviales.** Suelos producto de sedimentación en corrientes o depósitos de agua.
- **Suelos Eólicos.** Son suelos depositados por el viento.
- **Coluviones.** Son depósitos de materiales producto de deslizamientos.
- **Suelos Orgánicos.** Suelos formados por reacciones orgánicas.



3.2.3. Meteorización

La descomposición de una roca genera una disminución en su cohesión y al mismo tiempo, en el ángulo de fricción interna (ϕ'). Por ejemplo, desde el punto de vista geológico, la hidrólisis de un Neis conduce a la destrucción progresiva de los minerales de mica formando arcillas, las cuales tienen un menor ángulo de fricción.

La meteorización puede ser química o física; sin embargo, desde el punto de vista de los deslizamientos, la meteorización química es la que genera un mayor efecto.

3.2.4. Resistencia de las Rocas

La resistencia de las rocas depende de su litología, de su estado de meteorización y su fracturación y características de las discontinuidades. Algunas rocas como los granitos y conglomerados, poseen ángulos de fricción altos, mientras los esquistos y lutitas poseen fricción baja (Figura 3).

Clase de Roca	Rango de ángulo de fricción (Grados)	Tipos de Roca
Fricción Baja	20 a 27	Esquistos, Rocas con alto contenido de Mica, Lutitas y Margas.
Fricción Mediana	27 a 34	Arenisca, Limolita, Neiss, Pizarra.
Fricción Alta	34 a 40	Basalto, Granito, Caliza, Conglomerado.

Figura 3. Valores típicos de ángulos de fricción para varios tipos de roca.

Fuente: Técnicas de remediación. Jaime Suarez Díaz.

3.2.5. Microestructura de las rocas⁶

3.2.5.1. Partículas que Conforman la Roca o Suelo

Las partículas que conforman la roca y el suelo pueden determinar el comportamiento de los materiales. El tamaño de las partículas puede variar desde grandes bloques de varios metros de diámetro hasta las partículas de arcilla y generalmente, se les subdivide en seis grandes categorías:

- Bloques: Tamaños superiores a 300 mm
- Cantos: Tamaños de 150 a 300 mm
- Gravas: Gruesas de 18 a 150 mm

⁶ Volumen 1: Análisis geotécnico Primera edición: Febrero de 2009. Jaime Suárez Díaz.



Finas de 4.76 a 18 mm

- Limos: Partículas granulares < 0.074 mm
- Arenas: Gruesas de 2 a 4.76 mm
 - Medias de 0.42 a 2 mm
 - Finas de 0.074 a 0.42 mm
- Arcillas: Partículas plásticas de tamaño menor a 0.074 mm

Las partículas gruesas tales como bloques y cantos pueden tener un efecto estabilizante, debido a su tamaño y con frecuencia, las arenas gruesas y las gravas, son relativamente estables si no están afectadas por presiones de poros. Por otro lado, los limos y las arcillas tienden a ser inestables en estado saturado. Las partículas de arcilla poseen una composición mineral que las hacen susceptibles a la expansión.

3.2.6. Suelo en Geología

En geología comúnmente se denomina suelo al sistema estructurado con características biológicamente activas, que se desarrolla en la capa más superficial de la corteza terrestre. Entre las etapas implicadas en la formación del suelo están la disgregación o meteorización mecánica de rocas; ya sea por frío, calor, lluvia, oxidaciones, hidrataciones, y es de esta manera en que la roca es gradualmente fragmentada. Los fragmentos de roca se van mezclando con restos orgánicos: heces, organismos muertos o en etapa de descomposición, restos vegetales, así como la instalación de seres vivos sobre los sustratos orgánicos, propiciando de esta manera el enriquecimiento del sustrato. Con el paso del tiempo la estratificación de todo este conjunto de materiales da lugar a la formación del suelo (Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, 2007).

3.2.6.1. Suelos Residuales⁷

Los suelos residuales se formaron “in-situ” por la meteorización mecánica y química de las rocas (Figura 4). Estos suelos son muy comunes en las zonas tropicales.

Entre los tipos de suelo residual se encuentran las **lateritas** y los **saprolitos**. Las lateritas son suelos rojizos producto de la meteorización de las rocas ígneas y el subsecuente lavado de los materiales más finos, que forman un material gravoso.

⁷ Volumen 1: Análisis geotécnico Primera edición: Febrero de 2009. Jaime Suárez Díaz.



Los saprolitos son zonas en las cuales existe la estructura de la roca pero el material se ha meteorizado. La estabilidad de los suelos tropicales es compleja de evaluar. Los deslizamientos son muy comunes en los suelos residuales especialmente, en períodos de lluvias. Los suelos residuales comúnmente, permiten la infiltración del agua y se pueden activar fácilmente, los deslizamientos.

Clase	Descripción	Características típicas
E	Residual o retrabajado	Matriz con algunos bloques relictos. Estructura inexistente. Posibles alteraciones antrópicas
D	Sin estructura	Muy debilitado, moteado, con relictos de bloques, desordenado, la estructura alterada
C	Claramente meteorizado	Resistencia debilitada, espaciamiento de fracturas menos espaciadas
B	Parcialmente meteorizado	Resistencia un poco debilitada. espaciamiento de fraturas visibles y meteorización penetrando desde las fracturas. Oxidación
A	Sin meteorización	Resistencia original color y espaciamiento de fracturas original

Figura 4. Clasificación general de un perfil de roca blanda y suelo residual (Spink y Norbury, 1993).

Fuente: Técnicas de remediación. Jaime Suarez Díaz.

3.2.7. Coluviones

Bates y Jackson (1980) definen un coluvión como una masa incoherente de materiales sueltos y heterogéneos, de suelo o fragmentos de roca depositados por lavado de la lluvia, reptación o deslizamiento, los cuales comúnmente se depositan en la base de las laderas. El coluvión típico es una mezcla de fragmentos angulares y materiales finos.

El coluvión es un material derivado de la descomposición de las rocas, que ha sido transportado ladera abajo por la fuerza de gravedad. Puede variar en composición desde un conglomerado de bloques sin matriz, hasta una masa de material fino o con sólo algunos bloques.

Los suelos coluviales son un sub-producto de otros materiales como lutitas, arcillolitas, lodolitas, limolitas, etc. (Ingrim, 1953; Spears y Taylor, 1972; Dick y Shakoor, 1995).

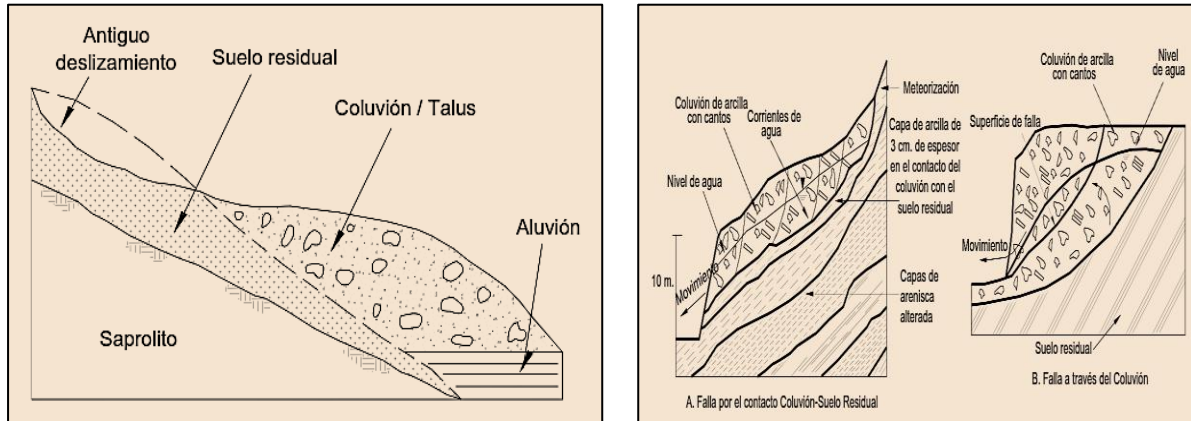


Figura 5. Depósito de Coluvión típico (Abramson y otros, 2002) y falla en coluviones.
Fuente: Técnicas de remediación. Jaime Suarez Díaz.

3.2.7.1. Deslizamientos en Coluviones

Los suelos coluviales o coluviones son depósitos de ladera, producto de desprendimientos o deslizamiento de roca o suelo, erosión, o actividad biológica y son materiales muy susceptibles a los deslizamientos. La presencia de coluviones es un indicativo de la inestabilidad de una región, así mismo, es una evidencia de que han ocurrido deslizamientos en el pasado (Abeykoon, 2000).

Es muy frecuente que los coluviones generen deslizamientos en las vías al ser cortados por éstas, o que el alineamiento de la vía pase sobre un coluvión en movimiento. Los deslizamientos de coluviones se refieren a deslizamientos que ocurren en el sistema Cuaternario, en masas sueltas acumuladas (Adib, 2000).

3.2.7.1.1. Espesor de los Deslizamientos

Existen dos tipos de deslizamientos en coluviones así:

- **Deslizamientos poco profundos:** Estos deslizamientos de poco espesor son de respuesta relativamente rápida y ocurren al saturarse los coluviones durante una lluvia intensa. Generalmente, son rotacionales y ocurren en pendientes mayores a 26° y con mantos de roca a poca profundidad. Campbell, (1975) afirma que se requiere que haya una pendiente alta y que la humedad en el coluvión sea mayor que el límite líquido del suelo.

Se necesita que la infiltración sea superior a la capacidad de transmisividad interna del agua de tal forma, que aumente la presión de poros y disminuya la resistencia al cortante (Shakoor y Smithmyer, 2005).



- **Deslizamientos profundos:** Generalmente, son movimientos de gran magnitud, relativamente lentos y de respuesta demorada. Ocurren en períodos prolongados de lluvia y se generan movimientos internos relativos entre las diversas masas dentro del coluvión principal.

3.2.7.1.2. Partes y etapas del deslizamiento en un coluvión

En movimientos de coluviones de gran magnitud, ocurren variaciones en el desplazamiento y la velocidad. Debido a la falta de simetría y a la diferencia de esfuerzos en las diferentes zonas, las deformaciones no son uniformes en toda la masa. El movimiento se puede separar en dos zonas así:

- **Zona Activa.** Es la zona dinámica que acciona el deslizamiento y controla la activación de los movimientos. Cuando en la zona activa los esfuerzos son superiores a la resistencia del suelo, se generan desplazamientos y se presiona la zona pasiva.
- **Zona Pasiva.** La zona pasiva se resiste al movimiento y es teóricamente, más estable que la zona activa. Esta zona recibe los esfuerzos de compresión generados por la zona activa. En este proceso, el módulo de deformación E aumenta. Cuando la resistencia al cortante es superada por los esfuerzos en la zona pasiva, se genera el movimiento general del coluvión y se forma una zona de corte plástico dentro de la masa.

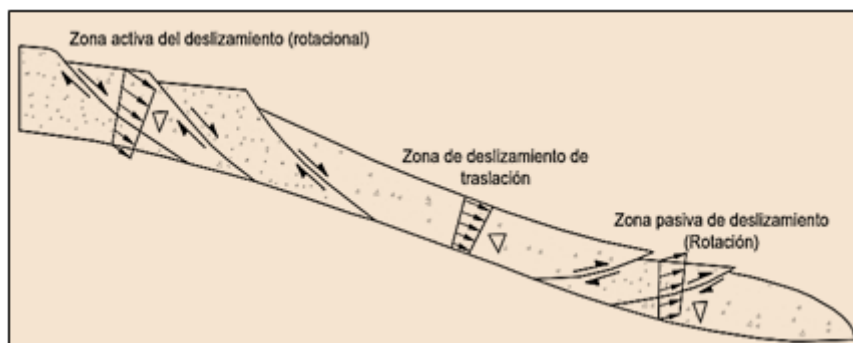


Figura 6. Vectores de desplazamiento en los diferentes sectores de un coluvión (Kegian y Sijing, 2006).

Fuente: Técnicas de remediación. Jaime Suarez Díaz.



3.2.8. Elementos y Dimensiones de un Deslizamiento

Los deslizamientos se encuentran conformados por los siguientes elementos:

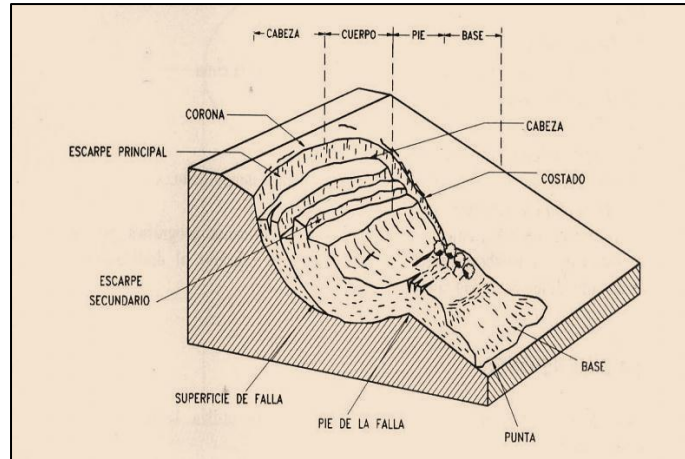


Figura 7. Elementos de un deslizamiento.

Fuente: Unesco Rapca.

Las dimensiones se describen a continuación en orden de acuerdo a la numeración asignada.

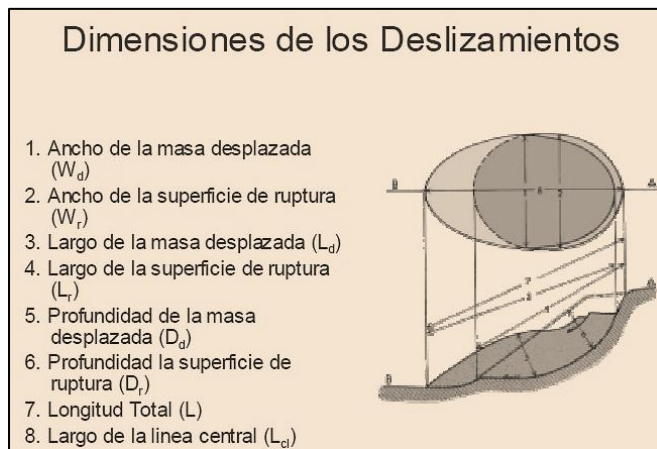


Figura 8. Dimensiones de un deslizamiento.

Fuente: Unesco Rapca.

3.2.9. Estructura de la masa de roca⁸

3.2.9.1. Estratificación

La estratificación corresponde a los contactos de deposición de materiales que ocurrieron durante el proceso de formación de la roca. Por ejemplo, en las rocas sedimentarias es común encontrar mantos de arenisca formados sobre mantos de lutita o viceversa.

⁸ Volumen 1: Análisis geotécnico Primera edición: Febrero de 2009. Jaime Suárez Díaz.



Figura 9. Estratificación de manto de arenisca sobre Lutita.

Fuente: Técnicas de remediación. Jaime Suarez Díaz.

3.2.9.2. Perfil estratigráfico

Es aquel que se realiza a partir de perforaciones, de datos de prospección geofísica (datos indirectos) o bien de cortes naturales o artificiales del terreno que muestran las rocas o suelos que conforman una columna estratigráfica, mediante los cuales se puede reconstruir la estratigrafía del subsuelo, acorde con la profundidad que demanda el proyecto.⁹

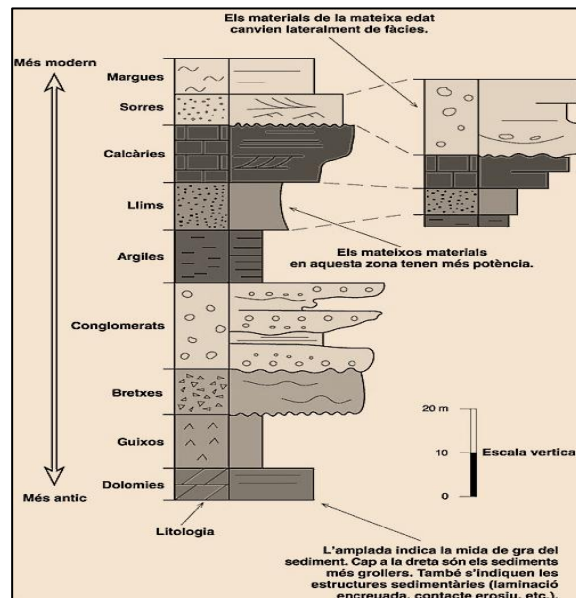


Figura 10. Representación gráfica de una columna estratigráfica.

Fuente: Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña.

En las columnas estratigráficas se representan las formaciones litológicas presentes en el mapa geológico.

Se disponen cronológicamente, situándose las más antiguas en la base de la columna.

⁹ Cátedra de Levantamiento Geológico. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. UNLP.



3.2.10. Rumbo y Buzamiento

En una discontinuidad geológica, se requiere cuantificar su rumbo y buzamiento y compararlo con el del talud (Figura 11). El ángulo de inclinación que forma el plano de la discontinuidad con la horizontal, se denomina “buzamiento” y puede medirse por medio de un clinómetro en grados y minutos. Normalmente, con el conocimiento de los grados es suficiente, ya que el margen de error en la medición relativamente es alto y el buzamiento de la discontinuidad, no conserva el mismo valor exacto dentro del talud.

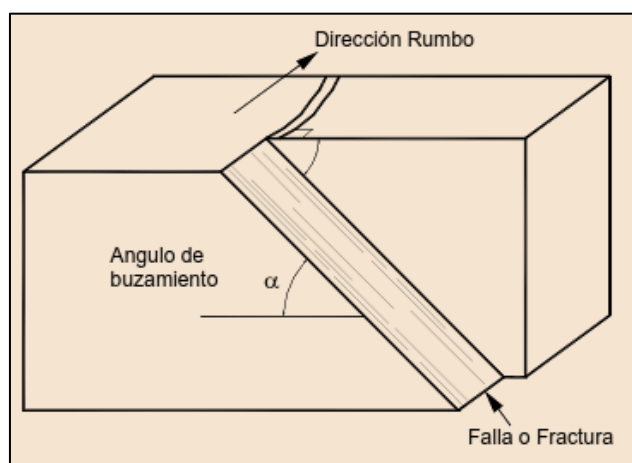


Figura 11. Rumbo y Buzamiento.

Fuente: Técnicas de remediación. Jaime Suarez Díaz.

3.2.11. Estudio geológico

En los levantamientos geológicos a detalle generalmente se utiliza una combinación de análisis foto-geológico y geología de campo. Es muy importante que los profesionales que interpreten las fotografías sean los mismos que realicen la evaluación y validación de campo para evitar errores por diferencias de criterio en el análisis.

3.2.11.1. Mapa Geológico General

El mapa geológico general debe incluir como mínimo la siguiente información:

- Base topográfica con líneas de nivel a la escala requerida.
- Descripción y cuantificación de los detalles de la estructura geológica, utilizando terminología geológica internacionalmente aceptada. Todas las trazas de falla deben ser localizadas en el mapa.
- Localización de los sitios de apiques, trincheras y afloramientos investigados.



- Establecer distinción clara entre los detalles (contactos entre unidades, fallas, pliegues, etc.) observados y los inferidos.
- Leyenda del contenido del mapa.

3.2.11.2. Planos Geológicos Detallados

Los planos geológicos detallados deben incluir la siguiente información:

- Cartografía de las unidades estratigráficas de materiales geológicos identificados.
- Descripción detallada de los materiales observados, el cual debe corresponder con la totalidad de los elementos descritos en la memoria del mapa geológico.
- Detalle de la textura, composición, fábrica, grado de meteorización, estructuras y las características físicas de los materiales.
- Líneas precisas de los contactos geológicos comprobados mediante apiques, sondeos o trincheras.
- Los planos geológicos detallados deben complementarse con fotografías a color de los afloramientos, trincheras y apiques.

3.3. Análisis del nivel freático¹⁰

3.3.1. Efectos del Agua sobre el Suelo

Los cambios en el sistema hidrológico del talud pueden afectar el comportamiento del mismo. Si el régimen de agua del suelo es alterado drásticamente por irrigación, remoción de la vegetación o inundación parcial, se puede producir la inestabilidad de los taludes (Richards, 1985). Entre los factores que afectan el comportamiento de los taludes (relacionados con la presencia del agua) se encuentran los siguientes:

3.3.1.1. Lubricación

El efecto de lubricación ocurre principalmente a lo largo de fracturas o planos de estratificación en rocas o suelos estratificados (Wu, 2003). La lubricación reduce la resistencia y especialmente la fricción a lo largo de las discontinuidades.

3.3.1.2. Ablandamiento

El ablandamiento o debilitamiento se manifiesta principalmente en las propiedades físicas de los materiales de relleno en fracturas y planos de falla en rocas. El material

¹⁰ Volumen 1: Análisis geotécnico Primera edición: Febrero de 2009. Jaime Suárez Díaz. Capítulo 6.



de relleno puede tener un efecto de debilitamiento debido al aumento de contenido de agua.

3.3.1.3. Presiones de Poros

La presión de poros es la presión interna del agua de saturación. El agua subterránea (o agua freática) ejerce presiones de poros sobre las partículas de suelo, disminuye la presión efectiva y la resistencia al cortante. La presión de poros dentro del suelo, depende de la localización de los niveles freáticos, de las presiones internas de los acuíferos y de las características geológicas del sitio.

3.3.1.4. Lavado de Cementantes

El flujo de agua puede disolver los cementantes naturales que pudieran existir, especialmente si hay carbonatos de calcio solubles. El agua subterránea puede sacar del talud, los cementantes solubles y así debilitar los vínculos granulares y en consecuencia decrece.

3.3.1.5. Colapso

Los suelos colapsables son materiales muy sensitivos a los cambios de humedad y al aumentar su contenido en la microestructura se colapsa y su volumen disminuye (Figura 12). Los suelos colapsables son comúnmente depósitos de flujos de residuos, suelos aluviales depositados muy rápidamente y suelos eólicos (Loess).

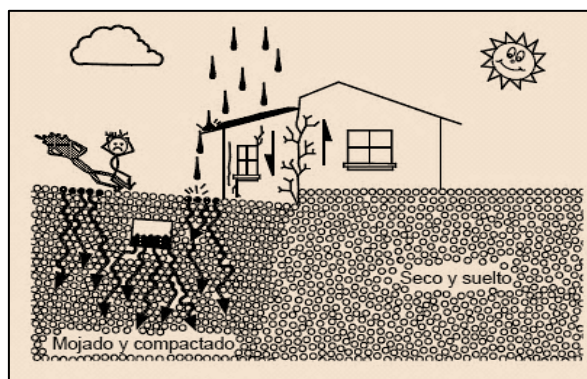


Figura 12. Los suelos colapsables pueden disminuir de volumen por el colapso de su estructura al saturarse.

Fuente: Técnicas de remediación. Jaime Suarez Díaz.

3.3.2. Conductividad Hidráulica o “Coeficiente de Permeabilidad”

La facilidad con que el suelo fluye a través de un material, se denomina “conductividad hidráulica” (permeabilidad) y el parámetro que permite cuantificar este fenómeno se llama “coeficiente de permeabilidad” y se encuentra en la literatura con la simbología



de la letra K. La conductividad hidráulica depende del tamaño de los vacíos o poros, es alta en las gravas y baja en las arcillas (Figura 13).

Material	Tamaño de poros	Conductividad hidráulica (permeabilidad) (cm/seg)
Arcilla	$<10^{-4} - 10^{-3}$	$<10^{-6}$
Limo	$10^{-3} - 10^{-2}$	$10^{-6} - 10^{-4}$
Arenas	$10^{-2} - 10^{-1}$	$10^{-4} - 10$
Gravas	$10^{-1} +$	$10 - 10^2$

Figura 13. Coeficientes de permeabilidad y capacidad de infiltración.

Fuente: Técnicas de remediación. Jaime Suarez Díaz.

3.3.3. Nivel Freático

El nivel de agua determina los niveles de presiones hidrostáticas sobre una superficie localizada por debajo de ese nivel o los valores de presión negativa o de succión para el suelo por encima.

Las presiones de poros positivas son superiores y las negativas son inferiores, a la presión atmosférica. La línea divisoria es el nivel freático donde la presión es igual a la presión atmosférica, lo cual se designa como presión cero.

Por debajo del nivel freático, el suelo se encuentra saturado, lo cual equivale a que el agua llena todos los poros de los suelos y todas las cavidades de los materiales infrayacentes. El agua existente en la zona de saturación se designa, por lo general, como agua freática y su superficie superior es el nivel freático.

3.3.3.1. Flujo de Agua Subterránea

El agua infiltrada por las lluvias penetra en el suelo, en forma semivertical, hasta encontrar un manto de alta conductividad hidráulica (permeabilidad) que facilita la formación de una corriente, o uno semi-impermeable, que impide su paso y obliga a la formación de una corriente de agua paralela a la superficie de baja conductividad hidráulica (permeabilidad). Estas corrientes subterráneas pueden ser temporales o permanentes. Existe una gran cantidad de soluciones gráficas, numéricas y software para la solución de los problemas de flujo de aguas subterráneas (Abramson y otros, 2002).



3.4. Susceptibilidad del terreno

La susceptibilidad es el grado de propensión que tiene una zona a resultar afectada por movimientos de masa debido a sus condiciones intrínsecas (litología, pendiente, uso de suelo, vegetación, entre otros).¹¹

La susceptibilidad, generalmente, expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno. La susceptibilidad es una propiedad del terreno que indica qué tan favorables o desfavorables son las condiciones de éste, para que puedan ocurrir deslizamientos. El mapa de susceptibilidad clasifica la estabilidad relativa de un área, en categorías que van de estable a inestable. El mapa de susceptibilidad muestra donde hay o no, condiciones para que puedan ocurrir deslizamientos. La probabilidad de ocurrencia de un factor detonante como una lluvia o un sismo no se considera en un análisis de susceptibilidad.¹²

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

Figura 14. Clasificación de la susceptibilidad a los deslizamientos con base en la observación de la morfología del terreno (Crozier, 1986).

Fuente: Análisis Geotécnico. Jaime Suarez Díaz.

3.4.1. Deslizamientos

Existen diferentes acepciones sobre el término deslizamiento que han sido elaboradas por diferentes investigadores. A continuación se muestran algunas de ellas.

- **Sharpe (1938)**, define al deslizamiento como un movimiento perceptible de tierra, escombros y detritos, roca o de una mezcla de estas, a través de un mecanismo de rotura.

¹¹ Socters y Van Westen (1996).

¹² Análisis Geotécnico. Jaime Suarez. Capítulo 13 Zonificación de Susceptibilidad Amenaza y Riesgo.



- **Terzaghi (1950)**, el padre de la mecánica de suelos, centra su definición en un desplazamiento rápido de una masa de roca, suelo residual o sedimentos de una ladera, en el cual el centro de la gravedad de la masa que se desplaza se mueve hacia abajo y hacia el exterior.
- Tiempo después **Varnes (1958)**, especifica que este movimiento hacia abajo de los materiales formadores de las laderas puede incluir materiales naturales y artificiales.
- **Zaruba y Menci (1969)**, hablan de un movimiento rápido de rocas, detritos o tierra, las cuales están separadas por un plano definido en posición estacionaria infrayacente.
- **Skempton y Hutchinson (1969)**, definen el término deslizamiento como un movimiento abajo de masas de suelo o roca, que ocurre en una superficie de cizallamiento en los límites de la masa desplazada.
- Para **Cruden (1991)**, el deslizamiento es el movimiento de una masa de roca, detritos y tierra (debris), pendiente abajo, La ocurrencia de los deslizamientos es consecuencia de un complejo campo de esfuerzos (stress es un esfuerzo por unidad de área), el cual es activo sobre una masa de roca o suelo. El movimiento ocurre cuando el esfuerzo de corte (shear stress) excede el esfuerzo de resistencia (shear strength) del material.

La consecuencia de estos esfuerzos en conjunción con la morfología de la pendiente y los parámetros geotécnicos del material definen el tipo específico de deslizamiento que puede ocurrir.¹³

3.4.1.1. Tipos de Deslizamientos¹⁴

Estos procesos son de mayor velocidad que la reptación y muestran también mayor variedad, de ahí que existan varios tipos que se exponen a continuación, basados bien en su geometría (traslacionales, planares), o en su grado de complejidad (complejo, compuestos).

3.4.1.1.1. Deslizamientos Superficiales

Presentan una superficie de deslizamiento y provoca cambios notables de la estructura del suelo. Es un fenómeno abundante en laderas empinadas con amplias

¹³ Estudio del peligro de deslizamiento del Norte de la ciudad de Loja, Provincia de Loja, Ecuador. Autor: Ing Walter Tambo Encalada.

¹⁴ Estudio del peligro de deslizamiento del Norte de la ciudad de Loja, Provincia de Loja, Ecuador. Autor: Ing Walter Tambo Encalada.



(pero no muy profundas) cubiertas eluviales y regolíticas, utilizadas para agricultura (cultivos anuales de surco) y/o pastoreo del ganado (ganadería extensiva).

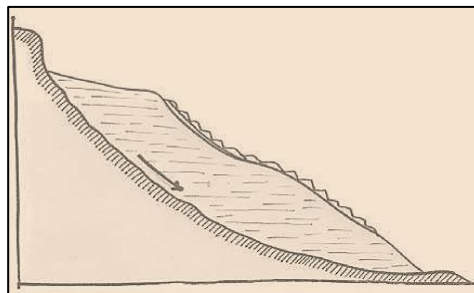


Figura 15. Deslizamientos peliculares o superficiales.

Fuente: Estudio del peligro de deslizamiento del Norte de la ciudad de Loja, Ing. Walter Tambo.

La principal característica de estos deslizamientos es la morfología de cáscara de naranja, lo que se conoce como “camino de vaca”, con ondulaciones pequeñas que corresponden a pequeños deslizamientos rotacionales, con diámetro promedio (profundidad máxima) de hasta 1-2 m. Esta forma de cáscara de naranja forma escalones que son aprovechados por el ganado y la gente, evolucionando hacia una forma de escalones en trama enrejada o en rombos, que, en algunos casos, progresivamente se desploman, formándose gradas en las laderas, desapareciendo estas posteriormente, en otros casos son removidos de forma abrupta.

El material afectado son horizontes terrosos, cubierta de suelo, depósitos eluviales y coluviales finos, preferentemente sobre pendientes iguales o mayores a los 20° con profundidades promedio de 1-2 m. Involucra volúmenes pequeños de material y velocidades de 1 a 2 cm/año en promedio.

- **Deslizamientos rotacionales o circulares (slump)**

Movimiento relativamente lento de una masa de suelo, roca o ambos, a lo largo de una superficie de ruptura en forma curva (que coincide con la de transporte) sobre la cual se mueve una masa. En su fase inicial, existe poca distorsión de los materiales. En algunos casos, a medida que la masa se desplaza, los materiales se dislocan progresivamente y el mecanismo de inestabilidad deviene complejo.

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

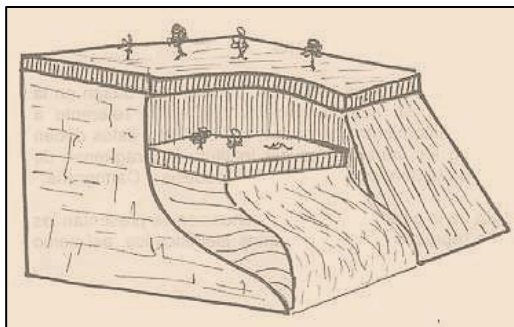


Figura 16. Deslizamientos peliculares o superficiales.

Fuente: Estudio del peligro de deslizamiento del Norte de la ciudad de Loja, Ing. Walter Tambo.

- **Deslizamientos traslacionales o planares (dip slope)**

Movimiento lento o rápido de una masa de suelo o roca, a lo largo de una superficie de deslizamiento recta o planar. Se originan en zonas que presentan superficies de discontinuidad, de niveles poco competentes; también en bloques tabulares o paquetes de estratos dentro de estructuras conformes de estratificación o esquistosidad; sobre capas poco competentes o niveles de alteración; sobre planos de fallas o sistemas de diaclasas conformes (a favor de la pendiente).

El material afectado es rocoso, estratificado o diaclasado, formando placas o paquetes cuyas bases quedan desprovistas de soporte, ya sea por erosión natural o por cortes artificiales en un talud (es tal vez el problema geodinámico más comúnmente desencadenado por la intervención humana, cuando se hacen cortes para carreteras, canales, etc.).

Este tipo de movimientos pueden involucrar tanto volúmenes pequeños como volúmenes grandes de material. La velocidad de propagación de la masa desplazada puede ser también muy variable.

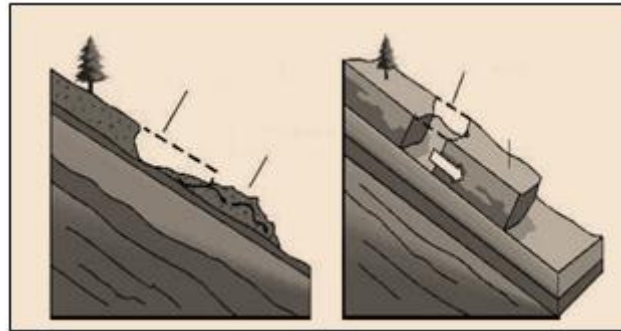


Figura 17. Deslizamientos traslacionales.

Fuente: Estudio del peligro de deslizamiento del Norte de la ciudad de Loja, Ing. Walter Tambo.

3.4.1.1.2. Deslizamientos Complejos

Se aplica a grandes deslizamientos donde aparecen mecanismos combinados, debido a una larga evolución. Por lo general se trata de deslizamientos de edad milenaria, de gran talla y de evolución muy lenta, con periódicos episodios de aceleración. Puede decirse que son deslizamientos permanentes, regidos por la acción de los esfuerzos residuales posteriores a la fase de ruptura.

Pueden llegar a cubrir varios kilómetros cuadrados de superficie, involucrando cientos y hasta miles de millones de metros cúbicos de masa en movimiento y hasta algunas centenas de metros de profundidad.

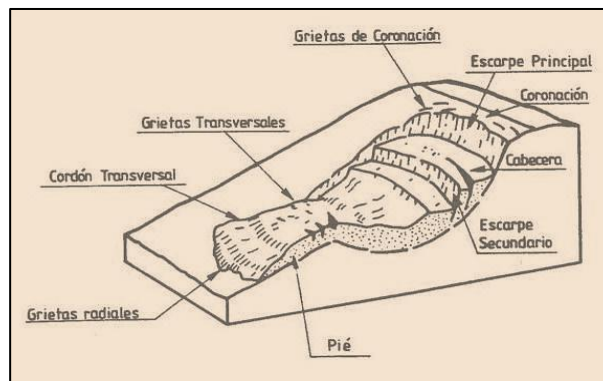


Figura 18. Deslizamientos complejos.

Fuente: Estudio del peligro de deslizamiento del Norte de la ciudad de Loja, Ing. Walter Tambo.

3.4.1.1.3. Deslizamientos Compuestos

Cuando un movimiento de ladera presenta más de un mecanismo de movilización de los materiales en diferentes lugares de la masa en movimiento.

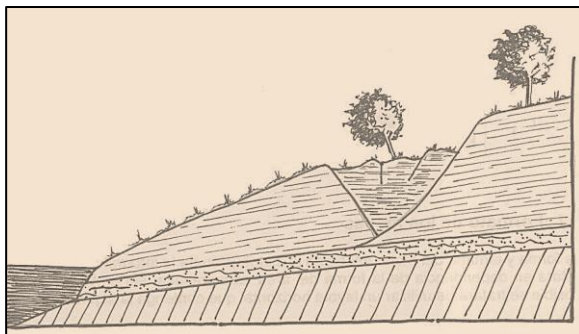


Figura 19. Deslizamientos compuestos.

Fuente: Estudio del peligro de deslizamiento del Norte de la ciudad de Loja, Ing. Walter Tambo.

3.4.1.2. Factores Condicionantes y Desencadenantes

Según Terzaghi (1950) y Selby (1993) los deslizamientos son producidos por dos causas fundamentales: las de tipo interno y las de tipo externo. Las causas externas son todas aquellas que producen un incremento en la tensión o esfuerzos, pero no en la resistencia de los materiales, en tanto que las causas internas son las que disminuyen la resistencia de los materiales, sin cambiar la tensión o esfuerzos (Alcántara, 2000).

3.4.2. Sistemas de Información Geográfica

La utilización de SIGs para el análisis de susceptibilidad a los deslizamientos, ha sido reportada en varias ocasiones por el U.S. Geological Survey (Brabb 1978, 1984, 1995). Estos estudios tuvieron en cuenta otros factores como geología, pendientes y deslizamientos activos. Posteriormente, se realizaron trabajos basados en el análisis estadístico multivariado, especialmente por Carrara, en Italia. Recientemente, se ha popularizado la utilización de SIGs para modelos determinísticos, con el uso de factores de seguridad.

3.4.2.1. Ventajas del Uso del SIG

- Se puede utilizar una mayor variedad de técnicas de análisis, debido a la velocidad de los cálculos y a que las técnicas complejas requieren la superposición de un número grande de mapas y tablas.
- Es posible mejorar los modelos, evaluando los resultados y ajustando las variables de entrada. En ocasiones, se utiliza un sistema de prueba y error, corriendo el modelo varias veces hasta obtener un resultado satisfactorio.
- Generalmente en el transcurso del análisis se obtiene nueva información, la cual puede ser actualizada rápidamente en los modelos.



3.5. Geotecnia¹⁵

3.5.1. Estudios Geotécnicos y su Uso

Los estudios geotécnicos se utilizan para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los suelos que sean necesarias conocer, dependiendo del proyecto que se vaya a ejecutar; por ejemplo en carreteras es importante conocer el módulo de elasticidad del suelo que servirá de subrasante, para cimentar un edificio es necesario conocer la resistencia del suelo de cimentación y su compartimiento, en el tiempo, ante los esfuerzos que transmitirá la estructura del edificio.

A su vez la geotecnia puede facilitar la ejecución de sondeos valiéndose de pruebas geofísicas como herramienta para tener una idea previa de la estratigrafía del terreno de cimentación. La geotecnia pues constituye un medio para adaptar las estructuras a las condiciones del terreno.

3.5.2. Propiedades físicas de los suelos

Las propiedades de los suelos se determinan mediante ensayos y se expresan numéricamente por determinados coeficientes. Las investigaciones se realizan con muestras alteradas e inalteradas.

Las muestras alteradas son suficientes cuando se quieren determinar características generales, como, granulometría, tamaño, peso de las partículas, humedad, límite líquido, plástico, capacidad de absorción de agua, materias presentes o valores límite de densidad.

Se requieren muestras inalteradas cuando se desean obtener magnitudes dependientes de la estructura o de la densidad in situ, como el índice de poros la densidad aparente, la permeabilidad, la succión capilar, etc.

3.5.2.1. Tamaño de los granos

Este puede ser determinado por medio de análisis granulométricos. Los suelos se clasifican de acuerdo al tamaño de partículas constitutivas; es decir al tamaño o diámetro de granos, en cuatro componentes: gravas, arenas, arcillas y limos. Las gravas componen las partículas con diámetros mayores a 2mm, son arenas aquellas cuyos diámetros oscilan entre 0.05 y 2mm, los limos son aquellos con diámetros entre 0.002 y 0.05 mm, finalmente las arcillas son todas las partículas con diámetros

¹⁵ Edwin Nadir Castrillo Osorio, Horacio Alejandro Ulloa López. Marco conceptual para estudios Geotécnicos.



menores a 0.002mm. Por lo tanto las cantidades o porcentajes relativos de cada una de las partículas minerales determinan la textura del suelo, así como sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Volke et al, 2005).

3.5.2.2. Forma de las partículas

La forma de las partículas tienen tanta importancia como su tamaño en lo que respecta al comportamiento del suelo; sin embargo a menudo no se considera, pues es difícil medirla y describirla cuantitativamente, la forma de los granos puede ser de tres clases: granos redondeados, granos laminares y granos aciculares.

3.5.2.3. Humedad

Es la cantidad de agua que posee un suelo, se expresa por la relación entre el peso del agua W_w existente en el suelo y el peso seco W_s de este.

$$\%W = W_w / W_s$$

La humedad es una característica muy importante en los suelos cohesivos, influye sobre la capacidad de compactación y la consistencia, así como la capacidad portante del terreno.

3.5.2.4. Grado de saturación

Expresa la proporción en que los poros del suelo están llenos de agua. Y es igual a la siguiente ecuación:

$$S_w = (V_w / V_v)$$

3.5.2.5. Límites de consistencia de los suelos

- **Límite líquido (LL)**

Es el contenido de humedad expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra, con el cual el suelo cambia del estado líquido al plástico. Los suelos plásticos tienen en el límite líquido una resistencia muy pequeña al esfuerzo de corte, según Atterberg es de 25 g/cm.



- **Límite plástico (LP)**

Es el contenido de humedad expresado en porcentaje al peso seco de la muestra, para el cual los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico.

- **Índice de plasticidad (IP)**

Se define como la diferencia numérica entre los límites líquidos y plásticos, e indica el margen de humedades dentro del cual se encuentra el suelo en estado plástico y este depende generalmente de la cantidad de arcilla presente.

3.5.2.6. Peso específico

Se define como la relación entre el peso de la muestra y el volumen de la muestra.

$$g = w_m / v_m.$$

Este al relacionarse con el peso específico del agua es llamado densidad relativa la cual es importante en mecánica de suelos debido a la correlación directa que ella tiene con otros parámetros. Además es posible obtener el peso específico de una muestra granular mediante la siguiente correlación.

$$\gamma = 94 + 0.15LL * 16.0184 \frac{Kg}{m^3}$$

-g: peso específico de la muestra.

-LL: límite líquido de la muestra.

3.5.2.7. Porosidad

La porosidad es el volumen de huecos de una muestra de suelo, y define la posibilidad de ésta de almacenar más, o menos cantidad de fluido. Se expresa por la relación entre el volumen de vacíos y el volumen de la muestra, como:

$$N (\%) = (V_v / V_m) * 100$$



3.5.2.8. Resistencia

En el estudio de las propiedades mecánicas de un suelo hay que considerar en general tres clases de esfuerzos: de compresión (que tienden a disminuir el volumen del material); de tensión (que tienden a crear fractura en el material) y cortantes (que tienden a desplazar una parte de suelo con respecto a las otras). De acuerdo con esta clasificación el suelo puede presentar resistencia a la compresión y resistencia al esfuerzo cortante, la resistencia a la tensión en cambio puede desprejarse como consecuencia, aquellas estructuras o parte de estructuras que han de experimentar tensiones no se construyen con material de suelo sino con otro material para ello apropiado, tales como concreto armado o el acero.

3.5.2.9. Consistencia

Es la propiedad índice más importante de los materiales finos, es la que gobierna las fuerzas de cohesión-adhesión, responsables de la resistencia del suelo a ser moldeado o roto. Se refiere a las fuerzas que permiten que las partículas se mantengan unidas; se puede definir como la resistencia que ofrece la masa de suelo a ser deformada o amasada. Dichas fuerzas dependen del contenido de humedades por esta razón es que la consistencia se debe expresar en términos de suelo seco, húmedo o mojado.

Las fuerzas que causan la consistencia son: cohesión y adhesión.

- **Cohesión:** Es la fuerza de atracción entre partículas de la misma naturaleza.
- **Adhesión:** Se debe a la tensión superficial que se presenta entre las partículas de suelo y las moléculas de agua. Sin embargo, cuando el contenido de agua aumenta, excesivamente, la adhesión tiende a disminuir. El efecto de la adhesión es mantener unidas las partículas por lo cual depende de la proporción Agua/Aire.

La consistencia de un suelo inalterado puede determinarse mediante la prueba de compresión simple, también puede estimarse por medio de la prueba de penetración estándar, como se muestra en la siguiente gráfica.



Arcillas		
N golpes	Consistencia	ϕ : ángulo de fricción interno del suelo(°)
< 2	muy blanda	0
2 · 4	blanda	0 - 2
4 · 8	media	2 - 4
8 · 15	compacta	4 - 6
15 · 30	muy compacta	6 - 12
> 30	dura	> 14

Figura 20. “Relación de N golpes del SPT con la consistencia en arcillas y el ángulo de fricción interno”.

Fuente: Edwin Nadir Castrillo Osorio, Horacio Alejandro Ulloa López. Marco conceptual para estudios Geotécnicos.

3.5.3. Métodos de Reconocimiento del Subsuelo

3.5.3.1. Designación ASTM

Creada en 1898, ASTM Internacional (Sociedad Americana para la Prueba de Materiales), es una de las mayores organizaciones en el mundo que desarrollan normas voluntarias por consenso, aplicables a los materiales, productos, sistemas y servicios.

Los miembros de ASTM, que representan a productores, usuarios, consumidores, el gobierno y el mundo académico de más de 100 países, desarrollan documentos técnicos que son la base para la fabricación, gestión y adquisición, y para la elaboración de códigos y regulaciones.

Pruebas	Designación A.S.T.M
Prueba de penetración estándar y muestreo de suelos (SPT)	D 1586 – 99
Clasificación de suelo en campo	D 2488 – 00
Granulometría por tamizado	D 422 – 63(1998)
Humedad in situ	D 2216 – 98
Límites de Atterberg	D 4318 – 00
Clasificación de suelos en laboratorio (SUCS)	D 2487 – 00
Resistividad eléctrica	D 6431 - 99

Figura 21. “Designaciones estándar utilizadas en estudios de suelos”.

Fuente: Edwin Nadir Castrillo Osorio, Horacio Alejandro Ulloa López. Marco conceptual para estudios Geotécnicos.

3.5.3.2. Métodos Indirectos

Están basados en la medida de una característica física de los materiales que componen el subsuelo, por medio de aparatos sofisticados dispuestos en la superficie del suelo a muy poca profundidad. Estos métodos por ejemplo determinan la resistividad eléctrica del suelo.



La geofísica es la aplicación de los principios de la física al estudio de la tierra, ésta es utilizada para conocer algunas propiedades físicas del terreno y la constitución interna de éste a partir de los fenómenos físicos ligados con ella por ejemplo el campo magnético y resistividad del subsuelo.

La geofísica aplicada con excepción de las pruebas sísmicas, es en gran parte una ciencia adecuada a terrenos llanos o suavemente ondulados, o con recubrimiento relativamente delgado. Siempre que el relieve sea abrupto las observaciones geofísicas adquieren correcciones que con frecuencia hacen incierta la interpretación.

Una de las principales ventajas del uso de las pruebas geofísicas es que permiten cubrir grandes áreas y profundidades en poco tiempo y a un costo menor que otras técnicas exploratorias (perforaciones).

- **SEV (Sondeos Eléctricos Verticales)**

Este método se basa en el hecho de que los suelos, dependiendo de su naturaleza, presentan una mayor o menor resistividad eléctrica cuando una corriente es inducida a través. Su principal aplicación está en el campo de la minería, pero en mecánica de suelos se ha aplicado para determinar la presencia de estratos de roca en el subsuelo. La prueba eléctrica es considerada como una técnica activa, pues produce una alteración en el medio y mide el comportamiento del terreno proporcionando una información rápida y económica, operando sobre la superficie del terreno. Esta técnica se basa en determinar las propiedades eléctricas del suelo.

La propiedad que mide esta prueba es la resistencia que presenta el suelo al paso de la corriente, dicha resistencia es un indicativo del material o tipo de suelo de que está compuesta la zona, el suelo más compacto y que presenta menos cantidad de agua es el más resistivo al paso de la corriente, ver la siguiente figura.

Material	Resistividad ($\Omega - m$)
Arcilla o limo saturado	0 - 10
Arcilla arenosa	10 - 25
Arena arcillosa	25 - 50
Arena	50 - 150
Grava	150 - 500
Roca meteorizada	100 - 200
Roca sana	150 - 4000

Figura 22. “Propiedades resistivas de algunos materiales”.

Fuente: Edwin Nadir Castrillo Osorio, Horacio Alejandro Ulloa López. Marco conceptual para estudios Geotécnicos.



La prueba sirve, en primer lugar, para medir las resistividades a diferentes profundidades en un mismo sitio y en segundo lugar, para medir las resistividades a una misma profundidad, a lo largo de un perfil. Lo primero se logra aumentando la distancia entre electrodos, con lo que se logra que la corriente penetre mayor profundidad. Lo segundo se logra conservando la distancia constante entre electrodos y desplazando el equipo sobre la línea a explorar.

El parámetro resistivo del material (ρ) está relacionado con la resistencia por un factor geométrico (K) para un arreglo electródico dado, por lo tanto, la resistividad en el terreno puede ser calculada usando:

$$\rho = KV/I$$

- ρ : Resistividad del material
- K: Relación entre separaciones de electrodos
- I: Corriente eléctrica
- V: Diferencia de potencial

La forma más común de medir esta propiedad es por medio de electrodos que se colocan en el terreno según las necesidades específicas del estudio. Estos arreglos introducen corriente eléctrica con dos electrodos y miden el potencial producido por el flujo de corriente que circula a través del terreno con otro par de electrodos.

Uno de los arreglos más empleados es el **Wenner**, donde cuatro electrodos metálicos se alinean simétricamente al centro de arreglo, los electrodos externos introducen la corriente y los internos miden el voltaje.

Otro arreglo es el **Schlumberger** donde también cuatro electrodos se alinean con una relación de distancia cinco veces mayor la separación de electrodos externos a la distancia de los electrodos internos.

Existen otros dispositivos o arreglos, los más comunes son los mencionados anteriormente, cada uno de estos dispositivos tiene una determinada profundidad de investigación.

Dispositivos		Investigación profundidad		Calidad de la resolución
		Roy (1971)	Barker (1989)	
Wenner		0.11L	0.17L	1/2.25
Schlumberger		0.125L	0.19L	1/2.45
Dipolo-Dipolo		0.195L	0.25L	1/3.45
Polo-Polo		0.35L		1/8.4

Figura 23. “Dispositivos o arreglos que se utilizan en la prueba eléctrica”.

Fuente: Curso online de geofísica.



3.5.3.3. Métodos directos

Tratan de recuperar una muestra del terreno para su análisis, o bien miden la resistencia y/o la deformación de los terrenos.

- **SPT (Ensayo de penetración Estándar) y Muestreo de Suelos**

Este ensayo determina la resistencia del suelo a la penetración de un toma muestras tubular de acero, en el interior de un sondeo, al tiempo que permite obtener una muestra representativa para su identificación, aunque con su estructura alterada.

Se denomina resistencia a la penetración estándar: al número de golpes (N) necesario para que al golpear con una masa de 63.5kg de masa en la cabeza del varillaje desde una altura de 760mm, se consiga que el toma muestras penetre 300mm, después del descenso inicial debido al propio peso del equipo y tras una penetración de asiento de 15cm.

El SPT es el que brinda mejores resultados en la práctica y proporciona una información útil en torno al subsuelo, no solo en lo referente a la descripción sino también en cuanto a la resistencia del suelo.

En suelo friccionante la prueba permite conocer la compacidad o densidad relativa de los estratos. En suelos cohesivos la prueba permite obtener una idea de la resistencia a la compresión simple, además el método lleva implícito un muestreo que proporciona muestras alteradas del suelo, también el valor de N es útil para obtener otros parámetros geotécnicos mediante correlaciones, como la carga admisible del suelo y asentamientos en suelos granulares.

3.5.3.3.1. Equipo utilizado en el SPT

- Martillo con peso de 63.5 kg.
- Guía
- Barras de perforación
- Toma muestras partido estándar
- Polea
- Trípode
- Motor y malacate.



En la siguiente figura se muestra los espaciamientos típicos utilizados en función del tipo de proyecto. Los valores dados pueden duplicarse si el suelo es regular, uniforme y conocido, o reducidos a la mitad si el suelo es irregular.

Espaciamiento de sondeos	
Estructura o proyecto	Espaciamiento(m)
Urbanizaciones (casa hasta de 2 pisos)	40 – 70
Fabricas de un piso	30 – 60
Edificios de varios pisos	20 – 50
Carreteras y autopistas	50 – 500
Presas	20 – 60
Canteras	30 - 120

Figura 24. “Espaciamiento de perforaciones”.

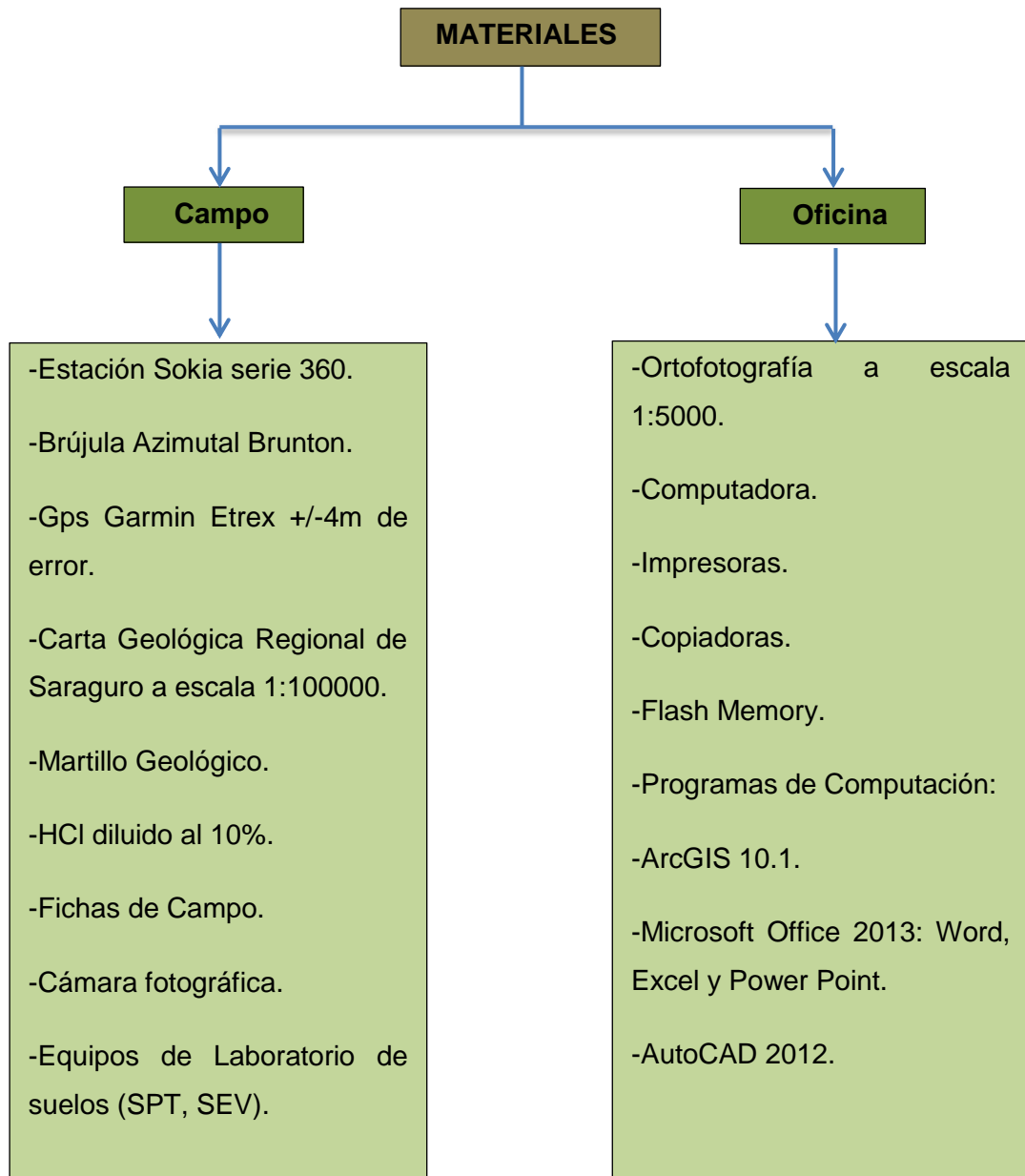
Fuente: Edwin Nadir Castrillo Osorio, Horacio Alejandro Ulloa López. Marco conceptual para estudios Geotécnicos.



4. MATERIALES Y METODOLOGÍA

4.1. Materiales

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



4.2. Metodología

Para el cumplimiento a los objetivos planteados se propuso la siguiente metodología. Siendo necesaria en primera instancia la recopilación bibliográfica tales como la Carta



Geológica de Saraguro (Escala 1:100000), Carta Topográfica (Escala 1:50000) e información que se ha generado en el área de estudio (Memorandos del GPL y VIALSURRep a cerca de Informes Técnicos realizados en la comunidad las Lagunas) a fin de obtener una idea general para el levantamiento de la información necesaria. La información obtenida fue corroborada con los datos obtenidos en el campo.

4.2.1. Primer Objetivo: Realizar el levantamiento geológico y topográfico a escala 1:5000 de la comunidad las Lagunas, cantón Saraguro, para identificar las características geológicas, geomorfológicas, litológicas y estructurales.

Levantamiento Topográfico

Se levantó la información topográfica representando la infraestructura (vías, viviendas entre otros aspectos), las partes colinadas y planicies para determinar la configuración del terreno, de igual forma se representó las zanjas de exploración litológica del terreno realizadas por el GAD Saraguro, los deslizamientos como parte del análisis de la susceptibilidad y las lagunas naturales presentes en el lugar de estudio, lo cual nos permitan generar el mapa a escala 1:5000 con Datum WGS84 como base para la ejecución de la investigación.

En la realización del levantamiento topográfico se utilizó la estación **Sokkia Serie 610** la cual posee la característica de almacenar hasta 10000 puntos en su memoria interna incorporando codificadores absolutos para optimizar su funcionamiento, eliminando la necesidad de cero indexación (Ordenación de una serie de datos o informaciones de acuerdo con un criterio común), y se puede obtener mediciones desde los 1800 metros de distancia, por lo que la mayor parte de puntos fueron medidos desde el tramo Oeste del sector de estudio cerca de la vía Panamericana donde se pudo obtener mayor visualización de campo y además corresponde la parte con mayor altitud, en este sector se ubicaron 4 estaciones fijas, eso fue una de las características más importantes que se consideró para el rápido avance del trabajo topográfico.



Figura 25. Levantamiento Topográfico con estación SOKKIA Serie 610 desde el sector Oeste de la comunidad Las Lagunas.

Fuente: El Autor.



Figura 26. Estaciones fijas ubicadas en la parte altitudinal de la comunidad Las Lagunas con una altura de los 2642 m.s.n.m aproximadamente.

Fuente: El Autor.

El propósito del levantamiento fue abarcar toda la superficie del terreno perteneciente a la comunidad Las Lagunas con un área de 69,77 Hectáreas e inclusive se consideró los taludes de la vía Panamericana, lo cual nos permitió realizar la geología in situ, ya que el mapa topográfico fue tomado como mapa base para la realización de la geología.



Terminado el levamiento se procedió a la descarga de la información en un computador a través de una tabla Excel que contiene las coordenadas (x, y, z). Esta tabla fue insertada al software ArcGis 10.1 para crear las curvas de nivel con las herramientas **3D Analyst** que nos ofrece este software.

Finalmente se verificó en campo que la interpolación dada por el software ArcGis 10.1 para la generalización de las curvas de nivel coincida con el relieve real del área levantada, y se dibujó todo lo que corresponde a infraestructura, obteniendo de esta manera el mapa topográfico final como base para el estudio.

Levantamiento Geológico Estructural.

Con los datos base (Carta Geológica de Saraguro escala 1:100000) y con el Mapa Topográfico levantado a escala 1:5000 conjuntamente con el mapa de sombras, se llevó a cabo el levantamiento geológico a través de las visitas de observación técnica al sector, el mismo que fue dividido en dos flancos Este y Oeste.

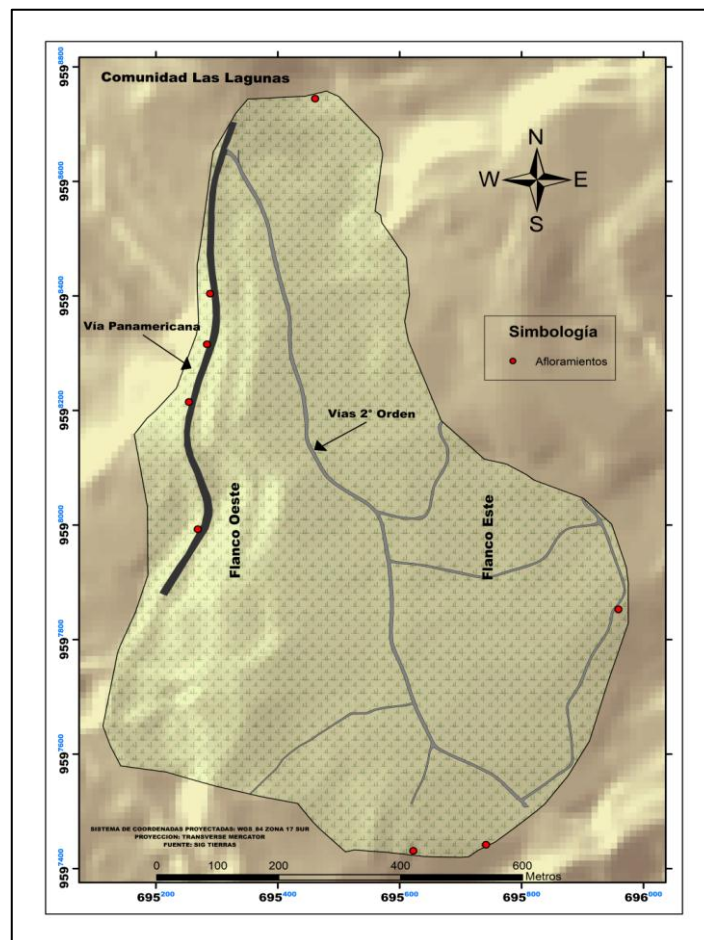


Figura 27. Consideración de Flancos en el sector de estudio para el levantamiento geológico de campo, ubicación de los afloramientos.

Fuente: El Autor.



Comenzando en este caso por el flanco Oeste se consideró los afloramientos de la vía Panamericana Sur que corresponde al tramo de estudio. En esta vía se identificó y se levantó la información de cuatro afloramientos con respecto a potencias, número de estratos, litología, granulometría, color, medidas estructurales, muestras de roca para el reconocimiento petrográfico macroscópico, todos estos parámetros se estimaron para cada uno de los afloramientos localizados alrededor de toda el área que corresponde al terreno de la comunidad las Lagunas, dichos datos fueron registrados en la ficha técnica propuesta en el anteproyecto para la caracterización geológica de los afloramientos.



Figura 28. Medición de elementos de Yacencia, registro de datos en las fichas técnicas para afloramientos.

Fuente: El Autor.

Así mismo se tomaron puntos GPS donde fueron medidas las estructuras, dichos puntos nos sirvieron además para tener la ubicación de los afloramientos e ir colocándolos en el mapa base con el propósito de encerrar los polígonos con colores que nos permitan diferenciar las litologías presentes en el sector. El material que predominó en los afloramientos de la vía Panamericana fue una toba volcánica perteneciente a la formación Saraguro, dicho material es detallado en los resultados.

Se continuó el levantamiento geológico avanzando en sentido Oeste-Este identificando una masa incoherente de materiales sueltos de suelo y bloques de roca de variables diámetros que a simple vista presentaba movimiento en sentido Noreste por lo que



muestran las características de ser un coluvión de material limoso con bloques de tobas volcánicas de la formación Saraguro.

Siguiendo con el recorrido ya en la parte culminante en sentido Norte-Sur de la comunidad Las Lagunas nos encontramos con material de granulometría fina, en este caso con suelos limosos de una coloración rojiza a café claro, las zanjas realizadas por el GAD Saraguro para fines constructivos fueron de ayuda primordial en la identificación litológica, así mismo se fueron tomando puntos GPS para poder definir el polígono que corresponde a este material limoso.

Cabe señalar que se localizaron **contactos inferidos**, ya que en los materiales cubiertos de vegetación se pudo inferir analizando el color, la textura y granulometría del material, además por los cambios de pendiente que se identificó en el campo y en el mapa topográfico base, producidos generalmente por diferente resistencia a la erosión que presenta cada litología.

La presencia de fragmentos de roca poco transportados en el derrubio permite determinar los tipos de roca subyacente y la ubicación aproximada de un contacto.¹⁶

Es muy frecuente que los coluviones generen deslizamientos en las vías al ser cortados por éstas, o que el alineamiento de la vía pase sobre un coluvión en movimiento. Los deslizamientos de coluviones se refieren a deslizamientos que ocurren en el sistema Cuaternario, en masas sueltas acumuladas (Adib, 2000). Por lo que en el levantamiento geológico se pudo identificar tres deslizamientos tipo rotacional del propio material del coluvión, los mismos que fueron caracterizados y la información fue recolectada en la ficha técnica de campo para deslizamientos como base para determinar las zonas susceptibles a desplazarse.

¹⁶ Cátedra de Levantamiento Geológico. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. UNLP.



Figura 29. Deslizamiento N° 1 localizado dentro del coluvión.

Fuente: El Autor.

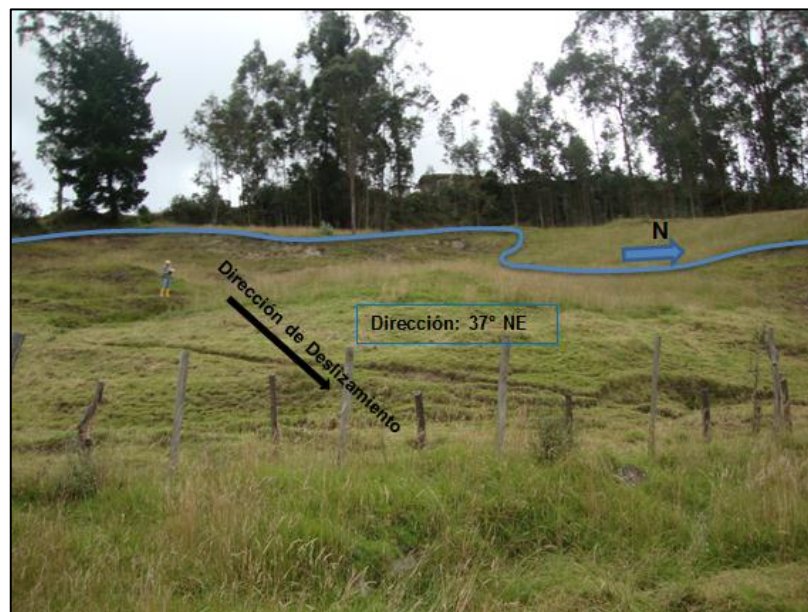


Figura 30. Deslizamiento N° 2 localizado dentro del coluvión.

Fuente: El Autor.

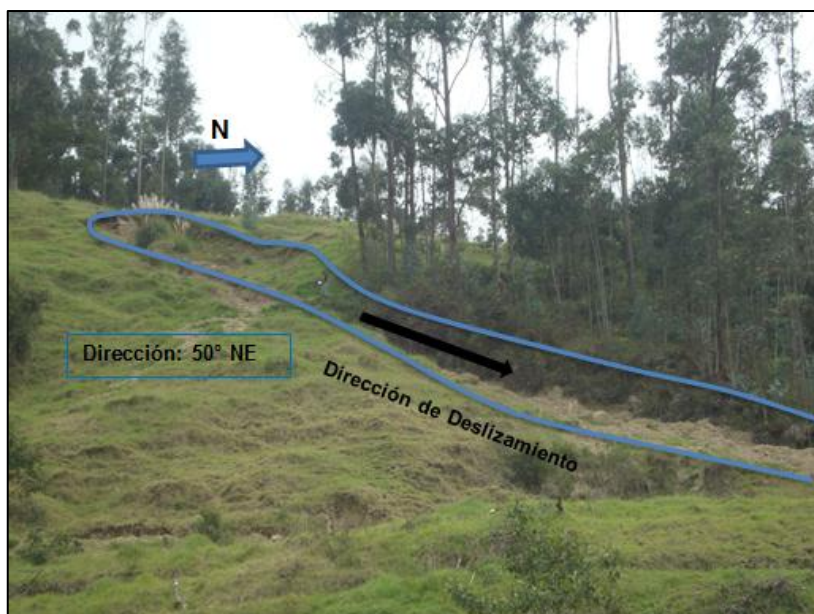


Figura 31. Deslizamiento N° 3 localizado dentro del coluvión.

Fuente: El Autor.

Con toda la información recolectada en el mapa base y las fichas técnicas se procedió a diseñar el mapa geológico a escala 1:5000 Datum WGS 84 Zona 17 Sur, ingresando cada uno de los puntos GPS de las estructuras y de los contactos inferidos correspondiente a cada tipo de litología en el Software Arcgis 10.1.

Se elaboró un corte geológico para conocer la disposición de la capas de material, para ello se trazó una línea transversal A-B de tal manera que corte cada una de las capas levantadas y se ubicaron las direcciones hacia donde se inclinan cada representación litológica.

Además se elaboró una columna estratigráfica, para ello se tomó en cuenta la depositación en el tiempo geológico de cada material y la granulometría al ser una unidad de origen deposicional.

4.2.2. Segundo Objetivo: Determinar el nivel freático y la estratigrafía del subsuelo mediante Sondeos Eléctricos Verticales por medio de mediciones en la superficie.

Para el procesamiento de la información de la resistividad eléctrica en campo, se adoptó la siguiente metodología:



1. Se utilizó el arreglo Schlumberger para la realización de los sondeos el cual consiste en separar progresivamente los electrodos inyectores A y B dejando los electrodos detectores M y N fijos en torno a un punto central fijo P. La representación de este sondeo muestra en ordenadas ra ($W \cdot m$) y en 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.

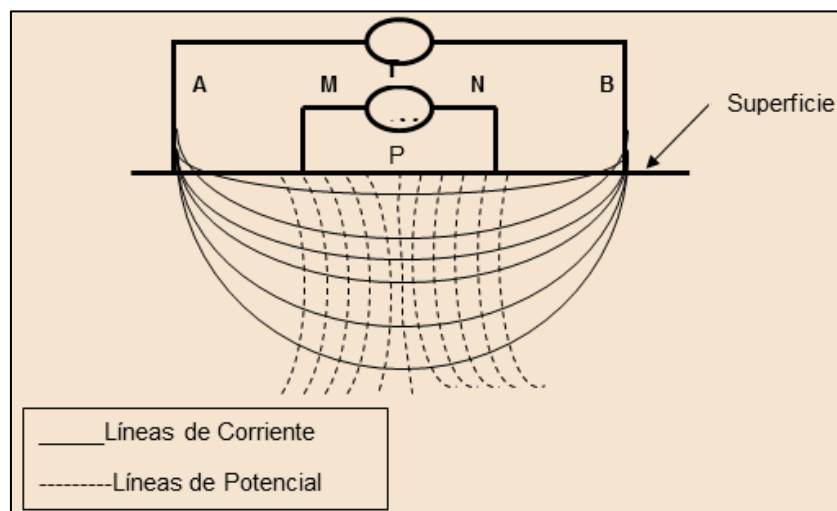


Figura 32. Arreglo Electrónico de Cuatro Puntos Tipo Schlumberger.

Fuente: Comisión de cooperación Ecológica Fronteriza del Municipio de Cerralvo Nuevo León.

2. En base a la información existente del proyecto, en este caso la topografía nos permitió marcar los puntos de interés para la realización de los Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) y perfiles geoelectricos, tomando en consideración los lugares relativamente planos del terreno en la comunidad.
3. Se ubicó con GPS los puntos a explorar para asegurar su linealidad del SEV.
4. Se procedió a ubicar los electrodos potenciales MN con las medidas ya señaladas con cintas de diferentes colores que poseen una cuerda adoptada por el equipo de laboratorio ESTSUELCON CIA. LTDA de la ciudad de Loja.
5. De igual forma la abertura de los electrodos de corriente $AB/2$ fue realizada en función de las medidas estandarizadas que posee el laboratorio y se procedió a anotar los valores de resistividad que nos arrojó el equipo para cada abertura.

AB/2 (m)	Señalización
1	Azul
1,5	Amarillo
2	Blanco



2,5	Verde
2,5	
3	Negro
3	
5	Amarillo-Blanco
7	Azul-Verde
10	Negro
10	
15	Amarillo
15	
20	Verde
20	
30	Blanco
30	
40	Azul
50	Negro-Blanco
70	Amarillo
100	Blanco
150	Verde

Tabla 1. Abertura de los electrodos AB/2 identificados por colores.

Fuente: El Autor.

6. Se realizaron dos sondeos eléctricos verticales, con abertura AB/2 de 100 metros para el SEV1 y 150 metros para el SEV2.
7. Finalmente con los resultados de campo el equipo de laboratorio ESTSUELCON CIA. LTDA, procedió al cálculo de las SEV y perfiles eléctricos con el uso del Software IX1D v3, el cual emplea el modelo de Smooth para el cálculo de los SEVs y las ecuaciones de Zaborovsky para la interpolación de los perfiles y obtención de los contornos.

4.2.3. Tercer Objetivo: Elaborar el mapa de susceptibilidad de la comunidad las Lagunas considerando la información obtenida en el sector de estudio.

La susceptibilidad es el grado de propensión que tiene una zona a resultar afectada por movimientos de masa debido a sus condiciones que presentan.¹⁷

Para el análisis de la Susceptibilidad del Terreno en la comunidad Las Lagunas se utilizó el método **Heurístico**, que consiste en asignar pesos relativos a las clases que presentan cada variable de acuerdo a su importancia para generar el mapa de susceptibilidad a deslizamientos.

¹⁷ Socters y Van Westen (1996).



Las variables consideradas en el estudio de la susceptibilidad son los mapas temáticos realizados previamente y que influyen de manera directa a la ocurrencia de deslizamientos, dando mayor valoración cuantitativa al factor geológico que relaciona directamente los parámetros físico-mecánicos de los materiales obtenidos del análisis de estabilidad determinado mediante los ensayos SPT y SEV, todo el proceso se lo realizó en base al software Arcgis 10.1. En la **figura 33** se muestran los mapas temáticos ejecutados a partir del área de estudio.



Figura 33. Mapas temáticos utilizados en el análisis de la Susceptibilidad a deslizamientos.

Fuente: El Autor.

Una vez de haber asignado los pesos a las clases de cada variable, se utilizó la herramienta **Suma Ponderada** que ofrece la posibilidad combinar varias entradas para crear un análisis integrado. En este caso las variables fueron los mapas temáticos en formato ráster considerando los valores de pesos propuestos por Janssen y Van Herwijnen (1994), dependiendo del número de mapas a considerar, en este caso cuatro variables.

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 2. Asignación de Pesos usando el método de suma de Rangos.

Fuente: Janssen y Van Herwijnen (1994).



Se debe considerar que los valores de los pesos para cada criterio o variable se obtienen calculando el peso, w_k , para el criterio k según la fórmula siguiente donde n es el número de criterios. Otra vez, los pesos encajan la orden de fila de criterios definidos por el grupo S , significando que $w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_n \geq 0$.

Entonces:

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

Luego de realizar la combinación de los mapas ráster de acuerdo a los pesos considerados para cuatro variables, se lo reclasificó en cinco categorías de acuerdo a los criterios propuestos por Sarkar y Kanungo, 2004 que consideran la susceptibilidad de muy alta hasta una susceptibilidad muy baja.

CRITERIO	Susceptibilidad	Categorías
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 3. Criterios para jerarquizar la Susceptibilidad.
Fuente: Sarkar y Kanungo, 2004.

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



5. RESULTADOS

5.1. Descripción Biofísica del Sector de Estudio

5.1.1. Ubicación ¹⁸

El cantón Saraguro tiene una superficie de 1080 km², se ubica en la provincia de Loja al Nor-este y a 64 kilómetros de la cabecera provincial. Sus coordenadas proyectadas WGS84 son:

- X= 641281
- Y= 9610035

Saraguro se encuentra desde 1000 m.s.n.m hasta los 3800 m.s.n.m. La cabecera cantonal se encuentra a 2.525 msnm, en donde se localiza la comunidad Las Lagunas en estudio.

5.1.1.1. Ubicación de la Comunidad las Lagunas

La Comunidad indígena Las Lagunas se encuentra ubicada al Sur de la parroquia de Saraguro con una distancia de 1.5 km desde la cabecera cantonal de Saraguro, con una altura de 2525 m.s.n.m.

La Comunidad Las Lagunas en la actualidad se limita al NORTE por la Cabecera cantonal de Saraguro, al SUR por los barrios de Yarimala y el cerro Uritu Singa, al ESTE por la comunidad de Gunudel y al OESTE por la comunidad de San Vicente y parte de la vía Panamericana.

Si bien la comunidad Las Lagunas no cuenta con un plano catastral de su territorio por lo que mediante el levantamiento topográfico realizado se pudo determinar el número de Hectáreas levantadas de 69,77 Ha y su perímetro territorial de 3643,70 metros, conjuntamente con su límite territorial.

A continuación se muestra la ubicación geográfica de la comunidad desde el territorio Ecuatoriano hasta su provincia y cantón a quien pertenece, finalmente se ubica su límite territorial anteriormente mencionado.

¹⁸ Plan de Desarrollo Territorial de Saraguro.

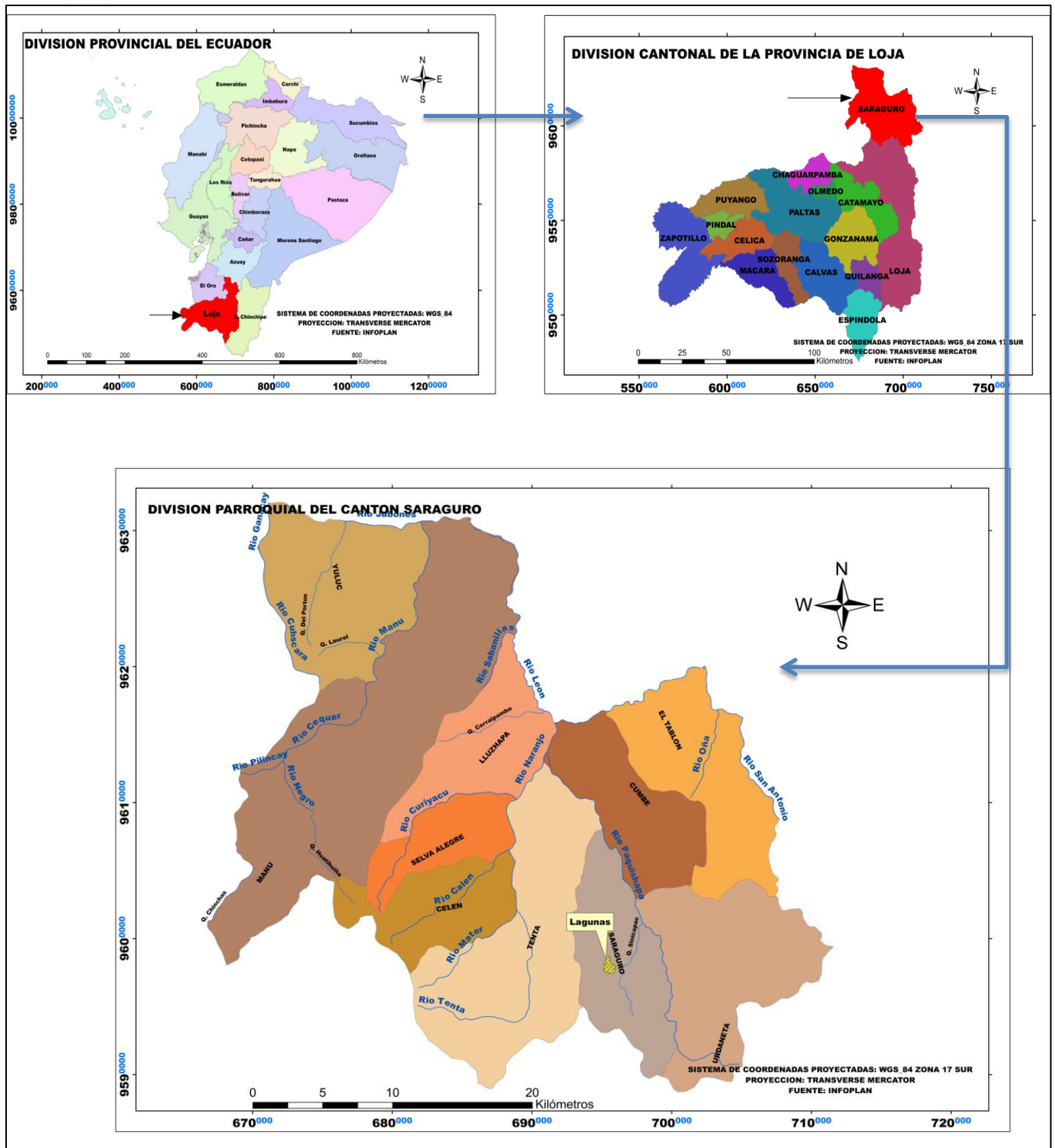


Figura 34. Ubicación Geográfica del cantón Saraguro y la comunidad Las Lagunas.

Fuente: El Autor.

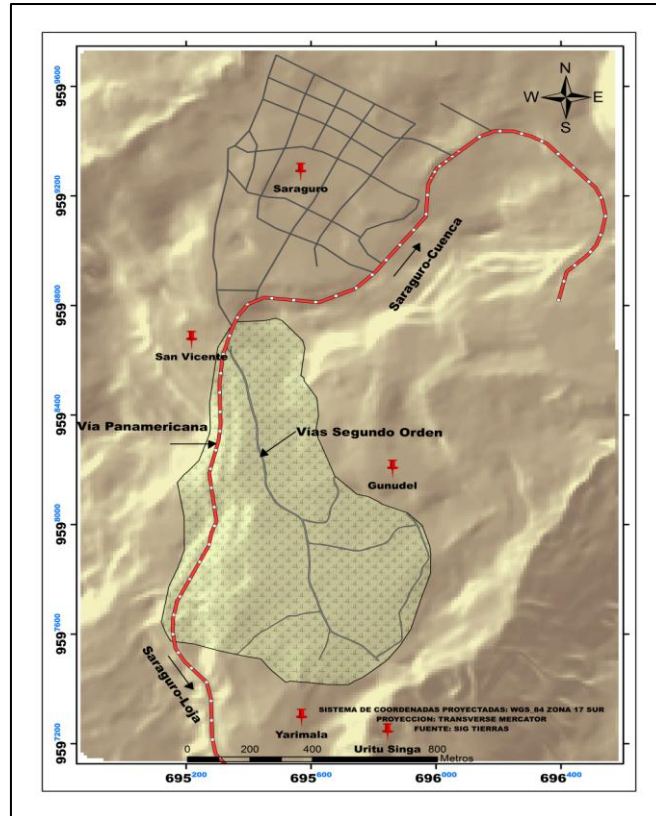


Figura 35. Límite Territorial de la comunidad Las Lagunas.

Fuente: El Autor.

5.1.2. Acceso

La principal vía de acceso para llegar a la comunidad es la vía Panamericana, por lo tanto es de hormigón armado de **primer orden**, para transitar dentro de la comunidad la vía es lastrada es decir vías de **segundo orden** y se lo puede realizar en carro propio o fletar una camioneta desde el centro de Saraguro.

Para poder llegar a la comunidad Las Lagunas existe la señalización correspondiente ya que la Ruta a seguir es Loja-Saraguro-Cuenca, y todo el camino está señalizado, en la entrada a la comunidad encontramos un letrero informativo de la misma.



Figura 36. Letrero guía en la entrada a la Comunidad Las Lagunas.

Fuente: El Autor.



A la comunidad se puede llegar por medio de **Transporte terrestre** si se viaja desde Loja-Saraguro o desde Cuenca-Saraguro, ya que la comunidad se encuentra a tan solo 1.5 kilómetros del centro del cantón Saraguro, para trasladarse desde el centro a la Comunidad se puede encontrar camionetas doble cabina o taxis que hacen carreras al lugar requerido.

Por **vía Aérea** se puede realizar desde la ciudad de Quito si se desea a la ciudad de Cuenca hasta el Aeropuerto Mariscal Lamar o si se desea por la ciudad de Loja hasta el aeropuerto Camilo Ponce Enríquez del cantón Catamayo. Llegando a esas ciudades se puede viajar por vía terrestre a través de las rutas antes mencionadas.

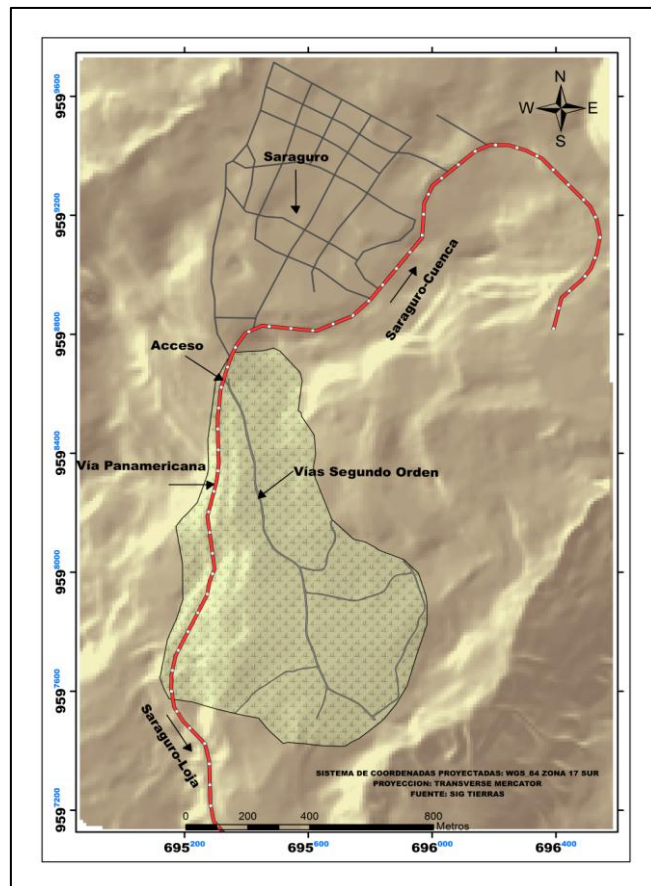


Figura 37. Croquis de las Vías de Acceso a la comunidad Las Lagunas.

Fuente: El Autor.

5.1.3. Clima¹⁹

El clima es similar al del cantón Saraguro y demás pueblos andinos, siendo su temperatura promedio de 13°C a 17°C, la época de lluvia va desde Noviembre a Mayo. La época de fuertes vientos está entre los meses de Junio a Septiembre, y las heladas

¹⁹ Plan de Desarrollo Territorial de Saraguro.



en los meses de Diciembre a Enero; la humedad relativa oscila de 80 a 88%. Su altura es de 2525 m.s.n.m. Cuenta con una precipitación anual 750 a 1250 mm.

5.1.4. Vegetación

En el cantón Saraguro, se manifiesta la disminución de especies de flora y fauna, desarticulando las cadenas antrópicas y delimitando el hábitat de las especies animales y vegetales a medida que el hombre altera su medio y degrada los recursos disponibles.

En el cantón, existen seis zonas de vida de acuerdo a la clasificación de las Zonas de Vida Natural del Mundo de L. R. Holdridge:

- Bosque Húmedo Montano (bh-M)
- Bosque Húmedo Premontano (bh-PM)
- Bosque Seco Montano Bajo (bs-MB)
- Bosque Seco Premontano (bs-PM)
- Monte Espinoso Premontano (me-PM)
- Páramo Subalpino (PS).²⁰

La vegetación de la comunidad Las Lagunas al encontrarse dentro de la Parroquia Saraguro toma parte de un Bosque Húmedo Montano (bn-M) que se define como la formación andina típica, tanto estructural como florísticamente, con temperaturas promedio menores que en las partes bajas y constante condensación de niebla. Se encuentra sobre la faja montano bajo, en un rango altitudinal aproximado que va desde 1800 a 3000 m de altitud en el Norte de las estribaciones occidentales de los Andes y de 1500 a 2900 m de altitud en el Sur.

La flora y fauna del sector de estudio se encuentra representando las siguientes clases:

Familia	Nombre Científico	Nombre Común
ROSACEAE	<i>Fragaria vesca L.</i>	Frutilla
PLANTAGINACEAE	<i>Plantago major L.</i>	Llantén mayor
CLETHRACEAE	<i>Clethraovalifolia Turczaninov.</i>	Almiscle
LAMIACEAE	<i>Mentha pulegium.</i>	Mentol
MELASTOMATACEAE	<i>Miconia tinifolia Naudin.</i>	Sierrilla

²⁰ Plan de Desarrollo Territorial de Saraguro.



MELIACEAE	<i>Ruagea hirsuta</i> (C. De Candolle) Harms.	Cedrillo
MYRICACEAE	<i>Myricapubescens</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Laurel Cera
MYRSINACEAE	<i>Myrsinecoriacea</i> (Sw.) Brown ex Roemer & Schul.	Charmuelán macho
PROTEACEAE	<i>Roupalaobovata</i> Kunth.	Roble
THEACEAE	<i>Gordonia fruticosa</i> (Schrader) H. Keng.	Caimitillo
THEACEAE	<i>Ternstroemia</i> sp.	Duraznillo
BETULACEAE	<i>Alnus acuminata</i> .	Aliso
SALICACEAE	<i>Condaminea corymbosa</i> .	Sauce
ASTERACEAE	<i>Ambrosia arborescens</i> Mill.	Marco
APIACEAE	<i>Foeniculum Vulgare</i> P. Miller.	Hinojo
RUTACEAE	<i>Ruta graveolens</i> .	Ruda
MYRTACEAE	<i>Eucalyptus melliodora</i> .	Eucalipto
LAMIACEAE	<i>Mentha Piperita</i> L.	Menta
PLANTAGINACEAE	<i>Plantago major</i> L.	Llantén

Tabla 4. Flora de la Comunidad Las Lagunas.

Fuente: Diagnóstico situacional Turístico de Las Lagunas como parte de la zona de Amortiguamiento del bosque Protector Huashapamba.

Familia	Nombre Científico	Nombre Común
TURDIDAE.	<i>Turdus merula</i> .	Mirlo
HIRUNDINIDAE	<i>Hirundo rustica</i> .	Golondrina
THRAUPIDAE	<i>Thraupis episcopus</i> .	Azulejo
TROGONIDAE	<i>Trogonidae</i> .	Trogón enmascarado
CRACIDAE	<i>Crax alberti</i> .	Pavas de monte
ACCIPITRIDAE	<i>Accipiter nisus</i> .	Gavilan
FALCONIDAE	<i>Phalcoboenus carunculatus</i> .	Curiquingue

Tabla 5. Fauna de la Comunidad Las Lagunas.

Fuente: Diagnóstico situacional Turístico de Las Lagunas como parte de la zona de Amortiguamiento del bosque Protector Huashapamba.



Actualmente la superficie vegetativa de la comunidad se ve distribuida ocupacionalmente en la mayoría por pastos naturales, cultivos de maíz, bosque intervenido, zonas erosionadas sin dejar aparte la infraestructura vial y de vivienda en relación directa con el mapa de Uso del Suelo.

5.1.5. Relieve

En el cantón Saraguro se destaca el nudo de GUAGRAHUMA ACACANA, ubicado entre los límites de los cantones Saraguro y Loja, cerrando la hoya de Loja o del río Zamora y comprende los páramos del sudeste de Saraguro y los cerros de Acacana e Imbana, el Ramos Urcu y el cerro del Puglla.

Como todo Cantón, Saraguro también tiene su cerro característico, el Puglla de 3381 m.s.n.m. que se levanta al sur de la cabecera cantonal, y la colina de Zhindar de forma redondeada, al Oeste.²¹

La comunidad las Lagunas al formar parte del relieve colinado que desciende progresivamente desde las faldas del cerro el Puglla se encuentra con alturas que van desde los 3680m.s.n.m hasta los 2555m.s.n.m.

5.1.6. Hidrografía

Dada la irregularidad topográfica el sistema de drenaje es el dendrítico, todos los afluentes siguen una dirección Sur-Norte para llegar al río León y luego al Jubones. El río inicial es el San Antonio, que se origina en los páramos de la cordillera oriental de Saraguro, que es afluente del Oña, aguas abajo se denomina Oña y finalmente Jubones. El río San Antonio y el Oña tienen una longitud de 25Km. El León 28 Km y el Jubones en lo que se refiere a Loja 15 Km.

Dentro del área existen drenes de importancia que dan el nombre a las subcuencas descritas, así tenemos el río Llaco que nace en Fierrohurcu, reciben varios afluentes en su recorrido hasta formar el Naranjo que al llegar al León es un río de caudal considerable; el río Uchucay que drena las aguas de la parroquia Manú y desemboca directamente en el Jubones, igual que el Ganacay en el extremo occidental, que divide de la Provincia de El Oro.²²

En el sector de estudio el sistema de drenaje no es eficiente por lo que inclusive existen afloramientos de agua, está caracterizado por un sistema fluvial antrópico donde circulan las aguas que vienen desde la carretera Panamericana y según el

²¹ Plan de Desarrollo Territorial de Saraguro.

²² Plan de Desarrollo Territorial de Saraguro.



relieve topográfico del terreno éstas tienen su destino hacia la quebrada Sinicapac, atravesando la comunidad vecina de Gunudel cuyas aguas finalmente desembocan en el río Paquishapa.

5.1.7. Población ²³

La población total del cantón Saraguro es de 30,183 habitantes, de los cuales el 34,81% son indígenas y el 63,46% son mestizos. En el Cantón; la mayor población es joven comprendida entre 0 a 24 años, lo que representa el 55,23%.

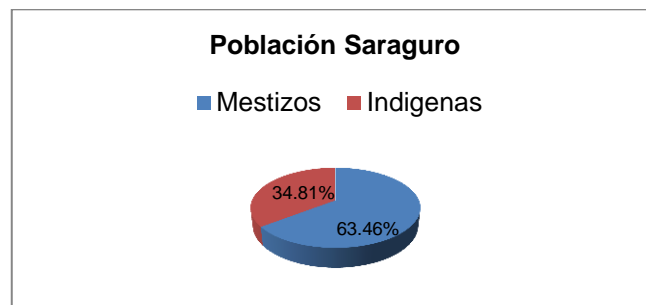


Figura 38. Estadística poblacional de los habitantes del Cantón Saraguro.

Fuente: El Autor.

De 25 años en adelante, la población por grupos etarios decrece paulatinamente hasta llegar al 0,40% correspondiente al grupo de 95 años y más. El 11,15% corresponde a la población urbana, mientras que el 88,85% se encuentra ubicado en el área rural. En cuanto al porcentaje de hombres y mujeres se evidencia que prácticamente es el mismo con apenas un 7,16% de diferencia a favor de las mujeres.

La población de la comunidad Las Lagunas tiene un total de 166 familias que residen permanentemente en la comunidad. Étnicamente el 99% se identifica y pertenece al pueblo Kichwa Saraguro.

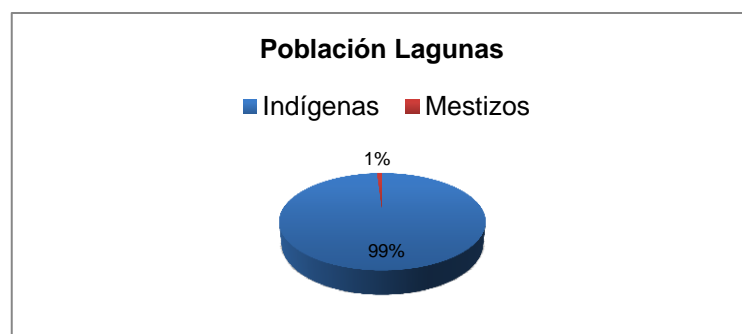


Figura 39. Estadística poblacional de los habitantes de la Comunidad Las Lagunas.

Fuente: El Autor.

²³ Plan de Desarrollo Territorial de Saraguro.



5.2. Resultados Específicos

5.2.1. Topografía

Con los datos obtenidos del levantamiento topográfico y el ingreso de los mismos al software Arcgis 10.1 se pudo realizar el diseño y cálculo de los diferentes parámetros topográficos tales como altura mínima y máxima del relieve, longitudes lineales de vías, área y perímetro de la comunidad.

En el diseño del mapa topográfico se pudo considerar la vía Panamericana correspondiente al tramo de estudio, que al ser una carretera de primer orden nos sirvió mucho de referencia con respecto a la ubicación del sector y además nos permitió realizar la descripción litológica de sus taludes como base para el estudio geológico, el levantamiento de esta vía comprendió los 1,74 Km lineales aproximadamente.

Se levantó la vía de ingreso a la comunidad considerada como de segundo orden al ser una carretera lastrada, así mismo las vías que tienen conexión directa con ésta y sirven para trasladarse hacia otras comunidades cercanas como a la comunidad de Gunudel. Esta vía comprendió una longitud de 1,35Km lineales de levantamiento.

Se representaron otros elementos como viviendas, centros educativos, canchas deportivas que sirvieron de referencia de ubicación en el mapa, así como también postes de luz, postes de línea telefónica, canales donde fluyen aguas servidas, zanjas de exploración litológica realizadas por el GAD de Saraguro y las lagunas naturales que existen en el sector. El polígono del levantamiento topográfico comprendió aproximadamente 69,77 hectáreas y un perímetro de 3643,70 metros.

Del relieve levantado se obtuvo como altura máxima los 2680 m.s.n.m que se ubica en el sector Oeste de la comunidad Las Lagunas cerca de la vía Panamericana y como altura inferior se obtuvo los 2555 m.s.n.m que corresponde al sector Este de la misma en el límite con la comunidad de Gunudel con una diferencia de altura de 125 metros.

El levantamiento topográfico sirvió como mapa base para realizar el mapeo geológico en campo ubicando los afloramientos, estructuras y otros elementos como la ubicación de las líneas SEV y del ensayo de penetración estándar (SPT).

Finalmente se obtuvo el mapa topográfico diseñado a escala 1:5000 con Datum WGS 84 zona 17 Sur, con una distancia entre curvas de nivel principales de 5 metros y 1 metro de distancia entre curvas secundarias.



MAPA TOPOGRÁFICO



5.2.2. Geología

5.2.2.1. Geología Regional

De acuerdo a la carta Geológica Regional del Cantón Saraguro escala 1:100000, la comunidad Las Lagunas se asienta directamente en la Formación Saraguro, la cual presenta las mismas características litológicas y además toma parte de un Derrumbe del periodo cuaternario, por lo que a continuación se describe el grupo Saraguro al que pertenece dicha formación.

➤ Grupo Saraguro²⁴

La Formación Saraguro y la Formación Chinchillo están incluidos bajo el grupo Saraguro. Esto comprende la andesita, tobas riolíticas y lavas con rocas sedimentarias subordinadas, debido a esto es su importancia histórica, sin embargo, el nombre Saraguro se mantiene, aunque la zona para el grupo no esté alrededor de Saraguro. Cinco formaciones discretas (Las Trancas, Plancharumi, La Fortuna, Jubones y la Paz) y una secuencia informal de andesita son reconocidos en la unidad de Portovelo dentro de la zona, pero la mayoría de afloramientos mapeados comprenden al grupo Saraguro íntegro.

El grupo ocupa la mayor parte de la zona de campo. El afloramiento es más grande que en los mapas representados a 1:100000 o anteriores e incluye áreas asignadas antes de la formación Tarqui, tales como el páramo al norte de Pucara y alrededor de Oña y la Paz. Un gran afloramiento, previamente asignada como Celica (DGGM 1908), es también reconocido entre Zaruma y Piñas. Además, no hay ninguna razón lógica para la creación de una nueva unidad estratigráfica de los estratos cuyo páramo alto está por encima de la formación Chinchillo, Manú y Selva Alegre. Consecuentemente estos estratos fueron previamente incluidos en la formación Chinchillo (DGGM, 1937b), esto son considerados pertenecientes al grupo Saraguro.

El grupo es en gran parte plano, o sólo ligeramente ondulado. La litología principal es toba. Textualmente éstos varían de toba grueso a toba cristalina. Las tramas de toba van principalmente de riolita a campos de dacita. Algunos como las formaciones de La Fortuna y Jubones son muy ácidos, con porcentajes de SiO₂ mayores al 71%.

Estos criterios son:

²⁴ Traducido del Proyecto Geology of the Cordillera Occidental of Ecuador Between 3°00' and 4°00'.



a) Las tobas andesíticas: son verdes, con abundantes plagioclasas, anfíbol y cristales de augita. Las Texturas vitreoclásticas son poco comunes y las foliaciones de soldadura están menos desarrollados.

b) Las tobas dacíticas: contienen cristales de feldespatos, algunos cristales de cuarzo y tienen una matriz verde claro, rosada o café. Las texturas soldadas y lapilli pómez cloritizado son muy comunes.

c) Las tobas riolíticas: son blancas, café pálido o rosadas. Foliaciones soldadas son pronunciadas en afloramientos, pero la textura vitreoclástica son destruidas comúnmente por recristalización y desvitrificación. El contenido de cristal es muy variable, feldespatos y cuarzos son muy comunes. La biotita es un componente importante de algunas tobas.

El espesor del grupo es variable. Hay algunas áreas, tales como el Río León, donde está a solo 1km de espesor. Hay otras áreas que ascienden hasta 3km. Se considera que la secuencia más completa ocurre solo al norte del sistema de fallas de Girón y Jubones. La sección más completa sucede entre Narihuiña (6640 96543), donde el grupo se sienta sobre el basalto de Bella Rica de la unidad Pallatanga del Cretáceo y el páramo al norte de Quinuas (6654 96512), cerca de Pucará. Esto comprende una secuencia de tobas de flujo de ceniza con al menos una importante discordancia angular.

➤ **Formación Saraguro**²⁵

Aflora en los valles de terrenos profundamente disectados siguiendo los ríos León, Paquishapa, Tenta y Jubones. Estratos de lava y piroclastos se alteran en esta formación de capas gruesas. Los piroclásticos varían desde tobas de grano fino a aglomerados muy bastos, pero lo más común es una toba masiva aglomerática de color amarillo en estratos de 50 a 100m de espesor y que forman escarpas prominentes en los alrededores de Saraguro. Cerca de esta población afloran: tobas arenosas, tobas de grano fino con bandeamiento multicolor y lentes de conglomerado.

Las lavas interestratificadas son andesitas porfiríticas. En lomo Shio al suroeste de Oña hay sedimentos clásticos bastos bien estratificados. Al norte de Oña estratos de ignimbritas forman riscos sobresalientes. Estas ignimbritas blanca-rosáceas varían en composición entre riolita y dacita y están caracterizadas por cavidades lenticulares orientadas paralelamente a la estratificación. En láminas delgadas se encuentran

²⁵ Kennerley, (1974) "Geología de la provincia de Loja, Ecuador sur ". Instituto de Ciencias Geológicas. London. Reporte No. 23.



fragmentos de cuarzo, sanidina, andesina y biotita suspendida en una matriz subvítrea que contiene abundantes fragmentos vítreos. En minas la toba riolítica es similar en composición a las ignimbritas pero tiene grano más grueso y carece de la característica estructura fragmentada.

La formación Saraguro descansa discordantemente al Este sobre la Serie Zamora y al Oeste sobre la Formación Piñón. Se encuentra suavemente plegada y sus ejes siguen rumbo Norte y NE; la estructura sinclinal del río León es la que más sobresale. Se estima que el espesor máximo de esta formación llega a los 3000m dentro del área de esta Hoja.

➤ **Depósitos Superficiales**

Se han conservado depósitos glaciales en las depresiones montañosas de la Cordillera de Chilla y alrededor de Tres Lagunas, donde se han observado morrenas en las fotografías aéreas. Aluviones y terrazas se encuentran restringidos al área de sustratum sedimentario, a lo largo del río Jubones.

Los derrumbes son bastante numerosos, particularmente en la Formación Saraguro; y algunos se extienden sobre varios kilómetros cuadrados. Los depósitos coluviales se encuentran siguiendo las laderas del valle del río León.

5.2.2.2. Geología Estructural

Plegamientos cuyos ejes tienen rumbo NE-SW en el Grupo Ayancay y en la Formación Saraguro siguiendo el río León mantienen la misma orientación que las zonas de deformación cataclástica en el granito metasomático de Tres Lagunas, señalando así una importante dirección estructural. Los plegamientos en la formación Chinchillo y en la Formación Saraguro siguiendo el río Tenta son más suaves manteniendo sus ejes un rumbo N-S. El fallamiento es común sin que haya una orientación particular dominante.

5.2.2.3. Geología Local

Una vez de haber realizado el levantamiento geológico conjuntamente con la descripción de los afloramientos que se encuentran alrededor de la zona de estudio se ha podido evidenciar la litología que se describe a continuación:



➤ Toba volcánica Aglomerática (TbMa)

Este tipo de material aflora al Noroeste de la comunidad Las Lagunas en los taludes de la vía Panamericana correspondiente al sector de estudio, se evidencia una toba volcánica aglomerática con textura piroclástica y matriz arenosa de color amarillo con bandeamientos intercalados de grises a oscuros mostrando una alta meteorización expresándose en un quebrantamiento del propio material que incluso se encuentra afectando a la vía Panamericana producto de la escorrentía e infiltración del agua lluvia, además envuelven clastos de roca andesita entre angulosos y redondeados con diámetros que varían desde los 2 a 12 centímetros. También es evidente observar nódulos muy bastos de toba incrustados dispersamente en los afloramientos con diámetros de los 20 a 50 centímetros aproximadamente dándonos a conocer que existió un flujo piroclástico de lava del Eoceno perteneciente a la Formación Saraguro la misma que descansa discordantemente al Este sobre la serie Zamora y al Oeste sobre la Formación Piñón. Estos afloramientos superan los 20 metros de altura por lo que resultó fácil la descripción litológica de los mismos.



Figura 40. Afloramientos aglomeráticos de toba volcánica en la vía Panamericana ubicados al Noroeste de la zona de estudio.

Fuente: El Autor.



Figura 41. Fragmentos angulosos a redondeados de andesitas incrustados en toba volcánica.

Fuente: El Autor.



Figura 42. Nódulos bastos de toba volcánica incrustados en el afloramiento.

Fuente: El Autor.

La toba volcánica presenta una mineralización no muy visible pero de los minerales que se logró identificar tenemos plagioclasas, pequeños minerales de cuarzo, feldspatos y biotitas negras bien alteradas. Sin embargo la presencia de óxidos de hierro no pasa por desapercibido producto de la escorrentía superficial permanente en los taludes.



Figura 43. Pequeños minerales de plagioclasas, biotitas y cuarzo.

Fuente: El Autor.

De acuerdo a las características mineralógicas que presenta la toba volcánica y en relación a la conceptualización mineralógica del mismo material que nos muestra el informe N° 1 del Programa de información Cartográfica y Geológica de la Cordillera Occidental del Ecuador, este material se conceptualiza como una toba riolítica de textura vitreoclástica.

➤ **Coluvión de toba volcánica y limos (Co-Tblm)**

El coluvión se ubica al Noreste y Noroeste de la comunidad Las Lagunas posee una extensión superficial de 18,24Ha visiblemente, está compuesto de boleos de la toba volcánica que se localizó en los afloramientos de la vía Panamericana pero superan los 120cm de diámetro y se sostienen en una matriz de suelo limoso de coloración café claro.

Los suelos limosos que se encuentran como material soldante es el resultado de la descomposición y fragmentación final de la toba que proviene desde la parte superior en sentido Oeste-Este producto del mecanismo de movimiento del coluvión. En la **figura 44** se puede observar una zanja realizada por el GAD Saraguro que muestra como los limos se encuentra envolviendo a los boleos de toba volcánica que conforman el coluvión.



-Zanja N°1 Coordenadas UTM: X= 695316, Y= 9598370, Z= 2605



Figura 44. Suelo limoso que envuelven a los boleos de toba volcánica.

Fuente: El Autor.

La presencia de coluviones es un indicativo de la inestabilidad de una región, así mismo, es una evidencia de que han ocurrido deslizamientos en el pasado (Abeykoon, 2000). Es por ello que en el coluvión se aglomeran tres deslizamientos bien identificados, el mismo que nos da a conocer que el derrumbe del periodo cuaternario que toma parte del área de la comunidad Las Lagunas se encuentra avanzando en dirección Noreste-Noroeste llegando a las faldas del cerro el Puglla.

Además se localizaron bloques redondeados de andesitas de hasta los 200cm de diámetros y lentes de conglomerado dentro de las zanjas por lo que nos da a entender que ha existido considerables corrientes fluviales en el sector para que se haya depositado este tipo de materiales.



Figura 45. Lentes de conglomerado de roca andesita que forman parte del coluvión.

Fuente: El Autor.

Los boleos de toba contienen una mineralización similar a la toba localizada en los afloramientos de la vía Panamericana, mientras que los limos poseen feldespatos sódicos-potásicos y algunos minerales de cuarzo.

➤ **Suelos limosos (Lms)**

Estos materiales se encuentran en las partes más bajas del lugar de estudio desde los 2570 m.s.n.m, en algunos afloramientos los limos se encuentran consolidados dando la apariencia de una limolita y son inferiores en relación a los afloramientos de toba volcánica con una altura no superior a los 5 metros, estos limos se consideran como el material últimamente depositado al pie del coluvión expandiéndose en sentido Nor-noreste dentro del terreno de Las Lagunas.

En el afloramiento N°5 (**Ver Anexo 1**) los suelos limosos descansan paralelamente a capas inferiores de andesitas que presentan una coloración altamente rojiza por la presencia de óxidos de hierro que fluyen continuamente con el flujo de la escorrentía superficial. Las andesitas poseen una dirección de buzamiento de 55° al igual que los limos pero con la diferencia de que en el afloramiento ubicado en el flanco Este cuyas coordenadas UTM son: (x= 695953, y= 9597855, z= 2565) la capa de andesita se pierde en su totalidad dándonos a conocer que este tipo de material se profundiza dejando hacia la superficie solamente el material limoso.



Figura 46. Afloramiento de limos y andesitas de coloración altamente rojiza por la presencia de oxidación abundante.

Fuente: El Autor.

Estas andesitas de igual manera pertenecen a la Formación Saraguro pero mineralógicamente presentan una textura porfirítica con bajos contenidos de plagioclasas, lo que se pudo identificar fueron minerales ferromagnésicos como biotitas pero en condiciones alteradas. Métodos de observación directa de los geomateriales como zanjas realizadas por el GAD Saraguro nos permitió corroborar la litología e ir determinando el polígono en el trabajo de campo dentro de ese sector, debido que en el flanco Este de la comunidad no se evidencia muchos afloramientos. Estas zanjas nos muestran una capa gruesa de material limoso de coloración rojiza a café claro de unos 3.65 metros de espesor.



-Zanja N° 2 Coordenadas UTM: X= 695796, Y= 9597718, Z= 2561.



Figura 47. Zanja N° 2 de material limoso en el flanco Este de la comunidad Las Lagunas.

Fuente: El Autor.

-Zanja N° 3 Coordenadas UTM: X= 695452, Y= 9598371, Z= 2580.



Figura 48. Zanja N° 3 de material limoso en el flanco Este de la comunidad Las Lagunas.

Fuente: El Autor.

Como es evidente el material de la **zanja N° 3** los limos cambian de tonalidad a café claro, sin embargo en el material extraído se pudo observar grandes bloques redondeados de andesita producto del movimiento y avance del coluvión.



Figura 49. Bloques redondeados de andesita extraídos en la zanja N° 3.

Fuente: El Autor.

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

N°	X	Y	Z	Orientación	Litología
1	695289	9598403	2615	N60°W/28°	Tobas volcánicas aglomeráticas.
2	695283	9598315	2630	N80°E/28°	
3	695254	9598214	2632	N20°W/30°	
4	695268	9597992	2645	S80°E/30°	
5	695622	9597430	2585	N80°W/55°	Limos con capas inferiores de andesitas.
6	695741	9597441	2576	S85°W/55°	Suelos limosos y limolitas.
7	695953	9597855	2565	S15°E/45°	Suelos limosos y limolitas
8	695461	9598744	2637	S5°E/47°	Coluvión de tobas volcánicas, boleos de andesitas y limos de color café claro.

Tabla 6. Puntos de Afloramientos descritos en el Levantamiento Geológico.

Fuente: El Autor.

La descripción detallada de cada uno de los afloramientos en relación a potencias de estratos, litología, granulometría, color de la muestra y entre otros parámetros descriptivos se puede observar en el **ANEXO 1**.



MAPA GEOLÓGICO



5.2.3. Geomorfología

Para realizar la geomorfología del sector de estudio, previamente se revisó la conceptualización de la metodología implementada por CLIRSEN y aplicada en proyectos tales como: "GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO A NIVEL NACIONAL. ESCALA 1: 25 000" de los cantones Mocache y Paján, Ecuador.

En la generación del mapa Geomorfológico se hizo uso del mapa de sombras generado a partir del MDE que nos permitió observar claramente las geoformas del terreno, las curvas de nivel generadas a 5 metros fue el parámetro principal para poder divisar y dibujar éstas geoformas en función del cálculo de desnivel relativo que presentan las mismas e incorporando los porcentajes del mapa de pendientes a escala 1:5000 como apoyo a la identificación, donde se pudo describir concordantemente los parámetros morfométricos, siendo el valor de desnivel relativo el factor fundamental para relacionarlo en las **fichas de Fotointerpretación geomorfológica - CLIRSEN, 2012 (Ver Anexo 2)** y por ende determinar las unidad genética, unidad morfológica y la forma del relieve que corresponde a cada una de las geoformas, incorporando la litología como base de dicha metodología para caracterizar cada unidad geomorfológica.

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

5.2.3.1. Morfometría

"Conjunto de técnicas, procedimientos y métodos, utilizados para determinar atributos configuracionales del relieve y, en base a ellos, conocer el sistema de relaciones espaciales que caracterizan a las formas del terreno" (Pedraza Gilsanz, 1996). Las variables morfométricas deben estar acordes con los datos que provee el Modelo Digital de Terreno (MDT).

➤ Pendiente

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



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

Tabla 7. Categorías de Pendiente en porcentaje.

Fuente: Ficha de Fotointerpretación geomorfológica - CLIRSEN, 2012.

Pendientes			
N°	CATEGORIAS	RANGO	Cod
1	Terrenos planos a casi planos	0-15%	2
2	Terrenos inclinados	15-30%	3
3	Terrenos moderadamente escarpados	30-50%	4
4	Terrenos escarpados	50-75%	5
5	Terrenos muy escarpados	>75%	5

Tabla 8. Categorías de Pendiente en porcentaje adaptado a la codificación de la ficha de Fotointerpretación geomorfológica - CLIRSEN, 2012 en función del desnivel relativo.

Fuente: Martínez & Mercado 1992.

➤ Desnivel relativo

El desnivel relativo corresponde a la altura existente entre la parte más baja y más alta de las formas de relieve.

Tipo	Cod	Rel
0 a 5 m	1	R1
5 a 15 m	2	R2
15 a 25 m	3	R3
25 a 50 m	4	R4
50 a 100 m	5	R4
100 a 200 m	6	R5
200 a 300 m	7	R6
> a 300 m	8	R7

Tabla 9. Categorías de desnivel relativo.

Fuente: Ficha de Fotointerpretación geomorfológica - CLIRSEN, 2012.

Como resultado del análisis geomorfológico de la zona de estudio en base a la metodología adoptada por CLIRSEN se obtuvieron dos unidades Genéticas:



5.2.3.2. Origen Depositional

➤ Valle indiferenciado (Vi)



Figura 50. Valle indiferenciado ubicado al Noreste de la comunidad Las Lagunas.

Fuente: El Autor.

Tienen forma alargada con pendiente relativamente plana a ondulada, de 0 al 15%, y un desnivel relativo de 5-15 metros intercalados entre áreas de relieve más alto y tienen drenaje intermitente generalmente en forma sinuosa. Esta unidad es inundable en épocas de invierno. Los depósitos están compuestos mayormente de material limoso. El área de esta unidad es de 28,85 ha.



5.2.3.3. Origen Tectónico Erosivo

➤ Relieve Colinado Bajo (Cb)



Figura 51. Relieve colinado bajo ubicado al Noroeste de la comunidad Las Lagunas.

Fuente: El Autor.

Estas geoformas presentan relieves inclinados con pendientes de 15 a 30% y desniveles relativos de 15 a 25 m, se caracterizan por sus cimas redondeadas y localmente agudas. La erosión que prevalece es laminar. La litología pertenece a limos, algunos boleos de tobas volcánicas y andesitas de la Formación Saraguro. Estas rocas volcánicas desarrollan suelos poco profundos limo-pedregosos. Los movimientos en masa predominantes son deslizamientos. Esta unidad representa un área de 19,30 ha en la comunidad.



➤ **Relieve Colinado medio (Cm1)**



Figura 52. Relieve colinado medio ubicado al Noroeste de la comunidad Las Lagunas.

Fuente: El Autor.

Esta unidad posee relieves moderados a fuertemente escarpados con pendientes de 30 a 50% y un desnivel relativo de 25 a 50 m. La litología pertenece a rocas volcánicas de la Formación Saraguro y está representada por tobas volcánicas con una matriz limosa que envuelven a las tobas. Estas rocas volcánicas desarrollan suelos poco profundos limo-pedregosos. La erosión es laminar predominantemente y los suelos limosos son susceptibles a deslizamientos.

Los relieves son visibles como cimas redondeadas y vertientes convexas. Esta unidad representa un área de 13,76 ha.



➤ **Relieve Colinado medio a alto (Cm2)**



Figura 53. Relieve colinado medio con tendencia a alto por su desnivel relativo de 55 metros ubicado al Noroeste de la comunidad Las Lagunas.

Fuente: El Autor.

Esta unidad posee relieves muy escarpados con pendientes que tienden a ser mayores del 50% y un desnivel relativo de 50 a 100 m. La litología de igual forma pertenece a rocas volcánicas de la Formación Saraguro y está representada mayoritariamente por tobas volcánicas. Presenta erosión laminar aguda y por su pendiente considerable su material es susceptible a deslizamientos. Los relieves son medios con tendencia a alto por su elevado valor de desnivel relativo pero que no supera el rango de 100 a 200 m que corresponde a relieve alto. Sin embargo este relieve presenta cimas agudas y laderas casi rectilíneas. Esta unidad geomorfológica representa un área de 7,84 ha.

Las unidades morfológicas definidas tienen una estructura jerárquica en función al origen de la formación de los suelos desde el punto de vista geomorfológico y climático, es por ello que su origen va desde tectónico erosivo hasta deposicional.

En la **tabla N° 10** se muestra la unidad genética, unidades morfológicas y formas del relieve que se localizó dentro de la zona de estudio con sus respectivos valores morfométricos y la litología de cada geoforma.




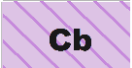


Unidad Genética	Unidad Morfológica	Forma del Relieve	Simbología	Morfometría	Litología
Deposicional	Valle deposicional lacustre	Valle indiferenciado con superficies planas a onduladas.		D= 5-15m P=0-15%	Suelo limoso de deposición lacustre de coloración rojiza a café claro producto de la meteorización de tobas volcánicas.
		Relieve bajo con cimas redondeadas agudas.		D= 15-25m P=15-30%	Suelo limoso de coloración rojiza a café claro producto de la meteorización de tobas volcánicas y algunos bloques de toba y roca andesita como parte del coluvión.
		Relieve medio con cimas redondeadas y vertientes convexas.		D= 25-50m P=30-50%	Coluvión de toba volcánica con matriz limosa de color café a gris claro, boleos de andesitas, y algunos lentes de conglomerados.
Tectónico Erosivo	Relieve colinado erosionado	Relieve medio a alto con cimas agudas y vertientes rectilíneas.		D= 50-100m P= >50%	Toba volcánica aglomerática de coloración amarillo claro de la Formación Saraguro.

Tabla 10. Unidades morfológicas, formas del relieve y variables de morfometría del lugar de estudio.

Fuente: El Autor.



En el sector de estudio predomina mayoritariamente un valle indiferenciado con superficies planas a onduladas de 41,35%, seguidamente se obtuvo relieves bajos con cimas redondeadas agudas de 27,67%. Relieves medios con cimas redondeadas y vertientes convexas representan un 19,72% y finalmente se obtuvo relieves medios altos con cimas agudas y vertientes rectilíneas que representa la zona más abrupta de la comunidad Las Lagunas con un 11,24%.

Unidad Geomorfológica	Área (ha)	%	Diferencia de Desnivel
Valle indiferenciado con superficies planas a onduladas.	28.85	41.35	15m
Relieve bajo con cimas redondeadas agudas.	19.30	27.67	20m
Relieve medio con cimas redondeadas y vertientes convexas.	13.76	19.72	35m
Relieve medio a alto con cimas agudas y vertientes rectilíneas.	7.84	11.24	55m

Tabla 11. Geomorfología de la comunidad Las Lagunas, cantón Saraguro.
Fuente: El Autor.

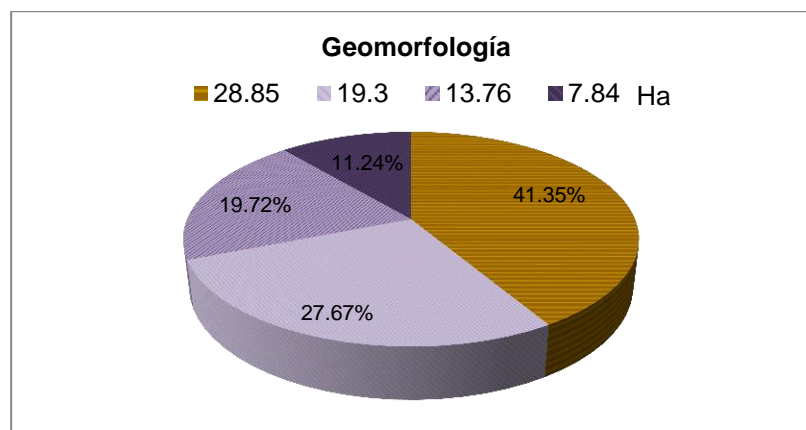


Figura 54. Análisis estadístico de los porcentajes de cada unidad Geomorfológica.

Fuente: El Autor.

Así mismo para el mapeo y corroboración en campo se utilizó la ortofotografía aérea escala 1:5000 código NVI-D4 con Datum WGS 84 zona 17 Sur, facilitada por el SIG Tierras (Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica), y se tomaron fotografías de relieves diferentes que permitieron representar cada una de las geformas.



MAPA DE GEOMORFOLOGÍA



5.2.4. Pendientes

Con las curvas de nivel levantadas en el trabajo topográfico se pudo realizar un Modelo de Elevación Digital (DEM) el mismo que nos permitió obtener el mapa de pendientes del sector de estudio considerando su clasificación en porcentajes en base a las susceptibilidad a deslizamientos establecida por Martínez & Mercado 1992, que proponen una clasificación de cinco categorías, las mismas que son descritas a continuación con los resultados obtenidos en base al mapa de pendientes.

De acuerdo al análisis de pendientes realizado en la zona de estudio existe mayoritariamente terrenos planos a casi planos con un área de 40,89 Ha que representa el 58,68%, seguidamente se obtuvo terrenos inclinados con 13,64Ha que indican el 19,58%, terrenos moderadamente escarpados con un área de 7,38Ha que equivale al 10,60%, terrenos escarpados con una superficie de 5,49Ha que representa el 7,88% y finalmente las 2,26Ha que representan apenas el 3,24% por terrenos muy escarpados.

Pendientes				
N°	CATEGORÍAS	RANGO	ÁREA (Ha)	%
1	Terrenos planos a casi planos	0-15%	40.89	58.68
2	Terrenos inclinados	15-30%	13.64	19.58
3	Terrenos moderadamente escarpados	30-50%	7.38	10.60
4	Terrenos escarpados	50-75%	5.49	7.88
5	Terrenos muy escarpados	>75%	2.26	3.24

Tabla 12. Categorías utilizadas en el mapa de pendientes.
Fuente: Martínez & Mercado 1992.

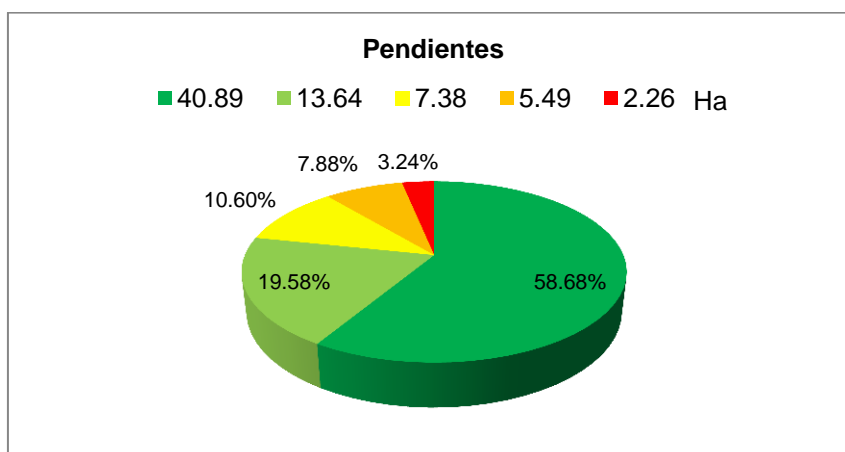


Figura 55. Análisis estadístico de los porcentajes de pendientes obtenidos.

Fuente: El Autor.



MAPA DE PENDIENTES



5.2.5. Uso del Suelo

El mapa de uso de suelos se lo realizó en base al polígono obtenido en la topografía y a la ortofotografía a escala 1:5000 código NVI-D4 con Datum WGS 84 zona 17 Sur, facilitada por el SIG Tierras (Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica).

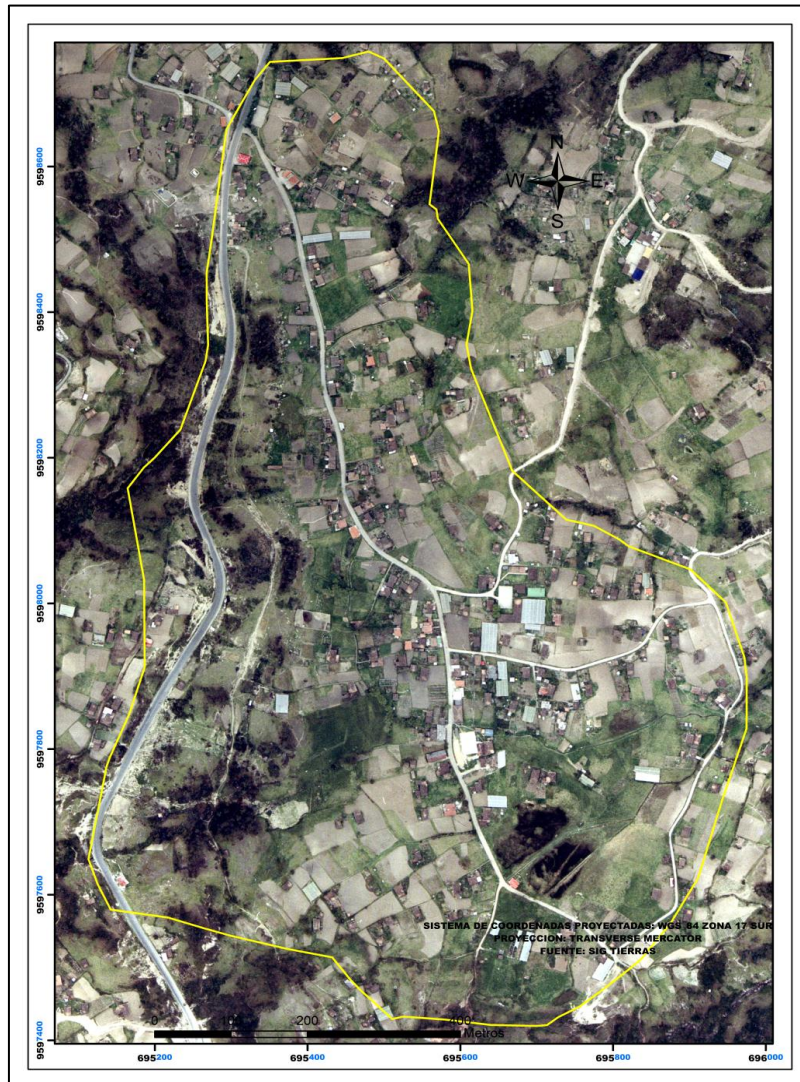


Figura 56. Ortofotografía escala 1:5000 código NVI-D4 del sector de estudio.

Fuente: SIG Tierras.

Con la ortofotografía del sector de estudio se obtuvo como resultado un mapa de uso de suelos a escala 1:5000 en el cual se ha podido localizar que en la comunidad las lagunas existen pastos naturales, cultivos de maíz, zonas erosionadas con matorrales, zonas pobladas, bosque intervenido, vías de suelo desnudo y cuerpos de agua.

En función a los datos obtenidos en el análisis del uso del suelo de la comunidad las Lagunas, existe en mayor cantidad pastos naturales con una superficie de 21,70 Ha



que representa el 31,10% los cuales son aprovechados para la actividad pecuaria de sus habitantes, seguidamente se localizó cultivos de maíz con 18,07Ha equivalente al 25,89%, siendo uno de los cultivos que más abunda en el sector de estudio y que se mantiene hasta la actualidad. Luego se determinó zonas erosionadas con matorrales con un área de 14,08Ha de un 20,18% y zonas pobladas con pequeñas parcelas de cultivos especialmente de plantas medicinales con una superficie de 7,76Ha que indican un 11,12%. El bosque intervenido mantiene un área de 4,50Ha que señalan un 6,44% y finalmente las zonas que muestran menor superficie de terreno ocupable fueron las vías de suelo desnudo incluido la Panamericana y los cuerpos de agua presentes en la comunidad, que asociados representan un área de 3,66Ha que equivale al 5,24%.








Uso del Suelo			
	Categorías	Área(Ha)	%
	Pastos Naturales	21.70	31.10
	Cultivos de Maíz	18.07	25.89
	Zonas Erosionadas con matorrales	14.08	20.18
	Zonas Pobladas	7.76	11.12
	Bosque Intervenido	4.50	6.44
	Vías Suelo desnudo	2.69	3.85
	Cuerpos de Agua	0.97	1.39

Tabla 13. Uso del Suelo, comunidad Las Lagunas.
Fuente: El Autor.

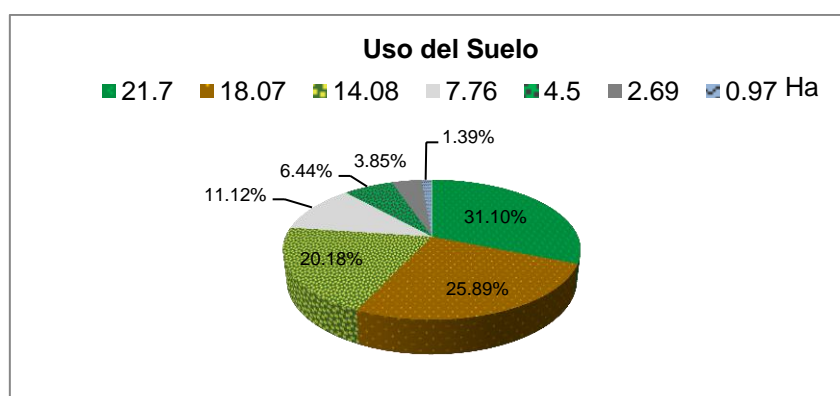


Figura 57. Análisis estadístico de los porcentajes obtenidos en el mapa de Uso de Suelos.

Fuente: El Autor.



MAPA USO DEL SUELO



5.2.6. Análisis de Susceptibilidad

El análisis de la susceptibilidad se realizó en base al software Arcgis 10.1, utilizando técnicas indispensables como el método Heurístico considerando los pesos de criterios establecida por Janssen y Van Herwijnen (1994) a partir de la herramienta Suma Ponderada, que nos permite procesar todas las variables espaciales que intervienen en el análisis de la estabilidad, producidas a partir del trabajo de campo, poniendo mayor valor cuantitativo a las características geológicas relacionadas con los valores de SPT y SEV de las capas más superficiales consideradas a deslizarse o desplazarse

Cabe señalar que cada variable que se tomó en cuenta para el análisis posee sus clases o subcriterios que deben ser valorados con pesos relativos que van desde valores 1 que representan condiciones que no muestran evidencia de actividad previa de deslizamientos hasta 5 que indican condiciones de deslizamientos activos con movimientos continuos o estacionarios, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Criterio	Peso relativo
Condiciones que no muestran evidencia de actividad previa a deslizamientos.	1
Condiciones que no muestran evidencia de actividad previa a deslizamientos pero se consideran probables que se desarrollen en el futuro.	2
Condiciones con antigua evidencia de actividad de actividad de deslizamientos.	3
Condiciones sujetas con frecuencia a actividad de deslizamientos.	4
Condiciones que muestran deslizamientos activos, pueden ser continuos o estacionarios.	5

Tabla 14. Pesos relativos para asignar a las clases de cada variable procesada en el análisis de susceptibilidad.

Fuente: El Autor, a partir de Clasificación de la susceptibilidad a los deslizamientos (Crozier, 1986).

El orden de las variables procesadas fue la: Geología, Geomorfología, Uso del suelo y Pendientes, a continuación se señalan los pesos relativos asignados a las clases de cada variable:

➤ Geología

En la suma ponderada a la geología se le dio un valor porcentual del 40%, por las condiciones analizadas en el trabajo geológico de campo al presentar una toba con un complejo fracturamiento de la matriz rocosa asociados a procesos erosivos producto



de la saturación que de acuerdo a los valores de resistividad eléctrica determinados en laboratorio los niveles freáticos se encuentran a niveles muy superficiales, originando un gran coluvión y suelos deposicionales por la desintegración de ese material, mientras que los valores de cohesión son bajos considerando profundidades menores por tener deslizamientos superficiales.

Los pesos relativos asignados a la geología son los siguientes:

Geología	Peso asignado
Toba volcánica	4
Coluvión	5
Suelos Limosos	5

Tabla 15. Pesos asignados a la variable geológica.
Fuente: El Autor.

➤ **Geomorfología.**

La geomorfología fue asignada con un valor de 30% para la suma ponderada ya que presenta un aumento considerable de desnivel relativo de las alturas a medida que el coluvión y el cambio granulométrico del material asciende en dirección Este-Oeste en el sector, por lo que se ha caracterizado desde origen tectónico erosivo hasta origen deposicional.

Los pesos relativos asignados a la geomorfología son:

Forma del relieve	Peso asignado
Valle indiferenciado con superficies planas a onduladas.	2
Relieve colinado bajo con cimas redondeadas agudas.	3
Relieve colinado medio con cimas redondeadas y vertientes convexas.	4
Relieve colinado medio a alto con cimas agudas y vertiente rectilínea.	5

Tabla 16. Pesos asignados a la variable geomorfológica.
Fuente: El Autor.



➤ **Uso del Suelo**

Considerando que la comunidad Las Lagunas su principal factor económico es la ganadería que ocupa en gran parte los pastizales de origen natural y los sembríos de maíz, hortalizas, legumbres entre otros, sin descuidar la parte de infraestructura que se pueden ver afectadas por estos fenómenos naturales o que pueden influir a la ocurrencia de los mismos tales como zonas erosionadas que se ubican principalmente en las partes de relieves colinados de pendientes considerables, la tala de árboles al encontrar zonas intervenidas o cuerpos de agua que facilitan la infiltración y saturación de los suelos, por lo que el valor porcentual o ponderado que se asignó a esta variable fue del 20%.

Los pesos relativos asignados al uso del suelo son:

Uso del suelo	Peso asignado
Pastos naturales.	3
Cultivo de maíz.	3
Zona erosionada y matorral.	5
Zona poblada.	5
Bosque intervenido.	4
Vías suelo desnudo.	4
Cuerpos de agua.	5

Tabla 17. Pesos asignados a la variable uso del suelo.
Fuente: El Autor.

➤ **Pendientes**

Finalmente al relacionar las alturas de las curvas de nivel que nos proporcionó el levantamiento topográfico, expresado en el mapa de pendientes clasificado en cinco categorías tiene un orden ascendente del valor de pendiente que aumenta en sentido Este-Oeste pero cabe señalar que existen mayormente superficies planas a ondulados sin descuidar las superficies muy escarpadas consideradas como las más críticas para el análisis por lo que para la relación de la suma ponderada se dio un valor de 10%.

Los pesos relativos asignados para las pendientes tienen un orden jerárquico de acuerdo al aumento de rango de pendiente, los cuales son:

Pendientes	Peso asignado
Terrenos planos a casi planos.	1
Terrenos inclinados.	2



Terrenos moderadamente escarpados.	3
Terrenos escarpados.	4
Terrenos muy escarpados	5

Tabla 18. Pesos asignados a la variable de pendientes.

Fuente: El Autor.

Para la asignación de los valores de acuerdo a los criterios de suma de rangos fue necesario que cada una de las variables se encuentre en formato ráster lo cual permita combinar dicha información de acuerdo a la importancia de cada uno de ellos gracias a la herramienta Suma Ponderada. Finalmente para asignar categorías de susceptibilidad el ráster final de la suma fue reclasificado en cinco categorías que muestran superficies que van desde Muy Baja a Muy Alta Susceptibilidad.

Se hizo uso de la aplicación Model Builder que posee el Arcgis con la finalidad de mantener un orden de procesamiento metodológico y poder ejecutar el resultado final de susceptibilidad a través de un flujo de trabajo organizado.

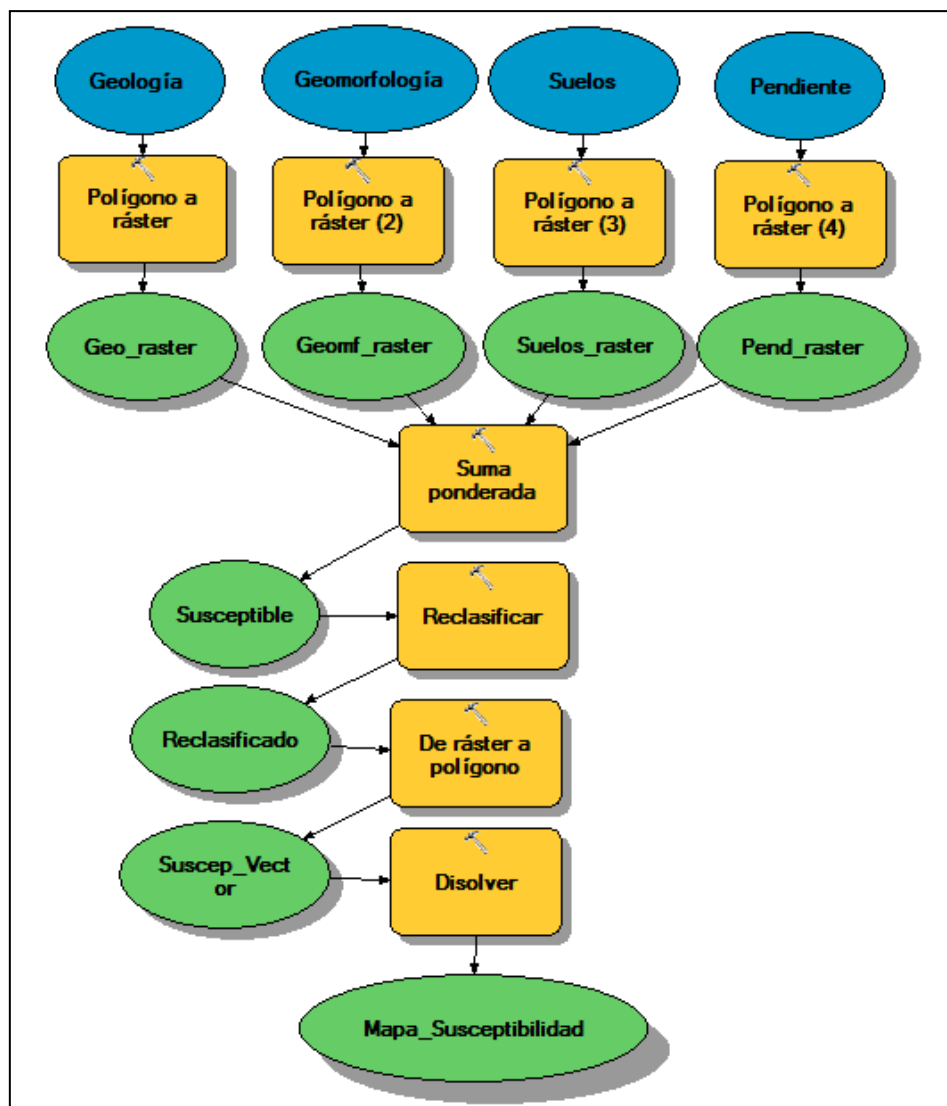


Figura 58. Flujo de trabajo con la aplicación Model Builder en Arcgis 10.1.

Fuente: El Autor.

5.2.6.1. Susceptibilidad

Se debe entender que la susceptibilidad generalmente, expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno, es una propiedad del terreno que indica qué tan favorables o desfavorables son las condiciones de éste, para que puedan ocurrir deslizamientos.

Los resultados obtenidos del análisis de la susceptibilidad nos muestran cinco categorías en la tabla siguiente de acuerdo a la reclasificación:



SUSCEPTIBILIDAD			
N°	CATEGORÍAS	ÁREA (Ha)	%
1	Muy Baja Susceptibilidad	17.94	25.83
2	Baja Susceptibilidad	22.92	33
3	Mediana Susceptibilidad	9.03	13.01
4	Alta Susceptibilidad	8.2	11.8
5	Muy Alta Susceptibilidad	11.68	16.74

Tabla 19. Superficies de susceptibilidad a deslizamientos en la comunidad Las Lagunas.
Fuente: El Autor.

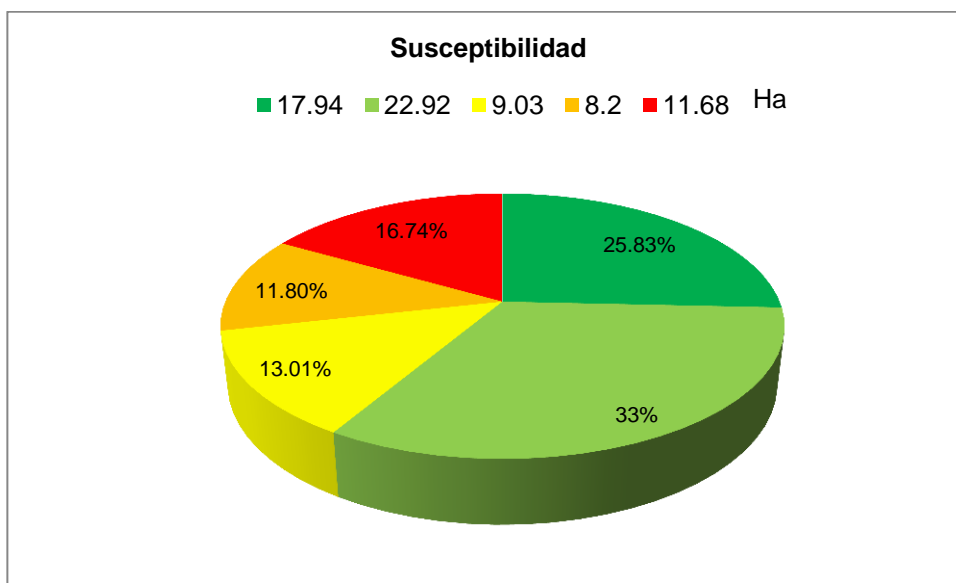


Figura 59. Análisis estadístico de los porcentajes obtenidos en el mapa de Susceptibilidad.
Fuente: El Autor.

Con el análisis realizado en el sector de estudio se pudo caracterizar las categorías tomando en consideración que cada una de ellas posee sus propias características y condiciones de uso que las distinguen de las otras.

- **Muy Baja susceptibilidad:** Constituye aquellas zonas donde el terreno presenta una pendiente muy suave o relativamente plana, con una superficie de 25,83% del total del área analizada que se encuentra mayormente ocupada por pastos de origen natural. Esta categoría toma gran parte en el flanco Este del sector en el límite con la comunidad vecina de Gunudel, la litología generalmente está caracterizada por suelos limosos de origen deposicional.
- **Baja Susceptibilidad:** Toma la mayor parte de superficie que las demás categorías con un 33% del total, los terrenos presentan una pendiente poco inclinada y están cercanos a los de susceptibilidad muy baja, engloba un sector



muy importante de los asentamientos humanos que se ubican en la parte central de la comunidad, las condiciones litológicas siguen siendo suelos limosos deposicionales.

- **Mediana Susceptibilidad:** Zonas donde el terreno presenta pequeños escarpes y la erosión comienza a sobresalir por la escorrentía de las aguas superficiales, ocupa una superficie de 13,01% del total, esta categoría es dominante en relieves bajos que sobresalen hacia el Norte de la comunidad tomando gran parte de los sectores poblados, los materiales localizados se encuentran poco o parcialmente saturados pero no existe completa seguridad de que no ocurran algún deslizamiento.

- **Alta Susceptibilidad:** Corresponde aquellas zonas donde las condiciones del terreno presenta fallas o discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos, el uso del suelo toma gran responsabilidad al presentar zonas erosionadas y meteorizadas, los terrenos que las representan poseen relieves colinados con sus vertientes convexas que al formar parte de un coluvión el material se encuentra mayormente suelto, dando la posibilidad de que vuelva a ocurrir nuevos deslizamientos. La superficie que representa esta categoría es del 11,80% y se ubican en el flanco Oeste de la comunidad donde las pendientes presentan escarpes pronunciados, la población afectada se localiza en el sector Norte cerca del ingreso hacia la comunidad sin dejar a parte la vía Panamericana que al ser de primer orden en la actualidad presenta condiciones desfavorables expresándose en hundimientos y quebrantamientos de su pavimento.

- **Muy Alta Susceptibilidad:** Corresponde a las zonas definitivamente críticas, donde las condiciones litológicas y el uso del suelo han hecho que se convierta en un sector muy inestable, es evidente observar las laderas falladas y escarpes muy pronunciados donde claramente se presentan dos deslizamientos identificados producto de la inestabilidad, la posibilidad de que vuelvan a ocurrir es alta, representan un área de 16,74%, la escorrentía es muy pronunciada por la mala canalización de las aguas que vierten sobre sus laderas, este zona se ubica en el flanco Oeste de la comunidad, su litología corresponde a boleos de tobas volcánicas en una matriz limosa que la contienen, la misma que de acuerdo a su capacidad de resistencia en niveles de profundidad pequeña presenta valores muy bajos.



MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS



5.2.7. Inventario de Deslizamientos

Se realizó el inventario de 3 deslizamientos bien identificados considerando sus respectivos parámetros métricos, estos deslizamientos fueron previamente mapeados para ser ubicados en el mapa de deslizamientos.

Los deslizamientos presentan en total un área de 0,52 hectáreas equivalentes al 0,74% de las 69,77 hectáreas que tiene el sector de estudio, así mismo se pudo determinar el volumen de material de cada uno de ellos mediante la (Herramienta 3D Analyst= Superficie Triangulada= Diferencia de Superficie), sus dimensiones de longitud y ancho, entre otros aspectos tal como se muestra en la **tabla N°20**.

N°	Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Perímetro (m)	Volumen (m ³)	Dirección	Inclinación
1	28.09	50.82	939.19	130.68	29824.48	N60°E	33°
2	56.65	60.59	2486.43	207.89	199204.99	N37°E	46°
3	85.37	62.14	1865.65	281.95	122657.05	N50°E	52°

Tabla 20. Parámetros métricos de los deslizamientos.
Fuente: El Autor.

En el mapa de Inventario de Deslizamientos se ubicaron conjuntamente los ensayos de geotecnia en cuanto a las líneas geolécnicas (SEV) y el ensayo de penetración estándar (SPT) como se puede observar en el **ANEXO 3**.



5.2.8. Caracterización Geotécnica

5.2.8.1. Exploración Indirecta

Una de las principales ventajas del uso de las pruebas geofísicas es que permiten cubrir grandes áreas y profundidades en poco tiempo y a un costo menor que otras técnicas exploratorias (perforaciones).

➤ Sondeos Eléctricos Verticales

La propiedad que mide esta prueba es la resistencia que presenta el suelo al paso de la corriente, dicha resistencia es un indicativo del material o tipo de suelo de que está compuesta la zona, el suelo más compacto y que presenta menos cantidad de agua es el más resistivo al paso de la corriente.

En el sector de estudio se realizaron dos líneas Geoeléctricas relativamente paralelas utilizando el arreglo Schlumberger para las respectivas mediciones. En la **tabla N°21** se muestra los puntos de ubicación de cada línea geoeléctrica.

N° SEV	X	Y	Z	LÍNEAS
SEV_1	695807	9597647	2560	Línea N°1
SEV_2	695401	9597730	2575	Línea N°2

Tabla 21. Puntos de ubicación SEV, coordenadas UTM_WGS 84.

Fuente: El Autor.

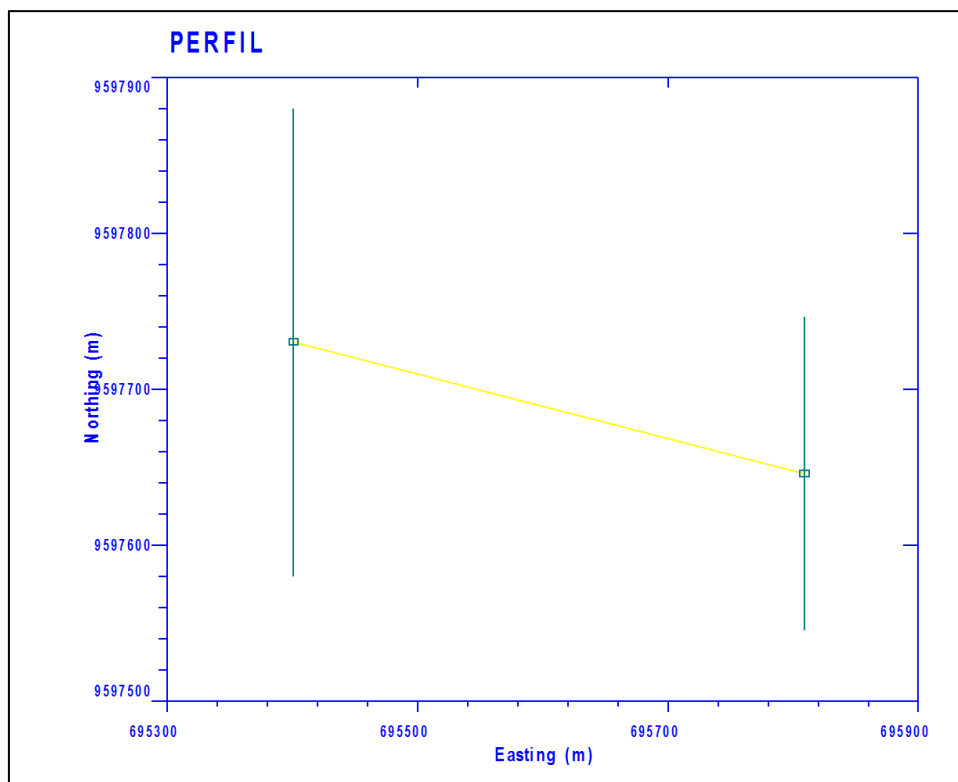


Figura 60. Ubicación paralela de líneas SEV en el software IX1D V3.

Fuente: El Autor.

A continuación se muestran los resultados obtenidos en el campo con cada uno de los perfiles eléctricos que fueron diseñados con el software IX1D V3, el cual emplea el modelo de Smooth para el cálculo de los SEV y las ecuaciones de Zaborovsky para la interpolación de los perfiles y obtención de los contornos.

➤ **Sondeo Eléctrico Vertical N°1**

Este sondeo fue realizado en el flanco Este de la comunidad cerca de las lagunas naturales en sentido Norte-Sur, donde el terreno presenta una superficie relativamente plana. Este sondeo tuvo una abertura $AB/2= 100$ metros.

Los datos que se obtuvieron de las mediciones en el campo son los siguientes:

N°	A/B	MN	Intensidad	Resistividad Aparente (ohm-m)
1	1	1	5	9.6177
2	1.5	1	5	3.5134
3	2	1	5	1.7922
4	2.5	1	5	1.0287
5	2.5	2	5	2.3687
6	3	1	10	0.69847
7	3	2	10	1.5409
8	5	2	20	0.4315



9	7	2	20	0.1926
10	10	2	50	0.09277
11	10	5	50	0.2336
13	15	5	100	0.04398
14	20	5	100	0.107
15	20	20	100	0.06092
16	30	5	100	0.2978
17	30	20	100	0.02845
18	40	20	100	0.1243
19	50	20	100	0.06648
20	70	20	100	0.04092
21	100	20	100	0.02126

Tabla 22. Datos de resistividad obtenidos en el campo del SEV N° 1.

Fuente: El Autor.

A continuación se observa la curva de resistividad eléctrica relacionando las distancias medidas en superficie con la resistividad aparente (ohm) que nos presenta cada material para luego ser interpretada con tablas de resistividad natural de los geomateriales de acuerdo al **ANEXO 5**.

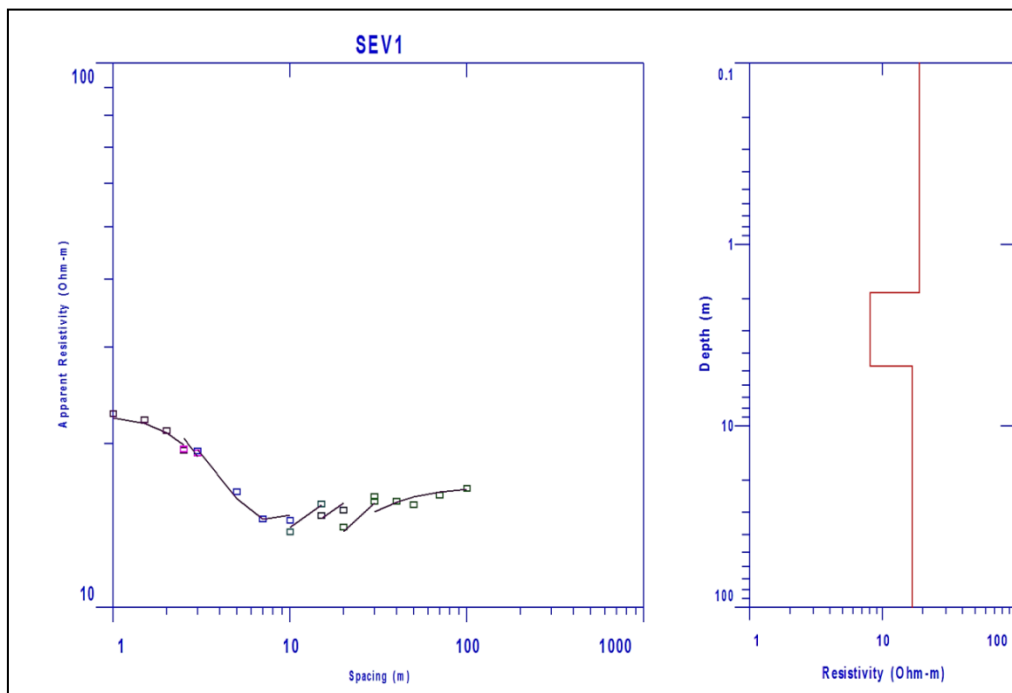


Figura 61. Curva de resistividad aparente del SEV 1.

Fuente: El Autor.

Mediante el análisis obtenido en el Software IX1D V3, la línea SEV 1 nos muestra las siguientes capas con su respectiva resistividad.




SEV 1			
Capas N°	Espesor (m)	Resistividad (Ohmios - metros)	Geología Asumida
I 	1,81	18,87	Limos de alta compresibilidad con alto contenido de humedad.
II 	2,83	8,09	Limos saturados de alta compresibilidad.

Tabla 23. Interpretación SEV 1.
Fuente: El Autor.

➤ Sondeo Eléctrico Vertical N°2

Este sondeo fue realizado en el flanco Occidental de la comunidad paralelo al primer sondeo con la final de correlacionar la secuencia de los estratos en profundidad y del nivel freático localizado.

Posee una mayor abertura de la línea AB/2= 150 metros ya que la superficie plana del terreno tiene una mayor prolongación. Los datos que se obtuvieron de las mediciones en el campo son los siguientes:

N°	A/B	MN	Intensidad	Resistividad Aparente (ohm-m)
1	1	1	5	7.4642
2	1.5	1	5	2.554
3	2	1	5	1.3667
4	2.5	1	5	0.8381
5	2.5	2	5	1.9248
6	3	1	10	0.5776
7	3	2	10	1.263
8	5	2	20	0.4635
9	7	2	20	0.2419
10	10	2	50	0.1266
11	10	5	50	0.3385
13	15	5	100	0.05247
14	20	5	100	0.1403
15	20	20	100	0.07705
16	30	5	100	0.3939
17	30	20	100	0.02855
18	40	20	100	0.1208
19	50	20	100	0.06595
20	70	20	100	0.04096
21	100	20	100	0.02073
22	150	20	100	0.0111

Tabla 24. Datos de resistividad obtenidos en el campo del SEV N° 2.
Fuente: El Autor.



A continuación se observa la curva de resistividad eléctrica aparente que nos presenta el software IX1D V3 a partir de los datos obtenidos en campo con la respectiva interpretación de los estratos localizados.

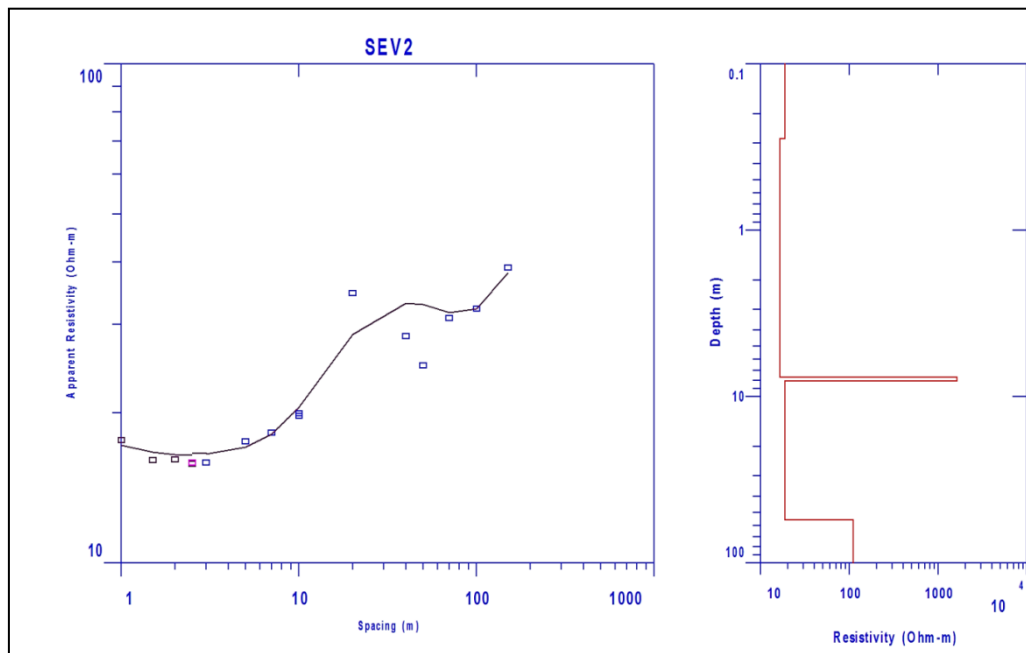


Figura 62. Curva de resistividad aparente del SEV 2.

Fuente: El Autor.




SEV 2			
Capas N°	Espesor (m)	Resistividad (Ohmios - metros)	Geología Asumida
I 	0,28-7,37	16,46-18,72	Limos de alta compresibilidad con alto contenido de humedad.
II 	0,416	1629,6	Toba volcánica de la Formación Saraguro.
III 	47,10	18,66	Limos de alta compresibilidad con alto contenido de humedad.

Tabla 25. Interpretación SEV 2.

Fuente: El Autor.

Finalmente se puede observar la correlación de las dos líneas geoelectricas en función de los valores de resistividad de los estratos localizados por línea SEV y su ubicación.

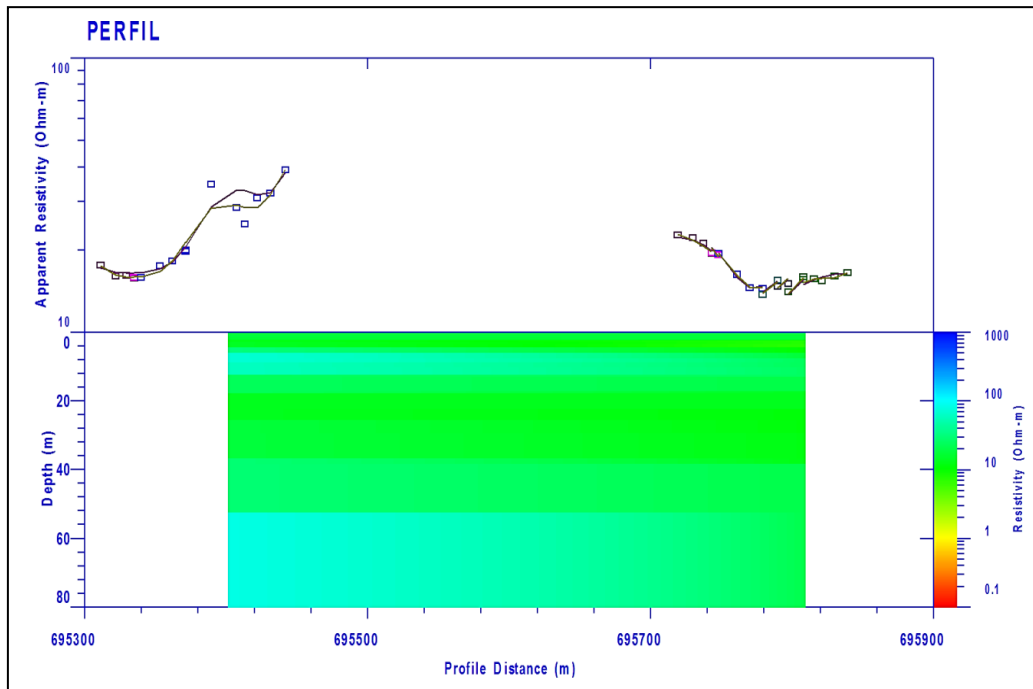


Figura 63. Correlación de Líneas SEV con respecto a los valores de resistividad.

Fuente: El Autor.

➤ Corte Geoelectrico

El objetivo principal de los cortes geoelectricos es determinar la disposición de los estratos en el subsuelo mediante la determinación de la resistividad de los geomateriales presentes, es por ello que mediante el análisis de los Sondeos Eléctricos Verticales se pudo hacer la interpolación de los dos puntos centrales de cada Línea de manera perpendicular a las mismas con el propósito de correlacionar la litología por debajo de la superficie y que permiten determinar las características finales de los cortes geológicos.

Se realizó un corte geoelectrico donde se observó la correlación de suelos limosos con capas de un espesor considerable que superan los 6 metros y un sustrato de toba volcánica de la Formación Saraguro.

Loa ensayos de Resistividad Eléctrica fueron de gran ayuda en la ejecución del mapa geológico final para poder definir la línea de corte y además ubicar los pesos apropiados en el análisis de la Susceptibilidad principalmente por la localización de los niveles freáticos.

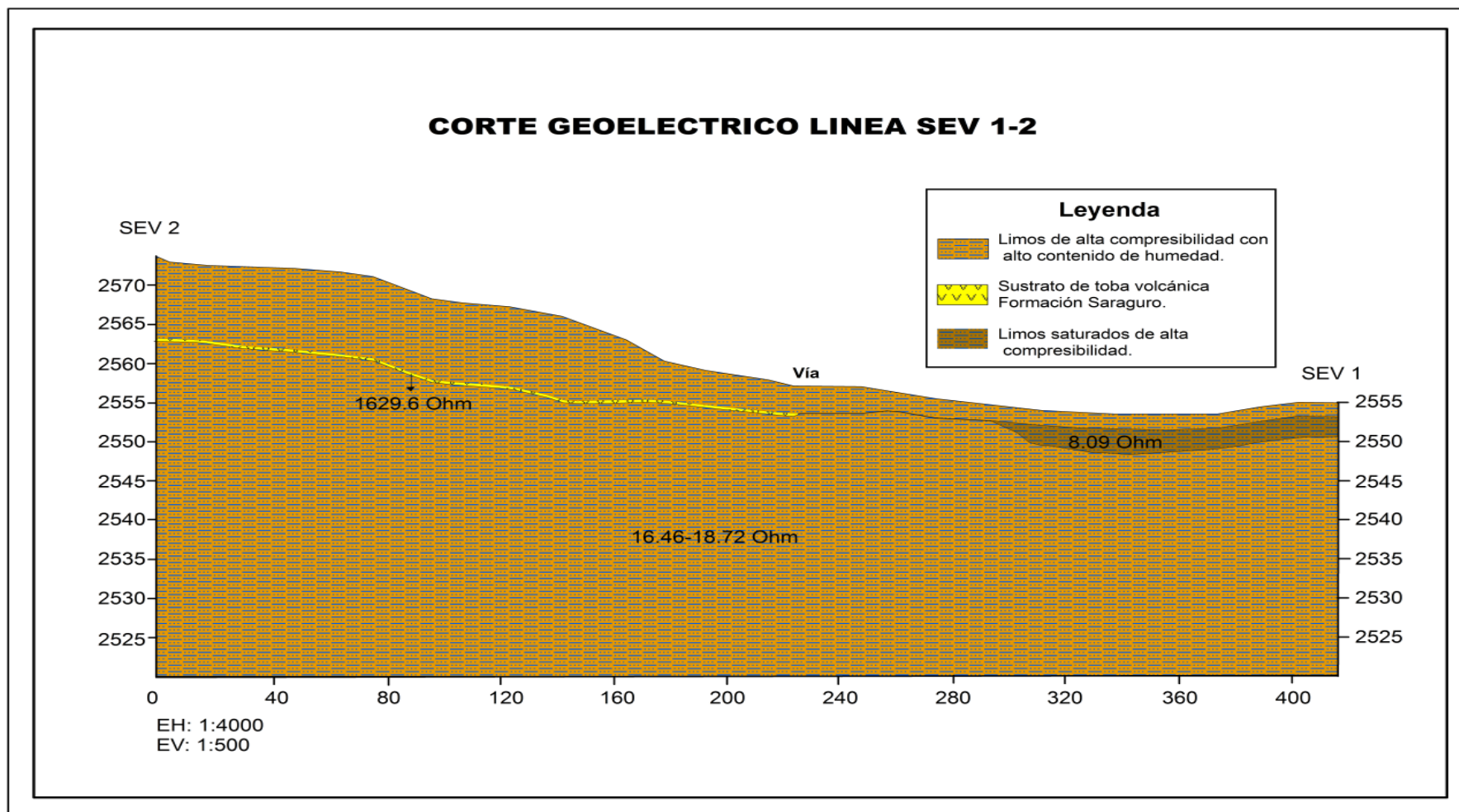


Figura 64. Corte Geoeléctrico de la Línea SEV 1-2.

Fuente: El Autor.



5.2.8.2. Prospección Directa

Estos métodos tratan de recuperar una muestra del terreno para su análisis, o bien miden la resistencia y/o la deformación de los terrenos.

El SPT es el que brinda mejores resultados en la práctica y proporciona una información útil en torno al subsuelo, no solo en lo referente a la descripción sino también en cuanto a la resistencia del suelo.

➤ **Ensayo de Penetración Estándar**

Este ensayo está normalizado por la Norma ASTM D1586-84. En el año 1929 se conocen las primeras reglamentaciones del procedimiento de hinca para medir la resistencia a la penetración de los suelos, y se establece que el pisón para la hinca tendrá un peso de 140 libras (63,5 kg) que será lanzado desde una altura de 30 pulgadas (76,2 cm) y se medirán los golpes para que el muestreador penetre 12 pulgadas (30 cm) en el terreno virgen.

Finalmente en el libro de “Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica” de Terzaghi – Peck en 1948 se hace referencia, por primera vez en un libro de texto, al (Standard Penetration Test) (SPT) o “Ensayo Normal de Penetración” ENP.

Para la realización de este ensayo se contó con los servicios del laboratorio de suelos **ESTSUELCON CIA. LTDA**, de la ciudad de Loja, el mismo que se encargó del trabajo de campo y el análisis de los resultados obtenidos del suelo relacionados con la:

- Humedad natural. (ASTM D-2261)
- Granulometría. (ASTM D-421-422)
- Límite líquido. (ASTM D-423)
- Límite plástico. (ASTM D-424)
- Capacidad portante del suelo y asentamientos.
- Recomendaciones de construcción:
 - Mejoramiento del suelo para cimentar
 - Profundidad a cimentar infraestructuras livianas (casas de 2 pisos)
 - Tipo de cimentación.
 - Medidas preventivas.

A continuación se describe brevemente el proceso que se lleva a cabo en el ensayo de penetración estándar:



- Previamente a la ejecución del ensayo, se deberá alcanzar mediante una perforación, el nivel donde se realizará el ensayo de penetración, en este caso 6 metros.
- Posteriormente se miden tres tramos consecutivos de 15 cm cada uno (total 45 cm) que se marcan en la cañería de perforación.

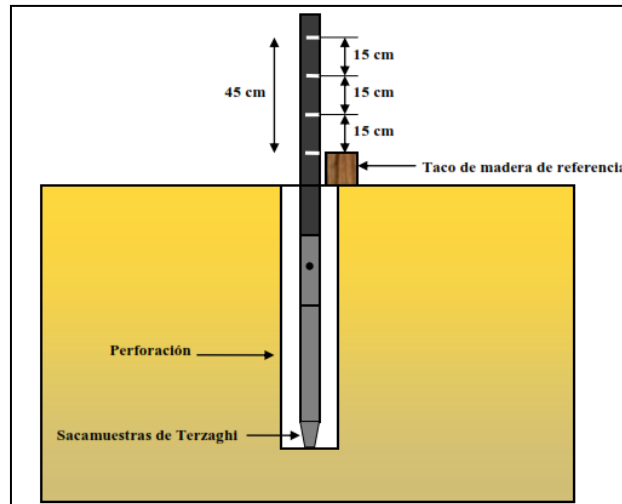


Figura 65. Procedimiento de marcado previo al hinchamiento del sacamuestras.

Fuente: Facultad de Ingeniería U.N.L.P.

- La cañería es impactada en su extremo superior para provocar la hincada en el terreno del sacamuestras, el hincado se produce por golpes de un martinete de peso normalizado (140 libras) que cae desde una altura normalizada (30 pulgadas), hasta que el sacamuestras penetre 45 cm en el terreno virgen.
- De estos 45 cm, los primeros 15 cm son descartados y los últimos 30 cm son los que suman los golpes para obtener el valor de "N" ó del "SPT", con un trabajo de 48,39 kg.m en cada golpe.
- Después del hincado se saca el penetrómetro a la superficie para recuperar la muestra alterada que se coloca en un recipiente hermético, y se registra la información del hincado y clasificación del suelo.

Todos los resultados obtenidos del SPT están expuestos en el **ANEXO 6**.

➤ **Descripción Geotécnica de los materiales**

En la comunidad Las Lagunas aflora una unidad geológica bien identificada representada por Depósitos Cuaternarios.



- **Depósitos Cuaternarios (HOLOCENO)**

En el sector de estudio se presentan depósitos cuaternarios del HOLOCENO, se destacan la presencia de boleos de toba volcánica que superan los 120cm de diámetro pertenecientes a la Formación Saraguro, clastos angulosos y redondeados de 2 a 12 cm que envueltos en material limoso forman parte de un coluvión y depósitos de origen lacustre representados por suelos limosos < 0.074 mm con más del 45% de materiales finos que cubren mayor superficie de los asentamientos humanos en la comunidad, originados por la descomposición de la toba volcánica.

Todos estos materiales toman parte de un gran derrumbe que en la actualidad están avanzando en dirección NOR-ESTE, por la alta fracturación que presenta el bloque masivo de toba volcánica acompañada de los altos niveles de aguas superficiales que se infiltran en los materiales.

➤ **Interpretación Geotécnica**

A partir de la unidad geológica y el estudio de los resultados de los ensayos de laboratorio, se ha definido la unidad geotécnica para realizar la caracterización de los materiales que se describen a continuación:

- **Suelos Limosos de Origen Lacustre**

Se realizó un SPT cuya ubicación presenta las siguientes coordenadas UTM:

-X= 695819

-Y=9597682

-Z=2560 m.s.n.m

Se creyó conveniente realizar el ensayo en la unidad geológica-geotécnica donde existe mayor concentración humana para conocer el comportamiento del terreno con el fin de determinar la calidad del suelo ante aspectos constructivos y determinar el problema principal del deterioro sucesivo de las viviendas que asecha a sus habitantes.

Los resultados de clasificación de suelos proporcionados por el laboratorio **ESTSUELCON CIA. LTDA**, dieron como efecto **limos de alta plasticidad** con aumento de la consistencia en profundidad, se presenta en un estrato que superan los 6 metros.



Corresponde a materiales con un porcentaje medio a alto de finos (< 79%) y plasticidad de (LL< 89%, LP< 41%). Como material de cimentación, la resistencia que ofrece la masa de suelo a ser deformada o amasada, en este caso la relación con el número de golpes del SPT (<50) presenta una consistencia **media a firme**. Terzaghi y Peck determinaron escalas, en función del valor N de S.P.T, tal como se muestra en la **figura 66**.

Número de golpes Nspt	Consistencia
0-2	Muy blanda
3-5	Blanda
6-10	Media
11-20	Firme
21-30	Muy firme
>30	Dura

Figura 66. Consistencia de suelos cohesivos.

Fuente: Terzaghi y Peck.

Relacionando el tipo de material con valores N del SPT que nos muestra la **figura 67** corresponde a **suelos tipo flojos a blandos**.

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

Figura 67. Valores de N SPT resistencia a compresión simple y módulo de elasticidad (Modificada).

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

➤ **Análisis de Cimentación**

Del estudio de las características del suelo encontrado, así como del análisis de los resultados, el laboratorio **ESTSUELCON CIA. LTDA** determinó las siguientes consideraciones que se deben tomar en cuenta en la construcción de viviendas en dicha unidad geológica-geotécnica.

- El día de la exploración se encontró el nivel freático a 2 metros de profundidad,



para el control de la humedad del suelo se recomienda un drenaje superficial ubicado en sentido Norte-Sur al pie de la vertiente Occidental con una profundidad de 3 metros.

- Para construcciones de viviendas en este tipo de suelos limosos de alta plasticidad, se debe realizar un mejoramiento del suelo con material granular compactado al 98%.
- Se recomienda cimentar estructuras livianas, empleando vigas de cimentación en ambos sentidos a una profundidad de 1,2 m o 1,5 m para controlar hundimientos, con una capacidad portante de $0,5 \text{ Kg/cm}^2$ o 5 Tn/m^2 y dimensionamiento de zapatas de $1,5 \times 1,5 \text{ m}$ (en el diseño constructivo).
- En caso de cimentar a 1,2 m, se recomienda usar una capa de material de mejoramiento granular de 30 centímetros compactado al 0,98% con la finalidad de mejorar la consistencia del suelo.
- Los suelos encontrados tienen una capacidad de carga que va aumentando con la profundidad en consecuencia del aumento de la consistencia, es por ello que si se desea disminuir las dimensiones de la zapatas para estructuras livianas, éstas deben ser ubicadas a mayor profundidad.

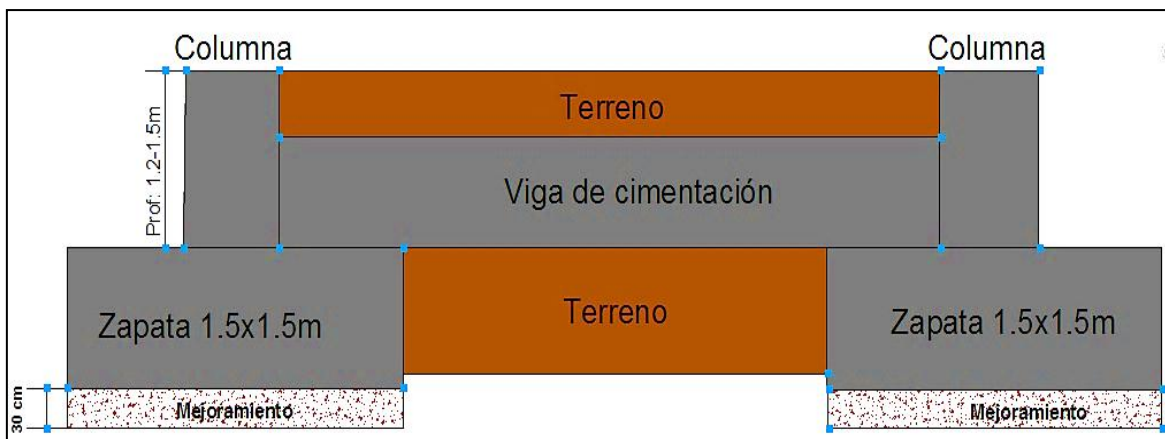


Figura 68. Esquema constructivo para cimentación de viviendas.

Fuente: El Autor a partir de resultados de cimentación de **ESTSUELCON CIA. LTDA.**



➤ Cálculo del Factor de Seguridad

Hoek y Bray, 1981 establecen el método de Ábacos para el cálculo del factor de seguridad cuando el macizo se encuentra fuertemente alterado y fracturado que puede llegar a comportarse como si de un "suelo homogéneo" se tratara. En estas circunstancias la tipología de rotura más probable es la circular.

Para estudiar este tipo de roturas Hoek y Bray elaboraron los ábacos. Los cálculos realizados para su obtención se encuentran basados en el método de círculo de rozamiento, con la hipótesis conservadora de concentración de tensiones en un solo punto del círculo de deslizamiento como se muestra en la **figura 69**.

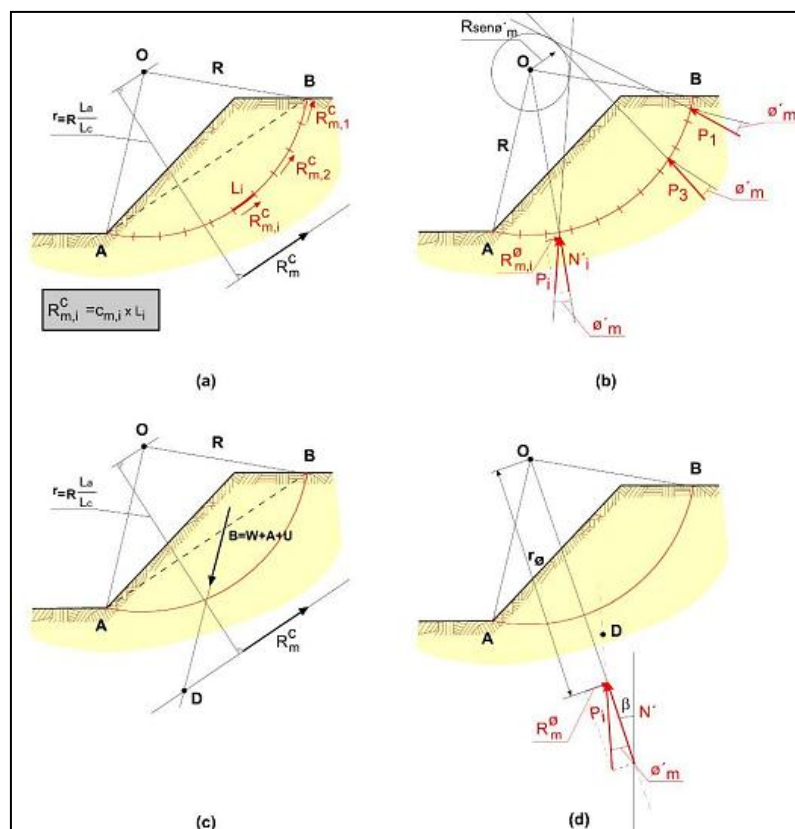


Figura 69. Detalles sobre las fuerzas involucradas en el análisis de estabilidad.

Fuente: Curso de Geotecnia para infraestructuras. Sevilla 2004(modificada de Taylor D.W.op.cit.)

Como posible limitación, los cálculos realizados y los ábacos resultantes consideran solo círculos de pie. Para su justificación Hoek y Bray señalan, citando a Terzaghi, que este tipo de rotura es la más desfavorable en terrenos en los que $\theta > 5^\circ$. En definitiva, los ábacos pueden emplearse para estudiar la estabilidad de taludes en terrenos homogéneos tipo suelo o roca muy fracturada, en los no sea necesario considerar situaciones sin drenaje o a corto plazo.

En este caso como régimen de presión intersticial se ha considerado como talud seco



escogiendo el ábaco N°1 de acuerdo a la **figura 70**.

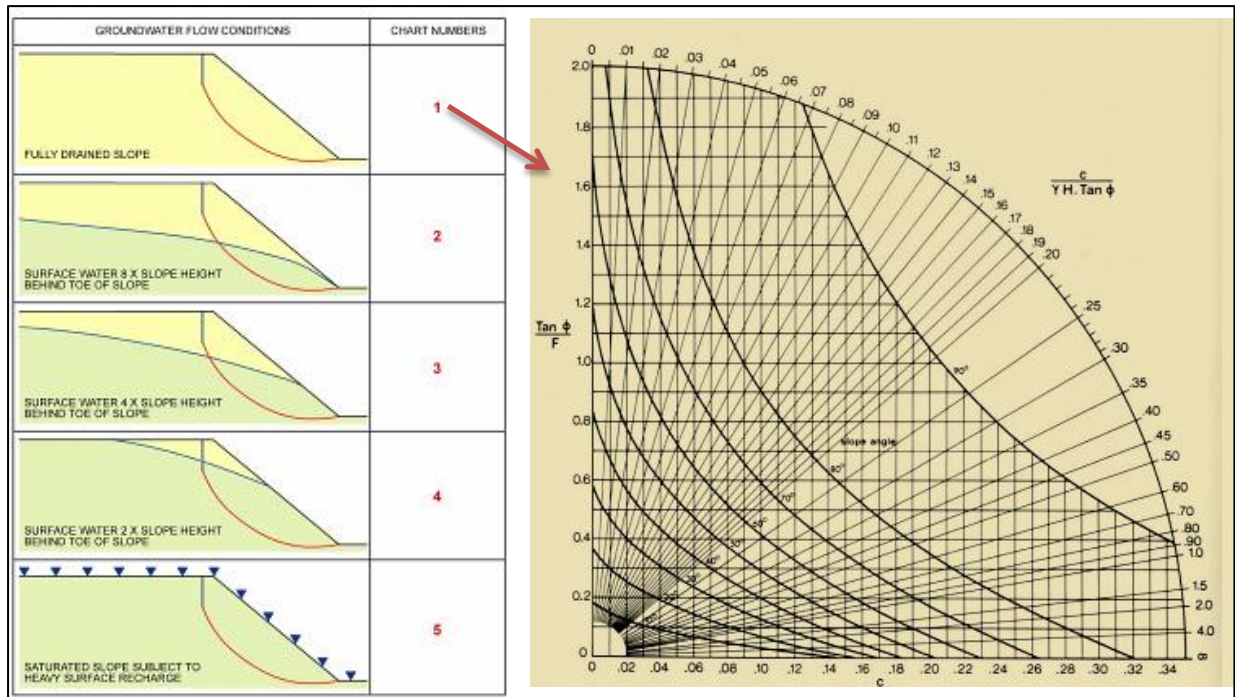


Figura 70. Condiciones de flujo de agua y selección del ábaco N°1.

Fuente: Hoek y Bray, (1981).

En el ábaco seleccionado se determina el parámetro adimensional R, establecido por la fórmula siguiente:

$$R_1 = \frac{c}{\gamma H \cdot \tan \theta}, \text{ Donde:}$$

γ = Peso específico aparente del terreno.

H= Altura del talud.

c y θ = Son la cohesión y el ángulo de rozamiento interno del terreno.

Desde el punto de intersección se traza una horizontal y una vertical en el gráfico, lo cual nos proporciona los parámetros adimensionales, los mismos que permiten calcular el Factor de Seguridad que para:

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

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

Los valores de peso específico y ángulos de fricción interna que se utilizaron para suelos limosos fueron relacionados en base a la **figura 71**, que muestran valores de limos uniformes de consistencia suelta y compacta.



Tipo de suelo	Consistencia	Angulo de fricción interna ϕ en grados	Peso específico en kg/cm^2
Arena gruesa o arena con grava	Compacta	40	2250
	suelta	35	1450
Arena media	Compacta	40	2080
	suelta	30	1450
Arena limosa fina o limo arenoso	Compacta	30	2080
	suelta	25	1365
Limo uniforme	Compacta	30	2160
	suelta	25	1365
Arcilla - limo	Suave a mediana	20	1440 - 1920
Arcilla limosa	Suave a mediana	15	1440 - 1920
Arcilla	Suave a mediana	0.1	1440 - 1920

Figura 71. Ángulos de fricción interna y peso específico de suelos.

Fuente: Libro Civilgeeks. Introducción a la Geotecnia. Tipos y propiedades generales de los suelos.



-Cálculo N°1

DATOS	Variable 1	Variable 2	Variable 3
Cohesión (c')	2.7ton/m2	2.7ton/m2	2.7ton/m2
Angulo de fricción interna (θ)	25°	25°	25°
Altura del talud (H)	46m	35m	20m
Angulo del talud (Ψ)	57°	57°	57°
Peso específico del material (γ)	1.3ton/m2	1.3ton/m2	1.3ton/m2

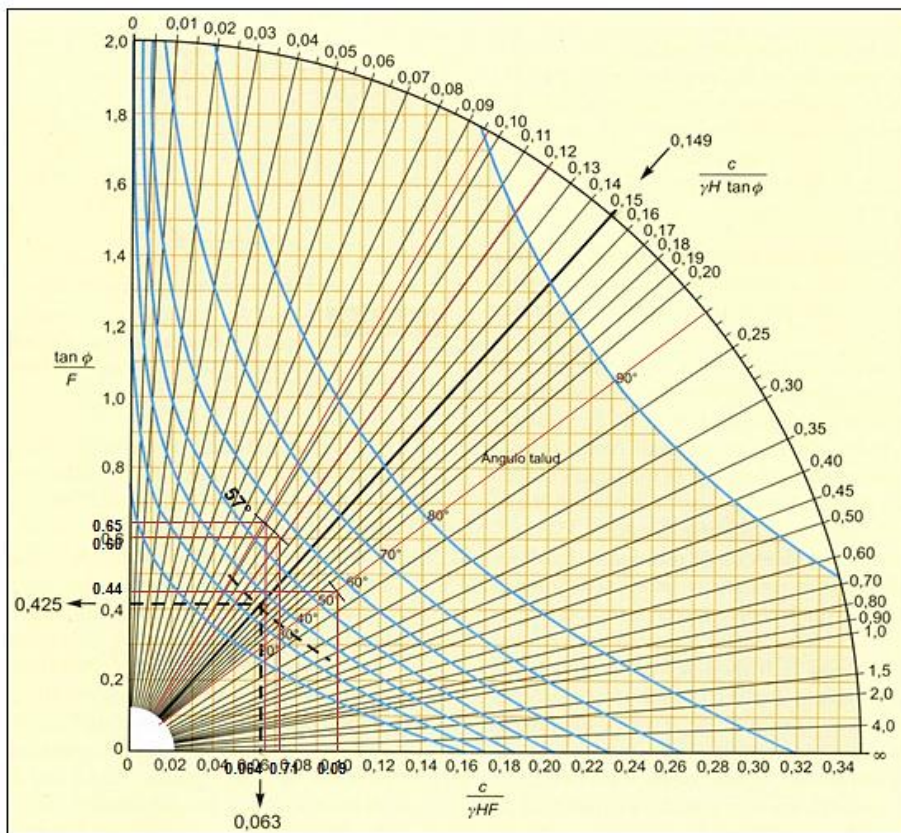
Tabla 26. Datos para el cálculo del Factor de Seguridad Talud Nro. 1.
Fuente: El Autor.

Se realizó los siguientes cálculos:

$$R_1 = \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot \tan \theta} = \frac{2.7 \text{Tn/m}^2}{1.3 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \cdot 46 \text{m} \cdot \tan 25} = 0.096$$

$$R_2 = \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot \tan \theta} = \frac{2.7 \text{Kg/cm}^2}{1.3 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \cdot 35 \text{m} \cdot \tan 25} = 0.127$$

$$R_3 = \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot \tan \theta} = \frac{2.7 \text{Kg/cm}^2}{1.3 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \cdot 20 \text{m} \cdot \tan 25} = 0.221$$





Determinación Factor de Seguridad:

Variable 1

$$X = \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot FS} = 0.0643 = \frac{2.7}{1.3 \cdot 46 \cdot FS}; \text{ despejo FS}$$

FS = 0.70 **Inestable**

$$Y = \frac{tg\theta}{FS} = 0.651 = \frac{tg25}{FS} \text{ despejamos FS}$$

FS = 0.70 **Inestable**

Variable 2

$$X = \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot FS} = 0.0718 = \frac{2.7}{1.3 \cdot 35 \cdot FS}; \text{ despejo FS}$$

FS = 0.82 **Inestable**

$$Y = \frac{tg\theta}{FS} = 0.60 = \frac{tg25}{FS} \text{ despejamos FS}$$

FS = 0.82 **Inestable**

Variable 3

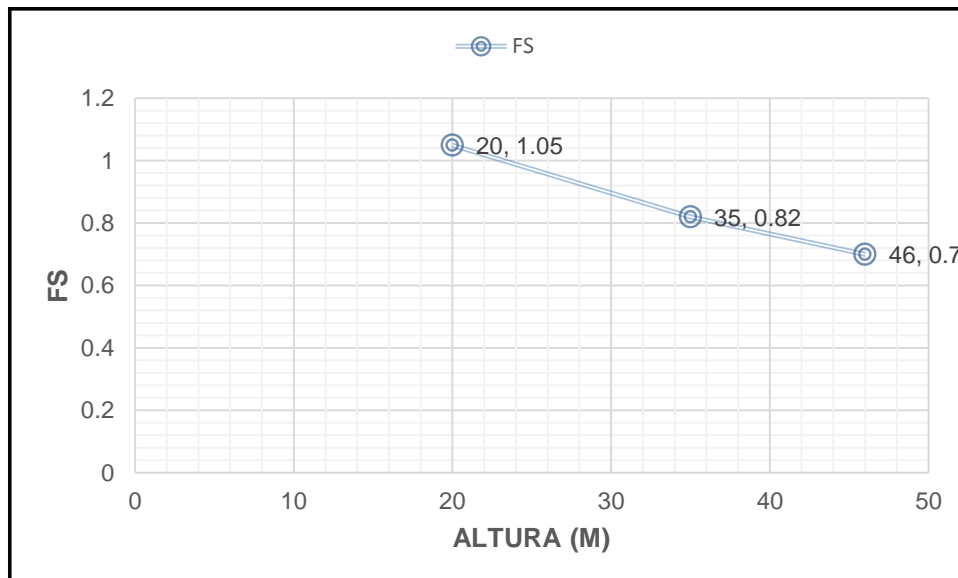
$$X = \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot FS} = 0.098 = \frac{2.7}{1.3 \cdot 20 \cdot FS}; \text{ despejo FS}$$

FS = 1.05 **Estable disminuyendo H**

$$Y = \frac{tg\theta}{FS} = 0.442 = \frac{tg25}{FS} \text{ despejamos FS}$$

FS = 1.05 **Estable disminuyendo H**

GRÁFICA DE SENSIBILIDAD





-Cálculo N° 2

DATOS	Variable 1	Variable 2	Variable 3
Cohesión (c')	2.7ton/m2	2.7ton/m2	2.7ton/m2
Angulo de fricción interna (θ)	30°	30°	30°
Altura del talud (H)	56m	45m	30m
Angulo del talud (Ψ)	35°	35°	35°
Peso específico del material (γ)	2.1ton/m2	2.1ton/m2	2.1ton/m2

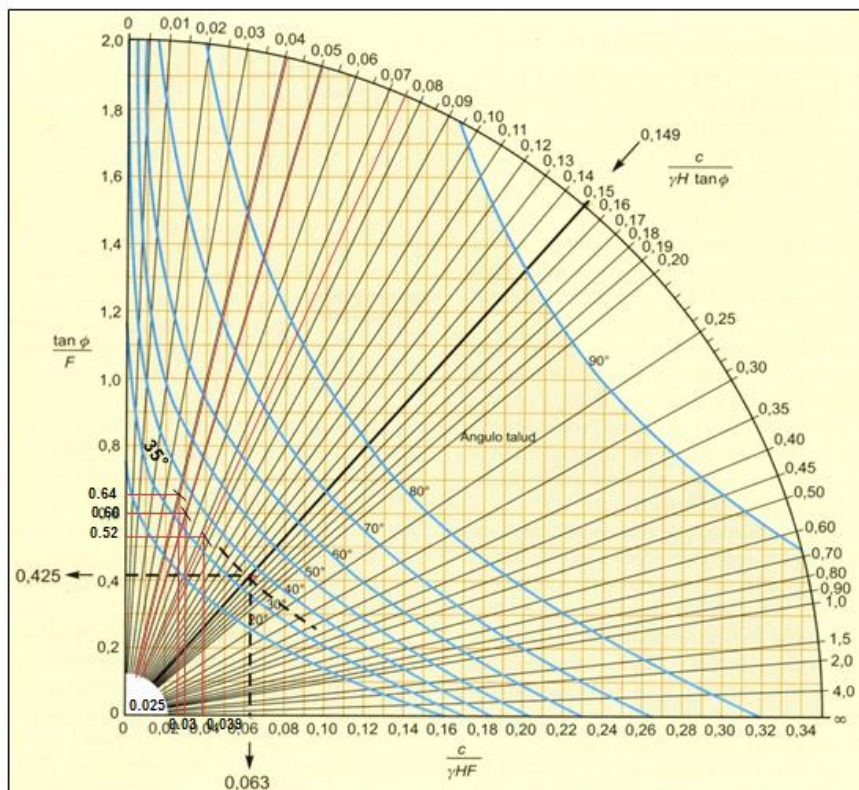
Tabla 27. Datos para el cálculo del Factor de Seguridad Talud Nro. 2.
Fuente: El Autor.

Se realizó los siguientes cálculos:

$$R_1 = \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot \tan \theta} = \frac{2.7 \text{Tn/m}^2}{2.1 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \cdot 56 \text{m} \cdot \tan 30} = 0.040$$

$$R_2 = \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot \tan \theta} = \frac{2.7 \text{Kg/cm}^2}{2.1 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \cdot 45 \text{m} \cdot \tan 30} = 0.050$$

$$R_3 = \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot \tan \theta} = \frac{2.7 \text{Kg/cm}^2}{2.1 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \cdot 30 \text{m} \cdot \tan 30} = 0.075$$





Determinación Factor de Seguridad:

Variable 1

$$X = \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot FS} = 0.025 = \frac{2.7}{2.1 \cdot 56 \cdot FS}; \text{ despejo FS}$$

FS = 0.91 **Inestable**

$$Y = \frac{tg\theta}{FS} = 0.641 = \frac{tg30}{FS} \text{ despejamos FS}$$

FS = 0.91 **Inestable**

Variable 2

$$X = \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot FS} = 0.031 = \frac{2.7}{2.1 \cdot 45 \cdot FS}; \text{ despejo FS}$$

FS = 0.95 **Inestable**

$$Y = \frac{tg\theta}{FS} = 0.601 = \frac{tg30}{FS} \text{ despejamos FS}$$

FS = 0.95 **Inestable**

Variable 3

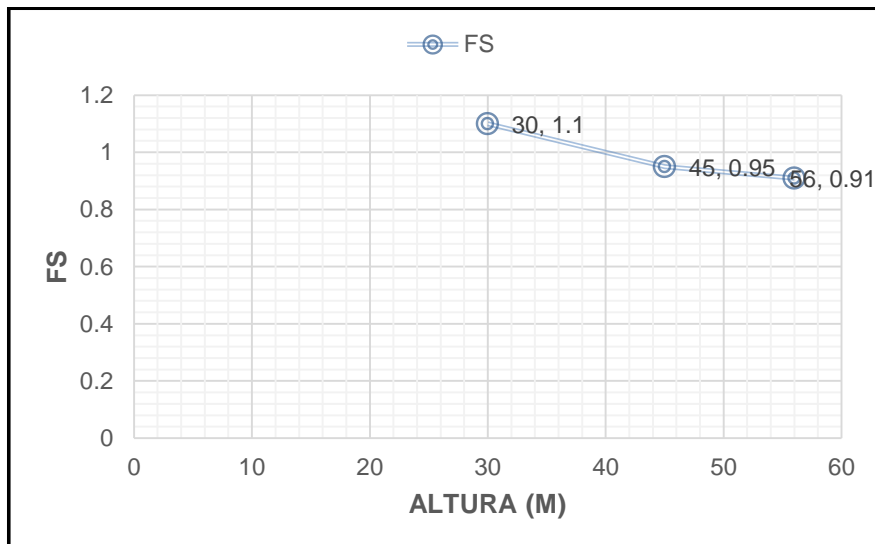
$$X = \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot FS} = 0.039 = \frac{2.7}{2.1 \cdot 30 \cdot FS}; \text{ despejo FS}$$

FS = 1.1 **Estable disminuyendo H**

$$Y = \frac{tg\theta}{FS} = 0.521 = \frac{tg30}{FS} \text{ despejamos FS}$$

FS = 1.1 **Estable disminuyendo H**

GRÁFICA DE SENSIBILIDAD





-Cálculo N° 3

DATOS	Variable 1	Variable 2	Variable 3
Cohesión (c´)	6.7ton/m2	6.7ton/m2	6.7ton/m2
Angulo de fricción interna (θ)	25°	25°	25°
Altura del talud (H)	85m	70m	55m
Angulo del talud (Ψ)	52°	52°	52°
Peso específico del material (γ)	1.3ton/m2	1.3ton/m2	1.3ton/m2

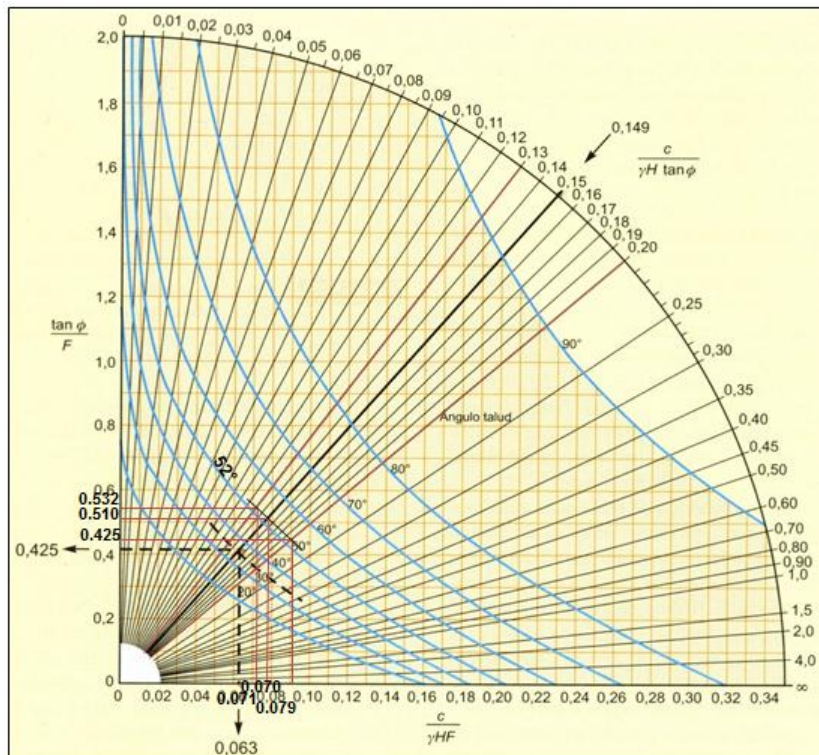
Tabla 28. Datos para el cálculo del Factor de Seguridad Talud Nro. 3.
Fuente: El Autor.

Se realizó los siguientes cálculos:

$$R_1 = \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot \tan \theta} = \frac{6.7 \text{ Tn/m}^2}{1.3 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \cdot 85 \text{ m} \cdot \tan 25} = 0.130$$

$$R_2 = \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot \tan \theta} = \frac{6.7 \text{ Kg/cm}^2}{1.3 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \cdot 70 \text{ m} \cdot \tan 25} = 0.157$$

$$R_3 = \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot \tan \theta} = \frac{6.7 \text{ Kg/cm}^2}{1.3 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \cdot 55 \text{ m} \cdot \tan 25} = 0.200$$





Determinación Factor de Seguridad:

Variable 1

$$X = \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot FS} = 0.071 = \frac{6.7}{1.3 \cdot 85 \cdot FS}; \text{ despejo FS}$$

FS = 0.85 **Inestable**

$$Y = \frac{tg\theta}{FS} = 0.532 = \frac{tg25}{FS} \text{ despejamos FS}$$

FS = 0.85 **Inestable**

Variable 2

$$X = \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot FS} = 0.079 = \frac{6.7}{1.3 \cdot 70 \cdot FS}; \text{ despejo FS}$$

FS = 0.93 **Inestable**

$$Y = \frac{tg\theta}{FS} = 0.510 = \frac{tg25}{FS} \text{ despejamos FS}$$

FS = 0.93 **Inestable**

Variable 3

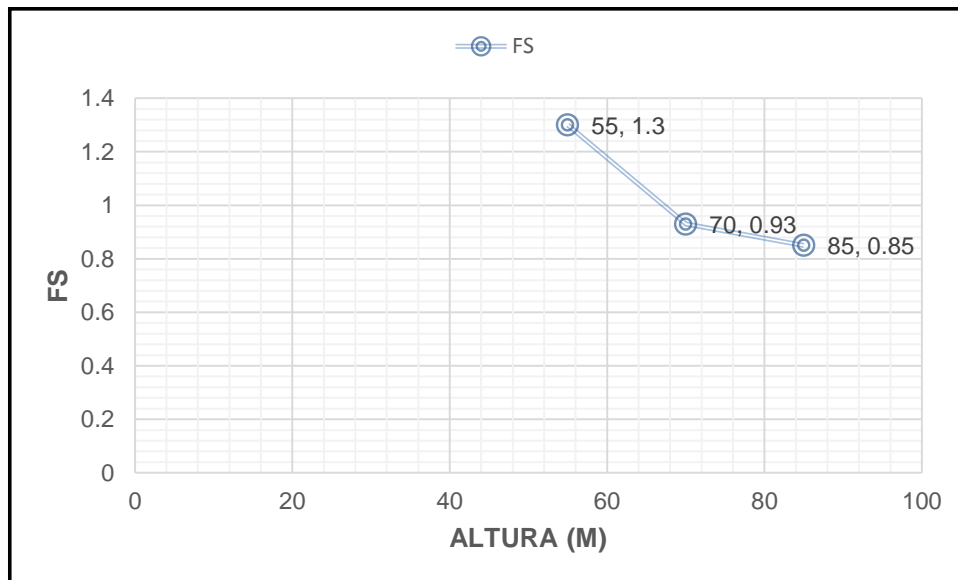
$$X = \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot FS} = 0.070 = \frac{6.7}{1.3 \cdot 55 \cdot FS}; \text{ despejo FS}$$

FS = 1.3 **Estable disminuyendo H**

$$Y = \frac{tg\theta}{FS} = 0.425 = \frac{tg25}{FS} \text{ despejamos FS}$$

FS = 1.3 **Estable disminuyendo H**

GRÁFICA DE SENSIBILIDAD





6. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La parroquia Saraguro, barrios y comunidades al encontrarse ubicados sobre la formación Saraguro los deslizamientos son numerosos, y algunos se extienden sobre varios kilómetros cuadrados. Los depósitos coluviales se encuentran siguiendo las laderas del valle del río León.

La comunidad Las Lagunas al tomar parte de estos grandes derrumbes se encuentra bajo la posibilidad de que sigan ocurriendo eventos naturales de esta índole, asociados a los procesos erosivos hídricos los materiales volcano-sedimentarios identificados se vuelven inestables afectando de manera directa e indirectamente a los sectores vulnerables de la comunidad.

El análisis de susceptibilidad del terreno ha sido rigurosamente procesado considerando cada una de las variables o factores que influyen para que la comunidad se establezca como un área susceptible, cuyos parámetros fueron la Geología, Geomorfología, Uso del Suelo y Pendientes, dando mayor importancia a la variable geológica en función de los valores de SPT y SEV.

La caracterización geotécnica influyó de manera muy importante en la interpretación de inestabilidad de los sectores poblados debido que la exploración directa (SPT) e indirecta (SEV) fueron realizadas en zonas donde se aglomeran los habitantes de la comunidad, además de permitir conocer las características físico-mecánicas del suelo desde el punto de vista constructivo.

La Geología de la comunidad Las Lagunas no presenta contactos entre formaciones, lo que es evidente que en los cambios de relieve descendente el material cambia su granulometría diferenciándolos en contactos inferidos, se asienta directamente en la Formación Saraguro compuesta de tobas volcánicas aglomeráticas con clastos angulosos a redondeados de andesitas, nódulos muy bastos de la actividad piroclástica y material de suelo limoso de origen deposicional que sobreyase en las partes de menor pendiente producto de la desintegración final de tobas volcánicas.

La Geomorfología determinada a partir de la metodología de CLIRSEN 2012 permitió identificar las geoformas relacionando los parámetros morfométricos (desnivel relativo, pendientes) que permiten identificar la génesis, morfología, y formas del relieve que intervienen en la generación de deslizamientos, en la comunidad las Lagunas se ha identificado un valle indiferenciado de origen deposicional y relieves colinados que van desde bajos, medios con transcendencia a altos desde el punto de vista tectónico



erosivo, cabe indicar que para la identificación de las geoformas se tomó gran importancia al desnivel relativo como consecuencia del análisis del corte topográfico.

Las Pendientes se han categorizado desde terrenos planos a muy escarpados con pendientes que van desde el 15% hasta mayores a 75%, la posibilidad de ocurrencia a deslizamientos tiene una transcendencia descendente en sentido Oeste-Este acompañados de la saturación del suelo por la mala canalización de las aguas lluvia.

El Uso actual del Suelo presenta mayoritariamente pastos de origen natural aprovechados para la producción pecuaria y ganadera que indican un 31,10%, consecuentemente los cultivos de maíz son el área fuerte productiva y económicamente rentable y consumible que representan un 25,89%. Las zonas erosionadas con un 20,18% son bien evidentes en las partes colinadas por la escorrentía superficial de las aguas mal canalizadas. Las zonas pobladas, bosques, vías y cuerpos de aguas representan sumados el 22.8% del total en el terreno de la comunidad.

El análisis de susceptibilidad a deslizamientos dio como resultado que el mayor valor de 33% corresponde a una susceptibilidad baja y abarca zonas pobladas, pastos de origen natural aprovechados para la actividad pecuaria y ganadera, donde el producto de la pendiente relativamente plana influye en la estabilización del territorio, el 13,01% representa zonas de mediana susceptibilidad tomando una gran proporción de zonas pobladas y cultivos de maíz, los mismos que se concentran en pendientes de terrenos moderadamente escarpados hacia el Norte de la comunidad, finalmente el 16,74% de la superficie total considerada como susceptibilidad muy alta corresponde a zonas dinámicas y saturadas por la mala canalización de sus vertientes donde actualmente se evidencia deslizamientos locales formando parte de un coluvión.

En la comunidad Las Lagunas se realizó el estudio e interpretación del comportamiento de los geomateriales a partir del Ensayo de Penetración Estándar a una profundidad máxima de 6 metros con el propósito de conocer los problemas de cimentación y de deslizamientos que atraviesa el sector, dando como resultado suelos limosos de alta plasticidad con una capacidad portante de 0,5 kg/cm² a 1,2 0 1,5 metros de profundidad utilizando bigas de cimentación en ambos sentidos de la construcción pero con una capa de material granular de 30 centímetros compactada al 0.98%.



Las dimensiones apropiadas para la cimentación son de 1,5x1,5 metros pero estas medidas pueden disminuir en profundidad debido que los limos aumenta su consistencia a mayor profundidad

Finalmente se calculó los factores de seguridad de los deslizamientos inventariados utilizando el método de Ábacos de Hoek y Bray asumiendo diferentes variables para materiales homogéneos disminuyendo la altura del talud hasta obtener un coeficiente de seguridad superior a 1 con la finalidad de determinar que la estabilidad de los mismos es crítica por lo que se necesita determinar las posibles medidas de prevención.



7. CONCLUSIONES

Para el análisis de susceptibilidad del terreno ante ocurrencia de deslizamientos se identificó, caracterizó y se diseñó cada uno de los factores que intervienen en estos procesos tales como la Geología, Geomorfología, Uso actual del Suelo y Pendientes, los mismos que fueron procesados para el resultado final en obtener áreas susceptibles a estos fenómenos naturales.

Se realizó el levantamiento topográfico de 69,77 hectáreas incluyendo parte de la vía Panamericana correspondiente al sector de estudio con una longitud de 1,74 kilómetros, el relieve va desde los 2680 m.s.n.m hasta los 2555 m.s.n.m, con un desnivel relativo de 125 metros.

El levantamiento geológico permitió determinar que la comunidad Las Lagunas se encuentra en su totalidad en la formación Saraguro que contiene comúnmente material piroclástico como tobas masivas aglomeráticas de coloración amarillo, material limoso producto de la desintegración y el flujo volcánico de la toba y andesitas de granulometría fina, tomando parte de un coluvión que avanza en sentido Este-Oeste por el quebrantamiento que presenta la toba permitiendo que el agua superficial se infiltre fácilmente.

La Geomorfología se obtuvo aplicando la metodología de CLIRSEN tomando en cuenta el valor morfométrico, el mismo que fue correlacionado con la fichas de Fotointerpretación geomorfológica - CLIRSEN, 2012 para obtener las formas del relieve final, en este caso se identificó un valle indiferenciado con un 41,35% y con un valor menor de 11,24% relieves colinados medios con tendencia a alto.

El mapa de pendientes se clasificó en cinco categorías de acuerdo a los rangos de pendiente establecidos por Martínez & Mercado 1992, obteniendo Terrenos planos a casi planos con un 58,68% y con menor valor Terrenos muy escarpados de un 3,24%.

El mapa de uso de suelos se estableció en siete categorías predominando pastos naturales con el 31,10% del área total de la comunidad, seguidos de cultivos de maíz con un 25,89%, mientras que zonas pobladas, zonas erosionadas, bosque intervenido, vías y cuerpos de agua sumados representan un 42,98%.

Para el análisis de susceptibilidad se aplicó el Método Heurístico ubicando valores cuantitativos de acuerdo a lo establecido por Janssen y Van Herwijnen (1994), dando mayor peso a la variante geológica de acuerdo a los resultados de SPT y SEV.



Se obtuvo el mapa final de Susceptibilidad en el Terreno de la comunidad Las Lagunas a escala 1:5000 con Datum WGS 84 Zona 17 Sur, el cual fue clasificado en cinco categorías que van desde Susceptibilidad muy baja a muy alta de acuerdo a los criterios de susceptibilidad propuestos por Sarkar y Kanungo, 2004. Teniendo como susceptibilidad muy baja el 25,83%, baja 33%, media 13,01, alta 11,80 y muy alta con el 16,74%, cabe indicar que esta última zona presenta las peores condiciones en cada una de las variables utilizadas y abarca infraestructuras como la vía Panamericana y los poblados del sector Este y Norte de la comunidad.

De los 3 deslizamientos inventariados, dos de ellos se ubican en la zona de susceptibilidad muy alta y el último se localiza en la zona de susceptibilidad alta por que nos da a entender que estos datos nos muestran una buena eficacia de los métodos utilizados en el análisis final.

El software Arcgis 10.1 fue de gran ayuda académica en la recopilación e ingreso de datos, diseño y organización de los mapas temáticos, finalmente permitió el análisis sistemático para obtener el resultado deseado con la mayor certeza posible.



8. RECOMENDACIONES

Todas las variables tales como la Topografía, Geología, Geomorfología y Uso del Suelo consideradas para el análisis de la Susceptibilidad del terreno deben ser levantadas la más riguroso posible tanto en campo como en diseño de gabinete y de esta manera poder evitar errores en el resultado final.

Los Sondeos Eléctricos Verticales deben realizarse en los sectores planos y generalmente el clima debe ser el más apropiado para obtener resultados de resistividad satisfactorios.

Realizar más de un SPT a través de estudios geotécnicos detallados que integren las demás comunidades afectadas por el mismo fenómeno natural para finalmente determinar obras de mitigación y prevención de riesgos.

Dar a conocer a las autoridades del cantón Saraguro la importancia que tiene este tipo de trabajo investigativo en preocuparse por zonificar áreas propensas a deslizamientos que pueden llegar afectar a los sectores vulnerables tanto físicos y sociales que presenta no solo la comunidad Las Lagunas si no también otras comunidades cercanas a la misma y de esta manera tomar medidas preventivas no sin antes evaluar y estudiar las características externas e internas del suelo.

Los planes de Ordenamiento Territorial que se ejecutan en el cantón Saraguro deben poner mayor empeño en los Riesgos Geológicos que presentan los barrios, comunidades y parroquias del cantón realizando estudios de susceptibilidad o peligrosidad a movimientos en masa a una escala más grande. El sector Turístico, Agropecuario, Ganadero y Productivo son ejes económicos importantes en el desarrollo del cantón pero pueden ser limitados e inclusive excluidos ya que la mayoría de sus actividades se desarrollan en terrenos inestables.

Utilizar la información de los resultados obtenidos como base en la decisión de ejecutar cualquier obra en el aspecto de crecimiento urbanístico de la comunidad o en la construcción de canalizaciones para conducir aguas mal drenadas que es lo que más afecta a la comunidad, de esta manera se puede evitar gastos excesivos por obras que no tienen al final un resultado deseado.

Concientizar a los pobladores del sector de estudio en el riesgo que pueden atravesar si desean construir anti-técnicamente y de esta forma evitar pérdidas económicas e inclusive vidas humanas.



9. BIBLIOGRAFÍA

- ABEYKOON A.W.W. (2000) "Geological factors influencing the Naketiya Landslide" 8th international Symposium on Landslides Cardiff . pp. 1-6.
- ABRAMSON L.W. (1996) "Engineering geology Principles". Slope stability and stabilization methods. Wileyinterscience.pp.60-106.
- ARMIJOS CHAMBA, MARITZA "Diagnóstico Situacional Turístico de la comunidad Las Lagunas como parte de la zona de Amortiguamiento del Bosque Protector Huashapamba del cantón Saraguro de la provincia de Loja", Julio 2012.
- ARISTIZÁBAL, E.; YOKOTA S. 2005. Geomorfología aplicada a la ocurrencia de deslizamientos en el Valle de Aburrá. Colombia.
- ASTM DESIGNACIÓN: D4318 - 84, Métodos Estándar de Ensayos para Limite Líquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad de suelos.
- AYALA ET AL., 1987. Criterios a considerar para movimientos de ladera que se deben tomar en cuenta en planificaciones territoriales.
- AYALA – CAICEDO (2002). Sistemas de Información Geográfica.
- BADGLEY, PC, "Métodos Estructurales para la Exploración Geológica" Harper-Hermano. 1959.
- BARREDO, J.I. (1996). "Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la Ordenación del Territorio"; Ra-Ma, Madrid.
- BATES, R.L, JACKSON J.A., (1980). "Glossary of Geology",2 ed. American Geological Institute, Falls church,Va., 751 pp.
- BL YTH, M .GH- "Mapas Geológicos y su Interpretación". Edward Arnold, Ltd. 1971.



- CAMPBELL, R.H., (1975). "Soil slips, debris flows, and rainstorms in the Santa Monica Mountains and vicinity, Southern California". U.S. Geological Survey Professional Paper 851, 1 – 20.
- CÁTEDRA DE LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. UNLP, 2008.
- CLIRSEN. Clirsen, Semplades, Sigagro, Inigem. (2010) Proyecto: Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional.
- CONCKLING (1933). Ventura County Investigation N° 16, Division of Water Resources, California, 244pp.
- COROMINAS, 1992. Estrategias para reducir impactos de los deslizamientos y adopción de medidas para mitigar los efectos.
- CRUDEN, D. (1991). A simple definition of a landslide.
- FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA, Recomendaciones para la descripción y clasificación visual de suelos y rocas en el campo, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- FOUCAULT, A. Y RAOULT, JF "Cortes Geológicos". Soco Edición Enseig. Supo 1966.
- GONZÁLEZ DE VALLEJO. I., 2002. Ingeniería Geológica, Capítulo 11: Prevención de Riesgos Geológicos, pp. 607-620 y capítulo 14.6_ prevención de riesgos por movimientos de terreno, pp. 656-664- Pearson educación. Madrid, España.
- GONZALO DUQUE ESCOBAR Y CARLOS ENRIQUE ESCOBAR POTES MANIZALES, 2002. Mecánica de Suelos I.
- GONZALO DUQUE ESCOBAR, 2008. Manual de Geología para Ingenieros, Capítulo 08_ Interperismo o Meteorización.
- HOECK Y BRAY, 1981. Método de Ábacos para cálculos de factor de seguridad en suelos Homogéneos.



- JANSSEN Y VAN HERWIJNEN, 1994. “Pesos de criterios usando el Método de Suma de Rango”.
- JUAREZ BADILLO, EULALIO – RICO RODRIGUEZ, ALFONSO, “Fundamentos de la Mecánica de Suelos”, Tomo I, Editorial Limusa, México, 1982.
- KANUNGO, 1993. Criterios para determinar el grado de susceptibilidad de deslizamientos.
- KEGIANG H., SIJING W. (2006) “Double-parameter threshold and its formation mechanism of the colluvial landslide: Xintan landslide, China”. Environmental Geology 49 pp. 696–707.
- PLAN DE DESARROLLO TERRITORIAL, Cantón Saraguro Agosto 2006.
- PROYECTO MULTINACIONAL ANDINO: Geociencias para las Comunidades Andinas Ecuador-Perú-Canadá, Abril 2005.
- SHAKOOR A., SMITHMYER A.J. (2005) “An analysis of storm-induced landslides in colluvial soils overlying mudrock sequences, southeastern Ohio, USA.” Engineering Geology 78 pp.257–274.
- SHARPE, C. (1938). Los deslizamientos de tierra y fenómenos relacionados, Columbia University Press, NewYork.
- SOTO, J. (2010). Análisis de Susceptibilidad a los Movimientos de Ladera Mediante el Método de la Matriz en un GIS: Aplicación a la Cuenca de Loja en el Sur del Ecuador. Tesis de master en Geotecnia, Universidad de Granada, España.
- SIG-TIERRAS (Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica). Disponible en: <http://www.sigtierras.gob.ec/>.
- SKEMPTON, A. Y HUTCHINSON, N. (1969). "La estabilidad de taludes naturales y fundaciones de terraplenes". Actas de la Séptima Conferencia Internacional de Mecánica de Suelos y la Fundación Ingeniería, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, Estado del Arte. Volumen, México. pp. 291-340.



- SUAREZ DIAZ JAIME. Análisis Geotécnico, Volumen I, Febrero 2009.
- TAMBO, WALTER (2011), Estudio del peligro de deslizamiento del norte de la ciudad de Loja, provincia de Loja- Ecuador. 49pp.
- TERZAGHI, K. (1950). "Mecanismos de deslizamientos de tierra". Geol. Soc. Am., Berkeley. CA. EE.UU. Volumen. pp. 83-123.
- VAN WESTEN, C. Amenaza por deslizamientos. Introducción a los deslizamientos tipos y causas.
(<http://www.itc.nl/external/unescorapca/Presentaciones%20Powerpoint/04%20Amenaza%20por%20Deslizamientos/Introduccion%20a%20los%20Deslizamientos.pdf>)
- VARNES, D. (1978). "Slope movements, types and processes", Landslides: Analysis and control, transportation research board, Spec. Rep. 176, National Academy of Science, Washington. pp. 11-33.
- WATARI, M., KOBASHI, S., (1987). "Prediction of Landslides and Slope Failures and their Control Measures". Sankaido, Tokio, Japon, pp. 27 – 47 (in Japanese).
- ZARUBA, Q. Y MENCI, V. (1969). Los deslizamientos de tierra y su control, Elsevier, Amsterdam, Países Bajos.



ANEXOS



ANEXO 1

Descripción de Afloramientos y Zanjas



AFLORAMIENTO Nro: 1
COORDENADAS: x= 695289, y= 9598403
DIMENSIONES: L= 22,40m, A= 21,90m
COTA: 2615 m.s.n.m
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> De colinas <input checked="" type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input type="checkbox"/> Escasa <input checked="" type="checkbox"/> Color <input type="checkbox"/>
FOTO Nro: 1
FECHA: 25-12-2014



POTENCIA (m)	N° CAPAS	LITOLOGÍA	GRANULOMETRÍA	COLOR	ORIENTACIÓN	MUESTRA	DESCRIPCIÓN
0,40	1	Suelo orgánico.	-Limos <0,074mm.	Negro Oscuro.	N60°W/28°	Mineralización escasa con presencia de plagioclasas, cuarzo, feldspatos y biotitas negras alteradas.	El afloramiento presenta un cuerpo de toba volcánica masiva con nódulos incrustados del propio material. Existe la presencia de óxidos de hierro y la intercalación de color de las capas inferiores de amarillo claro a gris oscuro.
3,20	2	Toba volcánica aglomerática de textura piroclástica y matriz arenosa, clastos angulosos a redondeados de andesitas y nódulos de toba incrustados en el talud.	-Arena fina <0,2mm -Clastos de 2 a 12cm. -Nódulos desde los 20 a 50cm aproximadamente	Amarillo Claro.			
6,82	3			Gris Oscuro.			
8,50	4			Amarillo Claro.			
3,48	5			Gris Oscuro.			

OBSERVACIONES: La vegetación del afloramiento se muestra escasa, existe una capa de suelo orgánico de 40 centímetros en la parte superior, además presenta una alta meteorización producto de la escorrentía superficial y se pueden observar las capas de coloración grises. Todas éstas se encuentran buzando a una misma dirección.



AFLORAMIENTO Nro: 2
COORDENADAS: x= 695283, y= 9598315
DIMENSIONES: L= 19,63m, A= 23,30m
COTA: 2630 m.s.n.m
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> De colinas <input checked="" type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input type="checkbox"/> Escasa <input checked="" type="checkbox"/> Color <input type="checkbox"/>
FOTO Nro: 2
FECHA: 25-12-2014



POTENCIA (m)	N° CAPAS	LITOLOGÍA	GRANULOMETRÍA	COLOR	ORIENTACIÓN	MUESTRA	DESCRIPCIÓN
0,30	1	Suelo orgánico.	-Limos<0,074mm.	Negro Oscuro.	N80°E/28°	Mineralización escasa con presencia de plagioclasas, cuarzo, feldspatos y biotitas negras alteradas.	El afloramiento presenta un cuerpo de toba volcánica masiva con nódulos incrustados del propio material. Existe la presencia de óxidos de hierro y la intercalación de color de las capas inferiores de gris oscuro a amarillo claro. Es evidente el quebrantamiento en la matriz del afloramiento producto del avance del coluvión.
6,30	2	Toba volcánica aglomerática de textura piroclástica y matriz arenosa, clastos angulosos a redondeados de andesitas y nódulos de toba incrustados en el talud.	-Arena fina <0,2mm -Clastos de 2 a 12cm. -Nódulos desde los 20 a 50cm aproximadamente	Amarillo Claro.			
3,28	3			Gris Oscuro.			
9,75	4			Amarillo Claro.			

OBSERVACIONES: La vegetación del afloramiento se muestra escasa, existe una capa de suelo orgánico de 30 centímetros en la parte superior, además presenta una alta meteorización producto de la escorrentía superficial y se pueden observar el cambio de coloración grises a amarillo claro diferenciándose como capas. Todas se encuentran buzando a una misma dirección.



AFLORAMIENTO Nro: 3
COORDENADAS: x= 695254, y= 9598214
DIMENSIONES: L= 9,68m, A= 20,60m
COTA: 2632 m.s.n.m
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> De colinas <input checked="" type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input checked="" type="checkbox"/> Escasa <input type="checkbox"/> Color <input type="checkbox"/>
FOTO Nro: 3
FECHA: 25-12-2014



POTENCIA (m)	N° CAPAS	LITOLOGÍA	GRANULOMETRÍA	COLOR	ORIENTACIÓN	MUESTRA	DESCRIPCIÓN
0,30	1	Suelo orgánico.	-Limos < 0,074mm.	Negro Oscuro.	N20°W/30°	Mineralización escasa con presencia de plagioclasas, cuarzo, feldespatos y biotitas negras alteradas.	El afloramiento presenta Nódulos de toba volcánica en la parte superior dispuestos de manera caótica. En la parte inferior la toba se muestra masiva. Existe la presencia de óxidos de hierro, predomina la coloración gris oscura del material. Es evidente el quebrantamiento en la matriz del afloramiento producto del avance del coluvión.
4,10	2	Nódulos bastos de toba volcánica en disposición caótica.	-Arena fina < 0,2mm	Amarillo Claro.			
5,28	3	Toba volcánica aglomerática de textura piroclástica y matriz arenosa masiva, clastos angulosos a redondeados de andesitas.	-Clastos de 2 a 12cm. -Nódulos desde los 20 a 50cm aproximadamente	Gris Oscuro.			

OBSERVACIONES: La vegetación en la parte superior es exuberante de tipo herbácea y arbórea que toma una gran parte del afloramiento, existe una capa de suelo orgánico de 30 centímetros. Todas las capas se encuentran buzando a una misma dirección, es uno de los afloramientos que mayor inestabilidad presenta para la vía Panamericana.



AFLORAMIENTO Nro: 4
COORDENADAS: x= 695268, y= 9597992
DIMENSIONES: L= 19.35m, A= 22,58m
COTA: 2665 m.s.n.m
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> De colinas <input checked="" type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input checked="" type="checkbox"/> Escasa <input type="checkbox"/> Color <input type="checkbox"/>
FOTO Nro: 4
FECHA: 25-12-2014



POTENCIA (m)	N° CAPAS	LITOLOGÍA	GRANULOMETRÍA	COLOR	ORIENTACIÓN	MUESTRA	DESCRIPCIÓN
0,50	1	Suelo orgánico.	-Limos < 0,074mm.	Negro Oscuro.	S80°E/30°	Mineralización escasa con presencia de plagioclasas, cuarzo, feldespatos y biotitas negras bien alteradas.	El afloramiento presenta una toba volcánica altamente desintegrada en la parte superior formando cárcavas de apariencia oxidante. En la parte inferior la toba se muestra masiva y predomina la coloración amarillo claro del material. Es evidente el quebrantamiento en la matriz del afloramiento dejando estrías producto del avance del coluvión.
8,65	2	Toba volcánica desintegrada con presencia de cárcavas.		Amarillo claro a rojiza.			
10,20	3	Toba volcánica aglomerática de textura piroclástica y matriz arenosa masiva, clastos angulosos a redondeados de andesitas.	-Arena fina < 0,2mm -Clastos de 2 a 12cm.	Amarillo Claro.			

OBSERVACIONES: La vegetación en la parte superior es exuberante de tipo herbácea y arbórea que toma parte en la mitad del afloramiento, existe una capa de suelo orgánico de 50 centímetros. Todas las capas se encuentran buzando a una misma dirección, es el último afloramiento mapeado de la vía Panamericana en sentido Norte-Sur.



AFLORAMIENTO Nro: 5
COORDENADAS: x= 695622, y= 9597430
DIMENSIONES: L= 4,32m, A= 6,92m
COTA: 2585 m.s.n.m
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input checked="" type="checkbox"/> De colinas <input type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input checked="" type="checkbox"/> Escasa <input type="checkbox"/> Color <input type="checkbox"/>
FOTO Nro: 5
FECHA: 04-05-2015



POTENCIA (m)	N° CAPAS	LITOLOGÍA	GRANULOMETRÍA	COLOR	ORIENTACIÓN	MUESTRA	DESCRIPCIÓN
0,15	1	Suelo orgánico.	-Limos<0,074mm.	Negro Oscuro.	N80°W/55°	Algunos feldspatos sódicos y potásicos.	El afloramiento en la capa superior presenta un suelo limoso altamente oxidado. En la parte inferior se muestra una andesita porfírica con abundante oxidación perteneciente a la Formación Saraguro.
1,23	2	Suelo limoso.	-Limos<0,074mm.	Café rojizo.			
2,94	3	Andesitas.		Plomo claro a rojizas.		Plagioclasas, biotitas alteradas y algunos minerales de cuarzo.	

OBSERVACIONES: La vegetación en la parte superior es exuberante de tipo herbácea y arbórea con una capa de suelo orgánico de 15 centímetros. La dirección de buzamiento dominante se presenta en las andesitas, el material limoso descansa paralelo al mismo, Las capas de andesitas no son visibles en el Flanco Este de la comunidad Las Lagunas.



AFLORAMIENTO Nro: 6
COORDENADAS: x= 695741, y= 9597441
DIMENSIONES: L= 4,32m, A= 9,03m
COTA: 2576m.s.n.m
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input checked="" type="checkbox"/> De colinas <input type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input checked="" type="checkbox"/> Escasa <input type="checkbox"/> Color <input type="checkbox"/>
FOTO Nro: 6
FECHA: 04-05-2015



POTENCIA (m)	N° CAPAS	LITOLOGÍA	GRANULOMETRÍA	COLOR	ORIENTACIÓN	MUESTRA	DESCRIPCIÓN
0,15	1	Suelo orgánico.	-Limos<0,074mm.	Negro Oscuro.	S85°W/55°	Algunos feldespatos sódicos y potásicos.	El afloramiento en la capa superior presenta un material limoso que al estar consolidado se convierte en una limolita con presencia de óxidos de hierro. En la parte inferior se muestra a la limolita disgregada formando pequeños surcos por la escorrentía del agua e hinchamientos producto de la absorción de la misma.
1,23	2	Limolita consolidada	-Limos<0,074mm.	Rojiza a café claro.			
2,94	3	Limolitas disgregadas					

OBSERVACIONES: La vegetación en la parte superior es exuberante de tipo herbácea y arbustiva con una capa de suelo orgánico de 15 centímetros. La capa de limolita posee la misma dirección de buzamiento que el afloramiento N° 5.



AFLORAMIENTO Nro: 7
COORDENADAS: x= 695461, y= 9598744
DIMENSIONES: L= 5,06m, A= 10,38m
COTA: 2637m.s.n.m
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input checked="" type="checkbox"/> De colinas <input type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input checked="" type="checkbox"/> Escasa <input type="checkbox"/> Color <input type="checkbox"/>
FOTO Nro: 7
FECHA: 04-05-2015



POTENCIA (m)	N° CAPAS	LITOLOGÍA	GRANULOMETRIA	COLOR	ORIENTACIÓN	MUESTRA	DESCRIPCIÓN
0,20	1	Suelo orgánico.	-Limos<0,074mm.	Negro Oscuro.	S15°E/45°	Algunos feldspatos sódicos y potásicos.	El afloramiento en la capa superior presenta un suelo limoso casi consolidado de color café claro. En la parte inferior se muestra a una limolita consolidada y algunos clastos de roca andesita incrustados en la matriz arcillosa menores a los 15cm de diámetro.
1,53	2	Suelo Limoso		Café claro.			
3,33	3	Limolitas	-Limos <0,074mm.	Rojizas a café claro.			

OBSERVACIONES: La vegetación en la parte superior es exuberante de tipo herbácea y arbórea con una capa de suelo orgánico de 20 centímetros. Las capas limo-limolitas poseen la misma dirección de buzamiento, los clastos de andesitas muestran la existencia de un proceso fluvial que transportó estos materiales.



AFLORAMIENTO Nro: 8
COORDENADAS: x= 695461, y= 9598744
DIMENSIONES: L= 1,92m, A= 7,23m
COTA: 2637m.s.n.m
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input checked="" type="checkbox"/> De colinas <input type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input checked="" type="checkbox"/> Escasa <input type="checkbox"/> Color <input type="checkbox"/>
FOTO Nro: 8
FECHA: 25-12-2014




POTENCIA (m)	N° CAPAS	LITOLOGÍA	GRANULOMETRIA	COLOR	ORIENTACIÓN	MUESTRA	DESCRIPCIÓN
0,30	1	Suelo orgánico.	-Limos<0,074mm.	Negro Oscuro.	S5°E/47°	Algunas plagioclasas, cuarzo, y biotitas negras bien alteradas en la toba volcánica. feldspatos sódicos y potásicos de los limos.	El afloramiento en su única capa presenta boleos de toba volcánica que conforman el coluvión en una matriz limosa que los contienen.
1,62	2	Coluvión de boleos de Toba volcánica con matriz limosa.	-Boleos > 120cm -Limos<0,074mm.	Tobas de color amarillo claro y arcillas cafés.			

OBSERVACIONES: La vegetación en la parte superior es exuberante de tipo herbácea y la presencia de cultivos de maíz son evidentes con una capa de suelo orgánico de 30 centímetros. El coluvión en este afloramiento posee una dirección de buzamiento dominante.



ZANJA Nro: 1
COORDENADAS: x= 695316, y= 9598370
DIMENSIONES: L= 38,22m, A= 2,12m, Prof= 1,83m
COTA: 2605m.s.n.m
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> De colinas <input checked="" type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input checked="" type="checkbox"/> Escasa <input type="checkbox"/> Color <input type="checkbox"/>
FOTO Nro: 1
FECHA: 04-05-2015



POTENCIA (m)	N° CAPAS	LITOLOGÍA	GRANULOMETRÍA	COLOR	DESCRIPCIÓN
0,25	1	Suelo orgánico.	-Limos<0,074mm.	Café claro.	<p>La zanja N° 1 hasta la profundidad realizada de 1,83m presenta boleos de toba volcánica que conforman el coluvión en una matriz limosa que los contienen. Esta zanja se encuentra de acuerdo al mapa geológico local dentro de la capa que pertenece al coluvión, se puede observar la toba volcánica fragmentada producto del movimiento del terreno.</p> <p>La vegetación es exuberante representada por pastos naturales.</p>
1,58	2	Coluvión de boleos de Toba volcánica con matriz limosa.	-Boleos 15-120cm -Limos<0,074mm.	Tobas de color amarillo claro y limos cafés.	



ZANJA Nro: 2
COORDENADAS: x= 695796, y= 9597718
DIMENSIONES: L= 253,22m, A= 5,28m, Prof= 3,21m
COTA: 2561m.s.n.m
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input checked="" type="checkbox"/> De colinas <input type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input checked="" type="checkbox"/> Escasa <input type="checkbox"/> Color <input type="checkbox"/>
FOTO Nro: 2
FECHA: 04-05-2015



POTENCIA (m)	N° CAPAS	LITOLOGÍA	GRANULOMETRIA	COLOR	DESCRIPCIÓN
0,15	1	Suelo orgánico.	-Limos<0,074mm.	Negro oscuro.	La zanja N° 2 hasta la profundidad realizada de 3,21m presenta una capa gruesa de suelo limoso de color café rojizas. Esta zanja se encuentra de acuerdo al mapa geológico local dentro de la capa que pertenece a los limos en las partes más bajas del relieve dentro del sector, se puede observar la presencia de aguas estancadas debido al mal estado de la canalización de las mismas que se llenan de manera continua, éstas aguas provienen desde el sector Oeste de la comunidad por la escorrentía superficial, cabe indicar que esta zanja se encuentra a pocos metros de las lagunas naturales (afloramientos de agua). La vegetación es exuberante representada por pastos naturales.
3,06	2	Suelo limoso.	-Limos<0,074mm.	Rojizo a café claro.	



ZANJA Nro: 3
COORDENADAS: x= 695452, y= 95987371
DIMENSIONES: L= 209,35m, A= 3,30m, Prof= 3,65m
COTA: 2580m.s.n.m
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input checked="" type="checkbox"/> De colinas <input type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input checked="" type="checkbox"/> Escasa <input type="checkbox"/> Color <input type="checkbox"/>
FOTO Nro: 3
FECHA: 04-05-2015



POTENCIA (m)	N° CAPAS	LITOLOGÍA	GRANULOMETRIA	COLOR	DESCRIPCIÓN
0,15	1	Suelo orgánico.	-Limos<0,074mm.	Gris claro.	La zanja N° 3 hasta la profundidad realizada de 3,65m presenta una capa gruesa de material limoso de color café rojizo claro. Esta zanja se encuentra de acuerdo al mapa geológico local dentro de la capa que pertenece al material limoso depositado en las partes más bajas del relieve, así mismo en el material extraído se pudo observar grandes bloques redondeados de andesitas, al pie de la zanja existen aguas fluyendo por motivos de ampliación y mejoramiento del cauce de un canal anteriormente realizado por los de la comunidad, de igual forma éstas aguas provienen desde el sector Oeste de la comunidad por la escorrentía superficial. La vegetación es exuberante representada por pastos naturales y cultivos de maíz.
3,50	2	Suelo limoso.	-Limos<0,074mm.	Café rojizo claro.	



ANEXO 2

“Tabla modificada de CLIRSEN del proyecto Generación de Geoinformación para la Cuenca del Rio Guayas escala 1: 250.000”



UNIDAD GENÉTICA	UNIDAD MORFOLÓGICA	FORMA DE RELIEVE	COD	No.
DEPOSICIONAL	VALLE	Valle fluvial	Va	1
		Valle indiferenciado	Vi	2
		Valle en V	Vv	3
	TERRAZA ALUVIAL	Terraza baja y cauce actual	Tb	4
		Terraza media	Tm	5
		Terraza alta	Ta	6
		Terrazas indiferenciadas	Ti	7
	CONO	Superficie de cono de deyección reciente	Cy	8
		Superficie de cono de deyección antiguo	Cds	9
		Abrupto de cono de deyección antiguo	Cda	10
		Testigo de cono de deyección	Tcy	11
		Superficie de cono de esparcimiento	Ces	12
		Cono de derrubios	Cdr	13
		Talud de derrubios	Tdr	14
	LLANURA ALUVIAL RECIENTE	Nivel plano	Nb	15
		Nivel ondulado con presencia de agua	Na	16



		Nivel ligeramente ondulado	No	17	
		Dique o banco aluvial	D	18	
		Cauce abandonado	Ca	19	
		Basin	B	20	
		Meandro abandonado	M	21	
		Nivel plano/Nivel ondulado con presencia de agua	Nb/Na	22	
		Nivel ondulado con presencia de agua/Nivel plano	Na/Nb	23	
	LLANURA ALUVIAL ANTIGUA	Superficie poco disectada	L1	24	
		Superficie disectada	L2	25	
		Superficie muy disectada	L3	26	
		Depresión de decantación	Dc	27	
	DENUDATIVO	COLUVION	Coluvión reciente	Cr	28
			Coluvión antiguo	Can	29
		COLUVIO ALUVIAL	Coluvión aluvial reciente	Cv	30
Coluvión aluvial antiguo			Co	31	
GARGANTA		Garganta	Gr	32	
		Garganta con presencia de valles indiferenciados	Grp	33	



		Garganta con presencia de terrazas	Grt	34
	ENCAÑONAMIENTO	Encañonamiento	Ec	35
ESTRUCTURAL	MESA	Superficie de mesa	S1	36
		Superficie disectada de mesa	S2	37
		Cornisa de mesa	S3	38
		Vertiente de mesa	S4	39
		Testigo de cornisa de mesa	S5	40
		Encañonamiento de mesa	S6	41
	CUESTA	Superficie de cuesta	C1	42
		Frente de cuesta	C2	43
		Vertiente de cuesta	C3	44
	CHEVRONES	Superficie de chevron	K1	45
Frente de chevron		K2	46	
TECTONICO EROSIVO	RELIEVE	Relieve ondulado	R1	47
		Relieve colinado muy bajo	R2	48
		Relieve colinado bajo	R3	49
		Relieve colinado medio	R4	50



		Relieve colinado alto	R5	51
		Relieve colinado muy alto	R6	52
		Relieve montañoso	R7	53
		Cerro testigo	Ct	54
		Escarpe de falla	Ef	55
		Picos y afloramientos rocosos	Par	56
VOLCANICO EROSIVO	EDIFICIO VOLCANICO	Cráter	Kt	57
		Flancos de volcán	Fvo	58
		Caldera	Kd	59
		Flujos de lava	Flv	60
		Flujos de lodo	Fld	61
MODELADO GLACIAR	VALLE GLACIAR	Fondo de valle glaciar	Fvg	62
		Vertiente de valle glaciar	Vvg	63
		Arista	Art	64
		Rocas aborregadas	Rab	65
		Drumlins rocosos	Dro	66
	CIRCO GLACIAR	Fondo de circo glaciar	Fcg	67



		Pared de circo glaciar	Pcg	68
		Morrena de fondo	Mfo	69
		Morrena lateral	Mla	70
		Morrena de frente	Mfr	71

Fuente: CLRIRSEN, Semplades, Sigagro, Inigem. (2010) Proyecto: Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio de Nivel Nacional.



ANEXO 3

Mapa de inventario de Deslizamientos, ubicación SPT y SEV



ANEXO 4

Caracterización e inventario de Deslizamientos



DATOS GENERALES

MOVIMIENTO Nro.	1
COORDENADAS	X=695321
	Y=9598136
FOTO Nro.	1
ALTITUD:	2600 msnm
FECHA	03/01/2015

DIRECCIÓN:	N60°E
ÁNGULO (inclinación de la ladera en grados):	57°
FORMA DE LA LADERA: Recta () Cóncava () Convexa (X)	
USO DEL TERRENO: Arbustos y árboles (X) No vegetadas () Pastos (X) Cultivos () Residencial () Vía presente ()	


CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO

TIPO: Deslizamiento (X) Flujo () Caídas () Reptación () Erosión ()
LONGITUD: (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base): 28,09 metros
ANCHO: (Promedio de la zona de aporte): 50,82 metros
TIPO DE FALLA: Indeterminada () Rotacional (X) Translacional () Completa () Múltiple ()
MECANISMO: Evento sencillo y rápido (X) Evento sencillo y lento () Evento múltiple y rápido () Evento múltiple y lento ()
SECUENCIA DE REPETICIÓN:
ACTIVIDAD: Inactivo () Latente (X) Activo () Actividad localizada ()
ESTADO DEL ESCARPE: No es aplicable () Escarpe evidente (X) Escarpe Vago ()
FORMA DEL ESCARPE: No aplicable () Semicircular (X) Elongado ()
AREA DEL ESCARPE: No aplicable () Pequeña (<200m ²) (X) Mediana (200 - 500m ²) () Grande (>500m ²) ()
VEGETACION DEL ESCARPE: No aplicable () No Vegetada () Vegetación escasa (X) Arbustos ()
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA: No aplicable () Longitud = ancho () Longitud > ancho () Longitud < ancho (X)
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 (X) Zonas de alta humedad () Zonas inundadas ()
VEGETACION DE LA MASA DESPLAZADA: No aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) Arbustos () Arboles ()
SUPERFICIE DE FALLA: Cubierta orgánica () Suelo depositado (X) Suelo residual () Relleno ()
CAUSA PROBABLE: Desconocida () Erosión concentrada (X) Deforestación () Exceso de agua () Cargas de construcción () Discontinuidades ()
FACTOR DISPARADOR: Desconocido () Lluvias (X) Construcciones () Otros ()
DAÑO: No visible (X) Carreteras () Residencias () Áreas de pastos () Residencias ()
ESTABILIZACION: No visible (X) Muros () Canales () Drenes () Otros ()


REGISTRO FOTOGRAFICO





DATOS GENERALES	
MOVIMIENTO Nro.	2
COORDENADAS	X=695547
	Y=9598504
FOTO Nro.	2
ALTITUD:	2591 msnm
FECHA	03/01/2015
DIRECCIÓN:	N37°E
ANGULO (inclinación de la ladera en grados):	35°
FORMA DE LA LADERA: Recta() Cóncava (X) Convexa()	
USO DEL TERRENO: Arbustos y árboles (X) No vegetadas() Pastos (X) Cultivos () Residencial () Vía presente ()	
CARACTERISTICAS DEL MOVIMIENTO	
TIPO: Deslizamiento (X) Flujo () Caídas () Reptación () Erosión ()	
LONGITUD: (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base): 56,65 metros	
ANCHO: (Promedio de la zona de aporte): 60,59 metros	
TIPO DE FALLA: Indeterminada () Rotacional (X) Translacional () Completa () Múltiple ()	
MECANISMO: Evento sencillo y rápido () Evento sencillo y lento (X) Evento múltiple y rápido () Evento múltiple y lento ()	
SECUENCIA DE REPETICION:	
ACTIVIDAD: Inactivo (X) Latente () Activo() Actividad localizada()	
ESTADO DEL ESCARPE: No es aplicable () Escarpe evidente (X) Escarpe Vago ()	
FORMA DEL ESCARPE: No aplicable () Semicircular (X) Elongado ()	
AREA DEL ESCARPE: No aplicable () Pequeña (<200m ²) (X) Mediana (200 - 500m ²) () Grande (>500m ²) ()	
VEGETACION DEL ESCARPE: No aplicable () No Vegetada () Vegetación escasa (X) Arbustos ()	
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA: No aplicable () Longitud = ancho () Longitud > ancho () Longitud < ancho (X)	
ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA: Masa intacta (X) Masa desintegrada () Masa en forma de flujo () No presente ()	
HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA: No presenta zonas húmedas () Zonas de alta humedad (X) Zonas inundadas ()	
VEGETACION DE LA MASA DESPLAZADA: No aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) Arbustos () Arboles ()	
SUPERFICIE DE FALLA: Cubierta orgánica () Suelo depositado (X) Suelo residual () Relleno ()	
CAUSA PROBABLE: Desconocida () Erosión concentrada () Deforestación () Exceso de agua (X) Cargas de construcción() Discontinuidades ()	
FACTOR DISPARADOR: Desconocido () Lluvias (X) Construcciones () Otros ()	
DANO: No visible (X) Carreteras () Residencias () Áreas de pastos () Residencias ()	
ESTABILIZACION: No visible (X) Muros () Canales () Drenes () Otros ()	
REGISTRO FOTOGRAFICO	
	



DATOS GENERALES	
MOVIMIENTO Nro.	3
COORDENADAS	X=695276
	Y=9597638
FOTO Nro.	3
ALTITUD:	2613 msnm
FECHA	23/05/2015
DIRECCIÓN:	N50°E
ANGULO (inclinación de la ladera en grados):	52°
FORMA DE LA LADERA: Recta() Cóncava (X) Convexa()	
USO DEL TERRENO: Arbustos y árboles (X) No vegetadas() Pastos (X) Cultivos () Residencial () Vía presente ()	
CARACTERISTICAS DEL MOVIMIENTO	
TIPO: Deslizamiento (X) Flujo () Caídas () Reptación () Erosión ()	
LONGITUD: (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base): 85,37 metros	
ANCHO: (Promedio de la zona de aporte): 62,14 metros	
TIPO DE FALLA: Indeterminada () Rotacional (X) Translacional () Completa () Múltiple ()	
MECANISMO: Evento sencillo y rápido (X) Evento sencillo y lento () Evento múltiple y rápido () Evento múltiple y lento ()	
SECUENCIA DE REPETICION:	
ACTIVIDAD: Inactivo () Latente (X) Activo() Actividad localizada()	
ESTADO DEL ESCARPE: No es aplicable () Escarpe evidente (X) Escarpe Vago ()	
FORMA DEL ESCARPE: No aplicable () Semicircular () Elongado (X)	
AREA DEL ESCARPE: No aplicable () Pequeña (<200m ²) (X) Mediana (200 - 500m ²) () Grande (>500m ²) ()	
VEGETACION DEL ESCARPE: No aplicable () No Vegetada () Vegetación escasa () Arbustos (X)	
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA: No aplicable () Longitud = ancho () Longitud > ancho (X) Longitud < ancho ()	
ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA: Masa intacta () Masa desintegrada () Masa en forma de flujo (X) No presente ()	
HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA: No presenta zonas húmedas () Zonas de alta humedad (X) Zonas inundadas ()	
VEGETACION DE LA MASA DESPLAZADA: No aplicable () No vegetada (X) Vegetación escasa () Arbustos () Arboles ()	
SUPERFICIE DE FALLA: Cubierta orgánica () Suelo depositado (X) Suelo residual () Relleno ()	
CAUSA PROBABLE: Desconocida () Erosión concentrada (X) Deforestación () Exceso de agua () Cargas de construcción() Discontinuidades ()	
FACTOR DISPARADOR: Desconocido () Lluvias (X) Construcciones () Otros ()	
DANO: No visible (X) Carreteras () Residencias () Áreas de pastos () Residencias ()	
ESTABILIZACION: No visible (X) Muros () Canales () Drenes () Otros ()	
REGISTRO FOTOGRAFICO	
	



ANEXO 5

Valores de resistividad de geomateriales



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

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



ANEXO 6

Resultados de SPT



ESTSUELCON CIA. LTDA.

RESUMEN DE DATOS DE CAMPO, DE LABORATORIO Y RESISTENCIAS OBTENIDAS

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS PARA ESTUDIO GEOLÓGICO PARA EL ANÁLISIS DE SUCCEPTIBILIDAD DEL TERRENO EN LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA LOJA

OBRA: ESTUDIO DE SUELOS
 SOLICITADO POR: SR. DIEGO MOROCHO
 REALIZADO POR: ING. DIEGO I. CASTILLO
 SECTOR: COMUNIDAD LAS LAGUNAS

POZO	PROF.	C. H.	L. L.	L. P.	I. P.	GRAVA	ARENA	FINOS	CLASIFIC		GOLPES N			N30	qu	qu _{lneta}	qu _{dmeta}	c
	m.	%	%	%	%	%	%	%	SUCS	AASHTO	15 cm	30 cm	45 cm	golpes	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1	1,00	46	58	32	26	0	8	92	MH1	A-7-5	1	1	1	2	0,27	0,83	0,28	0,13
1	2,00	46	58	32	26	0	8	92	MH1	A-7-5	2	2	2	4	0,53	1,65	0,55	0,27
1	3,00	36	52	29	23	1	9	91	MH1	A-7-6	4	5	5	10	1,33	4,13	1,38	0,67
1	4,00	50	52	29	23	0	3	97	MH1	A-7-6	6	7	7	14	1,87	5,79	1,93	0,93
1	5,00	54	88	40	48	1	11	88	MH1	A-7-5	8	9	9	18	2,40	7,44	2,48	1,20
1	6,00	33	89	41	79	0	21	79	MH1	A-7-5	9	10	9	19	2,53	7,85	2,62	1,27

Ing. Diego I. Castillo
 CONSULTOR

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

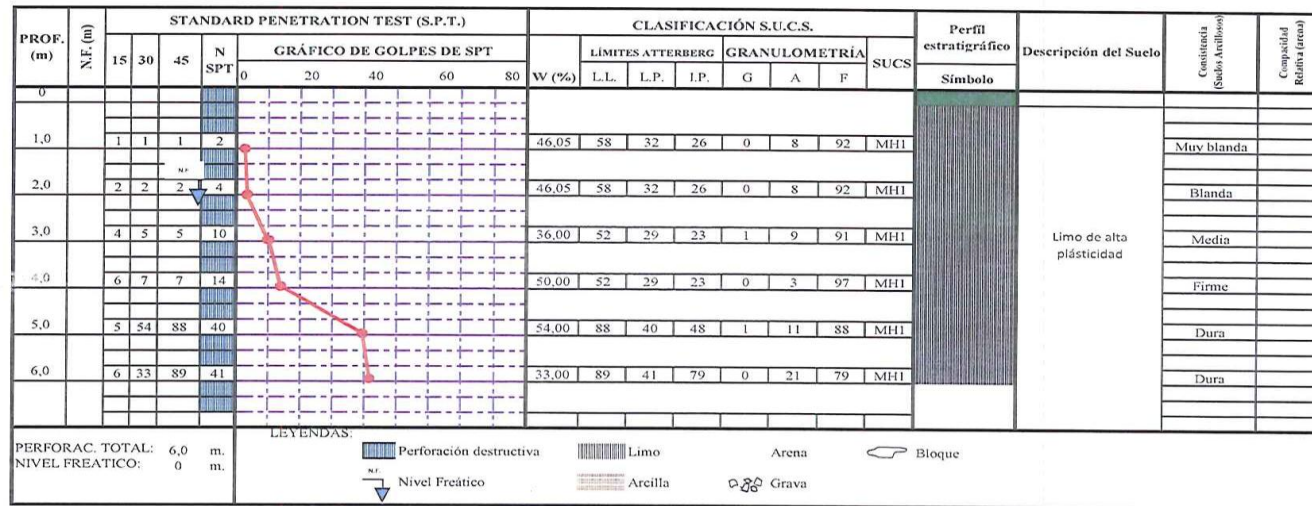


ESTSUELCON CIA. LTDA.

RESUMEN DE RESULTADOS

ESTUDIO DE SUELOS PARA ESTUDIO GEOLÓGICO PARA EL ANÁLISIS DE SUCEPTIBILIDAD DEL TERRENO EN LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA LOJA

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS SECTOR: COMUNIDAD LAS LAGUNAS
 OBRA: SR. DIEGO MOROCHO POZO: 1
 SOLICITADO POR: ING. DIEGO I. CASTILLO
 REALIZADO POR: ING. DIEGO I. CASTILLO



Ing. Diego I. Castillo
 CONSULTOR

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



ESTSUELCON CIA. LTDA.

CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS PARA ESTUDIO GEOLÓGICO PARA EL ANÁLISIS DE SUCEPTIBILIDAD DEL TERRENO EN LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA LOJA

OBRA: ESTUDIO DE SUELOS

SOLICITADO POR: SR. DIEGO MOROCHO

REALIZADO POR: ING. DIEGO I. CASTILLO

SECTOR: COMUNIDAD LAS LAGUNAS

POZO	B m	PROF. m.	qu(CS) Kg/cm ²	qo Kg/cm ²	Es Kg/cm ²	If cm/m	u -	Em Kg/cm ²	Si cm	Sc cm	St cm	OBSERVACIONES
1.0	1.0	1.2	0.50	0.50	175.0	120	0.25	210.0	0.32	0.48	0.8	Sobre material de mejoamiento
	2.0	1.2	0.50	0.50	175.0	120	0.25	210.0	0.64	0.95	1.6	
	3.0	1.2	0.50	0.50	175.0	120	0.25	210.0	0.96	1.43	2.4	
1.0	1.0	1.5	0.53	0.50	185.5	120	0.25	222.6	0.30	0.45	0.8	
	2.0	1.5	0.53	0.50	185.5	120	0.25	222.6	0.61	0.90	1.5	
	3.0	1.5	0.53	0.50	185.5	120	0.25	222.6	0.91	1.35	2.3	

qu(CS)=Compresión simple

Es= Módulo de elasticidad

B= ancho de la cimentación

Em= Módulo Edométrico

Sc= Asentamiento por consolidación

qo= Presión de trabajo

u= relación de Poisson

If= Factor de forma

Si= Asentamiento Inmediato

St= Asentamiento total


Ing. Diego I. Castillo
CONSULTOR

ESTSUELCON CIA. LTDA.
Estudios de Suelos, Labo.
Construcción y Consulta
Loja-Ecuador

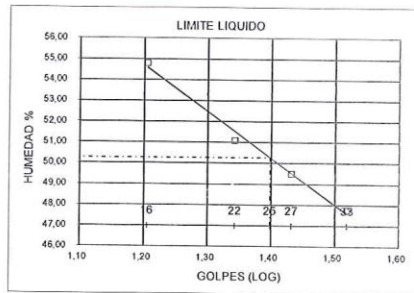


ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
 Tele-fax: 2540594. Celular: 099893091-099892335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. :	ESTUDIO GEOLÓGICO PARA EL ANÁLISIS DE SUCEPTIBILIDAD DEL TERRENO EN LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA LOJA				
UBIC. :	SARAGURO	MUESTRA :	1		
FECHA :	JUNIO 2015	OPERADOR :	D. I. C.	PROFUND. :	1,00 m.
1.- CONTENIDO HUMEDAD	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w % RESULTADO
		55,87	47,92	27,78	39,47
		56,08	47,86	27,24	39,86
2.- LIM. LIQUIDO	33	37,51	33,56	25,29	47,76
	27	35,17	31,72	24,75	49,50
	22	37,59	34,10	27,27	51,10
	16	35,80	32,16	25,52	54,82
3.- LIMITE PLASTICO		33,03	31,77	27,23	27,75
		34,65	33,13	27,63	27,64
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-				
PESO IN=	87,7 (H/S)	H	GRAVA= 0 %		
PESO INICIAL DE CALCULO:	62,8		ARENA= 46 %		
			FINOS= 54 %		
TAMIZ	PESO R. %	R. A.	% PASA	LL = 50,00 %	
1 1/2"	0,00	0,0	100	LP = 28,00 %	
1"	0,00	0,0	100	IP = 22,00 %	
3/4"	0,00	0,0	100		
1/2"	0,00	0,0	100		
3/8"	0,00	0,0	100		
No. 4	0,29	0,5	100	CLASIFICACION:	
No. 10	1,96	3,6	96	SUCS = CH1	
No. 40	8,77	17,5	82	AASHTO = A-7-6	
No. 200	17,95	46,1	54	IG(86) = 9	
COLOR=	CAFÉ			IG(45) = 9	



Diego I. Castillo
 Ing. Diego I. Castillo
 LABORATORIO



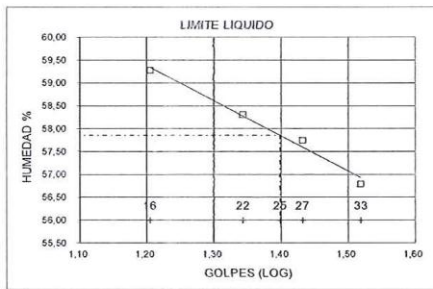


ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LANSAMANTOS, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
 Tele-fax: 2445554. Celular: 098283061 098592335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. :	ESTUDIO GEOLÓGICO PARA EL ANÁLISIS DE SUCEPTIBILIDAD DEL TERRENO EN LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA LOJA					
UBIC. :	SARAGURO			MUESTRA : 1		
FECHA :	JUNIO-2015			OPERADOR: D.O PROFUND.: 2,00 m.		
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		67,92 57,85	55,20 48,29	27,55 27,55	46,00 46,09	46,05
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 22 16	37,34 37,70 36,83 38,04	33,75 34,05 33,57 34,24	27,43 27,73 27,98 27,83	56,80 57,75 58,32 59,28	57,86
3.- LIMITE PLASTICO		30,87 34,41	29,67 32,69	25,98 27,35	32,52 32,21	32,37
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO IN=	82,8 (H/S)	H	GRAVA= 0 %			
PESO INICIAL DE CALCULO:	56,7	ARENA= 8 %				
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA	FINOS= 92 %		
1 1/2"	0,00	0,0	100	LL = 58,00 %		
1"	0,00	0,0	100	LP = 32,00 %		
3/4"	0,00	0,0	100	IP = 26,00 %		
1/2"	0,00	0,0	100	CLASIFICACION: SUCS = MH1 AASHTO= A-7-5 IG(86) = 29 IG(45) = 18		
3/8"	0,00	0,0	100			
No. 4	0,08	0,1	100			
No. 10	0,68	1,3	99			
No. 40	1,67	4,3	96			
No. 200	2,30	8,3	92			
COLOR=	CAFÉ					



Ing. Diego I. Vazallo
LABORATORIO



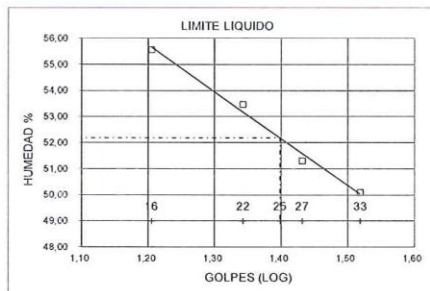


ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORAATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
 Tele-fax: 2440594. Celular: 092833051-092592335 E-mail: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. :	ESTUDIO GEOLÓGICO PARA EL ANÁLISIS DE SUCEPTIBILIDAD DEL TERRENO EN LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA LOJA					
UBIC. :	SARAGURO			MUESTRA : 1		
FECHA :	JUNIO-2015		OPERADOR: D.O		PROFUND. : 3,00 m.	
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		48,23	41,98	25,19	37,22	
		42,28	37,55	25,33	38,71	37,97
2.- LIM. LIQUIDO	33	34,92	32,47	27,58	50,10	
	27	37,91	34,40	27,56	51,32	
	22	35,07	32,31	27,15	53,49	
	16	34,11	30,92	25,18	55,57	52,19
3.- LIMITE PLASTICO		32,41	31,13	26,76	29,29	
		31,98	30,62	25,97	29,25	29,27
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO IN=	99,3	(H/S)	H	GRAVA=	1	%
PESO INICIAL DE CALCULO:	72,0			ARENA=	9	%
				FINOS=	91	%
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA	LL =	52,00	%
1 1/2"	0,00	0,0	100	LP =	29,00	%
1"	0,00	0,0	100	IP =	23,00	%
3/4"	0,00	0,0	100			
1/2"	0,00	0,0	100			
3/8"	0,00	0,0	100			
No. 4	0,56	0,8	99	CLASIFICACION:		
No. 10	0,50	1,5	99	SUCS =	MH1	
No. 40	1,79	4,0	96	AASHTO=	A-7-6	
No. 200	3,90	9,4	91	IG(86)=	24	
COLOR=	CAFÉ			IG(45)=	16	



Ing. Diego I. Castillo
 LABORATORIO



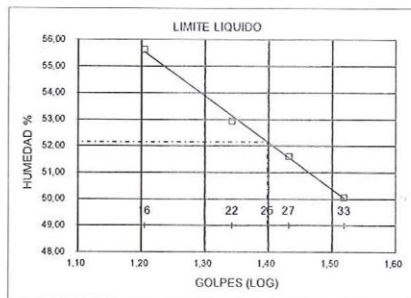


ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORÍA
 Tele-fax: 2510591. Celular: 099883051-95952335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. :	ESTUDIO GEOLÓGICO PARA ANÁLISIS DE SUCEPTIBILIDAD DEL TERRENO EN LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA LOJA					
UBIC. :	SARAGURO					
FECHA :	JUNIO-2015	OPERADOR :	D.O	MUESTRA :	1	
				PROFUND. :	4,00 m.	
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w % RESULTADO	
1.- CONTENIDO HUMEDAD		41,31	33,89	19,25	50,68	
		47,26	39,76	25,03	50,92	50,80
2.- LIM. LIQUIDO	33	37,48	33,83	26,54	50,07	
	27	32,80	30,10	24,87	51,63	
	22	37,99	34,30	27,33	52,94	
	16	35,81	32,70	27,11	55,64	52,15
3.- LIMITE PLASTICO		29,80	28,85	25,51	28,46	
		31,92	30,85	27,19	29,23	28,85
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO IN=	100,8 (H/S)	H	GRAVA= 0 %			
PESO INICIAL DE CALCULO:	66,9		ARENA= 3 %			
			FINOS= 97 %			
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA	LL = 52,00 %		
1 1/2"	0,00	0,0	100	LP = 29,00 %		
1"	0,00	0,0	100	IP = 23,00 %		
3/4"	0,00	0,0	100			
1/2"	0,00	0,0	100			
3/8"	0,00	0,0	100			
No. 4	0,00	0,0	100	CLASIFICACION:		
No. 10	0,48	0,7	99	SUCS = MH1		
No. 40	0,69	1,7	98	AASHTO= A-7-6		
No. 200	1,02	3,3	97	IG(86)= 27		
COLOR=	CAFÉ			IG(45)= 16		



Ing. *Diego I. Castillo*
 LABORATORIO



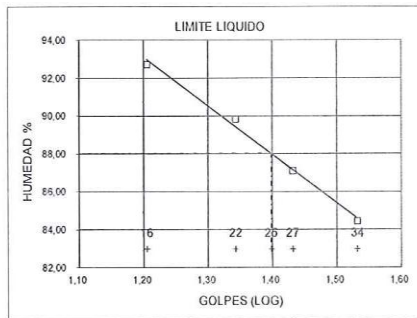


ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
 Tele-fax: 2540594. Celular: 099899051-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : ESTUDIO GEOLÓGICO PARA EL ANÁLISIS DE SUCEPTIBILIDAD DEL TERRENO EN LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA LOJA						
UBIC. : SARAGURO		MUESTRA : 1				
FECHA : JUNIO-2015		OPERADOR: D.O		PROFUND. : 5,00 m.		
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		49,81	41,41	25,73	53,57	
		54,91	45,00	27,11	55,39	54,48
2.- LIM. LIQUIDO	34	36,48	32,46	27,70	84,45	
	27	34,64	30,24	25,19	87,13	
	22	35,46	30,86	25,74	89,84	
	16	32,54	28,45	24,04	92,74	88,02
3.- LIMITE PLASTICO		30,63	29,61	27,03	39,53	
		29,45	28,43	25,88	40,00	39,77
4.- GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO IN= 120,2 (H/S) H		PESO INICIAL DE CALCULO: 77,8		GRAVA= 1 %		
TAMIZ		PESO R. %	R.A.	% PASA	ARENA= 11 %	
1 1/2"		0,00	0,0	100	FINOS= 88 %	
1"		0,00	0,0	100	LL = 88,00 %	
3/4"		0,00	0,0	100	LP = 40,00 %	
1/2"		0,00	0,0	100	IP = 48,00 %	
3/8"		0,00	0,0	100	CLASIFICACION:	
No. 4		0,87	1,1	99	SUCS = MH1	
No. 10		0,98	2,4	98	AASHTO= A-7-5	
No. 40		2,82	6,0	94	IG (86) = 51	
No. 200		4,48	11,8	88	IG (45) = 20	
COLOR= CAFÉ						



Ing. Diego I. Castillo
 LABORATORIO



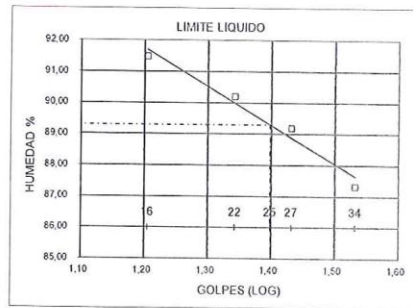


ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
 Tele-fax: 2540594. Celular: 09883351-09882335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. :	ESTUDIO GEOLÓGICO PARA EL ANÁLISIS DE SUCEPTIBILIDAD DEL TERRENO EN LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA LOJA				
UBIC. :	SARAGURO		MUESTRA : 1		
FECHA :	JUNIO-2015	OPERADOR:	D.O	PROFUND. :	6,00 m.
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w % RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		52,67	43,70	17,24	33,90
		62,38	53,02	25,00	33,40
					33,65
2.- LIM. LIQUIDO	34	33,44	29,51	25,01	87,33
	27	35,00	31,12	26,77	89,20
	22	33,64	29,68	25,29	90,21
	16	33,39	29,63	25,52	91,48
					89,30
3.- LIMITE PLASTICO		29,94	28,62	25,33	40,12
		32,33	30,93	27,51	40,94
					40,53
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-				
PESO IN=	59,7 (H/S)	H	GRAVA= 0 %		
PESO INICIAL DE CALCULO:	44,6		ARENA= 21 %		
			FINOS= 79 %		
TAMIZ	PESO R. % R.A.	% PASA	LL = 89,00 %		
1 1/2"	0,00	0,0	LP = 41,00 %		
1"	0,00	0,0	IP = 48,00 %		
3/4"	0,00	0,0	CLASIFICACION:		
1/2"	0,00	0,0	SUCS = MH1		
3/8"	0,00	0,0	AASHTO= A-7-5		
No. 4	0,00	0,0	IG(86)= 44		
No. 10	1,03	2,3	IG(45)= 20		
No. 40	2,65	8,2			
No. 200	5,63	20,9			
COLOR=	CAFÉ				



Diego I. Castillo
 Ing. Diego I. Castillo
 LABORATORIO





ANEXO 7

Registro fotográfico de SEV y SPT



-SPT (ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR)





-SEV (SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES)

