



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos

Naturales no Renovables

**Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y
Ordenamiento Territorial**

**Prospección geofísica en los movimientos en masa aguas arriba de la
represa del Delsitanisagua, provincia de Zamora Chinchipe.**

**Trabajo de Titulación, previo a la
obtención del título de Ingeniera
en Geología Ambiental y
Ordenamiento Territorial.**

AUTORA:

Camila Soraya Vire Hualpa

DIRECTOR:

Ing. Danilo Ortega Mg. Sc

Loja – Ecuador

2024

Certificación

Loja, 28 de octubre de 2024

MSc. Carlos Danilo Ortega Vallejo

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Prospección geofísica en los movimientos en masa aguas arriba de la represa del Delsitanisagua, provincia de Zamora Chinchipe.**, previo a la obtención del título de **Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, de la autoría de la estudiante **Camila Soraya Vire Hualpa**, con **cédula de identidad Nro. 1150836276**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

MSc. Carlos Danilo Ortega Vallejo

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Camila Soraya Vire Hualpa**, declaro ser autora del presente Trabajo de Titulación y eximo a la Universidad Nacional de Loja y sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente, acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma: 

Cédula de identidad: 1150836276

Fecha: 28 de octubre 2024

Correo electrónico: camila.vire@unl.edu.ec

Teléfono: 0985045783

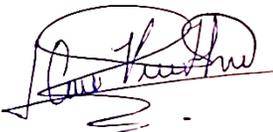
Carta de autorización por parte de la autora, para la consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **Camila Soraya Vire Hualpa**, declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **Prospección geofísica en los movimientos en masa aguas arriba de la represa del Delsitanisagua, provincia de Zamora Chinchipe**, como requisito para optar al título de: **Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

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

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los veintiocho días del mes de octubre del dos mil veinticuatro.

Firma: 

Cédula de identidad: 1150836276

Fecha: 28 de octubre 2024

Correo electrónico: camila.vire@unl.edu.ec

Teléfono: 0985045783

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Titulación: Ing. Carlos Danilo Ortega Vallejo. Mg. Sc

Dedicatoria

El presente trabajo de titulación va dedicado con mucho amor principalmente a Dios porque sin la presencia de él en mi vida nada es posible, él ha iluminado mi camino para seguir adelante y poder culminar con esta meta tan importante de mi vida.

A mis padres, Betty Hualpa y Johnson Vire que con esfuerzo y amor me han brindado apoyo y me han impulsado a continuar con mis estudios y formarme profesionalmente; a mis hermanas, Jhulissa Vire y Valeria Vire que han sido mi inspiración y mi ejemplo a seguir, me han motivado y aconsejado para cumplir mis metas y sueños.

Camila Soraya Vire Hualpa

Agradecimiento

Quiero agradecer principalmente a Dios por guiarme en el camino correcto y darme mucha fuerza en los obstáculos que se presentaron durante el trayecto de mi formación académica.

Agradezco a mis padres porque han estado presentes en todo momento tanto en mi vida personal como profesional, apoyándome, cuidándome y brindándome consejos para cumplir mis objetivos y ser una mejor persona.

Agradezco a mis hermanas porque me han dado fuerza y motivación para continuar con mis actividades académicas y culminar con éxito uno de mis mayores anhelos de vida.

Agradezco a mi tutor porque me ha compartido sus conocimientos y por ser mi guía en la elaboración del presente trabajo de titulación.

Agradezco a los profesionales de la Coordinación Zonal 7 del Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias y CELEC EP, por haberme permitido participar en la campaña geofísica y elaborar mi trabajo referente a este tema.

Agradezco a mis amigos aquellos que me compartieron sus conocimientos en el trayecto de cada ciclo hasta el desarrollo y culminación del presente trabajo de titulación.

Finalmente, agradezco a la Universidad Nacional de Loja por haberme permitido estudiar en esta institución tan prestigiosa de nuestro país y a los docentes de la carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial por haberme brindado sus conocimientos y valores.

Camila Soraya Vire Hualpa

Índice de contenidos

Portada	I
Certificación	II
Autoría	III
Carta de autorización	IV
Dedicatoria	V
Agradecimiento	VI
Índice de contenidos	VII
Índice de tablas	VIII
Índice de figura	IX
Índice de anexos.....	XI
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico	7
4.1. Estudios Realizados en el Proyecto Hidroeléctrico Delsitanisagua	7
4.2. Variables de Investigación	9
4.2.1. Geología.....	9
4.2.2. Movimientos en Masa.....	17
4.2.3. Geofísica	21
4.3. Definiciones Metodológicas de Investigación	25
4.3.1. Metodología para el Reconocimiento Geológico.....	26
4.3.2. Metodología para la Caracterización de Movimientos en Masa.....	30
4.3.3. Metodología para la prospección geofísica.....	33
5. Metodología	40
5.1. Descripción del Área de Estudio	40
5.1.1. Ubicación.....	40
5.1.2. Acceso	40
5.1.3. Topografía	41
5.1.4. Geomorfología.....	42

5.1.5. Pendientes.....	43
5.1.6. Hidrología.....	44
5.1.7. Clima y Vegetación.....	44
5.1.8. Suelo.....	45
5.1.9. Geología Regional.....	45
5.2. Materiales y Métodos.....	47
5.2.1. Materiales y Equipos.....	47
5.2.2. Metodología.....	49
6. Resultados.....	58
6.1. Geología Local.....	58
6.1.1. Suelo Residual.....	59
6.1.2. Depósito Coluvial.....	60
6.2. Movimientos en masa.....	61
6.3. Tomografías de Resistividad Eléctrica 2D.....	70
6.3.1. Línea Mijas 01.....	71
6.3.2. Línea Mijas 02.....	73
6.3.3. Línea Mijas 03.....	75
6.3.4. Línea Mijas 04.....	78
6.3.5. Línea Mijas 05.....	80
6.3.6. Línea Mijas 06.....	82
6.3.7. Línea Mijas 07.....	84
6.3.8. Línea Mijas 08.....	86
7. Discusión.....	89
8. Conclusiones.....	92
9. Recomendaciones.....	93
10 Bibliografía.....	94
11. Anexos.....	97

Índice de tablas

Tabla 1. Etapas de Mapeo Geológico.....	16
Tabla 2. tamaño de cristales promedio para rocas ígneas y metamórficas.....	28
Tabla 3 Tipos de movimiento.....	31

Tabla 4 Tipo de material.	31
Tabla 5 Humedad del material.	31
Tabla 6 Criterios para estimar cualitativamente la plasticidad de un material, estándares ASTM.	32
Tabla 7. Resistividad de rocas y materiales más comunes, Loke, (2012).....	39
Tabla 8. Valores de resistividad de agua y rocas, Astier (1982).....	39
Tabla 9. Coordenadas del área de estudio, DATUM WGS84	40
Tabla 10. Clasificación de la pendiente del área de estudio	43
Tabla 11. Coordenadas UTM de los movimientos en masa	51
Tabla 12. Descripción de los perfiles eléctricos	53
Tabla 13. Unidades encontradas en las líneas geofísicas.....	91

Índice de figura

Figura 1 El ciclo de las rocas	10
Figura 2 Esfuerzos que influyen en la deformación de las rocas.....	14
Figura 3 Niveles estructurales de la corteza terrestre	15
Figura 4 Nomenclatura de un deslizamiento.	19
Figura 5. Dimensiones de un talud, IAEG Commission on Landslides (1990).....	21
Figura 6. Clasificación del tamaño de grano de sedimentos terrígenos.....	27
Figura 7. Ejemplo de secuencia usada para construir una pseudosección con un arreglo.....	34
Figura 8. Dispositivos más comunes.	36
Figura 9. Rangos de resistividad de los rangos geológicos. Placky, (1981).....	38
Figura 10. Ubicación del área de estudio.....	40
Figura 11. Acceso al área de estudio	41
Figura 12. Topografía del área de estudio.	41
Figura 13. Geoformas en la zona de estudio.....	42
Figura 14. Pendientes de la zona de estudio.	43
Figura 15. Mapa de flujos del área de estudio	44
Figura 16. Geología Regional del área de estudio.....	46
Figura 17. Flujograma de la metodología.....	49
Figura 18. Ubicación de afloramientos.....	50
Figura 19. Conexión de los instrumentos al equipo.....	53

Figura 20. Distribución de las líneas geofísicas.	54
Figura 21. Topografía incluida en el archivo *.dat.....	55
Figura 22. Depuración de datos	56
Figura 23. Pasos para la elaboración del perfil geoelectrico en el programa.	57
Figura 24. Mapa Litológico de la zona de estudio.....	58
Figura 25. Suelo Residual	59
Figura 26. Suelo Residual.....	60
Figura 27. Marial que compone el depósito coluvial.....	61
Figura 28. Localización de los movimientos en masa	62
Figura 29. Dimensiones del movimiento M0	63
Figura 30. Perfil del movimiento M0	64
Figura 31. Dimensiones del movimiento M01	64
Figura 32. Perfil del movimiento M01	65
Figura 33. Dimensiones del movimiento M02	65
Figura 34. Perfil del movimiento M02	66
Figura 35. Dimensiones del movimiento M03	66
Figura 36. Perfil del movimiento M03	67
Figura 37. Dimensiones del movimiento M04	67
Figura 38. Perfil del movimiento M04	68
Figura 39. Dimensiones del movimiento M05	68
Figura 40. Perfil del movimiento M05	69
Figura 41. Mapa de inventario de movimientos en masa	70
Figura 42. Modelo de resistividad sin topografía Mijas01, configuración Schlumberger	71
Figura 43. Modelo de resistividad con topografía Mijas01, configuración Schlumberger	72
Figura 44. Sección Geológica Mijas 01	73
Figura 45. Perfil geoelectrico sin topografía Mijas02, configuración Schlumberger.....	74
Figura 46. Perfil Mijas02, configuración Schlumberger	74
Figura 47. Sección Geológica Mijas 02.....	75
Figura 48. Perfil geoelectrico sin topografía Mijas03, configuración Schlumberger.....	76
Figura 49. Perfil Mijas03, configuración Schlumberger	77
Figura 50. Sección Geológica Mijas 03.....	78

Figura 51. Perfil geoelectrico sin topografía Mijas04, configuración Schlumberger.....	79
Figura 52. Perfil Mijas04, configuración Schlumberger	79
Figura 53. Sección Geológica Mijas 04.....	80
Figura 54. Perfil geoelectrico sin topografía Mijas05, configuración Schlumberger.....	81
Figura 55. Perfil Mijas05, configuración Schlumberger	81
Figura 56. Sección Geológica Mijas 05.....	82
Figura 57. Perfil geoelectrico sin topografía Mijas06, configuración Schlumberger.....	83
Figura 58. Perfil Mijas06, configuración Schlumberger	83
Figura 59. Sección Geologica Mijas 06.....	84
Figura 60. Perfil geoelectrico sin topografía Mijas07, configuración Schlumberger.....	85
Figura 61. Perfil Mijas07, configuración Schlumberger	85
Figura 62. Sección Geológica Mijas 07.....	86
Figura 63. Perfil geoelectrico sin topografía Mijas08, configuración Schlumberger.....	87
Figura 64. Perfil Mijas08, configuración Schlumberger	87
Figura 65. Sección Geológica Mijas 08.....	88

Índice de anexos

Anexo 2. Fichas de descripción de afloramientos	98
Anexo 3 Fichas de movimientos en masa.....	110
Anexo 4 Datos geográficos de las líneas geofísicas	117
Anexo 5. Mapa litológico del área de estudio	125
Anexo 6. Perfil geológico.....	125
Anexo 7. Certificado de traducción del resumen.....	126

1. Título

Prospección geofísica en los movimientos en masa aguas arriba de la represa del Delsitanisagua,
provincia de Zamora Chinchipe.

2. Resumen

El presente trabajo de titulación denominado “Prospección Geofísica en los Movimientos en Masa Aguas Arriba de la Represa de la Central Hidroeléctrica Delsitanisagua, Provincia de Zamora Chinchipe.”, es un estudio técnico que se basó en el análisis de un gran movimiento en masa de tipo reptación que se está reactivando, siendo este movimiento una amenaza para la represa de la hidroeléctrica, de esta manera se analizó parámetros claves con el fin de aportar con información técnica para posteriores estudios que busquen la estabilidad de este gran movimiento.

La investigación tuvo en cuenta el comportamiento geológico superficial en el área de estudio, en el cual se caracterizó 13 afloramientos identificando una diversidad de litologías superficiales, incluyendo suelos residuales, cantos y bloques de rocas sostenidos en una matriz limo arenosa, rocas gneis altamente meteorizadas y rocas gneis poco meteorizadas a sanas, provenientes de la U. Sabanilla. El área de estudio representa un gran movimiento en masa de tipo reptación en el cual se evidenció dentro del mismo 5 deslizamientos uno de ellos es de tipo rotacional y los demás son de tipo reptación, lo que confirmó que este movimiento se está reactivando. Los movimientos en masa presentes en el área son influenciados por factores como las altas pendientes, la presencia de aguas de escorrentías, la vegetación escasa y su composición litológica.

Finalmente, se llevó a cabo la aplicación de tomografías de resistividad eléctrica para investigar la distribución de las unidades geoelectricas y sus resistividades en el área de estudio. Se implementaron 8 líneas geoelectricas en el terreno 4 longitudinales y 4 transversales, con los datos recopilados se generó la inversión geofísica en el programa Res2Dinv para obtener los perfiles geoelectricos mediante la configuración de Schlumberger los cuales revelaron la presencia de cuatro unidades geoelectricas distintas con resistividades de $30\Omega\text{m}$ hasta $6463\Omega\text{m}$, que van desde materiales detríticos con indicios de humedad hasta rocas gneis altamente fracturadas y meteorizadas a poco meteorizadas. Las interpretaciones de las tomografías eléctricas se complementaron con las observaciones de la litología superficial y la caracterización de los movimientos en masa.

Palabras clave: Geología, Litología, Movimientos en Masa, Reptación, Tomografías de Resistividad Eléctrica, Schlumberger.

Abstract

The following research study is entitled “Geophysical Prospection on Mass Movements Upstream of Delsitanisagua Hydroelectric Dam from Zamora Chinchipe Province.” It is a technical study based on the analysis of a significant reptation model of a mass movement that is being reactivated, and this movement poses a threat to the hydroelectric dam. Therefore, key parameters were analyzed to provide technical data for future studies to ensure the stability of this relevant movement.

The research took into account the superficial geological behavior in the study area, characterized by 13 outcrops that revealed a variety of surface lithologies, including soils, boulders, and rock blocks supported by sandy silt matrix, highly weathered gneiss rocks, and slightly to inweathered healthy gneiss rocks from U. Sabanilla. The study area represents a significant reptation rate mass movement, within which five slides were identified, one of which is rotational, while the others are reptational type; as a result, it confirms that this movement has been reactivating. The mass movements in the area are influenced by factors such as high slopes, runoff waters, the lack of vegetation, and lithological composition.

Finally, electrical resistivity tomographies were applied to investigate the distribution of geoelectric units and their resistivities in the study area. Eight geoelectric lines were implemented in the field, four longitudinal and four transversal; with the data collected, the geophysical investment was generated in the Res2Dinv program to obtain the geoelectric profiles using the Schlumberger configuration, which revealed the presence of four different geoelectric units with resistivities from $30\Omega\text{m}$ to $6463\Omega\text{m}$, ranging from dendritic materials with indications of moisture to highly fractured and weathered rocks. Observations of surface lithology and mass movement characterization complemented electrical tomographies' interpretations.

Keywords: Geology, Lithology, Mass Movements, Reptation, Electrical Resistivity Tomographies, Schlumberger.

3. Introducción

Según Aristizábal et al., (2010) los fenómenos de remoción en masa es uno de los riesgos geológicos que frecuentemente afectan a la sociedad; suelen ser movimientos bruscos de grandes extensiones de tierra que pueden conducir a un alto impacto económico, siendo importante su estudio tanto para las fases previas del evento como las posteriores, no obstante, el alcance del impacto depende significativamente de las condiciones geológicas del área y sus vulnerabilidades socioeconómicas.

En la Guía para evaluación de amenazas preparado a través del Grupo de Estándares para Movimientos en Masa, (GEMMA, 2007), menciona que los movimientos en masa son procesos importantes en los países andinos, debido a que algunos de los peores desastres que han ocurrido en el mundo asociados a este fenómeno se han originado en la región Andina, afectando a diversas actividades.

Del mismo modo, Vázquez Roura, (2013) expresa que Ecuador por ser uno de los países andinos evidencia una morfología que lo hace susceptible a desastres naturales característicos de las zonas montañosas, siendo los movimientos de masa uno de los más recurrentes y potencialmente peligrosos. En efecto, los estudios realizados en base a los hechos demuestran que estos fenómenos merecen ser observados con especial atención, debido a que su alto volumen de ocurrencia los hace más perjudiciales que otros fenómenos geológicos.

Por otro lado, La Agencia de Regulación y Control de Electricidad, (2016) menciona que el Ecuador posee un gran potencial hidroeléctrico que ha sido desarrollado por las empresas e instituciones del sector eléctrico ecuatoriano, como la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP, la cual a través de una adecuada planificación y una eficiente gestión empresarial, ha hecho posible la ejecución de obras de gran trascendencia para el desarrollo del país. Sin embargo, existen proyectos hidroeléctricos en el país que están expuestos a posibles amenazas por movimientos en masa.

Asimismo, el proyecto hidroeléctrico Delsitanisagua, posee 180 MW de potencia, la cual usa las aguas del río Zamora para un aprovechamiento hidroenergético en un tramo comprendido entre las confluencias de los ríos San Francisco y Sabanilla, beneficia tanto directa como indirectamente a 15'104,322 habitantes de Ecuador según el censo 2010. (Celec EP, 2017)

Según Petroenergía, (2022), la represa se encuentra amenazada por sedimentos que son arrastrados por los efluentes desde Loja y Saraguro y las parroquias Imbana y Sabanilla, ubicadas en el cantón Zamora, estos sedimentos que se acumulan en el embalse también suelen ser generados por movimientos en masa ubicados cerca de la represa, por lo que la empresa CELEC EP ya hace tres años que se realiza actividades técnicas para la eliminación controlada de sedimentos que se acumulan en la represa de la central hidroeléctrica Delsitanisagua, de esta manera se ha logrado recuperar la capacidad de almacenamiento del embalse.

Según entrevista realizada a Jimmy Suin, (2022), técnico de Celec EP mencionan que el movimiento en masa que se encuentra en los terrenos del Sr. Clotario Mijas, es un terreno inestable en el cual en su pie se ha reactivado un deslizamiento, su movimiento es muy veloz, generando sedimentos y depositándose en la represa; estos sedimentos son amenazantes puesto a que se acumulan en los conductos evitando que ingrese el agua al túnel de carga lo que podría provocar un represamiento originando así que se detenga la generación de energía de la central, afectando a la economía del país y a la sociedad.

Debido a que se desconoce las condiciones físicas en superficie y del subsuelo, no se puede determinar el comportamiento de la ladera, es por ello que es necesario conocer el origen del movimiento en masa, siendo este un estudio preliminar para hacer una futura intervención de estabilización, puesto a que se aportará con información que servirá de guía para posteriores análisis de la estabilidad de las laderas y de acuerdo a ello se podrá proponer alternativas o soluciones, evitando o controlando la ocurrencia de este fenómeno en la zona de estudio, es por ello que implementar la prospección geofísica sirve para el análisis de las condiciones del terreno, además mediante el uso del equipo de tomografías eléctricas se determina los factores detonantes de estos fenómenos

Objetivo General

- Prospeccionar con métodos geofísicos dirigidos a la descripción de los movimientos en masa ubicados aguas arriba de la represa del Delsitanisagua.

Objetivos Específicos

- Interpretar la litología presente en la represa de la central hidroeléctrica Delsitanisagua.

- Caracterizar los movimientos en masa presentes en la represa de la central hidroeléctrica Delsitanisagua.
- Generar el modelado del subsuelo de los movimientos en masa en la represa de la central hidroeléctrica Delsitanisagua.

Preguntas de Investigación

En base a la problemática forma se tratará de responder a las siguientes interrogantes de investigación:

¿Qué litología superficial se observa en los movimientos en masa presentes aguas arriba de la represa?

¿Cuáles son las características de los movimientos en masa aguas arriba de la represa del Delsitanisagua?

¿Qué parámetros se pueden obtener a partir de las tomografías de resistividad eléctrica en movimientos en masa?

Hipótesis

Mediante la aplicación de la prospección geofísica, empleando la técnica de tomografía de resistividad eléctrica 2D, con la interpretación de los perfiles longitudinales y transversales se podrá determinar los detonantes principales que generan los movimientos en masa en el sector, de esta manera se aportará con información relevante para posteriores estudios más a detalle y así encontrar un manejo adecuado de estabilización para la ladera que se encuentran amenazando a la represa de la Central Hidroeléctrica Delsitanisagua.

4. Marco Teórico

4.1. Estudios Realizados en el Proyecto Hidroeléctrico Delsitanisagua

El 14 de enero del 2010 se creó la empresa Pública Estratégica Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP mediante el decreto Ejecutivo No. 220. El contrato CELEC EP-060-2011 para la: “Construcción de las obras civiles, ingeniería de detalle, suministro, montaje, prueba del equipamiento y puesta en marcha de la central Hidroeléctrica Delsitanisagua” se suscribe el 14 de octubre del 2011 y en noviembre del mismo año se inicia la construcción del proyecto hidroeléctrico Delsitanisagua y siete años después comienza su funcionamiento, inaugurándose el 21 de diciembre del 2018; la central se beneficia de un caudal medio anual de 47,3 m³/s disponibles para su generación proveniente del río Zamora, desde septiembre del 2018 hasta julio del 2022 ha aportado 3.000,04 GWh de energía neta. Los estudios e investigaciones ejecutados en la etapa de pre-factibilidad del proyecto Hidroeléctrico se desarrollaron entre diciembre de 1997 y mayo de 1998. Entre los años 2000 al 2002, la Unión Fenosa Internacional de España ejecutaron investigaciones y el diseño para la fase de factibilidad. (Maritza, 2013, p. 6)

Se realizaron investigaciones geológicas las cuales se emplearon en dos etapas, en la primera a través de las visitas técnicas de campo se obtuvieron la adquisición de datos geológicos, geotécnicos y sismológicos, a partir de ello se eligió el esquema más óptimo. Para la segunda fase en las áreas determinadas a partir del esquema seleccionado en la primera fase se realizaron las exploraciones geológicas, campañas y ensayos de prospección geofísica y pruebas de laboratorio determinando las propiedades físico-mecánicas y características geológicas e ingenieriles de las rocas y suelo en el área del proyecto. (Maritza, 2013, pp. 6-7)

Para concluir con el diseño detallado, el 12 al 22 de noviembre de 2011 la empresa Hydrochina envió un equipo de profesionales técnicos para visitar el sitio los cuales realizaron una inspección para obtener datos que faltaban. Para el 17 de diciembre del 2011, comenzaban los levantamientos topográficos por parte de una comisión de topografía de Hydrochina. Para el 2012 se iniciaron diferentes mapeos para determinar los sitios de reconocimiento geológico los cuales iniciaron el 15 de enero, el 10 de abril comenzó la investigación con sondeos geotécnicos; asimismo el 14 de mayo se realizaron los muestreos y análisis de agua; el análisis de suelo inició el 31 de mayo y el de rocas se iniciaron el 9 de junio, del mismo modo la prospección geofísica sobre el terreno se inició el 2 de junio, culminando todos estos trabajos hasta el 10 de septiembre del 2012. (Maritza, 2013, p. 7)

- **Estudios Geológicos**

Mediante perforaciones realizadas por parte de Celec EP, (2017) el margen izquierdo de la presa está constituido por depósitos coluviales y deluviales de espesores entre 3 a 8m se encuentran en una altitud de aproximadamente por arriba del 1587m, del mismo modo, entre los 1587m-1560m se encuentran gneis completamente meteorizados compuesto por gravas blandas meteorizadas, suelo y arena, sin embargo, por debajo de 1560m se encuentran gneis de intensa meteorización cabe recalcar que estos se localizan únicamente alrededor del desarenador y acceso a la presa. Por otro lado, en el margen derecho de la presa en altitudes arriba de 1497m se encuentra depósito de diluvial con espesores de 3m a 8m de espesor; entre los 1497m-1500m se aflora gneis de intensamente a completamente meteorizado conformados gravas y suelos meteorizados; entre los 483m-1478m se aflora gneis moderadamente meteorizado y relativamente integrado; por debajo de 1478m se aflora macizo rocoso muy sano, cuya litología es roca fresca o ligeramente meteorizada, muy dura.

Así mismo, de acuerdo con al análisis de los testigos de perforación realizados en la presa indican la presencia de una falla con ángulo de inclinación fuerte, se estima que el ancho de falla es de 1cm-3cm con relleno de material de zona falla de color blanquecino compactada. Los planos de falla presentan ondulación con gran variación de ocurrencia y en los planos superior e inferior de falla se observan rasgaduras. En cuanto al macizo rocoso en la parte superior de la falla es fresco y sano, pero en la zona inferior de la falla no presenta buena integridad debido a la presencia de foliaciones de gneis y zona de alteración. (Celec EP, 2017)

- **Monitoreo de seguridad de taludes de la presa**

Celec EP (2017), a través de su informe justificación de diseño de instrumentaciones y monitoreo de seguridad del talud de margen izquierdo de la presa menciona que:

El 15 de febrero de 2013, en el talud izquierdo se inició la excavación, durante la construcción, en función de las condiciones geológicas reveladas, se realizó la investigación complementaria y tratamiento de reforzamiento, lo cual incluye lo siguiente : Del febrero al octubre de 2014, se paralizó la excavación del talud, realizando la investigación complementaria y tratamiento de reforzamiento para el cuerpo de buzamiento EL.1553m~ 1528m y zonas de alteración. Luego del febrero de 2015, se presentó el aumento de desplazamiento de extensómetros y puntos superficiales. El 12 de

marzo, hasta la cota 1473m, en la berma EL.1493m y la cresta de bocatoma se presentaron grietas de tensión, luego se aumentó la inspección del campo, en la zona EL.1493m ~ 1528m, arriba de la presa 0-35m ~ abajo de la presa 0+30m, se descubrieron muchas grietas distribuidas a lo largo de las zonas de alteración. Por medio del análisis y estudios, se realizó el reforzamiento controlando el buzamiento de macizo rocoso del talud. A mediados de septiembre de 2015, se terminó la excavación de todo el talud, revelando 3 zonas blandas con buzamiento suave WZ1, WZ2 y WZ3 en la excavación al pie del talud. WZ3 aflora en el fondo del talud de zampeado delantal, aguas arriba y abajo desaparece en punta, buzando adentro del margen, no tiene ningún impacto desfavorable para el talud. Las zonas blandas de WZ1 y WZ2 buzan fuera del margen, muy ancho y de extensión continua, existe una influencia desfavorable para la estabilidad del talud izquierdo, en el campo se realizó la investigación complementaria y aumento de monitoreo, mientras tanto se llevó a cabo los estudios y análisis para la estabilidad del talud. Desde octubre de 2015, se han implementado las medidas de cables postensados, pilar de anclajes, galería de llave corte, agujeros profundos del talud.

4.2. Variables de Investigación

4.2.1. Geología

La palabra geología tiene su origen en el griego, donde “geo” significa Tierra y “logos” se traduce como "discurso". Esta disciplina científica se dedica a estudiar y comprender el planeta Tierra. Tradicionalmente, la geología se ha dividido en dos grandes campos: la geología física y la geología histórica (Tarbuck et al., 2005, p. 1)

4.2.1.1. Petrología

Según Plaza (s.f.), la litosfera, también conocida como corteza terrestre, está compuesta por rocas, las cuales incluyen todos los minerales, a excepción del agua y el hielo. Las rocas, o matrices rocosas, son agregados de múltiples especies minerales que mantienen características similares en una amplia región de la corteza terrestre. Un macizo o masa rocosa consiste en una o varias matrices rocosas que poseen una estructura específica, muestran un cierto grado de alteración y contienen varias discontinuidades. La petrología es la disciplina que investiga las rocas en su totalidad, abarcando su origen, composición, propiedades físico-químicas y procesos de transformación, entre otros aspectos (p. 21).

4.2.1.1.1. El Ciclo de las Rocas

Según Tarbuck et al. (2005), las rocas son los materiales más predominantes y comunes en la Tierra. Un examen detallado de una roca revela que está formada por pequeños cristales o granos conocidos como minerales. Los minerales son compuestos químicos o, en ocasiones, elementos únicos, que tienen su propia composición y propiedades físicas. Estos cristales o granos pueden ser tan pequeños que necesitan un microscopio para ser vistos, o pueden ser lo suficientemente grandes para ser visibles a simple vista. La textura de una roca, que incluye el tamaño, la forma y la disposición de sus minerales, también afecta su apariencia.

Los minerales granulares que componen la fase sólida del suelo resultan de la intemperie y la erosión de las rocas. Las características físicas del suelo, como el tamaño, la forma y la composición química de los granos, son determinantes clave de sus propiedades. Para comprender estos factores, es esencial conocer los tipos de rocas que constituyen la corteza terrestre. Dependiendo del origen las rocas se clasifican en ígneas, sedimentarias y metamórficas (Braja M. Das, 2014, p.16)

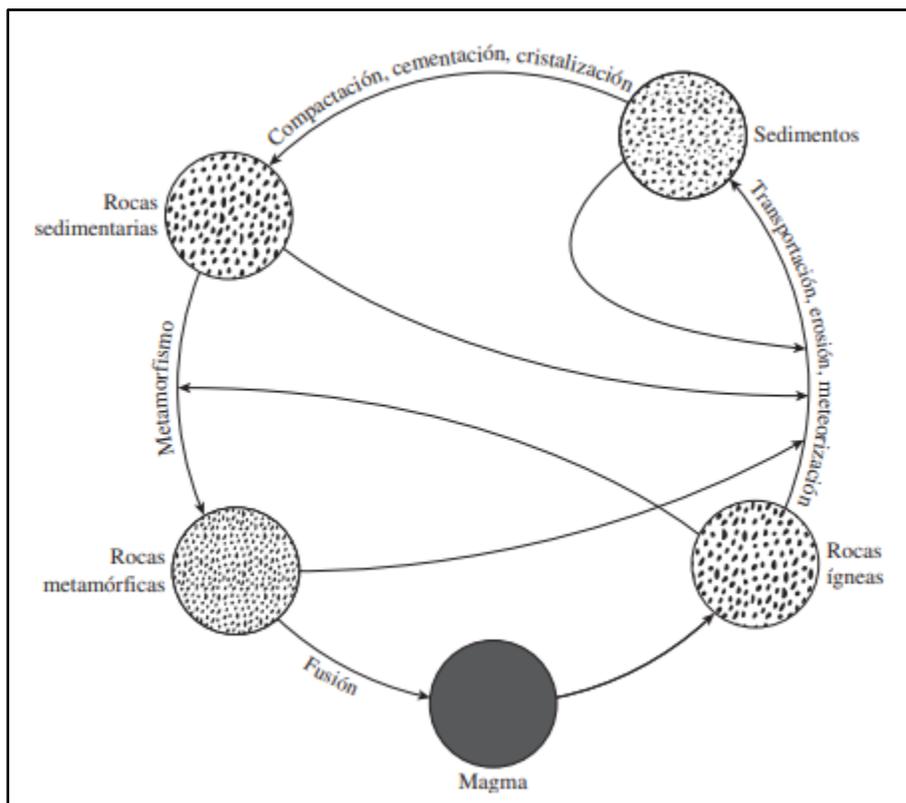


Figura 1 El ciclo de las rocas
Fuente: (Braja M. Das, 2014)

4.2.1.1.2. Rocas Ígneas.

Según Braja M. Das (2014), cuando el magma expulsado del manto de la tierra se enfría y solidifica se originan las rocas ígneas. En una erupción volcánica o a través de fisuras, una parte del magma fundido se enfría en la superficie de la tierra, cuando el magma se detiene bajo la superficie y se enfría se forman las rocas ígneas intrusivas o plutónicas. La composición del magma y su velocidad para enfriarse y solidificarse son factores importantes para determinar el tipo de roca ígnea resultante.

Bowen (1922) tras varias investigaciones determinó que el enfriamiento del magma influye en la formación de distintos tipos de roca, esto se lo explica en la serie de reacción de Bowen en donde detalla la secuencia en la que se originan nuevos minerales a medida que el magma se enfría, en ocasiones los cristales minerales se agrandan mientras que algunos se asientan. Los cristales que se encuentran en suspensión reaccionan con el magma fundido restante para formar así nuevos minerales a temperaturas más bajas; este proceso continúa hasta que el material fundido se solidifique en su totalidad. Bowen dividió estas reacciones en dos clases: la serie de reacción discontinua ferromagnesiana, donde los minerales formados varían en su composición química y estructura cristalina, y la serie de reacción continua de plagioclasas-feldespatos, donde los minerales formados tienen diferentes composiciones químicas, pero similares estructuras cristalinas. (Braja M. Das p.17, 2014).

4.2.1.1.3. Meteorización.

La meteorización, es un proceso que disgrega a las rocas en fragmentos más pequeños, en los cuales se involucran factores tanto físicos como químicos. La meteorización mecánica resulta de cambios térmicos que provocan la expansión y contracción de las rocas, con el agua desempeñando un papel crucial al filtrarse en las fisuras y poros y luego congelarse, fracturando incluso rocas grandes. Además del agua, otros agentes físicos como los glaciares y el viento contribuyen a este proceso. Por otro lado, la meteorización química implica la transformación de minerales originales de la roca en nuevos minerales mediante reacciones químicas, incluyendo la formación de ácido carbónico a partir de la interacción del agua y el dióxido de carbono atmosféricos. Esta interacción, junto con sales solubles en el agua subterránea y ácidos orgánicos derivados de la materia orgánica en descomposición, contribuye al desgaste químico de las rocas. (Braja M. Das, 2014)

4.2.1.1.4. Transporte.

Según Braja M. Das, (2014), el transporte de los productos generados por la meteorización puede ocurrir de diversas maneras. Estos productos pueden permanecer en su lugar original o ser desplazados hacia otros lugares por la acción del hielo, el agua, el viento y la gravedad. Los suelos que se forman en el lugar de origen de estos productos se conocen como suelos residuales, los cuales se caracterizan por una gradación en el tamaño de las partículas. En la superficie, los suelos suelen tener partículas finas, mientras que a mayor profundidad pueden encontrarse fragmentos angulares de roca.

Los suelos transportados se clasifican en diferentes categorías teniendo en cuenta su método de transporte y deposición, estos son: suelos glaciares, formados por la acción de los glaciares; suelos aluviales, originados por corrientes de agua y depositados a lo largo de los cursos de los ríos; suelos lacustres, resultado de la deposición en lagos; suelos marinos, formados por la deposición en el mar y suelos eólicos, transportados y depositados por el viento. (Braja M. Das, 2014, p. 21).

4.2.1.1.5. Rocas Sedimentarias.

Según Braja M. Das, (2014), las rocas sedimentarias se basan en la compactación y cementación de depósitos que han sido meteorizados como grava, arena, limo y arcilla. Estos materiales se cementan gracias a agentes como el óxido de hierro, la calcita, la dolomita y el cuarzo, los agentes cementantes son comúnmente transportados en solución por el agua subterránea, la cual llena los espacios entre las partículas y forma las rocas sedimentarias. A estas rocas se les denomina rocas sedimentarias detríticas, y todas poseen una textura clástica. Las rocas sedimentarias también pueden formarse mediante procesos químicos, las cuales se clasifican como rocas químicas y pueden presentar texturas clásticas o no clásticas. Las rocas sedimentarias, una vez formadas, pueden ser sometidas nuevamente a la meteorización, dando origen a nuevos sedimentos, o bien, pueden experimentar un proceso de metamorfismo, transformándose en rocas metamórficas. (pp. 21-22)

4.2.1.1.6. Rocas Metamórficas.

Para Braja M. Das, (2014) el proceso de metamorfismo se trata sobre las variaciones en la composición y la textura de las rocas que son sometidas al calor y la presión, sin llegar a la fusión. Durante este proceso, los granos minerales experimentan esfuerzos que resultan en una textura foliada que son características en las rocas metamórficas.

La roca gneis es una roca metamórfica que se forma a partir del metamorfismo regional intenso de rocas ígneas como el granito, el gabro y la diorita. Asimismo, las lutitas con un metamorfismo de bajo grado dan lugar a la formación de pizarras, que debido al calor los minerales de arcilla se transforman en clorita y mica. La filita, por su parte, es una roca metamórfica que se origina a partir de lutitas sometidas a un mayor grado de metamorfismo, con temperaturas superiores a los 250-300°C. El esquisto, se forma a partir de una mezcla de rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias, presenta una textura foliada y presencia de escamas de minerales micáceos. (Braja M. Das, p.22, 2014)

4.2.1.2. Geología Estructural

Según Spirkermann (2010), la geología estructural se enfoca en el estudio de las deformaciones experimentadas por los materiales rocosos de la corteza terrestre, las cuales son mayormente provocadas por procesos endógenos. En un sentido más amplio, se utiliza el término diastrofismo para englobar dos tipos de fenómenos endógenos: la orogenia, que implica la formación de montañas acompañada de la deformación de rocas, y la epirogenia, que se refiere al ascenso o descenso regional sin deformaciones significativas, relacionado con los continentes.

Se usa el término tectónica para el estudio de la estructura en relación a las fuerzas y los movimientos que han actuado en una región. El propósito de la Geología Estructural y el de la Tectónica no se reducen al estudio de la mecánica de deformación de las rocas, sino que, además, intenta reproducir la Historia Geológica mostrada por las rocas de una región en un período tectónico posterior al concerniente al estratigráfico, donde las estructuras producidas por la tectónica son posteriores a la secuencia estratigráfica previa. (Spirkermann p.293, 2010)

4.2.1.2.1. Tipos de esfuerzos

“Se refiere a la fuerza ejercida sobre una superficie específica de roca, medida comúnmente en (kg/cm²). Dependiendo de la dirección de las fuerzas aplicadas, se pueden identificar tres tipos de esfuerzos: compresión, tensión y cizalla” (García, 2012, p.6).

- **Compresión:** Este tipo de esfuerzo ocurre cuando las rocas son sometidas a fuerzas que las comprimen en direcciones opuestas a lo largo de una misma línea. Los materiales tienden a acortarse en la dirección del esfuerzo y dependiendo del comportamiento de las rocas ya sea dúctil o frágil ocasionará la formación de pliegues o fallas.

- Tensión: Se produce cuando las fuerzas actúan en direcciones opuestas a lo largo de la misma línea, lo que provoca el alargamiento o la separación de las rocas.
- Cizalla: Se origina cuando las fuerzas son paralelas, pero actúan en direcciones opuestas, ocasionando una deformación por desplazamiento a lo largo de planos estrechos. (García, 2012, p.6).

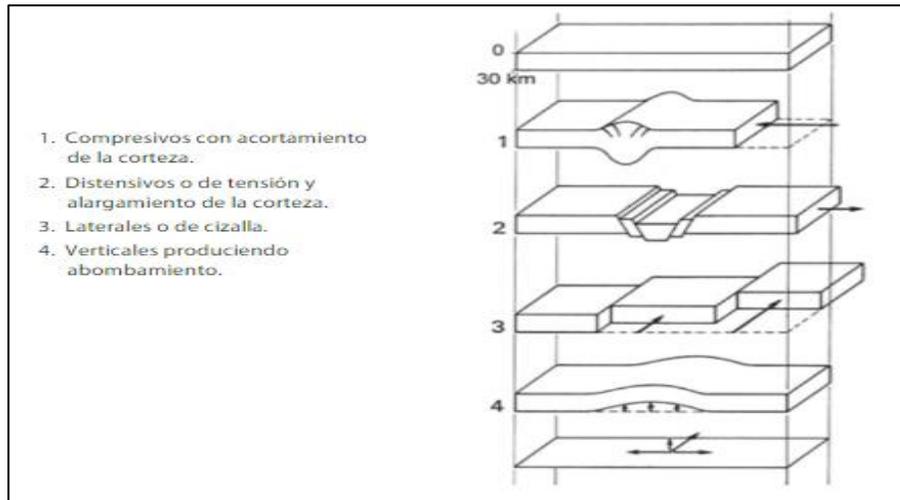


Figura 2 Esfuerzos que influyen en la deformación de las rocas
 Fuente: (García, 2012)

4.2.1.2.2. Deformación

“La alteración en la forma o volumen de un objeto debido a la influencia de fuerzas externas se define como deformación. En el contexto de la corteza terrestre, estas deformaciones pueden clasificarse principalmente como elásticas y residuales”(Duque Escobar, 2017, p. 281).

La deformación es un término que se usa para definir los cambios de forma y volumen por la aplicación de fuerzas que experimentan las rocas. Si el esfuerzo supera la resistencia interna de la roca se puede producir una fractura, estas fracturas o deformaciones pueden alcanzar niveles superficiales o profundidades de hasta 40 kilómetros. Para comprender las condiciones de formación de cada estructura, es esencial asociarla con un nivel estructural específico. Estos niveles están superpuestos entre sí y varían en función de la profundidad. En general, a mayor profundidad, las rocas tienden a comportarse de manera más dúctil debido al aumento de presión y temperatura. (García, 2012)

- El nivel estructural superior abarca desde la superficie del terreno hasta unos 4.000 metros de profundidad, aproximadamente. En este nivel, las rocas tienden a comportarse de manera frágil y son propensas a la formación de fallas.
- El nivel estructural medio se extiende desde la superficie hasta unos 4.000 metros de profundidad. Aquí, la flexión es el mecanismo predominante debido al comportamiento dúctil de las rocas, lo que resulta en la formación de pliegues.
- El nivel estructural inferior corresponde al nivel de metamorfismo y se encuentra aproximadamente entre 4.000 y 8.000 o 10.000 metros de profundidad. En este nivel, las rocas muestran signos de aplastamiento en niveles superficiales, mientras que en profundidades mayores predominan las estructuras de flujo, con pliegues acompañados de esquistosidad y foliación. Este nivel termina en el inicio de la fusión y la presencia de granito de anatexia" (García, 2012, pp. 7-8).

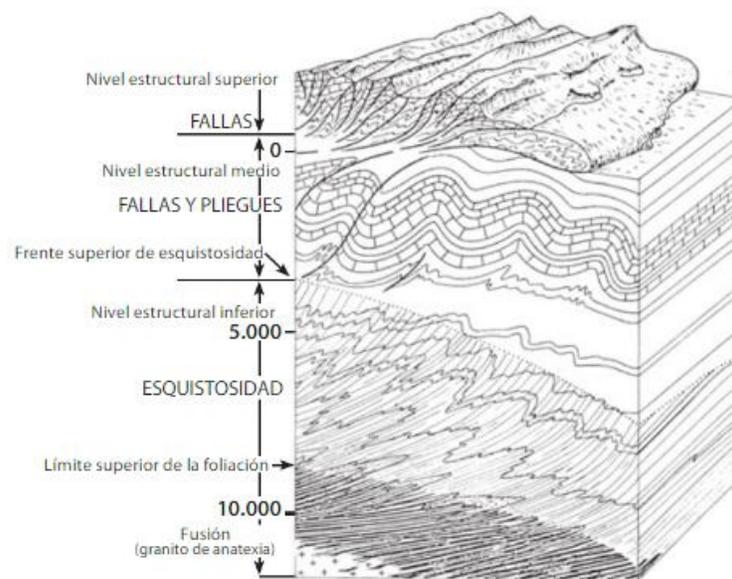


Figura 3 Niveles estructurales de la corteza terrestre
 Nota. Fuente: Mattauer (1976, p. 8)

“La deformación de los materiales puede clasificarse en deformación dúctil cuando se pliegan y deformación frágil cuando se fracturan. Además, según el comportamiento de la roca, se puede distinguir entre deformación elástica y deformación plástica” (García, 2012, p.8).

Las rocas inicialmente experimentan deformación elástica, volviendo a su forma original cuando cesa la aplicación de la fuerza. Una vez que se supera el límite elástico, las rocas pueden deformarse por flujo dúctil o fracturarse. La deformación dúctil implica un flujo en estado sólido

que altera el tamaño y la forma de un objeto sin llegar a fracturarlo. Este tipo de flujo puede ocurrir a través de un deslizamiento gradual y recristalización a lo largo de planos de fragilidad en el retículo cristalino de los granos minerales. La deformación dúctil suele ocurrir en condiciones de alta presión y temperatura. Por otro lado, en condiciones cercanas a la superficie terrestre, la mayoría de las rocas experimentan deformación a través de fracturación. (Tarbuck et al., 2005, p. 304)

4.2.1.3. Cartografía

La etimología de la palabra cartografía se remonta a los términos "charta" del Latín, que significa "papel" o "carta", y "grapho" del griego, que denota "descripción", "estudio" o "tratado". La cartografía está encargada de representar ideas formas y relaciones en un espacio ya sea bidimensional o tridimensional mediante distintos métodos e instrumentos. En cambio, un mapa se refiere a la representación gráfica de una parte de la superficie, pero a escala reducida, que destaca algunos rasgos o atributos de la realidad, siendo un instrumento diseñado para registrar, calcular, exponer, analizar y comprender los hechos geográficos y sus relaciones espaciales de un área. (Fallas, 2003, p.1)

4.2.1.3.1. Mapa Geológico

El mapa geológico representa la información geológica de un área dibujando la litología a partir de una carta topográfica en la cual cada unidad o formación geológica se muestra en el mapa con su propio color o símbolo característico. (Torres et al., p. 157, 2019).

Tabla 1. Etapas de Mapeo Geológico

Etapa	Mapa Detallado	Mapa Regional
1	Estudio de Antecedentes	Estudio de Antecedentes
2	Análisis de las fotos aéreas	Análisis de fotos aéreas
3	Estratigrafía	Estratigrafía en terreno
4	Topografía en detalle Perfil litológico	Perfil litológico
5	Definición de unidades del mapeo	Definición de unidades del mapeo
6	Mapeo en terreno	Mapeo en terreno
	Mapeo litológico	Mapeo litológico
7	Verificación con fotos aéreas	Verificación con fotos aéreas
	Levantamiento estructural	Levantamiento estructural
8	Diseño y dibujo del mapa	Dibujo del mapa
	Informe con descripciones detalladas	Informe con descripciones detalladas

Fuente: (Torres et al., 2019)

4.2.2. Movimientos en Masa

Según la Alcaldía de Medellín y el Tecnológico de Antioquia I.U. (2016), los movimientos en masa se refieren a desplazamientos de terreno a lo largo de la pendiente, provocados por la fuerza de gravedad e influenciados por diversos factores como la presencia de agua, eventos sísmicos, cargas excesivas, excavaciones para la construcción de viviendas o apertura de caminos, entre otros. Estos movimientos pueden manifestarse mediante grietas, hundimientos e incluso deslizamientos de grandes volúmenes de suelo o roca, lo que puede resultar en la destrucción o deterioro de infraestructuras públicas, viviendas, cultivos, y contribuir al taponamiento de ríos o quebradas.

4.2.2.1. Tipos de Movimientos en Masa

Los movimientos en masa podemos encontrarlos en la naturaleza según los siguientes tipos: de caída, vuelcos, deslizamientos, flujos, propagaciones laterales, reptaciones.

4.2.2.1.1. Caída

Los tipos de movimiento en masa por caída se llegan a producir cuando los bloques de suelo o roca llegan a desprenderse de una ladera sin que se pueda apreciar un desplazamiento cortante a lo largo de la superficie, según Varnes, (1978), el material que es desprendido cae desplazándose por el aire, efectuando golpes, rebotes y rodaduras. Dependiendo del tipo de material desprendido, se puede hablar de caída de roca o caída de suelo, siendo un movimiento rápido a extremadamente rápido (Cruden y Varnes, 1996)

4.2.2.1.2. Volcamiento

El volcamiento se define como un tipo de movimiento en masa en el que uno o mas bloques de roca o suelo giran hacia adelante alrededor de un punto o eje de giro en su parte inferior del mismo. Este movimiento es causado generalmente por la gravedad, empujes de unidades adyacentes o presión de fluidos que pasan a través de grietas. (Varnes, 1978)

4.2.2.1.3. Deslizamiento

Uno de los movimientos en masa que se destaca es el deslizamiento, este es un movimiento hacia abajo de una masa de suelo o roca, este desplazamiento de masa ocurre principalmente a lo largo de la superficie de falla o una delgada zona con gran deformación cortante (Gemma, 2007). Según el sistema de clasificación de Varnes (1978), los deslizamientos se dividen en traslacionales y rotacionales, que pueden ser encontrados como planares o en cuña. Las superficies de rotura de

los deslizamientos son generalmente complejas y pueden consistir en varios segmentos planares y curvos, formando deslizamientos compuestos. (Hutchinson, 1998)

Deslizamientos Rotacionales: Este tipo de deslizamiento se caracteriza por ser un movimiento lento inicial de una masa de suelo o roca, que se produce a lo largo de una superficie de ruptura circular y cóncava, donde la masa se desliza. Estos movimientos ocurren principalmente en terrenos homogéneos, cohesivos e isotrópicos, con poca deformación inicial de los materiales, que se van distorsionando progresivamente durante el desplazamiento, evolucionando en movimientos complejos. Pueden involucrar volúmenes pequeños o grandes de material, con velocidades de propagación variables en la fase final (INDECI, 2011).

Deslizamientos Traslacionales: Este tipo de deslizamiento conocido como traslacional es un movimiento lento o rápido de una masa de suelo o roca, se genera a lo largo de una superficie de deslizamiento planar o ligeramente ondulada. Estos movimientos se originan en zonas con discontinuidades, fallas o sistemas de diaclasas, formando placas o paquetes de estratos cuyas bases carecen de soporte, y se desplazan pendiente abajo (INDECI, 2011).

4.2.2.1.4. Propagación Lateral

El tipo de movimiento en masa conocido como propagación lateral es un desplazamiento que ocurre principalmente por una ampliación interna del material. En la mayoría de los deslizamientos y flujos se comprenden por un cierto grado de expansión. Llegando a ser la etapa final de una serie de movimientos donde la deformación interna destaca como la principal causa del suceso sobre otros mecanismos del desplazamiento, como el deslizamiento o el flujo (Gemma, 2007).

Según Varnes (1978), Se generan dos tipos de propagación: uno que afecta a todo el material, generalmente encontrado en las de masas rocosas, y otro que se produce en suelos cohesivos sobre materiales que han experimentado licuefacción o un flujo plástico.

4.2.2.1.5. Flujo

El flujo es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento su masa se comporta como un fluido; puede tener un movimiento rápido o lento, de igual forma saturado o seco. En muchos casos, los flujos tienden a originarse a partir de otros tipos de movimiento, como son deslizamientos o caídas. (Varnes, 1978)

4.2.2.2. Procesos de movimiento

Poveda y Vargas, (2006), los autores señalan que en los procesos geotécnicos activos como el caso de taludes y laderas generalmente se forman por movimientos que van hacia abajo y hacia afuera ya que estos materiales son los que conforman el talud, ya sean de roca, suelo natural o relleno, o por combinación de estos. El concepto indica que estos movimientos suelen ocurrir a lo largo de superficies de falla, por caída libre, movimientos de masa, erosión o flujos. Algunos segmentos del talud pueden moverse hacia arriba mientras otros se desplazan hacia abajo. (p47)

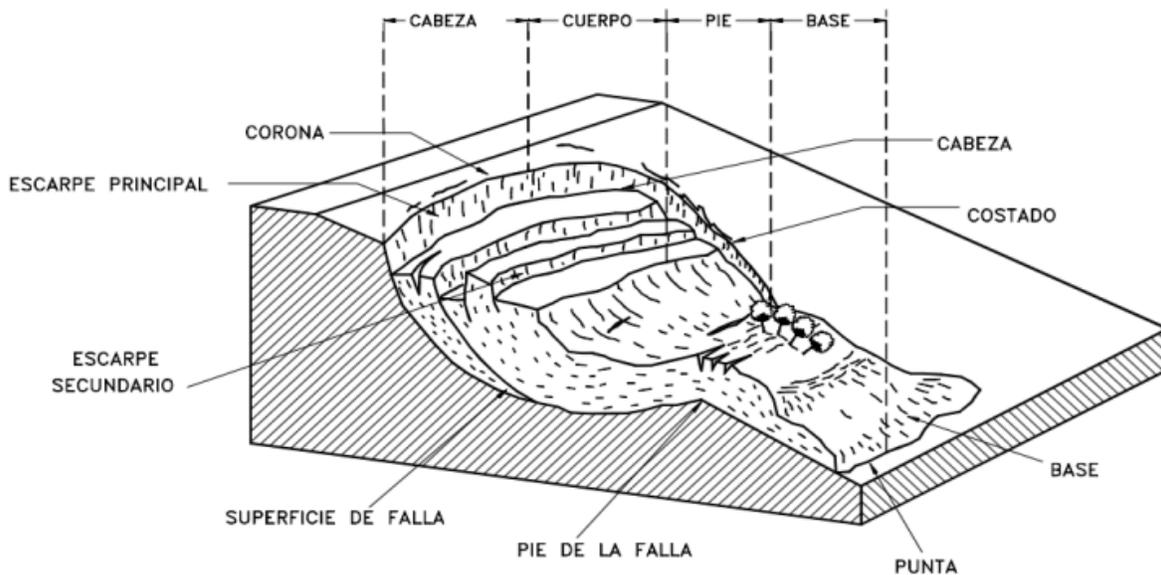


Figura 4 Nomenclatura de un deslizamiento.

Fuente: (Poveda y Vargas, 2006)

En la figura 4 se ilustra las partes que conforman un deslizamiento o movimiento en masa típico, junto con sus diferentes componentes, identificados y caracterizados de la siguiente manera:

- **Escarpe principal:** Se refiere a una superficie muy inclinada a lo largo del borde del área en movimiento, resultante del desplazamiento del material fuera de su ubicación original. La continuación de esta superficie dentro del material forma lo que se conoce como superficie de falla.
- **Escarpe secundario:** Es una superficie muy inclinada generada por desplazamientos diferenciales dentro de la masa que se mueve.
- **Cabeza:** Corresponde a la parte superior del material en movimiento a lo largo del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.

- Cima: Es el punto más alto del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.
- Corona: Se refiere al material presente en el lugar, prácticamente inalterado y adyacente a la parte más alta del escarpe principal.
- Superficie de falla: Es el área debajo del movimiento que delimita el volumen de material desplazado. El suelo debajo de esta superficie no se mueve.
- Pie de la superficie de falla: Es la línea de intersección (a veces oculta) entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno.
- Base: Es el área cubierta por el material perturbado debajo del pie de la superficie de falla.
- Punta o uña: Es el punto de la base que se encuentra más alejado de la cima.
- Costado o flanco: Se refiere a uno de los lados (perfil lateral) del movimiento.
- Superficie original del terreno: Es la superficie que existía antes de que ocurriera el movimiento.
- Derecha e izquierda: Si se utilizan las palabras derecha e izquierda para describir el deslizamiento, se hace referencia a la orientación geográfica, observando el deslizamiento desde la corona hacia el pie. (Poveda y Vargas, 2006, p 48-50)

4.2.2.3. Dimensiones

Para definir las dimensiones de un movimiento se emplea la terminología recomendada por el IAEG:

1. Ancho de la masa desplazada (W_d): Es el ancho máximo de la masa desplazada perpendicularmente a su longitud (L_d).
2. Ancho de la superficie de falla (W_r): Representa el ancho máximo entre los flancos del deslizamiento perpendicularmente a su longitud (L_r).
3. Longitud de la masa deslizada (L_d): Indica la distancia mínima entre la punta y la cabeza del movimiento.
4. Longitud de la superficie de falla (L_r): Corresponde a la distancia mínima desde el pie de la superficie de falla hasta la corona.
5. Profundidad de la masa desplazada (D_d): Es la máxima profundidad de la masa movida perpendicular al plano formado por W_d y L_d .

6. Profundidad de la superficie de falla (D_r): Se refiere a la máxima profundidad de la superficie de falla con respecto a la superficie original del terreno, medida perpendicularmente al plano formado por W_r y L_r .
7. Longitud total (L): Es la distancia mínima desde la punta hasta la corona del deslizamiento.
8. Longitud de la línea central (L_{cl}): Representa la distancia desde la punta o uña hasta la corona del deslizamiento a lo largo de puntos sobre la superficie original, equidistantes de los bordes laterales o flancos. (Poveda y Vargas, 2006, p 51-52)

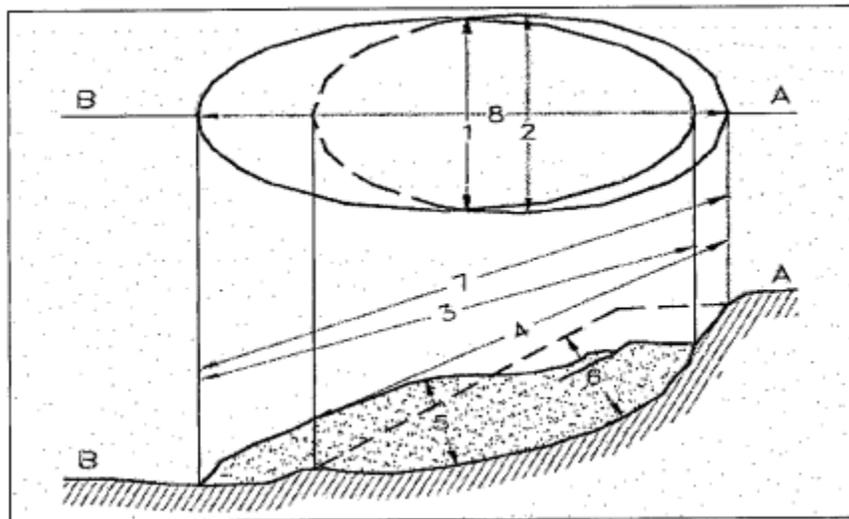


Figura 5. Dimensiones de un talud, IAEG Commission on Landslides (1990).
Fuente: (Poveda y Vargas, 2006)

4.2.3. Geofísica

Según CEDEX (2005), indica que la geofísica es la disciplina que se encarga de investigar las propiedades físicas de la Tierra, Esto implica determinar su estructura interna mediante diversas características físicas que son inherentes a cada material que están dispuestos formando la corteza terrestre. En su aplicación a la geotecnia y la ingeniería civil en general, estas técnicas son útiles para abordar una variedad de problemas que pueden surgir en los primeros metros de profundidad. (p. 2)

4.2.3.1. Métodos Geofísicos

4.2.3.1.1. Métodos Eléctricos

Según CEDEX (2005), se destacan dos principales enfoques: los métodos activos, que se emplea la inyección de corriente continua para la prospección, y las técnicas pasivas que no afectan las condiciones del suelo.

Los métodos activos, basados en corriente continua (cc), han demostrado su efectividad en una variedad de situaciones, como problemas hidrogeológicos, geotécnicos y mineros, entre otros. Se prefiere la corriente continua para evitar complicaciones como la inducción y la capacidad. sin embargo, la corriente continua usada para los métodos activos cuenta con un desafío este es conocido como polarización de electrodos, donde los electrodos pueden comportarse como semielementos de una pila eléctrica en un medio electrolítico (como el suelo-agua), en estos casos se genera una diferencia de potencial anómalo entre los electrodos. Actualmente, este problema se puede resolver mediante la inversión automática de la corriente en el equipo de inyección o mediante el uso de electrodos impolarizables en aplicaciones específicas. Los métodos eléctricos en corriente continua se basan en la medición de la resistividad de los materiales del terreno, y entre ellos destacan la tomografía eléctrica, los sondeos eléctricos verticales (SEVs) y las calicatas eléctricas.

Referente a los métodos pasivos, el enfoque plantea que el potencial espontáneo se centra en la determinación de los potenciales eléctricos generados por la circulación de un electrolito (como el agua con sus sales disueltas) a través de un medio poroso, como el suelo, el cuerpo de una presa de materiales sueltos o la base fracturada o alterada de un canal hidráulico.

4.2.3.1.2. Métodos Sísmicos

Todas estas técnicas tienen como objetivo determinar la velocidad de las ondas elásticas, dando como resultado una zonificación del terreno en función de la velocidad de las ondas. Hay tres tipos principales de ondas: V_p , V_s y V_r (primarias, secundarias y de Rayleigh). Las ondas V_p son ondas de tracción-compresión, V_s se conoce como ondas de cizalla o de corte, y las V_r son ondas superficiales que provocan movimientos circulares y retrógrados en el suelo. La relación entre estas velocidades y otros parámetros físicos del terreno, como la densidad y el coeficiente de Poisson, nos permite calcular el coeficiente de deformación dinámica del material que pasa. (CEDEX, 2005, p. 14)

- **Análisis espectral de ondas superficiales (AEOS):** Este método, también conocido como SASW, este método detecta las ondas superficiales generadas por choques puntuales o fuentes de vibración que son registradas por dos sensores. Se colocan a cierta distancia, y se analiza la velocidad (dispersión) de cada frecuencia del mismo tren de ondas. La profundidad de penetración está influenciada por la distancia entre los sensores y la

distancia entre el sensor y la fuente de impacto. Después de registrar las señales temporales, se calculan sus espectros y se comparan para obtener las curvas de coherencia y desplazamiento de fase. (CEDEX, 2005, p. 14)

- **Sísmica de refracción:** Este método se basa en la generación de una serie de ondas elásticas por un impacto en la superficie, las cuales se propagan de forma esférica a través del material del subsuelo. Cuando existe una estructura estratificada donde las capas aumentan su velocidad de transmisión con la profundidad, se produce una refracción de las ondas de acuerdo con la ley de Snell. Estas ondas refractadas pueden ser detectadas en la superficie. (CEDEX, 2005, p. 16)

4.2.3.1.3. Métodos Gravimétricos

En la prospección gravimétrica, se investiga la geología del subsuelo mediante las variaciones del campo gravitacional terrestre, las cuales son causadas por las diferencias de densidad entre los materiales subterráneos. En la exploración gravimétrica, se parte del concepto del cuerpo responsable de la anomalía gravimétrica o gravífica, (Kearey et al., 2002), el cual representa una unidad rocosa con una densidad diferente a la de su entorno. Sin embargo, en muchas ocasiones no es posible atribuir una única fuente a una anomalía observada. Es importante destacar que los métodos gravimétricos en realidad miden la aceleración debido a la gravedad. (Pagán, 2007, p. 8).

Estos métodos se han utilizado de manera extensiva en investigaciones prospectivas destinadas a la detección de hidrocarburos y gas, generalmente para complementar los resultados obtenidos mediante la exploración sísmica. (Telford et al., 1998). Aunque todavía se emplean en la exploración de hidrocarburos, también han surgido nuevos campos de aplicación para esta técnica. (Reynolds, 1997).

4.2.3.1.4. Métodos Magnéticos

El método magnético, utilizado en exploración geofísica, se destaca como uno de los enfoques más versátiles debido a su amplio uso y eficacia en la investigación de estructuras tanto en profundidades significativas (hasta 1000 m) como en superficies. Se caracteriza por ser un método económico, rápido y de fácil aplicación. Sin embargo, la interpretación cuantitativa de los datos magnéticos es más desafiante en comparación con los datos gravimétricos, debido a la naturaleza dipolar del campo magnético. A pesar de estas dificultades, ambos métodos comparten algunas similitudes en su aplicación y análisis. (Burger, 1992).

El enfoque de la prospección magnética es el estudio de la geología subterránea a través de los cambios en el campo magnético de la tierra, las cuales son provocadas por las propiedades magnéticas de los materiales presentes en el subsuelo. Aunque la mayoría de los minerales que componen las rocas no poseen de propiedades magnéticas, ciertos tipos de rocas contienen suficientes minerales magnéticos como para producir anomalías magnéticas que pueden detectarse con instrumentos sensibles, los cuales se detallarán más adelante. (Pagán, 2007)

4.2.3.1.5. Métodos Magneto-telúricos

Es un método pasivo dentro de los métodos electromagnéticos, creado en la década de 1950 por Tikhonov y Cagniard. Estos científicos formularon la idea de emplear campos eléctricos naturales para investigar las propiedades de la corteza terrestre. (Islas, 2010). Esta técnica consiste en la medición de las variaciones del temporal del campo electromagnético (EM) natural en la superficie terrestre, los campos EM naturales se originan a partir de dos fuentes: 1) corrientes ionosféricas producidas por la interacción del campo magnético terrestre y el viento solar, produce energía a frecuencias inferiores a 1 Hz; y 2) las tormentas eléctricas alrededor de todo el mundo, las cuales producen campos electromagnéticos EM con frecuencias superiores de 1 Hz que quedan atrapados en guías de ondas naturales formada entre la superficie de la Tierra y la ionósfera. (García y Jones, 2002)

4.2.3.1.6. Métodos Electromagnéticos

Estos métodos se basan en la generación de un campo electromagnético primario, que se efectúan cambios con el tiempo y genera una corriente dentro de un material conductor, que a su vez genera un campo electromagnético secundario. La relación entre los campos primarios y secundarios es directamente proporcional a la conductividad eléctrica del terreno. Las variaciones del campo magnético primario se logran a través del paso de una corriente alterna a través de una bobina, en lo que se conoce como un sistema de onda continua. otro método consiste en contar repetidamente la corriente que fluye a través de la bobina para cambiar el campo. En lugar de generar corrientes horizontales, este método produce corrientes de Foucault (llamadas "eddy currents" en inglés) en el interior de los conductores. Este último enfoque da lugar a los equipos conocidos como TEM (Transitorios Electromagnéticos) y proporciona buenos resultados cuando se busca localizar cuerpos conductores dentro de un medio aislante, como una mineralización metálica. Estos equipos están diseñados para alcanzar grandes profundidades, lo que implica que sean de mayor tamaño y peso... (CEDEX, 2005, p. 8)

4.2.3.2. Parámetros Geofísicos

4.2.3.2.1. Resistividad.

La resistividad, ρ , también conocida como la inversa de la conductividad. Es una medida de la resistencia al flujo de corriente eléctrica a través de un medio. La resistividad se mide en unidades de ohm·m. Algunas investigaciones geofísicas indican como en prospecciones que mediante el uso de la polarización inducida o mediante el dispositivo de sondeos eléctricos verticales, en estos casos es más común usar la resistividad antes que la conductividad para describir la propiedad eléctrica del subsuelo. Además, es importante diferenciar entre la resistividad intrínseca de un medio y la resistividad aparente, ρ_{ap} , esta es medida en la superficie a través de métodos eléctricos o electromagnéticos. Mientras que la resistividad aparente es definida como la resistividad de un semiespacio homogéneo y es la región que se encuentra por debajo de la superficie terrestre, produciendo la misma respuesta que aquella medida realmente sobre el terreno. Debido a las heterogeneidades del subsuelo, el valor de la resistividad media en un punto de la malla es un valor aparente. (Pagán, 2006)

4.2.3.2.2. Conductividad.

La conductividad representada por las unidades de Siemens por metro (S/m) o miliSiemens por metro (mS/m), es el dato de proporcionalidad que relaciona la carga eléctrica que fluye libremente a través de un medio frente a la intensidad del campo eléctrico que se aplica. Es una medida de la habilidad de las cargas eléctricas a moverse a través de un medio. La ley de Ohm establece esto como: $\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E}$ Donde \mathbf{J} es la densidad de corriente y \mathbf{E} es el campo eléctrico. Ambas cantidades son vectores. La conductividad, σ , varía entre amplios órdenes de magnitud y puede ser homogéneo y anisotrópico. La conductividad necesita ser constante en el tiempo. Su valor puede generar un cambio con la temperatura, la presión y varios factores medioambientales. En rocas porosas, la resistividad es a menudo relacionada con la porosidad a través de la conocida relación como la ley de Archie. (Reynolds, 1997)

4.3. Definiciones Metodológicas de Investigación

El presente proyecto de titulación pretende un enfoque destinado en el reconocimiento geológico para lo cual se realiza con antelación un análisis litológico mediante el método macroscópico, mismo que se emplea en campo utilizando algunos instrumentos y describiendo las propiedades físicas de las rocas, también es importante el reconocimiento en campo de estructuras

geológicas y una vez obtenidos todos estos datos se analiza las formaciones geológicas presentes en el área y se compara con la información.

Además, se analiza las características de los movimientos en masa utilizando los lineamientos empleados en la metodología descrita en el proyecto multinacional Andino “Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas”.

Finalmente, se aplica la geofísica mediante el método geoelectrico de topografías de resistividad eléctrica 2D en campo utilizado la distribución electródica del arreglo: Wenner, Schlumberger, Dipolo Dipolo y Gradiente.

4.3.1. Metodología para el Reconocimiento Geológico

Según Rojas, (2018) al momento de realizar un proyecto ingenieril es necesario aplicar un reconocimiento del área para identificar la mayor cantidad de sucesos geológicas, que a través de las observaciones que conciernen al estado y comportamiento del terreno, dónde en conjunto con el tipo de proyecto a realizar y su magnitud se establecerá un procedimiento que sea más adecuado para la investigación del sondeo, así como su grado de rigurosidad y detalle.

4.3.1.1. Litologías

El reconocimiento geológico en campo, según Rojas (2018) en la Guía metodológica para el estudio de suelos de la empresa López Hermanos Ltda, se basa en la adaptación de metodologías empleadas, así que en la descripción se llega a detallar como las muestras extraídas a través de perforaciones con broca de diamante y la recuperación de núcleos. Estas metodologías, obtenidas del Manual de Investigación del Suelo de la NHI, el Manual de Procedimientos en Campo de FUGRO Consultants y el Manual de Procedimientos para Perforación y Clasificación de Suelos y Rocas de Caltrans, proporcionan las características descriptivas ampliamente utilizadas en el ámbito geológico para identificar muestras de mano. A continuación, se detallan estas propiedades:

1. Tipo y nombre de la roca: Lo de mayor importancia al momento de identificar es conocer el tipo de roca y los minerales que la componen, así como revisar las asociaciones litoestratigráficas correspondientes a la formación o los materiales que constituyen el depósito aluvial.
2. Color: Se debe determinar si el color de la roca es fresco o meteorizado. Se pueden utilizar colores básicos para la descripción, una vez que se haya establecido esta distinción.

3. Estado de meteorización: Esta característica se describe claramente, observando la superficie de la roca y fracturándola para examinar una superficie "fresca" y evaluar el grado de alteración. Se sabe que se generan varios estados de meteorización, encontrando desde un estado fresco hasta un estado completamente meteorizado (descompuesta), según la extensión y el impacto de la meteorización en la roca.
4. Suelo residual: Se refiere a los materiales que conforman el suelo y conservan la estructura, textura y composición mineralógica de la roca madre y que se logra una identificación a partir de este.
5. Tamaño de grano y/o cristales, textura: En el caso de rocas sedimentarias, se emplea la escala de tamaño de grano definida por Udden – Wenworth, ampliamente utilizada en el campo para clasificar los diferentes rangos de tamaño de clastos.

Estas propiedades permiten una descripción detallada de las muestras de rocas, lo que facilita su identificación y caracterización en el campo geológico.

Diámetro			Clase	roca
mm	micras	φ		
4.096	-	-12	GRAVA Bloques	CONGLOMERADOS
256	-	-8		
64	-	-6	Cantos	CONGLOMERADOS
4	-	-2		
2	-	-1	ARENA	ARENISCAS
1	-	0		
0.5	500	1		
0.25	250	2		
0.125	125	3		
0.062	62	4	LUTITAS	LIMOLITAS ARCILLITAS
0.031	31	5		
0.016	16	6		
0.008	8	7		
0.004	4	8		
			FANGO	
			Arcilla	

Figura 6. Clasificación del tamaño de grano de sedimentos terrígenos
Fuente: Rojas, (2018). Elaborado: DDEN-WENWORTH (1922)

Para determinar la clasificación de los tamaños de grano y las texturas en las rocas ígneas y metamórficas, se usa esta clasificación de tamaño de grano que fue propuesta en el Manual de Caltrans:

Tabla 2. tamaño de cristales promedio para rocas ígneas y metamórficas

Textura	Tamaño promedio de cristales
Grano muy grueso/pegmatitas	$3/8 \leq S$
Grano grueso	$3/16 < S \leq 3/8$
Grano medio	$1/32 < S \leq 3/16$
Grano fino	$1/250 < S \leq 1/32$
Afanítico	$S \leq 1/250$

Fuente: Manual de perforación y clasificación de rocas y suelos. Sección 2, pág. 27. (Caltrans).

6. Dureza en campo de la roca: Es una medida que se toma para medir la resistencia de la roca al ser rayada o a la abrasión. Se establecen los siguientes parámetros:
 - Roca muy dura: La roca no puede ser rayada con navajas o puntas filosas, además al tratar de extraer la muestra de mano se requieren dar varios golpes con el martillo.
 - Roca dura: La raya se da con dificultad al emplear un cuchillo, es necesario dar un golpe fuerte con el martillo para recuperar la muestra.
 - Roca moderadamente dura: Se logra hacer una incisión de 1/4" aproximadamente, la muestra de mano se recupera con un golpe moderadamente fuerte del martillo.
 - Roca medianamente dura: Las incisiones se hacen aplicando algo de fuerza con la navaja, los golpes necesarios para extraer la muestra son moderados a ligeros.
 - Roca blanda: Se raya con una menor dificultad usando la navaja, además la muestra se rompe aplicando algo de fuerza con las manos.
 - Roca muy blanda: La muestra se extrae muy fácilmente usando la navaja, se puede rayar con la uña y se fractura haciendo poca presión con los dedos. Rojas, (2018)
7. Estratificación, laminación, foliación y bandeamiento: El termino de estratificación se aplica únicamente para determinar la disposición que presentan los materiales en rocas sedimentarias, se debe especificar el tamaño de cada uno de los estratos o de las láminas que forman las intercalaciones de sedimentos. Para las rocas ígneas y metamórficas se deberá describir si se presentan foliaciones o abanderamientos, ya que esto permitirá realizar una descripción más acertada de la roca. Rojas, (2018)
8. Discontinuidades: En las discontinuidades se debe especificar el tipo de fractura que presenta la roca, entre estas están:
 - Junta: Es la fractura natural en la que no ha ocurrido movimiento, pueden ocurrir en lineamientos paralelos, a lo cual se le llama familia.
 - Cizalla: Es la fractura natural dónde ha ocurrido movimiento hacia diferentes lados.

- Falla: Es la fractura natural dónde ha ocurrido movimiento sobre la misma superficie.
- Junta de estratificación: Son las fracturas presentes a lo largo de la superficie de estratificación.
- Junta de clivaje: Son las fracturas paralelas a la superficie de clivaje de las rocas.
- Zona de cizalla: Zona de fractura de rocas y desgaste sobre el plano de desplazamiento.
- Junta: Es la fractura natural en la que no ha ocurrido movimiento, pueden ocurrir en lineamientos paralelos, a lo cual se le llama familia.

4.3.1.2. Estructuras Geológicas.

Según Rojas, (2018) el reconocimiento de las estructuras geológicas resulta fundamental para realizar un análisis exhaustivo de todos los factores que influyen en una obra. Se destaca la importancia de identificar las estructuras geológicas que tienen un mayor impacto en la zona, como los pliegues, las fallas y los contactos entre formaciones.

Los cambios y características topográficas son de gran utilidad, ya que las fallas presentan lineamientos que pueden identificarse en imágenes satelitales y en la carta geológica. Esto permite inferir el comportamiento de los esfuerzos en la zona y visualizar fallas de menor escala que también afecten el área. Los contactos entre formaciones pueden observarse mediante cambios de pendiente, materiales superficiales, perfiles del subsuelo, capa vegetal y cortes expuestos de las rocas. Estos indican un cambio de litología en la zona, lo que refleja la transición entre formaciones geológicas. (Rojas, 2018)

Las estructuras plegadas son fáciles de reconocer por las formas del relieve, que a veces llegan a mostrar la secuencia y el estado en que se encuentra el plegamiento en la topografía del terreno. En otros casos, se pueden observar cortes y afloramientos que revelan las estructuras generadas con el tiempo. Esto proporciona información sobre los esfuerzos actuantes en la zona. El reconocimiento de las estructuras permite definir la dirección e inclinación preferencial de los estratos, lo que, junto con los datos estructurales recopilados en campo, facilita la generación del perfil promedio del suelo o la roca a profundidad. (Rojas, 2018)

4.3.1.3. Formaciones Geológicas y Depósitos Cuaternarios

Según Rojas (2018), es fundamental conocer las formaciones presentes en el área de estudio para llevar a cabo un reconocimiento adecuado. Para lo cual, se da como recomendación indagar en estudios previos, como en la carta geológica del área y memorias disponibles que se

pueden encontrar en el geoportal del Servicio Geológico, además de mapas realizados para el Ordenamiento Territorial. Es importante tener un conocimiento aproximado de la zona correspondiente al estudio y de los posibles materiales que se encontrarán en campo. Una vez se haya descrito la litología, se podrá confirmar si los materiales encontrados coinciden con la formación geológica definida anteriormente en la oficina. Esto se logra mediante la observación de los rasgos topográficos y los accidentes geológicos, lo que permite realizar un reconocimiento completo del área. Además, se debe realizar una recolección de datos sobre las formaciones que se presenten en la estratificación o foliación para su posterior análisis.

4.3.2. Metodología para la Caracterización de Movimientos en Masa

Abarca, (2014) hace referencia a los lineamientos establecidos en el proyecto multinacional andino del Grupo de Estándares para Movimientos en Masa (GEMMA, 2007), titulado "Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas", para la caracterización de movimientos en masa. Estos lineamientos incluyen los siguientes aspectos:

1. Encabezado: Además la documentación debe poseer el título del formulario, solicitando información como el nombre del encuestador, fecha, institución y código del evento.
2. Localización geográfica y documental del evento: para la documentación es indispensable la información sobre la división política, coordenadas, referencia geográfica y documentación relacionada.
3. Actividad del movimiento: Este nos permite registrar la historia de ocurrencia del movimiento, ya sea como un evento único en el tiempo o como eventos de reactivación o de recurrencia del mismo tipo de movimiento en el mismo sitio o efecto de retorno.
4. Litología y estratigrafía: esta se describe la litología y estratigrafía del área donde ocurrió el movimiento, así como los datos estructurales de las discontinuidades.
5. Clasificación del movimiento: Se espera que la información solicitada, junto con otros datos del formulario, sea suficiente para clasificar el tipo de movimiento en masa de acuerdo con sistemas de clasificación propuestos por diversos autores.
6. Tipo de movimiento: Se proporciona una lista de ocho tipos de movimientos, con dos opciones para marcar en cada uno, ya que un evento de movimiento en masa suele involucrar más de un tipo de mecanismo.

Tabla 3 Tipos de movimiento

1	2	
X		Caída
		Volcamiento
		Deslizamiento rotacional
		Deslizamiento traslacional
		Propagación lateral
	X	Flujo
		Deformaciones gravitacionales

Fuente: Inventario de movimientos enmasa (PMA-GCA, 2005)

7. Material: Para el tipo de material, se ofrecen dos alternativas que el encuestador debe completar según la información disponible. La primera opción se presenta en términos de roca, detritos y tierra, siguiendo la propuesta de Varnes (1978). La otra alternativa se aplica exclusivamente para suelos de ingeniería, y se solicita la información necesaria para clasificarlos según el Sistema de Clasificación Unificada de Suelos (USCS).

Tabla 4 Tipo de material.

1	2		% 1	% 2
X		Roca	100	
	X	Detritos		80
	X	Tierra		20

Fuente: Inventario de movimientos enmasa (PMA-GCA, 2005)

8. La humedad del material se refiere a la masa total del material involucrado en el movimiento, pero solo se aplica a la parte que corresponde a los suelos para ingeniería.

Tabla 5 Humedad del material.

Humedad	Criterio	Equivalencias con ensayos de laboratorio	
		Humedad con relación a los límites de consistencia	Saturación S (%)
Seco	Material sin rastros de agua	Humedad por debajo del límite de contracción	0
Ligeramente húmedo	Material con rastros de agua, pero difícil de visualizar o sentir al tacto	Humedad por encima del límite de contracción y por debajo del límite plástico	$0 < S < 80$
Húmedo	Material húmedo al tacto	Humedad entre el límite plástico y el límite líquido	$80 < S \leq 100$
Muy húmedo	El agua aflora a la superficie cuando una muestra se exprime con una ligera presión en las manos	Humedad en el límite líquido o ligeramente mayor	$S = 100$
Mojado	Material lodoso con comportamientos como un líquido	Humedad mucho mayor al límite líquido	$S = 100$

Fuente: Inventario de movimientos en masa, (PMA-GCA, 2005).

9. Si no se dispone de valores cuantitativos para ensayos de laboratorio, se puede conocer la plasticidad mediante observaciones y pruebas sencillas en campo, se puede estimar según los criterios cualitativos descritos en la tabla 6.

Tabla 6 Criterios para estimar cualitativamente la plasticidad de un material, estándares ASTM.

Plasticidad	Descripción del material	Equivalencia con ensayos de laboratorio
Alta	Arcillas inorgánicas de apariencia grasosa, limos inorgánicos	LL>50
Media	Arcillas magras, limos	35<LL<50
Baja	Arcillas inorgánicas, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca con algún contenido de arcillas o limos	LL<35
No plástico	Gravas, arenas, polvo de roca, suelos gravosos o arenosos con muy bajo contenido de finos	No es posible realizar el ensayo

Fuente: American Society for Testing and Materials. Citado por (Abarca, 2014)

10. Velocidad: Para describir la velocidad depende de cómo fue medida, si se utiliza algún instrumento se coloca M, si se obtiene mediante cálculos basados en mediciones indirectas se escribe “C” y si fue estimada “E” .
11. Clasificación del movimiento: En el casillero "Sistema de Clasificación", se escribe el nombre del sistema, por ejemplo: Varnes (1978). En el casillero "Nombre del Movimiento".
12. Morfometría: se divide en: “General” dónde se describen las características geométricas generales del movimiento una vez ocurrida la falla, en “Dimensiones” dónde se describe el tamaño y forma del área afectada y por último la “Deformación del terreno” el cual aplica solamente para deslizamientos de tipo rotacionales, traslacionales, propagación lateral, reptación y deformaciones gravitacionales profundas.
13. Para el grado de severidad se tiene tres niveles: leve, media y severa.
14. Causas del Movimiento: existen diferentes causas que ocasionan el movimiento las cuales pueden actuar como condicionantes o detonantes por lo que se debe indicar aquellas que corresponde según sea el caso. Los factores condicionantes pueden ser naturales o antropogénicos, los cuales contribuyen a la inestabilidad de una ladera o talud, mientras que los factores detonantes pueden ser un evento natural o antropogénico siendo la causa directa e inmediata del movimiento en masa. (Abarca, 2014)

4.3.3. Metodología para la prospección geofísica

En el manual de geofísica y métodos geofísicos, Bahía et al. (2021) explican que la geoelectrica se centra en el estudio del flujo de corrientes eléctricas dentro de la Tierra. Se refiere a todas las corrientes eléctricas presentes en la Tierra, tanto naturales como artificiales, como corrientes terrestres. El término corrientes telúricas se reserva para las corrientes eléctricas naturales a nivel global, cuyos orígenes se encuentran principalmente fuera de la atmósfera terrestre. Además, se destaca que las variaciones temporales en cualquier campo magnético están asociadas a un campo eléctrico que induce corrientes eléctricas en medios conductores como la Tierra. (p. 16)

4.3.3.1. Tomografía de Resistividad Eléctrica

Corona, (2014) señala que uno de los métodos más destacados actualmente es la Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE) 2D, especialmente efectiva en áreas geológicas con anomalías ligeramente complejas. Este método implica la utilización de un elevado número de electrodos, generalmente 25 o más. Cuando se dispone de un equipo automático como el Syscal Pro Switch, se pueden seleccionar automáticamente los cuatro electrodos correspondientes para cada medición (cuadripolo), lo que permite una toma de medidas eficiente y versátil.

En la TRE 2D, se registran cambios en la resistividad tanto en dirección vertical como horizontal, lo que proporciona una cobertura bidimensional de las mediciones. Esta característica permite obtener modelos más precisos y una interpretación más detallada del subsuelo.

Cada tipo de arreglo posee diferentes capacidades de detección, en función de cómo registran los cambios en la resistividad aparente. Los arreglos Schlumberger y Wenner presentan una mejor capacidad de detección en dirección vertical, mientras que el arreglo Dipolo-Dipolo la tiene en la dirección horizontal. Por otro lado, los arreglos Polo-Polo y Polo-Dipolo ofrecen una mayor profundidad de investigación. Respecto al arreglo Wenner-Schlumberger, su capacidad de detección se sitúa en un nivel moderado a medio en ambas direcciones (Locke, 2012).

Un ejemplo ilustrativo de la cobertura 2D se presenta en la Figura 2.3, donde se muestra una secuencia de mediciones para un arreglo Wenner de veinte electrodos, con un espaciamiento "a" entre cada uno de ellos. En este esquema, se describen los pasos para la toma de mediciones en cada nivel, utilizando diferentes combinaciones de electrodos para garantizar una cobertura completa del área de estudio. (Corona, 2014, p. 30)

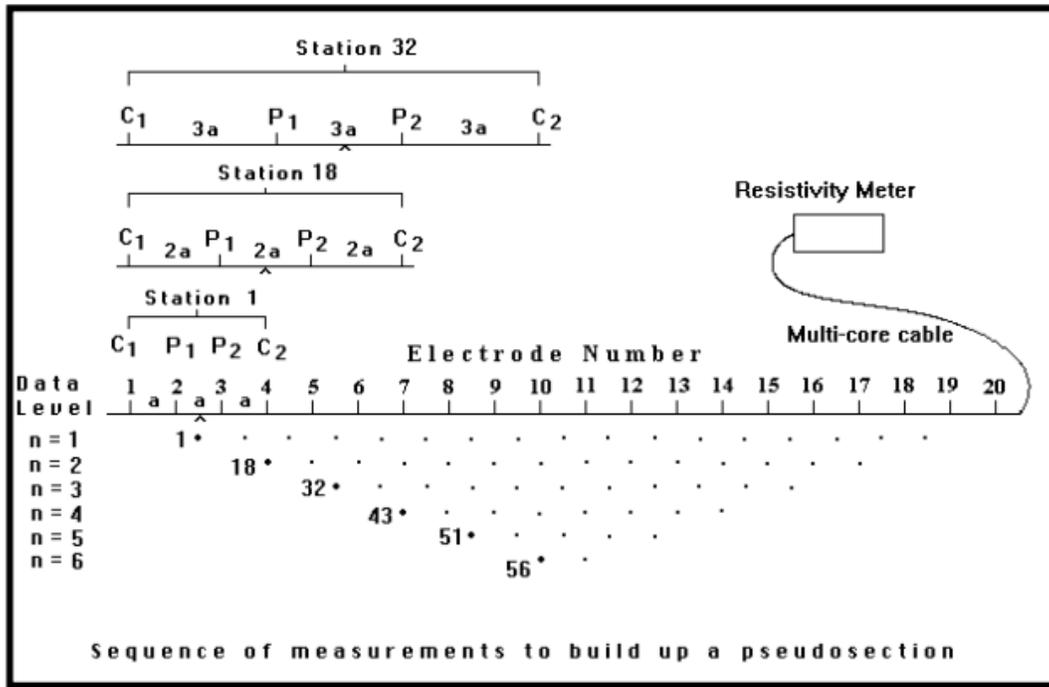


Figura 7. Ejemplo de secuencia usada para construir una pseudosección con un arreglo Wenner. (Barker, 1989). Fuente: (Corona, 2014)

- Factor geométrico y Resistividad aparente

Zúñiga, (2011) explica que en la práctica de la geofísica se suelen emplear al menos dos electrodos en la superficie, uno con carga positiva para inyectar corriente al subsuelo, mientras que el otro, con carga negativa, recoge la corriente que retorna. Asimismo, los valores de potencial suelen seguir un patrón simétrico con respecto al punto medio entre los electrodos. No obstante, la mayoría de los estudios se realizan con un arreglo geométrico de cuatro o más electrodos, como es el caso de la tomografía eléctrica, la cual se caracteriza por su enfoque multielectrónico, aunque todos estos métodos se basan en el mismo principio fundamental.

Este arreglo geométrico típicamente consta de dos electrodos para la inyección de corriente, designados como C1 y C2, y dos electrodos para medir el potencial, denominados P1 y P2. La configuración geométrica de este arreglo puede variar según el objetivo específico del estudio, lo cual se discutirá con más detalle más adelante. Al disponer de dos electrodos de potencial, P1 y P2, la diferencia de potencial se puede expresar en función de la disposición geométrica del arreglo (Zúñiga, 2011).

- Pseudosección.

El método de contorneado o pseudosección, es una representación aproximada en 2D de las festividades distribuidas en el subsuelo, en este método la ubicación horizontal del punto de medida se sitúa entre los electrodos del dispositivo utilizado, a diferencia de la ubicación vertical, la cual se determina a una distancia proporcional a la separación entre los electrodos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la pseudosección puede distorsionar la visión del subsuelo, ya que la forma de los contornos está influenciada por el tipo de dispositivo utilizado y por la resistividad del subsuelo. (Carrasco, 2013, p. 20)

- Configuración/ dispositivos

Arreglo Wenner: El arreglo Wenner, también conocido como Wenner alfa, fue introducido por primera vez por investigadores de la Universidad de Birmingham. En este arreglo, los electrodos se colocan equidistantes en una línea con una longitud de dipolo de "a". La disposición de los electrodos sigue la secuencia C1-P1-P2-C2, y el espaciado se incrementa en "n x a", donde "n" representa el factor de separación del dipolo o nivel de estudio. (Loke, 2001)

Arreglo Schlumberger: para este arreglo los electrodos se colocan en línea recta, y la distancia entre los electrodos de potencial "MN" es pequeña en comparación con la distancia entre los electrodos de corriente "AB". Normalmente se cumple la relación $AB/5 > MN > AB/20$. Es importante que la distancia entre los electrodos de potencial sea lo más pequeña posible, siempre y cuando las lecturas del voltímetro sean precisas, dado que el valor de tensión es bajo. Este arreglo también es tetrapolar, rectilíneo y simétrico. Por ejemplo, con $MN = 2$ metros y $AB = 20$ metros. La ventaja de utilizar este arreglo, es que para una misma posición de los electrodo (MN), los electrodos (AB) pueden colocarse en diferente distancia que cumpla con la condición mencionada, de esta manera se agiliza el trabajo de campo reduciendo operaciones necesarias (Palacios, 2016)

Arreglo Dipolo-dipolo: Para este arreglo la disposición geométrica sigue la secuencia C2-C1-P1-P2, inicialmente con una distancia equidistante entre los electrodos "a", que luego se incrementa en "n x a" en C2-C1 y P1-P2. (Loke, 2001)

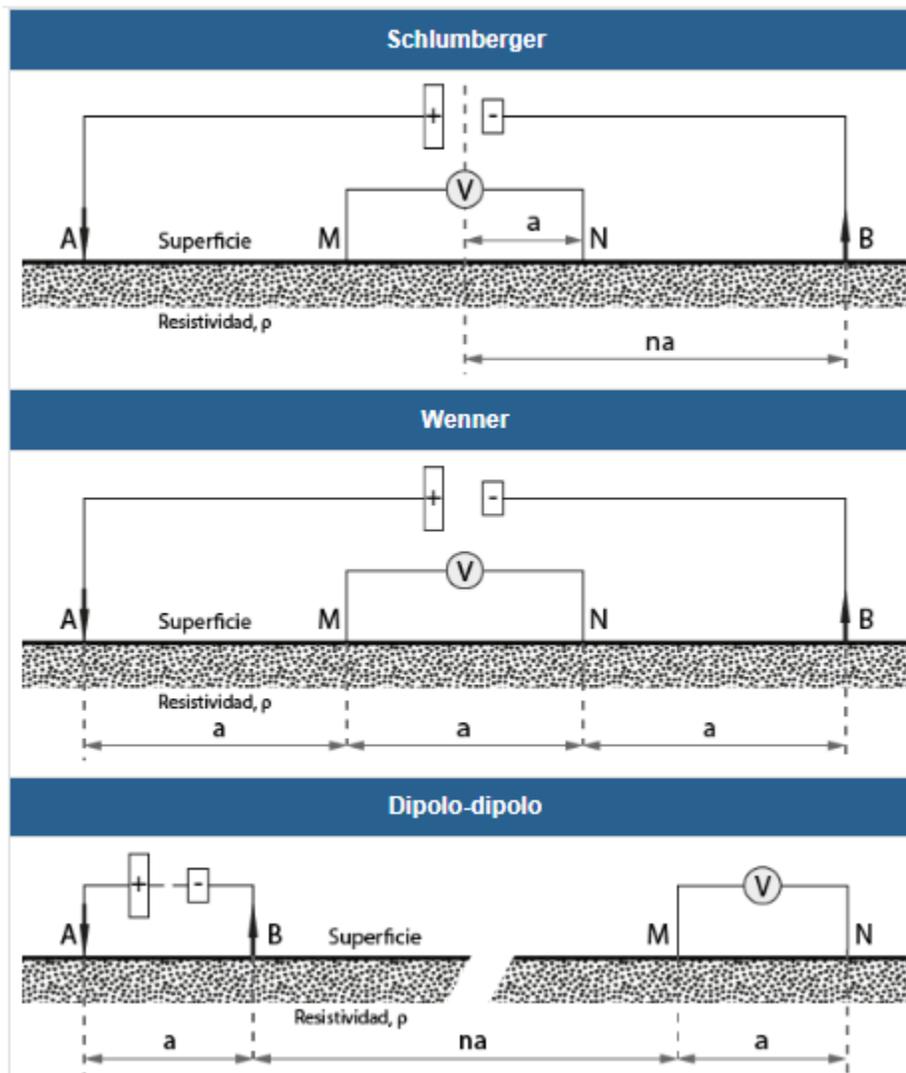


Figura 8. Dispositivos más comunes.

Fuente: (OCSA, 2016)

- Selección del dispositivo de registro

La selección del dispositivo de registro se basa en varios factores clave:

1. Profundidad de Investigación: La profundidad de investigación se determina mediante la integración de la función de sensibilidad con la profundidad. Sin embargo, estas profundidades son válidas para un modelo de tierra homogénea, y la presencia de heterogeneidades significativas en la resistividad del subsuelo puede distorsionar la profundidad real de investigación (Edwards, 1977 citado por Carrasco, 2013).
2. Sensibilidad del dispositivo: se refiere al grado en que un cambio en la resistividad de una sección del subsuelo afecta la medición del potencial. Los contornos de sensibilidad varían

entre dispositivos, mostrando cómo responden a diferentes tipos de estructuras en el subsuelo. (McGillivray y Oldenburg, 1990 citados por Carrasco, 2013).

3. Cobertura Horizontal de Datos y Relación Señal/Ruido: Cada dispositivo de registro tiene una cobertura horizontal de datos distinta. La relación señal-ruido está relacionada con el valor de la constante "k" de cada dispositivo. Para un mismo modelo de subsuelo, la señal registrada es inversamente proporcional al factor geométrico "k" utilizado para calcular el valor de la resistividad aparente. En resumen, a mayor "k", menor será la señal de potencial medida (Carrasco, 2013, pp. 20-22).

- Influencia de la topografía

Antes de realizar el modelo es importante recolectar los datos topográficos para evitar la aparición de anomalías inducidas por el terreno, especialmente cuando las pendientes superan los 10° o cuando las longitudes de las pendientes exceden la distancia de separación entre electrodos. Es decir, en un perfil de resistividad donde se presenta una pendiente, la ausencia de la topografía puede ocasionar en la parte inferior del perfil la presencia de resistividades más bajas de lo que realmente son, mientras que en la parte superior en la pendiente presentará resistividades más altas. Esto se debe al comportamiento alterado de las líneas de corriente debido a la naturaleza del terreno. Por ejemplo, una colina se encuentra entre los dipolos de corriente y potencial, la concentración de corriente bajo la colina hace que la resistividad aparente parezca mayor de lo que realmente es. Mientras que cuando hay un valle entre los dipolos, la dispersión de corriente hace que la resistividad aparente medida sea más baja de lo que realmente es. (Fox, et al., 1980 citado por Alvarez, 2015)

- Resistividad y Geología

Parra y Torres, (2020) mencionan que las resistividades se usa para identificar el tipo de material presente en el subsuelo, basándose en condiciones geológicas, litológicas y geomorfológicas. La forma en que las resistividades de los materiales se comportan y se adquieren en los estudios de campo varía según el tipo de material, su porosidad, grado de saturación y otros factores de ruido que se mencionarán posteriormente. De esta manera, se pueden hacer las siguientes observaciones sobre las resistividades:

1. En materiales con baja porosidad, la resistividad tiende a ser alta ($> 1000 \Omega\text{m}$).
2. En materiales con alta porosidad, la resistividad tiende a ser baja.

3. Se observa un incremento en la resistividad de los materiales a medida que disminuye el nivel de saturación del suelo, de acuerdo con la ley de Archie.

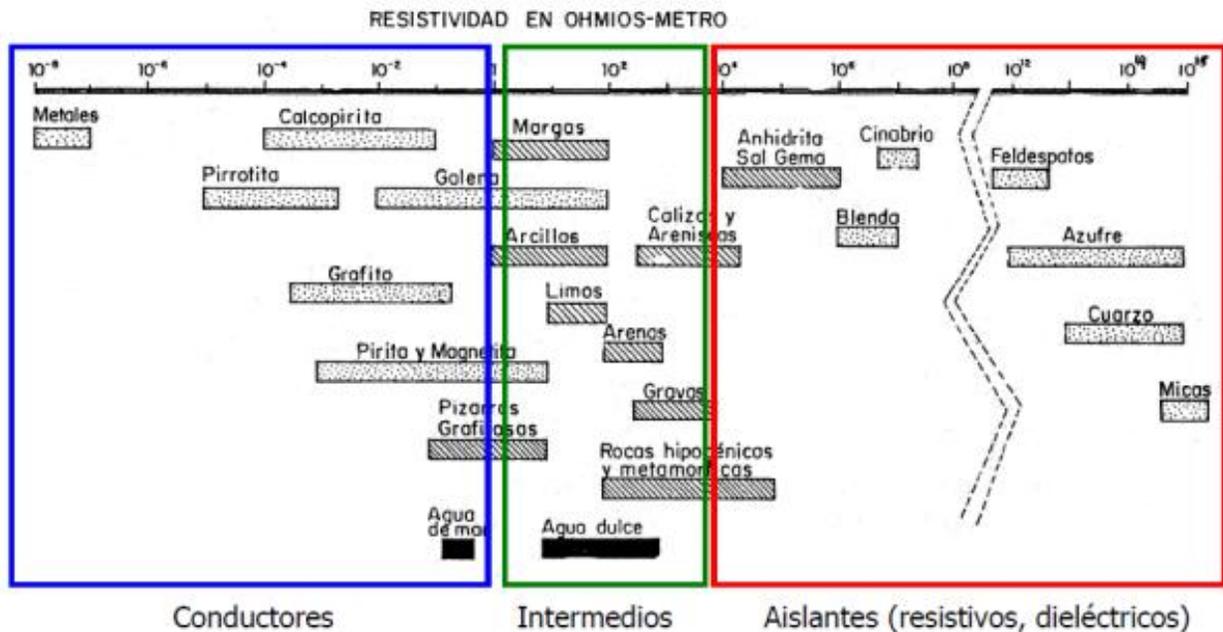


Figura 9. Rangos de resistividad de los rangos geológicos. Placky, (1981)

Fuente: (Parra y Torres, 2020)

Para complementar los valores de resistividad con estructuras geológicas, se necesita entender esta propiedad física relacionada con los materiales que se encuentran bajo tierra. Por lo general las rocas ígneas y metamórficas presentan valores altos de resistividad, mientras que las rocas sedimentarias, al ser porosas y contener a menudo un alto contenido de agua, tienden a tener una resistividad menor, también depende del grado de facturación, porosidad y contenido de humedad, es por eso que, al realizar un estudio eléctrico, es esencial considerar estos factores, así como la estacionalidad. (Alvarez, 2015)

El agua subterránea puede variar desde 10 hasta 100 Ω m, dependiendo del contenido de sales en el agua, por el contrario, el agua de mar tiene baja resistividad debido a su alto contenido de sal. Estos métodos geoelectricos también se pueden usar para estudios ambientales, pero es importante que se conozca la resistividad de sustancias químicas y contaminantes. En la tabla 7 y 8 se indica los rangos de resistividad para rocas, suelos y minerales más comunes en la exploración. (Alvarez, 2015)

Tabla 7. Resistividad de rocas y materiales más comunes, Loke, (2012)

Material	Resis. Mínima	Resis. Máxima
Suelo Superficial	50	100
Arena Suelta	500	5000
Grava	50	10 ⁴
Arcilla	1	100
Rocas Ígneas	1000	10 ⁷
Granito	1000	10 ⁶
Basalto	1000	10 ⁷
Rocas Metamórficas	100	10 ⁸
Esquisto	20	10 ⁴
Conglomerados	1000	10 ⁴
Areniscas	10	8000
Lutita	20	1000
Limolita	70	8000
Caliza	100	10 ⁵
Agua Dulce	10	100
Agua de Mar	0.25	-

Fuente: (Alvarez, 2015)

Tabla 8. Valores de resistividad de agua y rocas, Astier (1982)

<i>Aguas y rocas</i>	<i>Resistividad (ohm *m)</i>
Agua de mar.....	0.2
Agua de acuíferos aluviales.....	10 – 30
Agua de fuentes.....	50 – 100
Arenas y gravas secas.....	1000 – 10000
Arenas y gravas con agua dulce.....	50 – 500
Arenas y gravas con agua salada.....	0.5 – 5
Arcillas.....	2 – 20
Margas.....	20 – 100
Calizas.....	300 – 10000
Areniscas arcillosas.....	50 – 300
Areniscas cuarcitas.....	300 – 10000
Tobas volcánicas.....	20 – 100
Lavas.....	300 – 10000
Esquistos grafitosos.....	0.5 – 5
Esquistos arcillosos.....	100 – 300
Esquistos sanos.....	300 – 3000
Gneis, granito alterado.....	100 – 1000
Gneis, granito sanos.....	1000 - 10000

Fuente: (Bravo 2012)

5. Metodología

5.1. Descripción del Área de Estudio

5.1.1. Ubicación

El área de estudio se encuentra ubicado en la represa de la central Hidroeléctrica Delsitanisagua del cantón y provincia de Zamora, sector El Retorno de la parroquia Sabanilla. La zona de estudio tiene un área total de 6,14ha y las coordenadas U.T.M. que enmarcan el proyecto son las siguientes:

Tabla 9. *Coordenadas del área de estudio, DATUM WGS84*

Vértices	X	Y
1	720135,5	9560231,9
2	720330,0	9560223,8
3	720164,2	9560024,3
4	720135,5	9560231,9

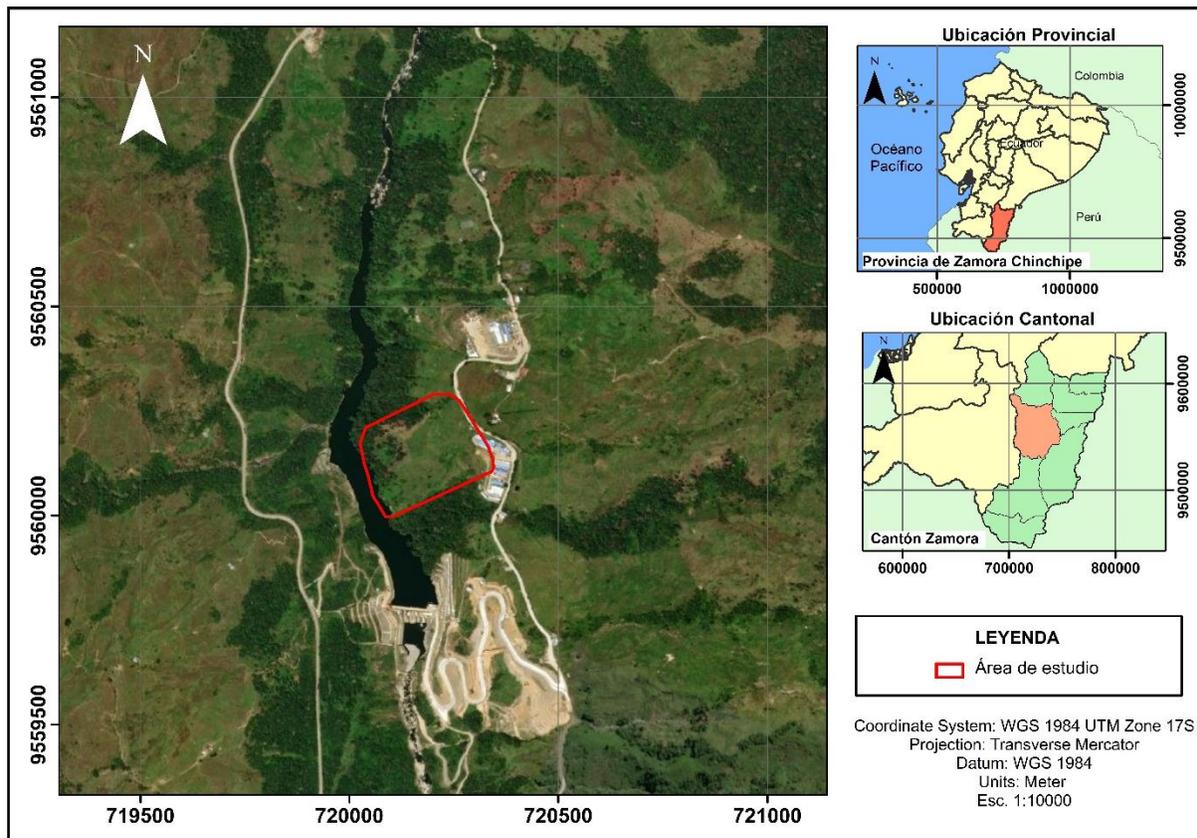


Figura 10. Ubicación del área de estudio.

5.1.2. Acceso

El acceso a la represa se lo realizó desde la ciudad de Loja siguiendo la vía de Loja-Zamora, hasta el sector El retorno para después dirigirse por la vía antigua Loja-Zamora que recorre el río Zamora, el tramo de 42km dura 40 min en auto.

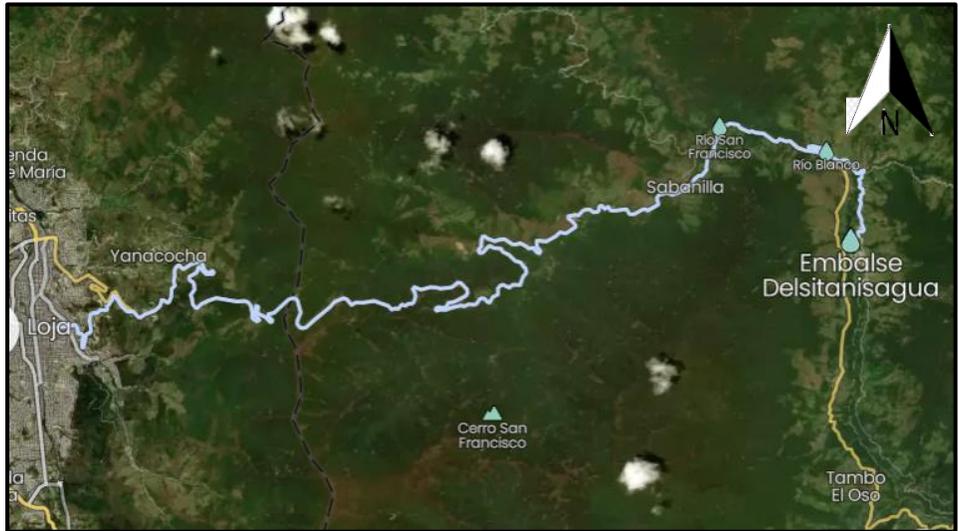


Figura 11. Acceso al área de estudio
Fuente: Mapcarta.com, (2023)

5.1.3. Topografía

Maritza, (2013) menciona que “El proyecto hidroeléctrico Delsitanisagua se caracteriza por un relieve irregular, no se observan áreas planas en el sector”. El área de estudio se encuentra entre los 1500 m.s.n.m. en la cota más baja y llega hasta los 1640 m.s.n.m. en la cota más alta.

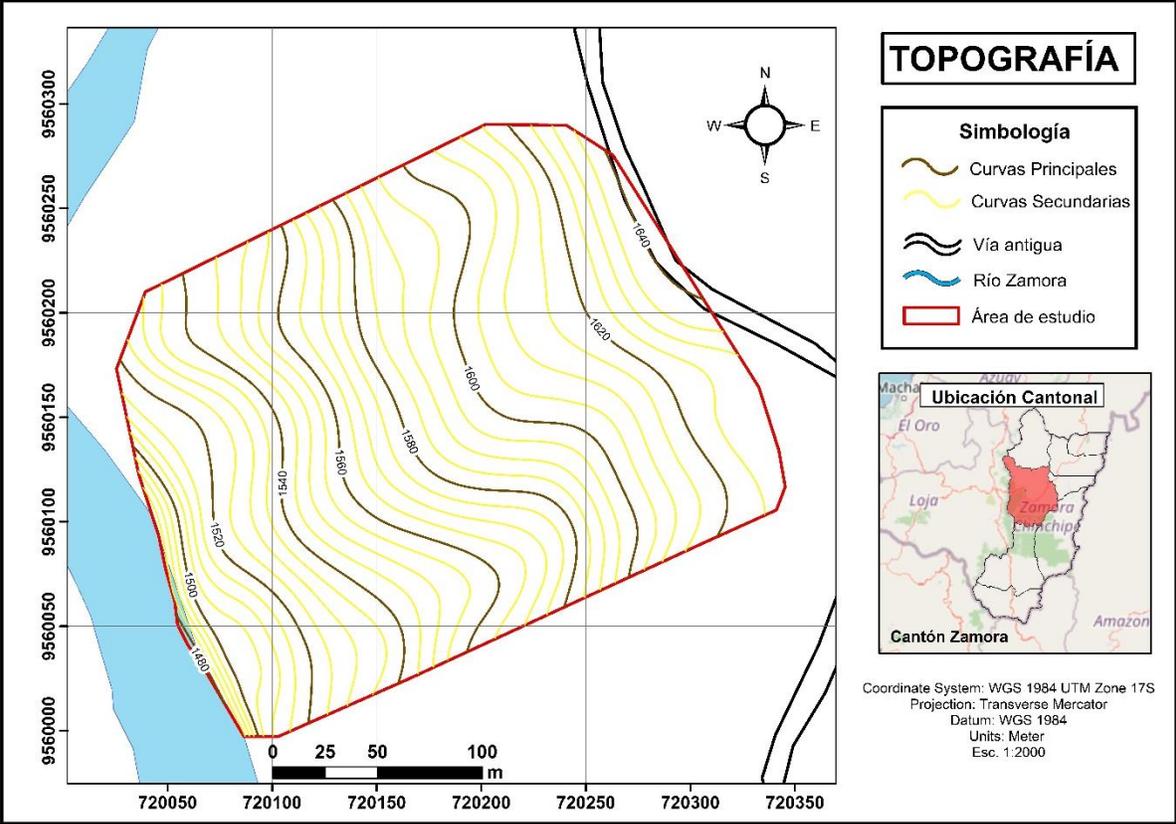


Figura 12. Topografía del área de estudio.

5.1.4. Geomorfología

La central hidroeléctrica Delsitanisagua tiene un relieve que varía entre moderado a fuerte, presenta altitudes que van desde los 3400 msnm en la cordillera oriental de los Andes hasta los 1070 msnm en la unión del Sabanillas con el Zamora, está rodeado de pendientes muy abruptas, mayores al 45% como son montañas denudacionales o los encañonamientos abruptos y terrazas que presentan pendientes suaves.(Chamba, 2015)



Figura 13. *Geoformas en la zona de estudio*

Chamba (2015), en su estudio de impacto ambiental, describe el valle estrecho del río Zamora en la represa de la central hidroeléctrica. Este valle presenta una curva hacia la izquierda. El tramo del río antes de la curva se extiende hacia el sureste (146°) y suroeste (186°) al pasar por el eje de la presa. El valle tiene un ancho de aproximadamente 83 metros al nivel normal del agua, en la cota de 1491 metros.

5.1.5. Pendientes

El valle fluvial muestra una sección asimétrica en forma de V, con el margen izquierdo siendo bastante empinado, con pendientes naturales de entre 53° y 70°, a diferencia del margen derecho que es más suave, con pendientes de 30° a 40°. Ambos márgenes son naturalmente estables. (Chamba, 2015). A continuación se ha categorizado a la pendiente del área de estudio según la clasificación de Demek, 1972.

Tabla 10. Clasificación de la pendiente del área de estudio

CLASE	RANGO	ÁREA (Ha)
Ligeramente inclinado	0°- 5°	0,03
Fuertemente inclinado	5°-15°	0,33
Muy inclinado	15°-35°	4,61
Empinado	35°-55°	1,03
Vertical	55°	0,13
Total		6,14

En el área de estudio se presentan principalmente pendientes muy inclinadas que son las que cubren la mayor área con un total de 4,61 ha con un rango de 15-35° de inclinación, seguidas de pendientes empinadas con un área de 1,03 ha, las cuales presentan un rango de inclinación de 35-55°, por lo que estas pendientes contribuyen a la inestabilidad del terreno.

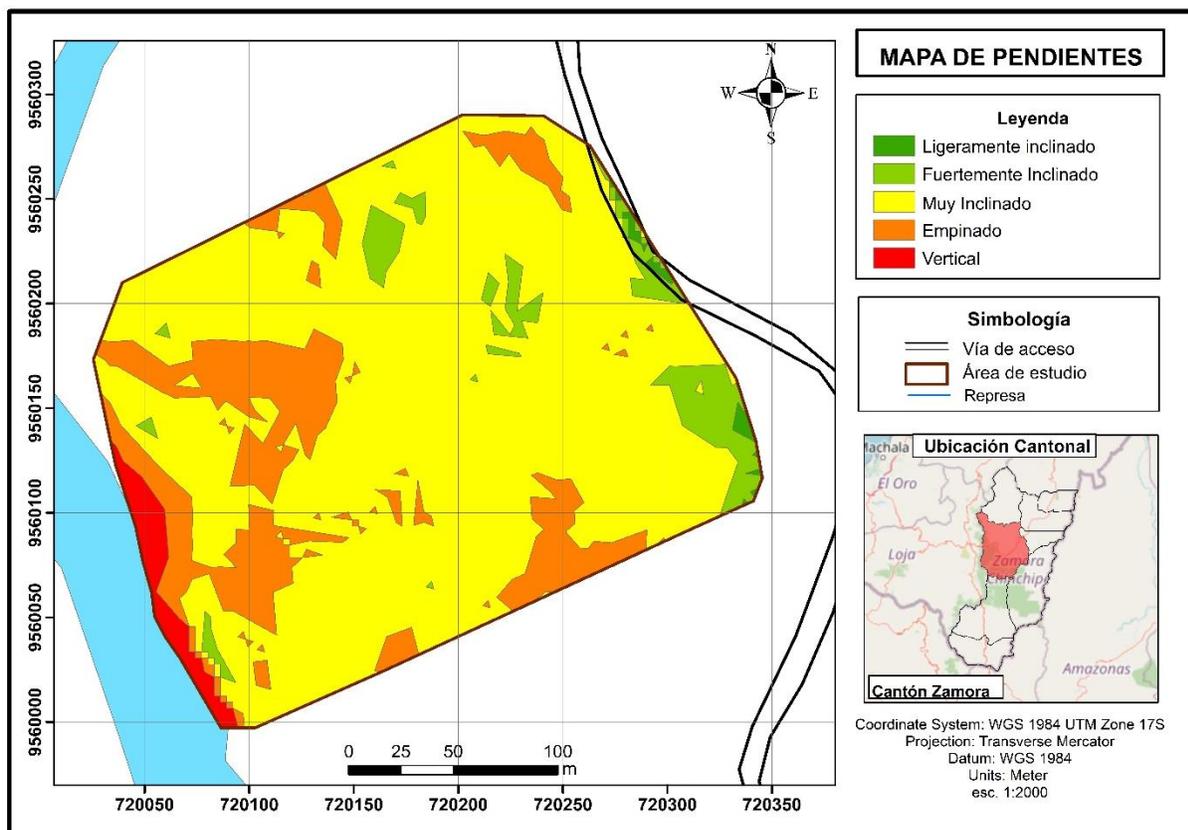


Figura 14. Pendientes de la zona de estudio.

5.1.6. Hidrología

Según Maritza, (2013), la hidrología del Delsitanisagua está representado por un sistema hidrológico perteneciente al curso superior del sistema fluvial Zamora-Santiago-Amazonas que drena por la vertiente oriental de los Andes, nacen en alturas que sobrepasan los 3400 m.s.n.m. El aprovechamiento hídrico del Delsitanisagua se desarrolla en la confluencia Zamora-Sabanilla y el sistema de drenaje es de tipo detrítico.

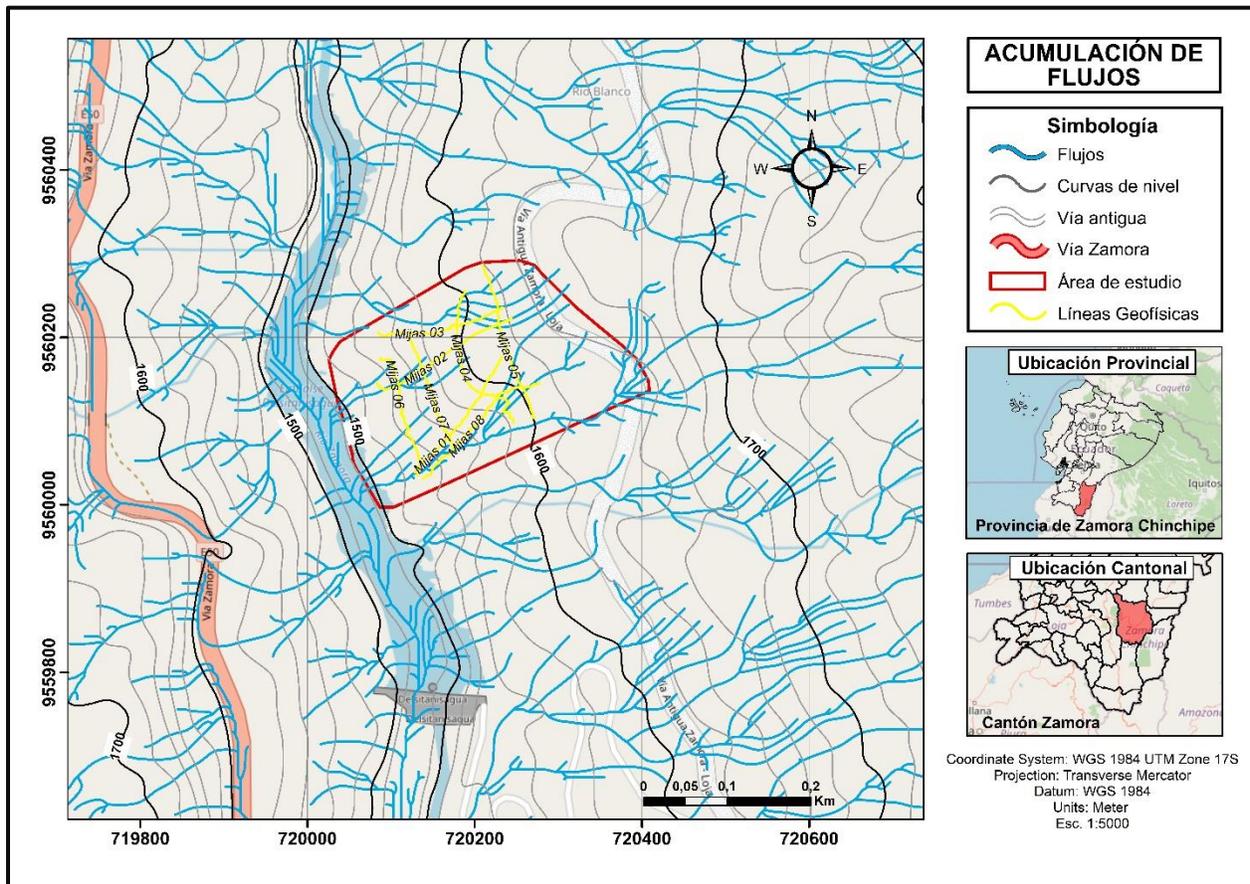


Figura 15. Mapa de flujos del área de estudio

5.1.7. Clima y Vegetación

Según el plan de desarrollo y ordenamiento territorial GAD de “Sabanilla” Zamora, (PDOT, 2019) en la parroquia se presentan climas muy variados como son el Templado ecuatorial (muy húmedo temperado), el Tropical (mega térmico-húmedo) y Ecuatorial (mesotérmico-semihúmedo), que debido a sus características climáticas se manifiestan precipitaciones de 1000 a 3000mm anuales y temperaturas de 10 a 20 grados centígrados. En la central Hidroeléctrica Delsitanisagua según los datos de la estación Sabanilla corresponde a un clima tropical húmedo, el cual posee 96.69% de humedad en un promedio de 10 años de registros; debido a que se

encuentra en el oriente característico de zonas húmedas el proyecto cuenta con precipitaciones mayores de 150mm por mes, en un promedio anual de un período de 10 años su precipitación es de 2035.91 mm y presenta una temperatura media anual de 16.69°C.

En cuanto a la vegetación, se presenta una formación vegetal de tipo Boque siempre verde piemontano, su composición florística pertenece a un área intervenida, la mayoría de la zona se encuentra cubierta de pastizal. Las especies vegetales arbustivas sobrepasan los 5m de altura estos se localizan principalmente e topografías escarpadas, en flancos de cauces naturales o donde no ha sido posible establecer bosques artificiales. (Chamba, 2015)

5.1.8. Suelo

En la Actualización del estudio de impacto ambiental (EIA) del proyecto hidroeléctrico Delsitanisagua se realizaron estudios de suelo los cuales identificaron que la central hidroeléctrica presenta suelos no arables, siendo aptos para uso forestal, esto se debe a que existen suelos de moderadamente profundos a superficiales en relieves socavados a muy socavados que suelen ser limitados por la presencia de rocas que las hacen no aptas para uso agroproductivas, en cuanto a relieves fuertemente ondulados a colinados se encuentran suelos no arables, generalmente aptas para Cultivos Permanentes, pastos y aprovechamiento forestal, son suelos de baja fertilidad, que van desde profundos a muy profundos, siendo necesario la aplicación de sistemas de explotación mixtos con el uso de cultivos tipo arbóreo, pastos y especies forestales de la zona. (Chamba, 2015)

5.1.9. Geología Regional

El Río Zamora drena un segmento de la Cordillera de Los Andes que resulta ser una prolongación de la Cordillera Real, bien definida en los Andes septentrionales y la cual está constituida por un basamento metamórfico. En los Andes meridionales, en cambio, este mismo basamento se asocia con cuerpos intrusivos de interés regional. El basamento metamórfico en mención, ha sido dividido según estudios recientes, en varias unidades litotectónicas, de las cuales tres están presentes en la cuenca hidrográfica del Zamora: Alao, Loja y Salado (Litherland et al, 1994); siendo la división Loja la que ocupa una mayor área. Hacia el Occidente este basamento está cubierto por los remanentes de arcos volcánicos del Paleógeno y Neógeno y sus cuencas sedimentarias asociadas. Hacia el Este, el basamento está en contacto fallado con un plutón jurásico y un arco continental mesozoico deformado.(Chamba, 2015)

La parroquia Sabanilla está asentada sobre la formación Napo y Hollín, propias de la región Sur y Oriental del Ecuador, estas formaciones están constituidas por Complejo de Migmatitas, Granodiorita, Dioritas no deformadas y Pizarra, cuarcitas según se menciona en el PDOT (2015-2019) de la parroquia.

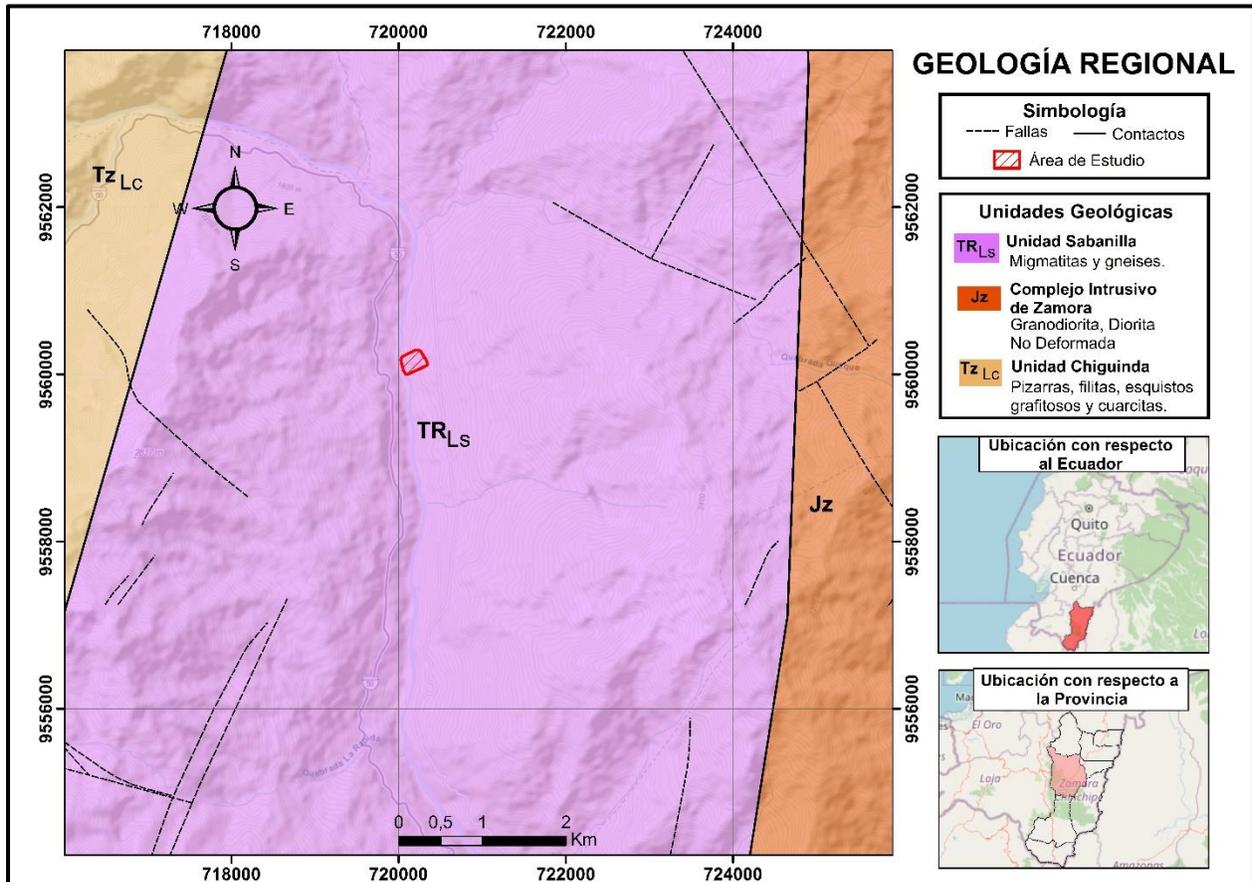


Figura 16. Geología Regional del área de estudio

El proyecto Hidroeléctrico Delsitanisagua como se menciona Chamba, (2015) del proyecto se asienta en las siguientes unidades geológicas:

- Unidad Sabanilla:

Es la unidad que más predomina en el área, se encuentra constituido por esquistos, cuarzo feldespáticos y biotíticos cerca al contacto con la Unidad Chiguinda. Los gneises presentan una foliación bien marcada, el tamaño del grano varía notablemente, los más abundantes son los de grano medio y en algunos sectores estas rocas tienen sulfuros diseminados. Hacia el Sur de las quebradas La Rápida y Consentida, los gneises tienen una estructura migmatítica, en ocasiones estos nódulos aparecen inmersos en vetas pegmatíticas. En los afloramientos

cercanos a las márgenes del Río Zamora la roca es dura, la alteración está restringida a oxidación en las diaclasas y descomposición de la biotita en los primeros centímetros de los bloques. Hacia el sector Norte, donde la roca es más foliada y con una mayor proporción de esquistos micáceos, el nivel de meteorización puede alcanzar hasta unos dos metros de profundidad; en estos sitios la roca es de dureza media a baja. Los suelos de color rojizo son limos arcillosos plásticos, de consistencia muy blanda y de húmedos a saturados. Los suelos de color habano son limo arenoso y limo arcilloso, menos plásticos que los rojizos, de consistencia blanda, húmedos a saturados y con mayor proporción de fragmentos detríticos pudiendo alcanzar hasta un 40 % en volumen.

- Depósitos coluviales:

Los coluviales en el proyecto están constituidos por fragmentos angulosos y subangulares soportados por una matriz areno limosa con arcilla, la presencia del material detrítico puede variar entre 40 y 80 %, y está constituido por bloques de gneis, esquistos, fragmentos de cuarzo y roca triturada. La matriz es cohesiva, tiene una plasticidad media, no es consolidada y no presenta ninguna resistencia a la erosión.

- Terrazas aluviales:

En el área existen muy pocos depósitos aluviales debido a las características torrentes en el valle del río Zamora, el más grande tiene 20 m de espesor, presenta bloques que pueden alcanzar hasta los 10 m de largo y se encuentra en la desembocadura del Río Sabanilla, posee un material detrítico grueso, cantos y gravas, la presencia de arena y finos es escasa. La porosidad y permeabilidad de estos aluviales es muy alta.

5.2. Materiales y Métodos

5.2.1. Materiales y Equipos

Durante la elaboración del proyecto de titulación se dispuso de materiales de campo, seguridad, oficina y geoprocesamiento.

- **Materiales de Campo:** 1 Equipo Terrameter ABEM-LS
- 2 Baterías de 12V
- 42 Electrodo
- 42 Jumpers (conectores)

- 4 Carretas de cable
- 1 PC Portátil
- 2 Combos
- Cámara Fotográfica
- Carta geológica IGM Loja Esc. 1:100000
- 1 GPS Garmin
- 1 Brújula Brunton
- 1 Cinta métrica de 20m
- 1 Cinta métrica de 50m
- 2 Piolas
- 1 Libreta de campo
- 1 esfero
- 1 Martillo Geológico
- Fichas técnicas

Materiales de Geoprocesamiento:

- Google earth
- ArcGIS 10.4
- Software Res2inv
- Fotografías Aéreas del Sector Mijas
- Microsoft Word y Excel

Materiales de seguridad:

- Casco
- chaleco de seguridad
- Botas de caucho
- Zapatos de campo
- Botiquín de primeros auxilios

Materiales de Oficina:

- Computadora
- Impresora

5.2.2. Metodología

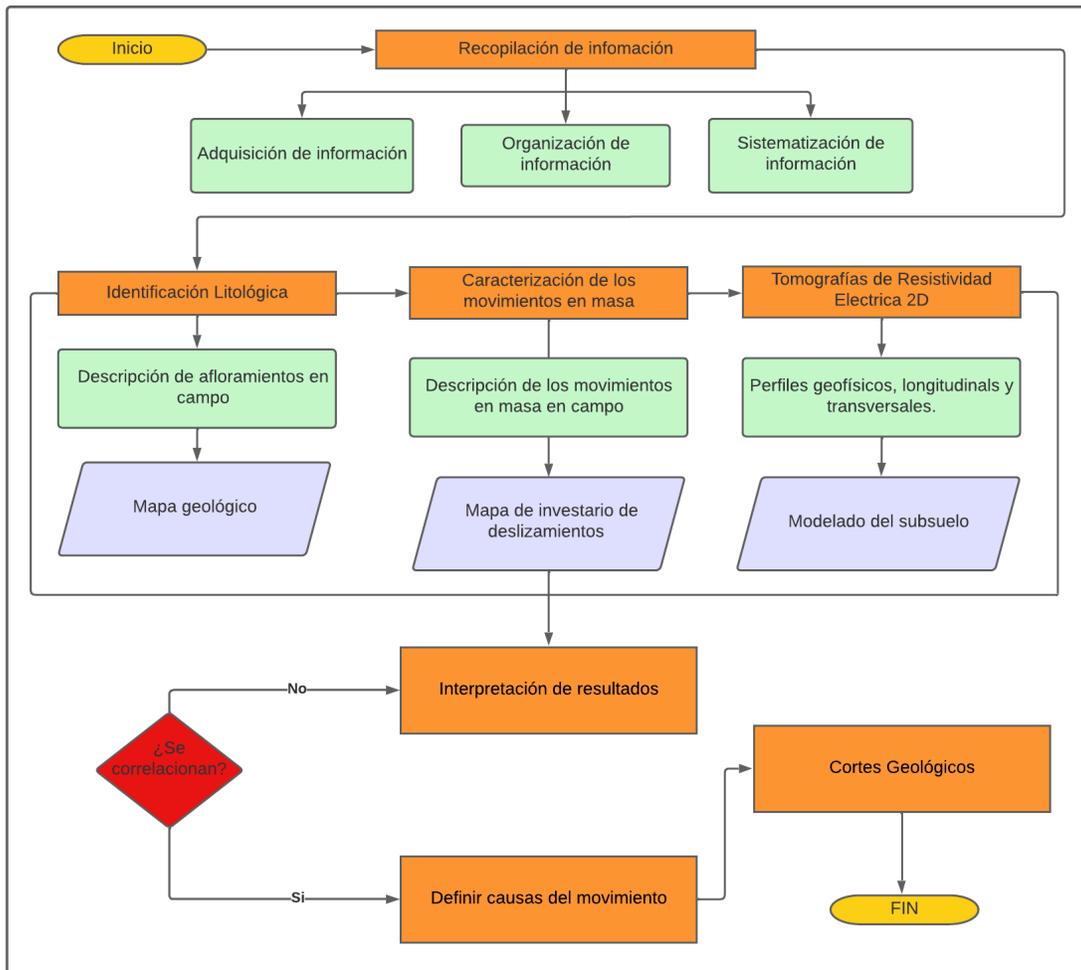


Figura 17. Flujograma de la metodología

5.2.2.1. Fase de preparación

Para el cumplimiento de los objetivos se desarrolló principalmente la recopilación de información bibliográfica y cartográfica como mapas geológicos regionales y topográficos de la zona de estudio, del mismo modo mediante visitas de campo se permitió conocer de manera general el área de estudio con el fin de tener una idea general para el levantamiento de información.

5.2.2.2. Identificación Litológica

Con el mapa geológico regional e información de perforaciones de la geología de la presa proporcionada por Celec, Ep como base se procedió al levantamiento de información litológica en campo, los afloramientos observados se los codificó con una nomenclatura de A01, A02 y así sucesivamente, anotando coordenadas en X, Y, Z, con datum WGS 1984 UTM pertenecientes a la Zona 17S. En la identificación de la litología superficial se utilizó la metodología aplicada en la

guía metodológica para el reconocimiento geológico en campo, propuesto por Rojas en 2018, en la cual se describió las dimensiones, el tipo de roca, el nombre de la roca, el estado de meteorización, cada uno de estos parámetros se los detalló en la ficha de afloramientos. Una vez que se determinó la información litológica de la zona de estudio se exportó a ArcGis 10.4 los datos obtenidos en campo y se procedió a representar en mapa litológico a escala 1:2000 y a la elaboración de su corte geológico. Se obtuvieron y analizaron un total de 13 afloramientos en la zona de estudio como se refleja en la Fig.18, en el área donde no hay afloramientos se colocaron las líneas geofísicas las cuales se usaron para confirmar la litología que existe en superficie.

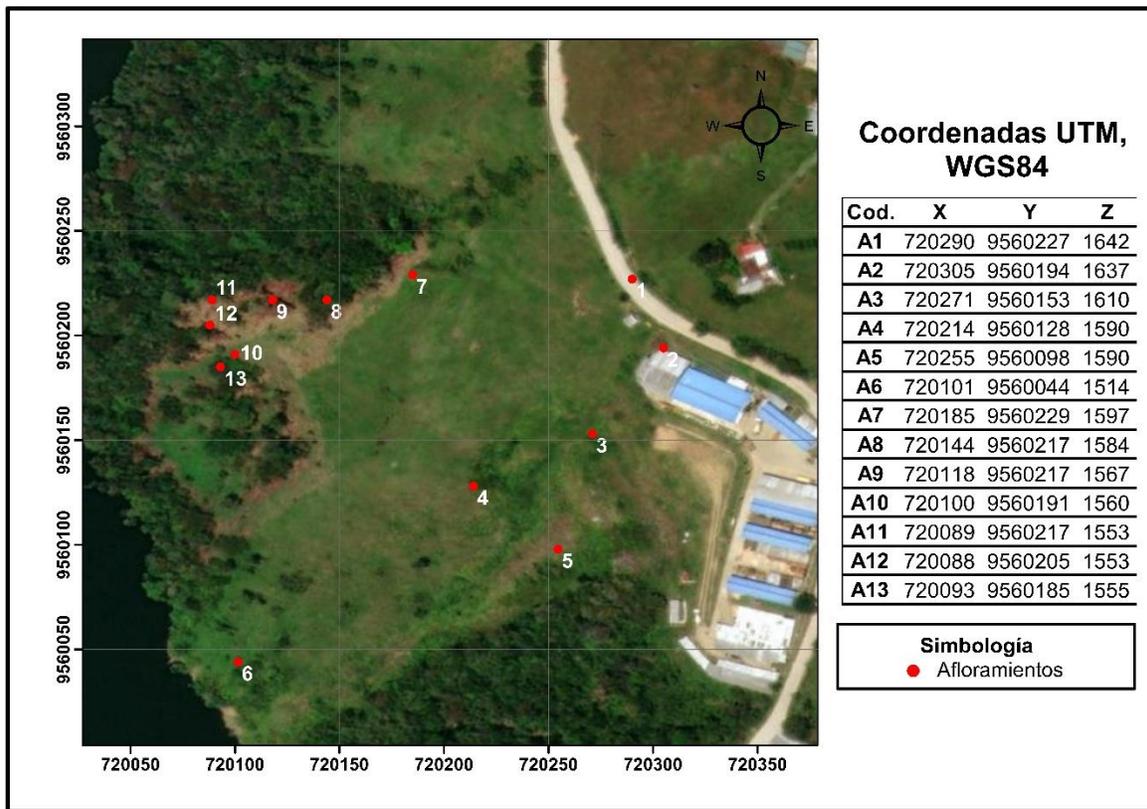


Figura 18. Ubicación de afloramientos

5.2.2.3. Caracterización de los movimientos en masa

Para la caracterización de los movimientos se utilizó la ficha técnica propuesta por el ‘‘Grupo de Estándares para Movimientos en Masa’’ (GEMMA), en ella se describió los siguientes parámetros fundamentales para la caracterización de los movimientos en masa:

- Datos generales: en los cuales se detalló el sector, coordenadas, referencia geográfica, proyección, fecha y cód. Se codificó al gran movimiento como M0 para diferenciarlo de los movimientos que se localizan dentro del mismo.

- Actividad del movimiento: en este parámetro se detalló el estado de actividad del movimiento, el estilo y la distribución.
- Litología y estratigrafía: se utilizó solamente en los movimientos que sea necesario tomar datos como es la orientación, estructura y espaciamiento.
- Tipo de movimiento: en este caso se utilizó la clasificación del movimiento según Cruden y Varnes.
- Material: Se detalló en este parámetro según las características del suelo observadas en campo tomando en cuenta el origen, la humedad y plasticidad del suelo y las características de las rocas presentes, teniendo en cuenta las tablas propuesta por el PMA para su clasificación de forma cualitativa.
- Velocidad: para la caracterización de este parámetro se analizó el tipo de movimiento y así tener una estimación aproximada de su velocidad.
- Morfometría: en esta sección se describió las dimensiones y deformación del terreno.

Para caracterizar la morfometría, en el caso de las dimensiones se analizó en base a la nomenclatura del movimiento usando la terminología recomendada por la comisión IAEG, para este caso se realizó la fotointerpretación, para ello se tomó coordenadas en campo para ubicar el movimiento en masa en la ortofoto y posteriormente determinar la medición morfométrica en el software ArcGIS.

- Causas: para este parámetro se analizó y reconoció los condicionantes y detonantes del movimiento.

Se evidenciaron seis movimientos incluyendo el área de estudio que es representado por el gran movimiento en masa, los cuales han sido localizados en las siguientes coordenadas:

Tabla 11. *Coordenadas UTM de los movimientos en masa*

COD.	X	Y
M0	720265,2	9560292,7
M01	720218,1	9560083,2
M02	720087,9	9560036,5
M03	720095,2	9560146,3
M04	720117,7	9560214,4
M05	720189,1	9560225,0

5.2.2.4. Aplicación de tomografías de resistividad eléctricas 2D

La prospección geofísica se realizó mediante el estudio de tomografía de resistividad eléctrica, en el cual se llevaron a cabo distintas etapas para obtener una correcta calidad de los resultados.

1. Planificación

En cuanto a la planificación, se realizó el reconocimiento del terreno mediante una visita de campo, con el uso de la ortofoto del área de estudio se determinó el número de líneas geoelectricas y su ubicación en el cual se planeó el tendido de 8 líneas geoelectricas tanto longitudinales como transversales; también mediante la planificación se tomó en cuenta información previa sobre las causas que pueden afectar a la calidad de los datos.

2. Colocación del dispositivo y adquisición de datos

El tendido de las 8 líneas de prospección y la adquisición de datos se llevaron a cabo de 3 días, las líneas geoelectricas cubren la mayor extensión posible del terreno afectado. Para la toma de datos se realizó el siguiente procedimiento:

- Longitud de la línea: se planeó que las extensiones de las líneas fueran de 200m, para ello, con la ayuda de una piola de 200m se determinó la longitud dependiendo de las limitaciones del terreno, de esta manera la línea 7 y 8 fueron de 160m.
- Colocación de los electrodos: una vez que se comprobó la extensión, con la ayuda de la cinta métrica se procedió a colocar los 42 electrodos en el terreno con un espaciamiento de 5 o 4m, dependiendo de la longitud de la línea.
- Colocación de los Cables: Se utilizaron 4 cables, 2 cables multielectrónicos de 10 conexiones y 2 cables multielectrónicos 11 conexiones, se conecta los cables de 10 conexiones con el de 11 conexiones formando dos cables de 21 conexiones.
- Colocación de los conectores o jumpers: para ello se utilizó 42 jumpers, los cuales se colocaron conectando los electrodos con las conexiones de los cables.
- Ejecución del equipo: para ellos se conectaron los dos cables y las 2 batería de 34hp, con el equipo, un resistivímetro ABEM Terrameter LS, una vez conectado se configuró el equipo colocando el espaciamiento de electrodos y la configuración electródica de Schlumberger luego se procedió a inyectar corriente, si en caso en la prueba de electrodos sale error en alguno de ellos, se procedió a verificar si está bien conectado o si el electrodo

está fijo, si se encuentra bien conectado se procedió a colocar agua con sal al electrodo moderadamente para que fluya de mejor manera la corriente eléctrica.

- Una vez tendida la línea se tomó coordenadas de cada uno de los electrodos en datum WGS84, con el gps Garmin. Al finalizar con la lectura, se procedió a transferir los datos del equipo hacia una USB para luego verificar en la computadora si el perfil tiene un error mínimo, apto para su interpretación.



Figura 19. Conexión de los instrumentos al equipo

Finalmente, se obtuvieron ocho líneas geoelectricas sobre el movimiento, en la tabla 12 se detallan las coordenadas del punto inicial y final de cada línea, su longitud y configuración.

Tabla 12. Descripción de los perfiles eléctricos

Perfil	Punto inicial		Punto final		Longitud	Configuración
	X	Y	X	Y		
Mijas 01	720127,1	9560039,0	720233,3	9560177,9	200	Schlumberger
Mijas 02	720082,3	9560146,8	720245,2	9560223,4	200	Schlumberger
Mijas 03	720083,5	9560205,8	720234,0	9560236,8	200	Schlumberger
Mijas 04	720246,5	9560096,9	720188,9	9560256,7	200	Schlumberger
Mijas 05	720272,8	9560103,2	720209,3	9560286,5	200	Schlumberger
Mijas 06	720131,1	9560033,9	720085,8	9560173,4	200	Schlumberger
Mijas 07	720180,4	9560064,0	720122,1	9560204,8	160	Schlumberger
Mijas 08	720137,0	9560030,3	720279,0	9560145,8	160	Schlumberger

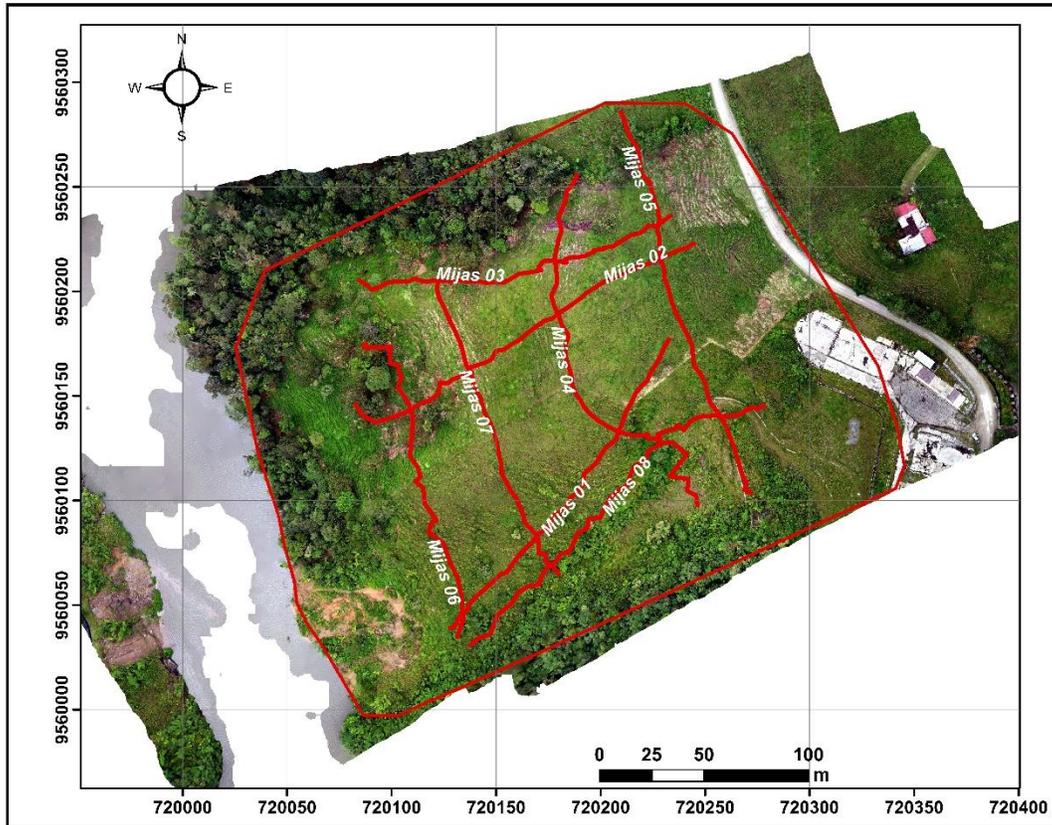


Figura 20. *Distribución de las líneas geofísicas.*

3. Procesamiento de los datos e interpretación

Para el procesamiento de los perfiles, se los realizó en el programa Res2dinv el cual es una herramienta de inversión utilizada en estudios de resistividad eléctrica para obtener imágenes dimensionales del subsuelo a partir de datos de resistividad eléctrica recopilados en la superficie.

El proceso de inversión de los datos en el programa Res2dinv se lo realiza de la siguiente manera:

Primeramente, el archivo que contienen los datos deben estar en archivo *.dat para que puedan ser leídos por el programa, el archivo se abre directamente en bloc de notas en el cual incluimos la topografía al final de los datos dados por el equipo, se colocó el número de datos topográficos obtenidos y al final se colocaron ceros consecutivos esto con el fin de que la topografía pueda ser leída por el programa, tal como se muestra en la figura 27.

```

Schlumberger_1-2022-02-05-045059: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
4 155.00 0.00 200.00 0.00 170.00 0.00 185.00 0.00 36.2896
4 165.00 0.00 190.00 0.00 175.00 0.00 180.00 0.00 38.0249
4 165.00 0.00 195.00 0.00 175.00 0.00 185.00 0.00 69.5277
4 170.00 0.00 195.00 0.00 180.00 0.00 185.00 0.00 52.2515
4 165.00 0.00 200.00 0.00 180.00 0.00 185.00 0.00 26.4737
4 175.00 0.00 190.00 0.00 180.00 0.00 185.00 0.00 114.949
4 170.00 0.00 200.00 0.00 180.00 0.00 190.00 0.00 78.6999
4 180.00 0.00 195.00 0.00 185.00 0.00 190.00 0.00 115.125
4 175.00 0.00 200.00 0.00 185.00 0.00 190.00 0.00 51.2265
4 185.00 0.00 200.00 0.00 190.00 0.00 195.00 0.00 95.6846
Topography is separate list
2
42
0 1612.133083
5 1610.794922
10 1609.105675
15 1607.647518
20 1606.506681
25 1604.849349
30 1603.728766
35 1601.678812
40 1600.058436
45 1598.166298
50 1595.813871
55 1592.826459
60 1590.602047
65 1590.055247
70 1587.979095
75 1585.022207
80 1582.800237
85 1578.737572
90 1577.409999
95 1575.272594
100 1572.151129
105 1570.153433
110 1568.458078
115 1565.619973
120 1562.71143
125 1560.499651
130 1558.029257
135 1556.070456
140 1553.133489
145 1551.469861
150 1548.201502
155 1545.836868
160 1543.693889
165 1542.400969
170 1540.221172
175 1537.935525
180 1534.937981
185 1532.684253
190 1531.501828
195 1529.06344
200 1527.587821
205 1526.442725
0
0
0
0
0
0

```

Figura 21. Topografía incluida en el archivo *.dat

Una vez guardados los datos de esta forma, se abrió los archivos en el programa y antes de empezar la inversión de los datos se realizó la corrección de las medidas erróneas más evidentes de cada perfil, en la opción “Edit” y luego “Exterminate Bad Datum Points”.

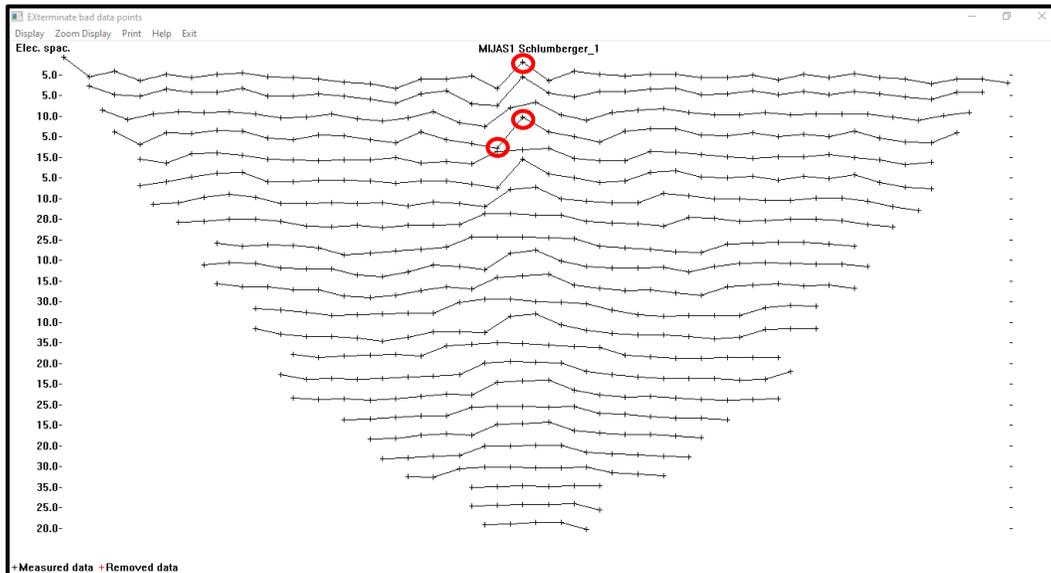


Figura 22. *Depuración de datos*

Con la corrección de los datos se procedió a la inversión de los datos en el programa usando la opción “Least-squares inversion” en el cual se calculará el valor de las resistividades mediante la técnica de inversión por mínimos cuadrados y elementos finitos basada en la teoría desarrollada por Groot-Hedlin y Constable en 1990, se realizó las interacciones necesarias y finalizó hasta que tenga un error mínimo que debe ser menor a 6%, ya concluida la inversión el programa pedirá guardar el archivo en formato *.INV.

Para elaborar el perfil geoelectrico se usa el archivo con formato *.INV. se coloca en “Display” y luego “show inversion results” en el cual abrió una nueva ventana, luego se realizó los siguiente:

- A. Incluir los resultados de la inversión con topografía se seleccionó el menú “Display section” y después “Include topography in model display”.
- B. Luego se colocó el número de interacciones en este caso se usó 7 interacciones y se seleccionó en la opción “User defined logarithmic contour intervals”.
- C. Después apareció otra ventana donde elegiremos la opción que sea ideal para el proyecto en este caso se seleccionó “1,47 (6 contours per decade)”, el mínimo valor de contorno se lo colocó dependiendo de la litología superficial presente en la zona de estudio, en el cual se determinó un mínimo de valor de contorno de 30, obteniendo así resistividades que van de 30 Ohm.m hasta 6463 Ohm.m.

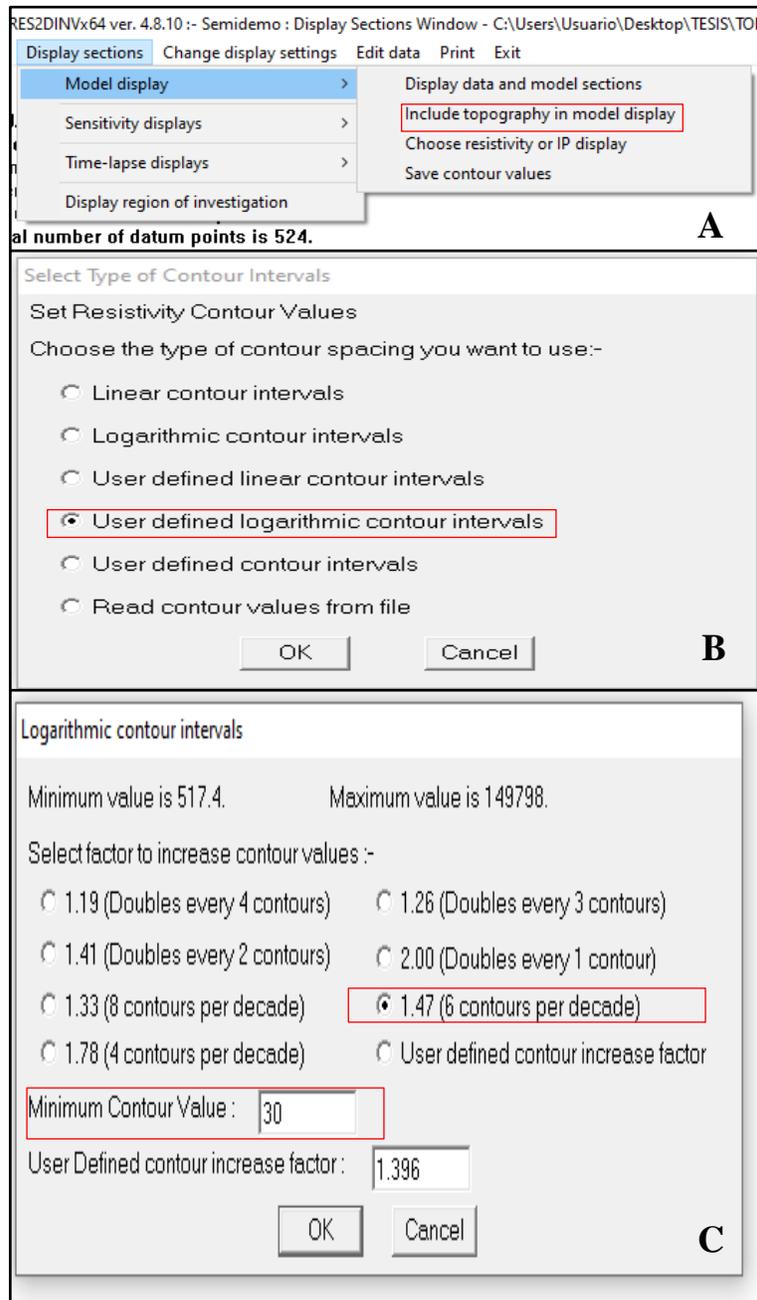


Figura 23. Pasos para la elaboración del perfil geoelectrico en el programa.

Los perfiles longitudinales se realizaron mediante la configuración geoelectrica Schlumberger, obteniendo un error menor al 2% en todos los perfiles, se eligió este arreglo debido a su sensibilidad a cambios horizontales y verticales, que, como menciona OCSA, (2016) este diseño de arreglo de electrodos se considera un compromiso entre otros diseños, como el Wenner y el dipolo-dipolo, ya que ofrece una buena resolución tanto para cambios horizontales como verticales en la distribución de la resistividad eléctrica. Asimismo, la configuración de Schlumberger es

utilizada debido a su capacidad para investigar profundidades significativas, sin embargo, la profundidad exacta alcanzada puede variar según las condiciones específicas del sitio y los equipos utilizados. Para la interpretación de las resistividades se utilizó las tablas propuestas por Loke 2012 y Atsier, 1982 (ver tabla 7 y 8), de esta manera se analizó el modelado del subsuelo en 2D identificando las zonas geoelectricas de cada perfil, la profundidad y la superficie de rotura, del mismo modo se llevó a cabo la comparación con los datos litológicos de superficie y la información de la caracterización de los movimientos en masa para verificar la precisión y confiabilidad del modelo obtenido.

6. Resultados

6.1. Geología Local

Con el levantamiento litológico se determinó que la zona de estudio está constituida por suelo residual y deposito coluvial que cubre al gneis del triásico proveniente de la unidad sabanilla; en el mapa litológico fig.24 se ha representado los materiales superficiales identificados en campo, a partir de la digitalización del mapa litológico se ha desarrollado el corte geológico (fig.25) el cual representan como se ha ido depositando los materiales.

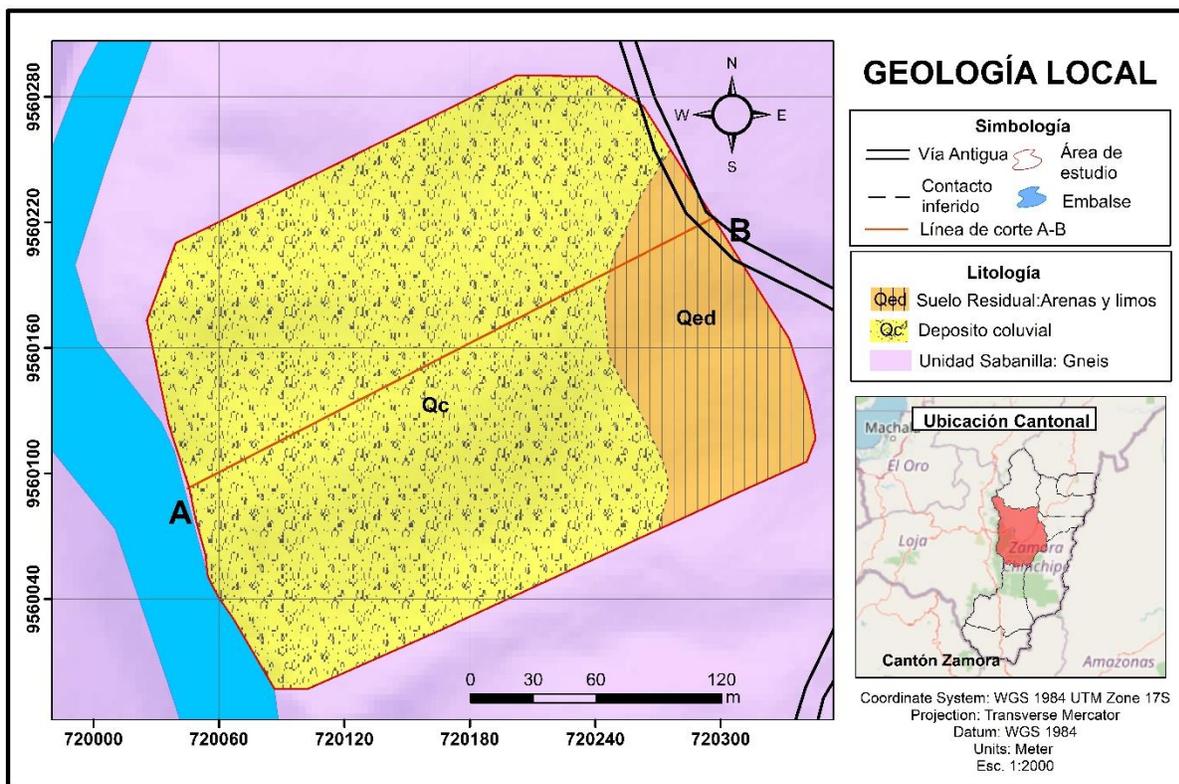


Figura 24. Mapa Litológico de la zona de estudio

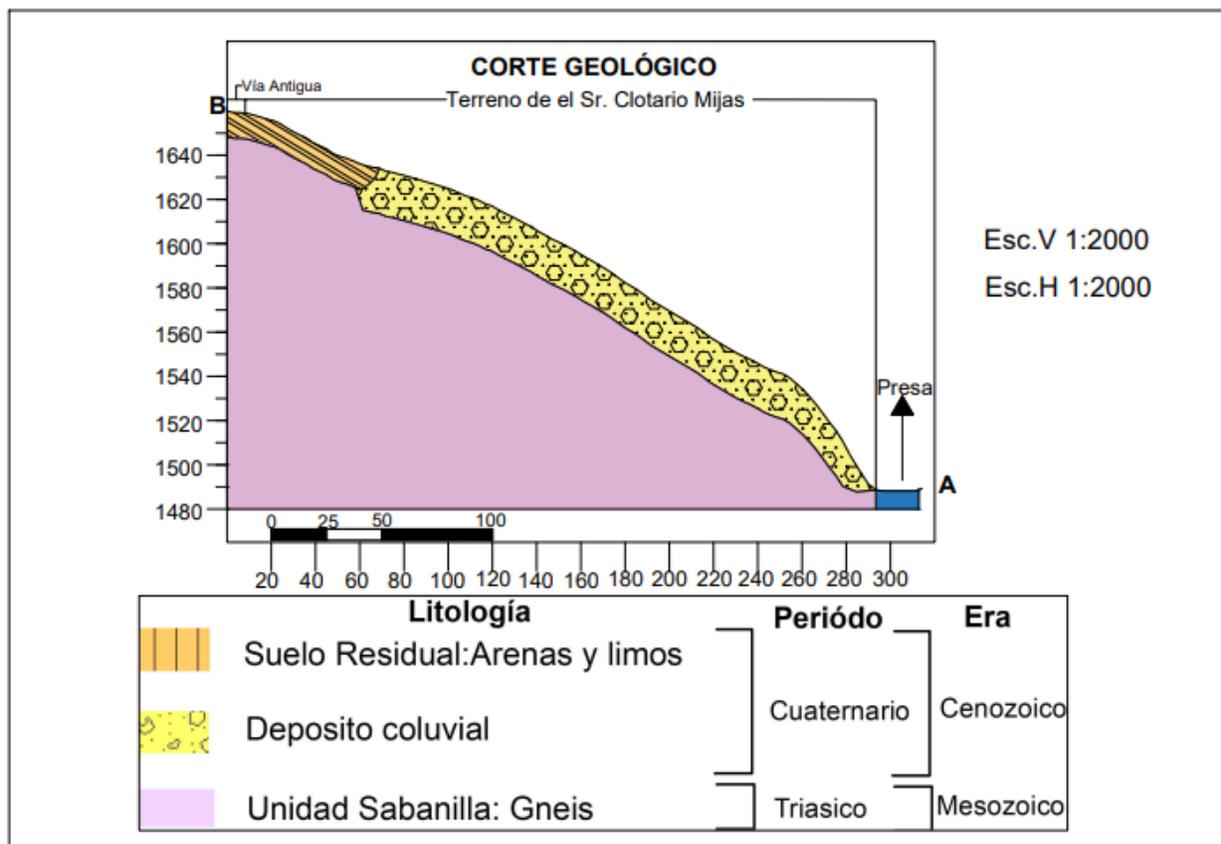


Figura 25. Suelo Residual

6.1.1. Suelo Residual

Los afloramientos se encuentran en la parte alta de la zona de estudio, están identificados como material residual y cada uno de ellos representan una erosionada corona de desprendimiento de forma semicircular, debido los minerales, de cuarzo, biotita, feldespato derivados del gneis que al descomponerse se presentan como granos de arena y arena de fina de polvo de roca limosas y limo-arcillosas de color habano y rojizo, los materiales se encuentran de húmedos a saturados, de baja plasticidad.

El afloramiento artificial A01 se encuentra en la vía antigua de Loja-Zamora por lo que presenta escasa vegetación, dejando a la intemperie al material, son materiales húmedos el cual se caracteriza por presentar suelo de color rojizo indicando la presencia de material limo-arcilloso, de baja plasticidad.

Los afloramientos A2 y A3 están en equilibrio natural, debido a que se encuentran la mayor parte cubiertos de vegetación, estos dos afloramientos presentan suelos areno limosos de color habano claro y oscuros menos plásticos que el suelo de color rojizo, son suelos húmedos a saturados, especialmente el afloramiento A3 se encuentra en un área donde hay escapes de agua

debido al mal implemento cunetas lo que se ha ocasionado la infiltración de agua y saturado el suelo, viéndose reflejado en la línea geofísica Mijas05 que pasa por esta área, donde a profundidad se aprecia cavidades rellenas de suelo y agua, con un espesor de 11,6m.



Figura 26. Suelo Residual

6.1.2. Depósito Coluvial

El depósito coluvial se presenta como una masa heterogénea de material que se ha acumulado debido a intemperismo y desprendimiento in situ del macizo rocoso que por el movimiento del terreno se ha ido depositando lo largo de la ladera, siendo el principal agente de transporte la gravedad y agua, este depósito cubre la mayor extensión del área y está conformada por fragmentos angulosos y subangulosos de rocas rodadas de gneis de grano medio a grueso, presentan textura foliada con aspecto bandeado debido a la alteración de las bandas de color claro compuesto por cuarzo y feldespato a oscuras compuesto principalmente de biotita, textura típica de un gneis, donde el material fino puede aprovechar esos planos de foliación para que colapsen.

La roca se presenta como gravas blandas meteorizadas de 3 a 5cm, sin embargo, a pesar de que las rocas se encuentren completamente meteorizadas, permanece la estructura de roca original, también se encuentran cantos de entre 10 a 20cm de diámetro y bloques de grandes dimensiones de roca dura, fracturadas y meteorizadas sostenidas en una matriz areno-limosa con arcilla, poco consolidadas de baja plasticidad; también se han originado cárcavas ocasionadas por las aguas de escorrentía.

Según las tomografías de resistividad eléctrica este depósito presenta resistividades bajas y medias, tomando en consideración las zonas geoelectricas B, C y Dsup se ha calculado un promedio de espesores para determinar la profundidad de este depósito teniendo así un espesor de 20.4m

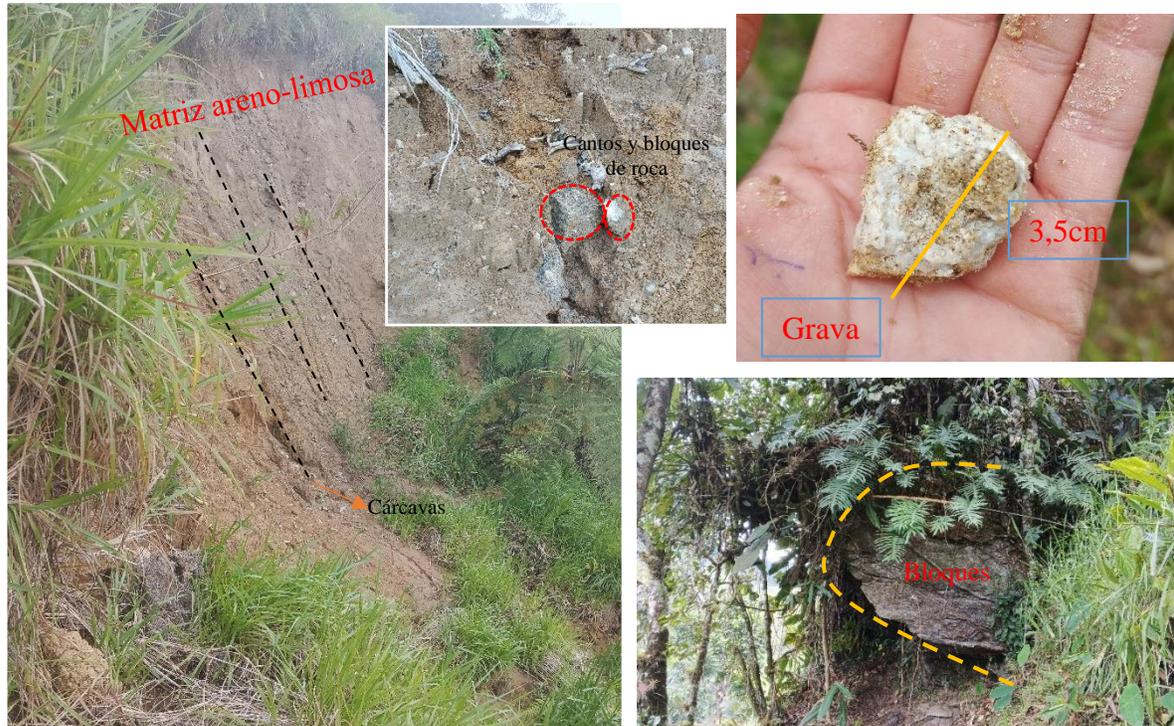


Figura 27. *Marial que compone el depósito coluvial.*

6.2. Movimientos en masa

El área de estudio está representado por un gran movimiento en masa (M0) el cual es un proceso de tipo reptación, que se origina en el terreno de forma cóncava a causa de las pendientes inclinadas a empinadas que favorecen su evolución, y a medida que la pendiente aumenta, el colapso de material y el área de afectación se agranda, pero además la sobresaturación por las aguas de escorrentías que circulan libremente sobre la superficie del terreno son también un factor determinante para la dinámica del colapso del material. El movimiento es de estilo sucesivo puesto a que presenta un segundo mecanismo de movimiento al pie del talud, en el cual se presenta un derrumbe reciente identificado como un deslizamiento de tipo rotacional; además es un movimiento lento con deformaciones onduladas por lo que ha ido generando grietas de tensión, los agrietamientos longitudinales y transversales tienen una longitud estimada de entre 20-40m con saltos de 0.5 a 1m. En la corona y parte del cuerpo de la reptación se presenta una extensa

deforestación y poca cobertura vegetal para realizar las actividades de ganadería, dejando susceptible al movimiento.

Los cinco movimientos en masa localizados en el área como se puede observar en la figura. 28 indican que el terreno no ha alcanzado su equilibrio natural, al contrario, se está volviendo a reactivar, por lo que conforma a un gran movimiento en masa. Los movimientos M01, M03, M04 y M05 son movimientos lentos de tipo reptación mientras que el M02 es un deslizamiento de tipo rotacional; la mayoría están en estado latente debido a que las causas que lo originaron predominan en el área a diferencia del movimiento M02 y M04 que, a simple vista el material se encuentra deslizando por lo que indican que se encuentran activos; tienen un estilo único no se identifica otro mecanismo de movimiento y presentan una distribución retrogresivo, sus materiales son provenientes del coluvión los cuales están altamente meteorizado y húmedos, con baja plasticidad.

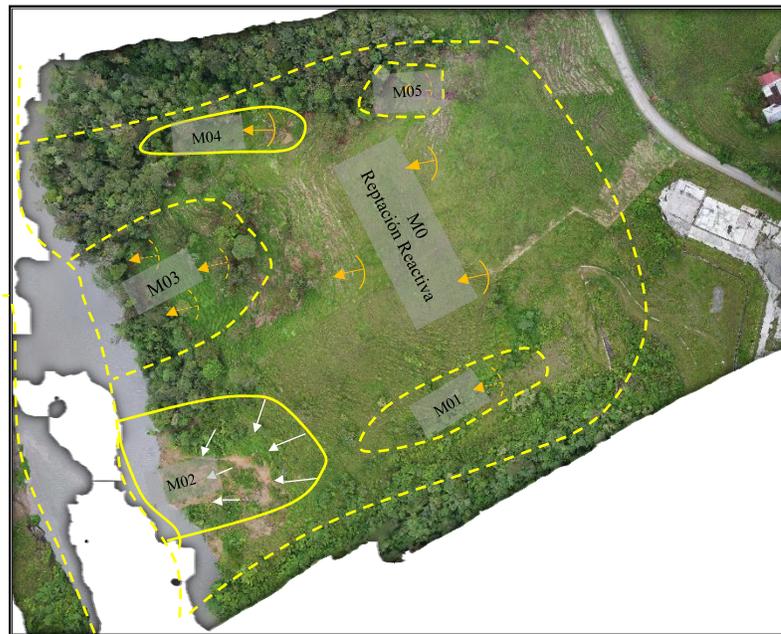


Figura 28. Localización de los movimientos en masa

Características visuales

- Tipo de movimiento: Reptación
- Estado: Reactivo (presenta movimientos activos y latentes)
- Estilo: Sucesivo (ocurre dos tipos de movimiento reptación y deslizamiento rotacional en diferentes áreas de la masa desplazada)
- Distribución: Retrogresivo (El M0 y sus movimientos encontrados presentan una dirección hacia el suroeste mientras que la denudación de la superficie está en dirección hacia la corona del movimiento, es decir en dirección contraria)

- Composición: suelos residuales húmedos y material coluvial areno limoso con arcilla, materiales muy húmedos compuestos por bloques (20%), cantos (20%), gravas (5%), arenas (20%), limos (30%) y arcillas (5%); sus clastos son gruesos y sub angulosos.
- Velocidad: lenta
- Deformación del terreno: ondulado

Características morfométricas

M0: EL movimiento en masa tiene una longitud de 247,5m y presenta una pendiente de 28,43° clasificándose como pendiente muy inclinada con una dirección de movimiento del NE-SW. Tomando en consideración los perfiles de tomografías de resistividad eléctrica se obtuvo un promedio de la profundidad de la superficie de rotura teniendo valor de 14,13m para el gran movimiento en masa. Con las dimensiones del movimiento se puede estimar los parámetros de volumen y área; donde el volumen inicial es de 698.589,21m³, el volumen desplazado es de 613.280,63, su área inicial es de 46.572,61 y el área total afectada es de 3.224,89.

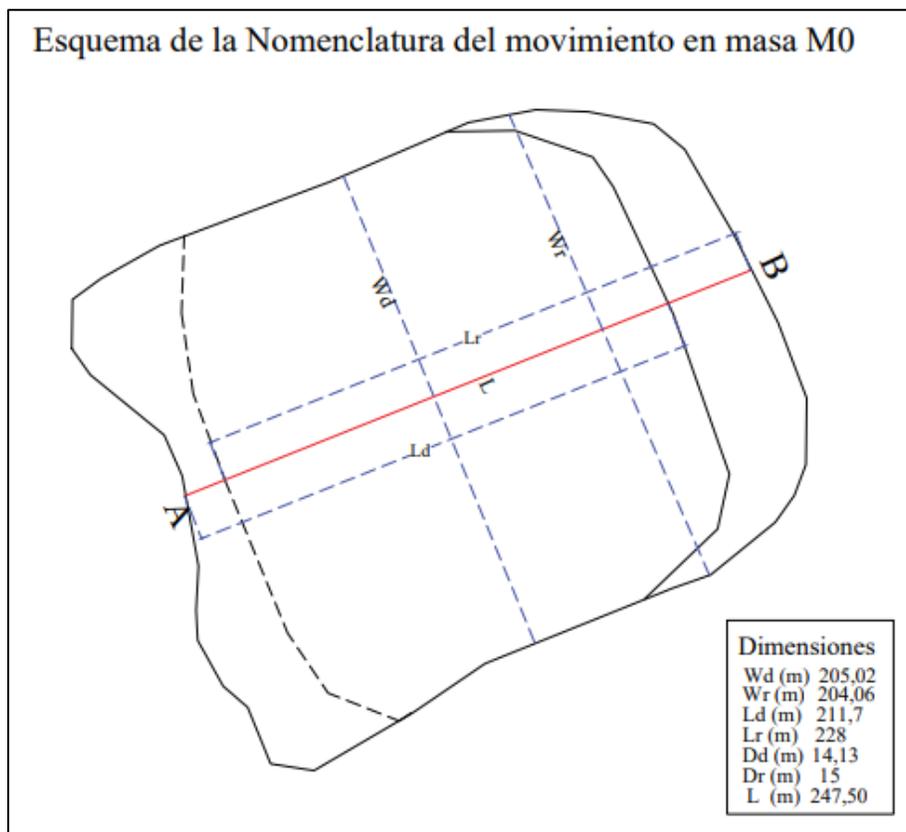


Figura 29. Dimensiones del movimiento M0

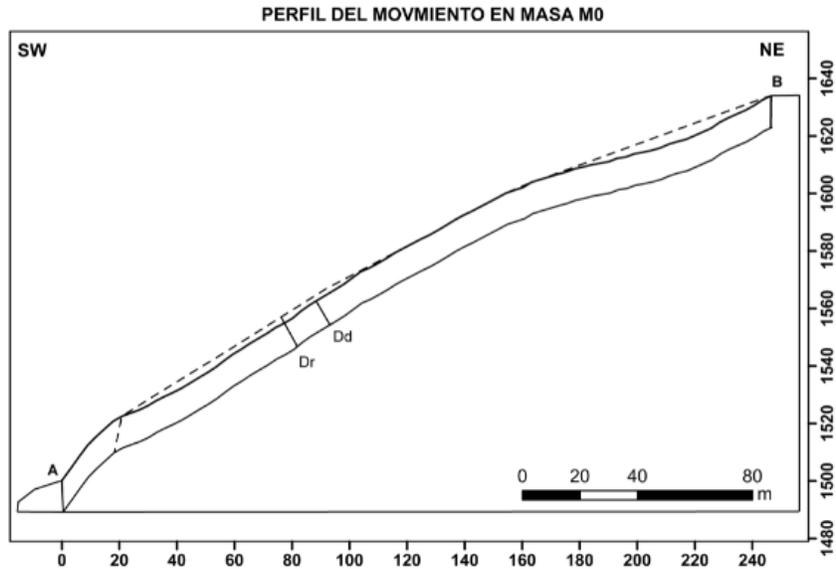


Figura 30. Perfil del movimiento M0

M01: EL movimiento en masa tiene una longitud de 93,1m y presenta una pendiente de $24,79^\circ$ clasificándose como pendiente muy inclinada con una dirección de movimiento del NE-SW. Tomando en consideración el perfil de tomografías de resistividad eléctrica Mijas 08 se obtuvo la profundidad de la superficie de rotura con un valor de 14m. Con las dimensiones del movimiento se puede estimar los parámetros de volumen y área; donde el volumen inicial es de $33.767,62 \text{ m}^3$, el volumen desplazado es de $32.224,50 \text{ m}^3$, su área inicial es de $2.251,17 \text{ m}^2$ y el área total afectada es de $1.187,06 \text{ m}^2$.

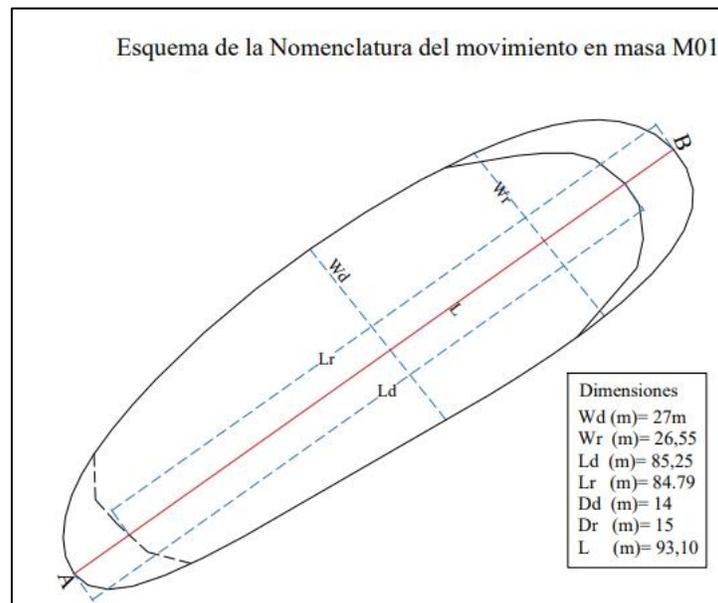


Figura 31. Dimensiones del movimiento M01

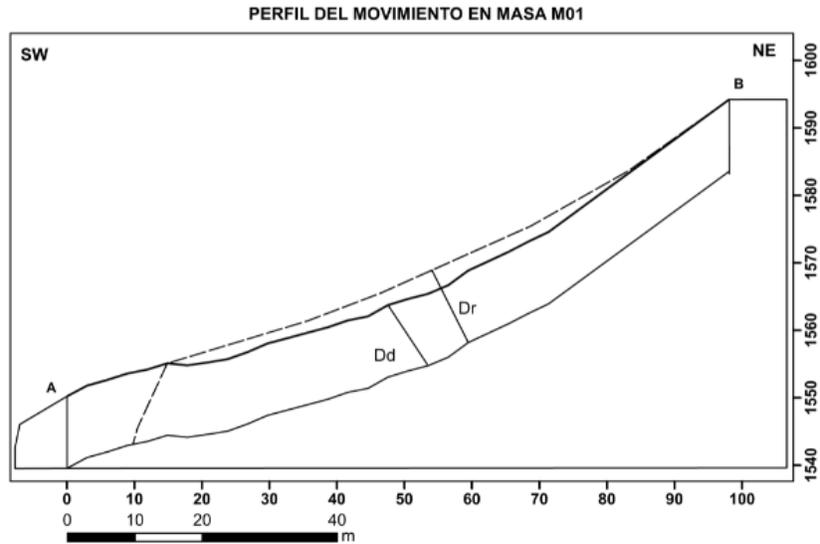


Figura 32. Perfil del movimiento M01

M02: EL movimiento en masa tiene una longitud de 96,9m y presenta una pendiente de $32,61^\circ$ clasificándose como pendiente muy inclinada con una dirección de movimiento del NE-SW. Tomando en consideración el perfil de tomografías de resistividad eléctrica Mijas01 que pasa por el movimiento se obtuvo la profundidad de la superficie de rotura con un valor de 14m. Con las dimensiones del movimiento se puede estimar los parámetros de volumen y área; donde el volumen inicial es de 107.176,50 m³, el volumen desplazado es de 61.751,52m³, su área inicial es de 7.145,1m² y el área total afectada es de 1.307,60m².

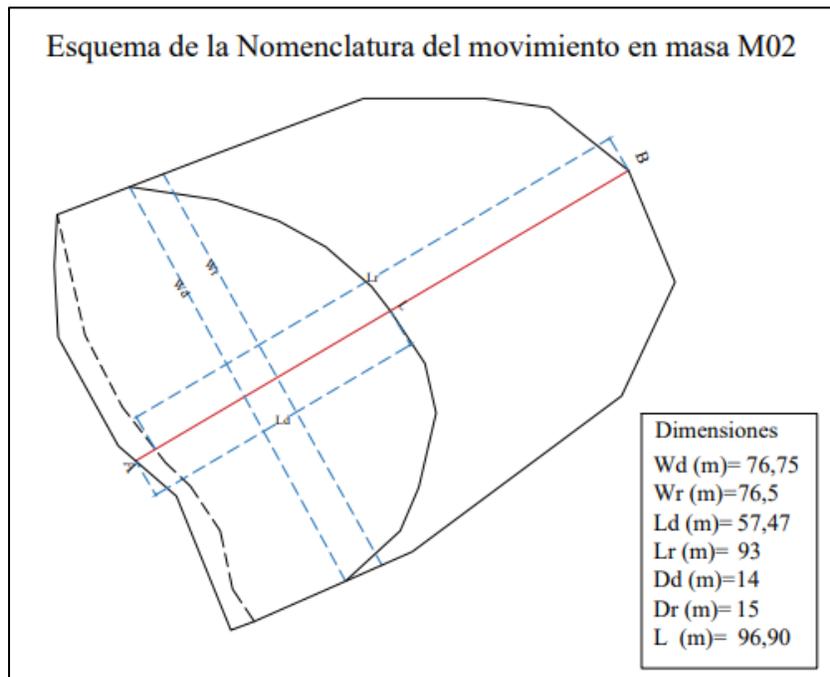


Figura 33. Dimensiones del movimiento M02

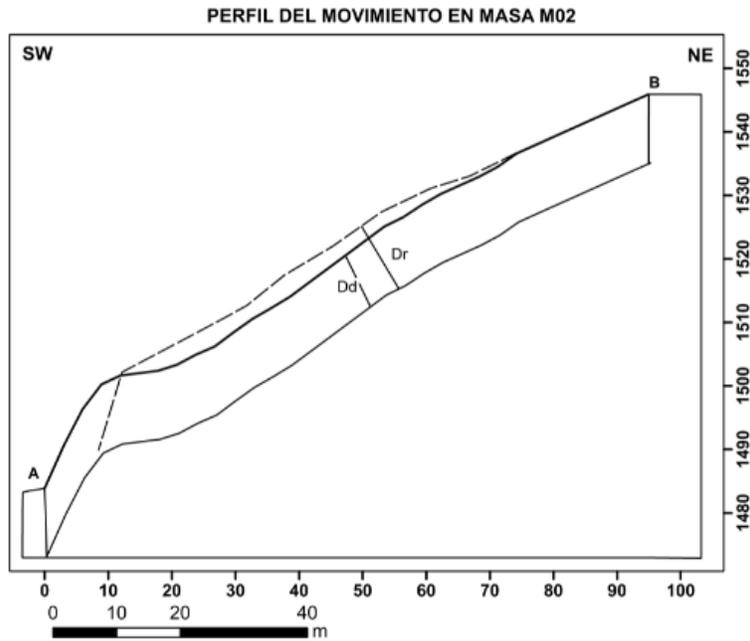


Figura 34. Perfil del movimiento M02

M03: EL movimiento en masa tiene una longitud de 83,44m y presenta una pendiente de $30,93^\circ$ clasificándose como pendiente muy inclinada con una dirección de movimiento del NE-SW. Tomando en consideración el perfil de tomografías de resistividad eléctrica Mijas03 y 06 que pasa por el movimiento se obtuvo la profundidad de la superficie de rotura con un valor de 13m. Con las dimensiones del movimiento se puede estimar los parámetros de volumen y área; donde el volumen inicial es de $71.371,65\text{m}^3$, el volumen desplazado es de $55.075,28\text{m}^3$, su área inicial es de $5.097,98\text{m}^2$ y el área total afectada es de $970,19\text{m}^2$.

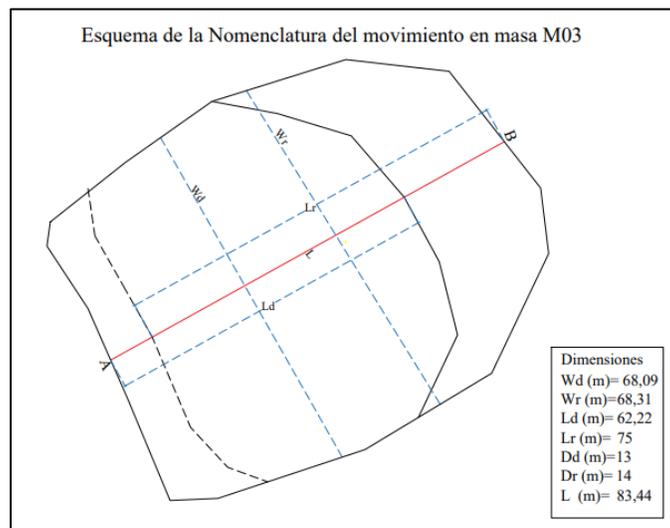


Figura 35. Dimensiones del movimiento M03

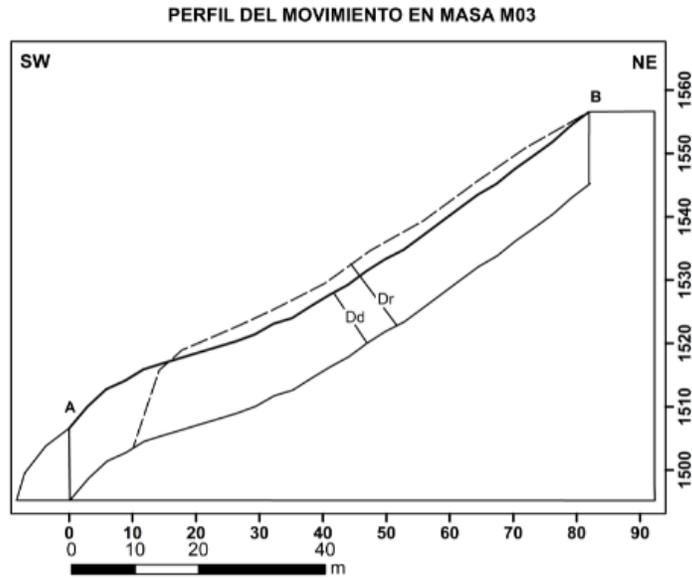


Figura 36. Perfil del movimiento M03

M04: EL movimiento en masa tiene una longitud de 76.11m y presenta una pendiente de $25,93^\circ$ clasificándose como pendiente muy inclinada con una dirección de movimiento del E-W. Tomando en consideración el perfil de tomografías de resistividad eléctrica Mijas02 que pasa por el movimiento se obtuvo la profundidad de la superficie de rotura con un valor de 13m. Con las dimensiones del movimiento se puede estimar los parámetros de volumen y área; donde el volumen inicial es de 21.49,18m³, el volumen desplazado es de 17.611,16m³, su área inicial es de 1.535,58m² y el área total afectada es de 869,83 m².

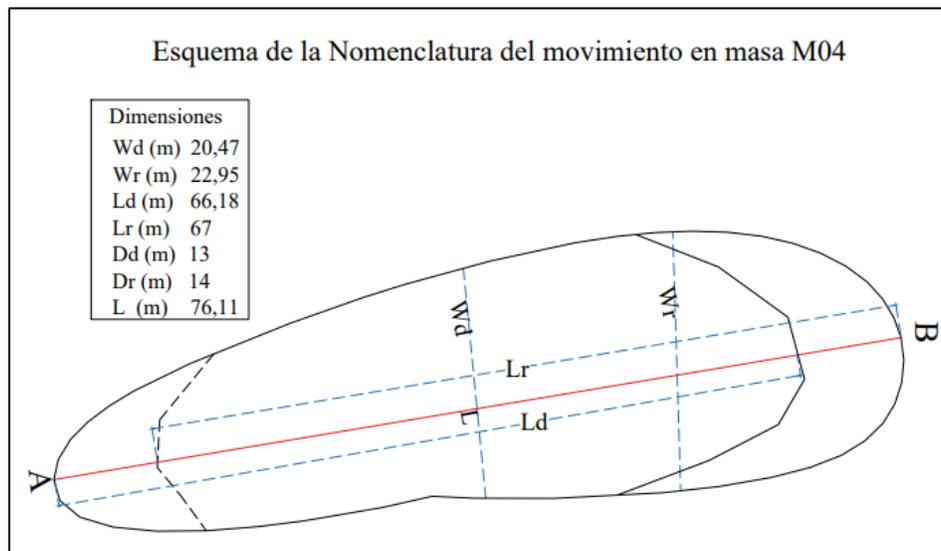


Figura 37. Dimensiones del movimiento M04

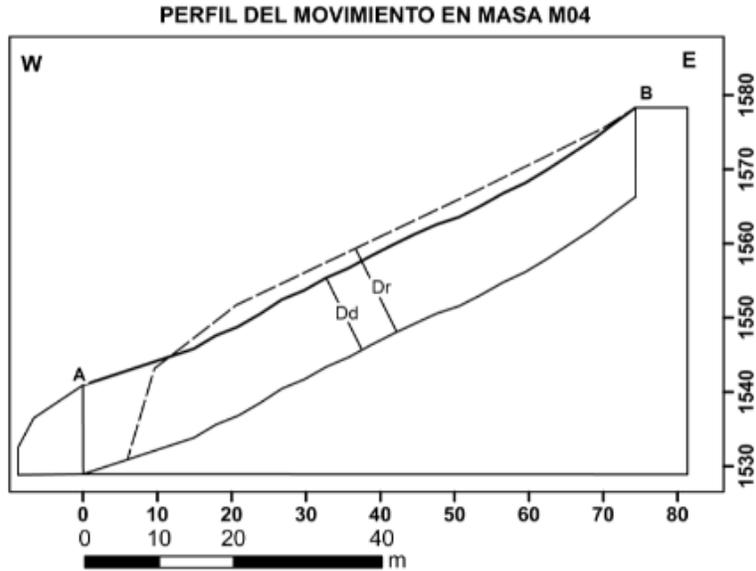


Figura 38. Perfil del movimiento M04

M05: EL movimiento en masa tiene una longitud de 42.73m y presenta una pendiente de $21,69^\circ$ clasificándose como pendiente muy inclinada con una dirección de movimiento del E-W. Tomando en consideración el perfil de tomografías de resistividad eléctrica Mijas02 y M05 que pasa por el movimiento se obtuvo la profundidad de la superficie de rotura con un valor de 14,5m. Con las dimensiones del movimiento se puede estimar los parámetros de volumen y área; donde el volumen inicial es de $16.555,59\text{m}^3$, el volumen desplazado es de $14.133,85\text{m}^3$, su área inicial es de $1.100,04\text{m}^2$ y el área total afectada es de $552,31\text{m}^2$.

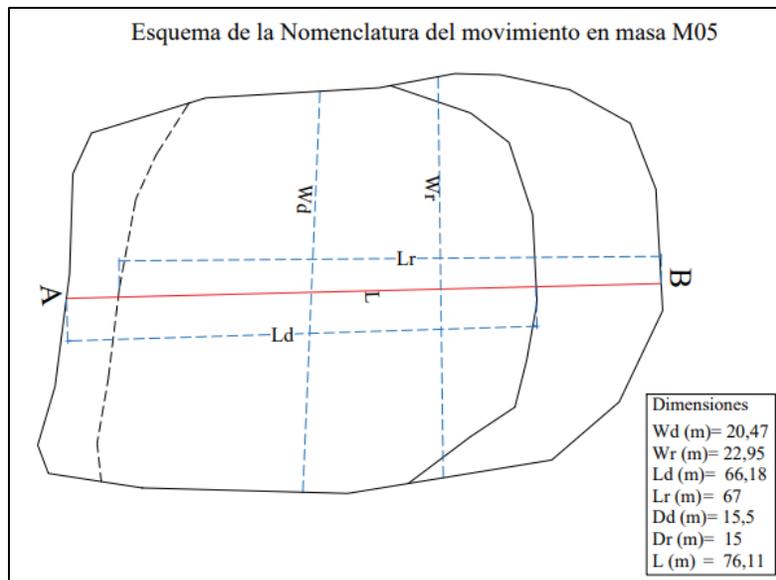


Figura 39. Dimensiones del movimiento M05

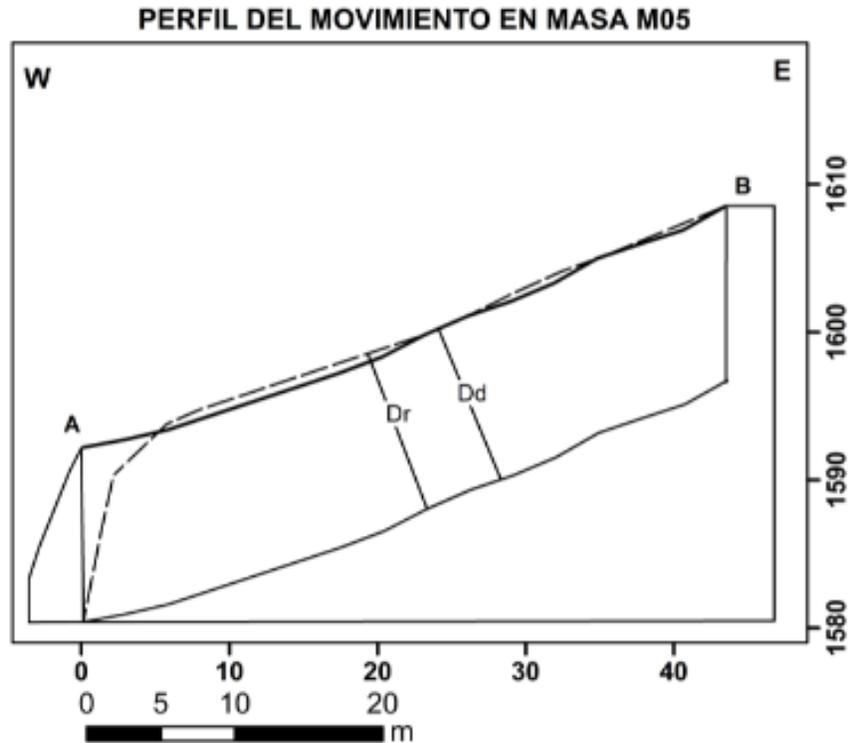


Figura 40. Perfil del movimiento M05

Causas del movimiento

A partir de los datos obtenidos en campo y la información recopilada en el área de estudio hace referencia a un movimiento en masa en el cual se han reactivado otros deslizamientos dentro del mismo. Con la caracterización de los movimientos se estima los factores que influyen en la inestabilidad del terreno los cuales son los siguientes:

Condicionantes

- Litología débil y meteorizada compuestos por suelos limo arenosos de baja plasticidad con alto contenido de humedad del depósito coluvial sobre gneis altamente meteorizados y fracturados provenientes de la unidad sabanilla.
- Ladera de pendientes muy inclinadas las cuales contribuyen a que el terreno sea susceptible a deslizarse.
- Deforestación y escasas de vegetación por las actividades de ganadería
- Deficiente mantenimiento de drenajes de agua lo que ha ocasionado la saturación en el área.

Detonantes

- Precipitaciones pluviales y los escapes de agua de cunetas mal ubicadas especialmente en la parte alta del movimiento generando la sobresaturación del terreno siendo este el detonante del movimiento.

Daños

Por el momento no se tiene registros de daños ocasionados, aunque es un movimiento en masa el cual está amenazando a la represa de la central hidroeléctrica Delsitanisagua, por lo que es importante su monitoreo para evitar futuros perjuicios.

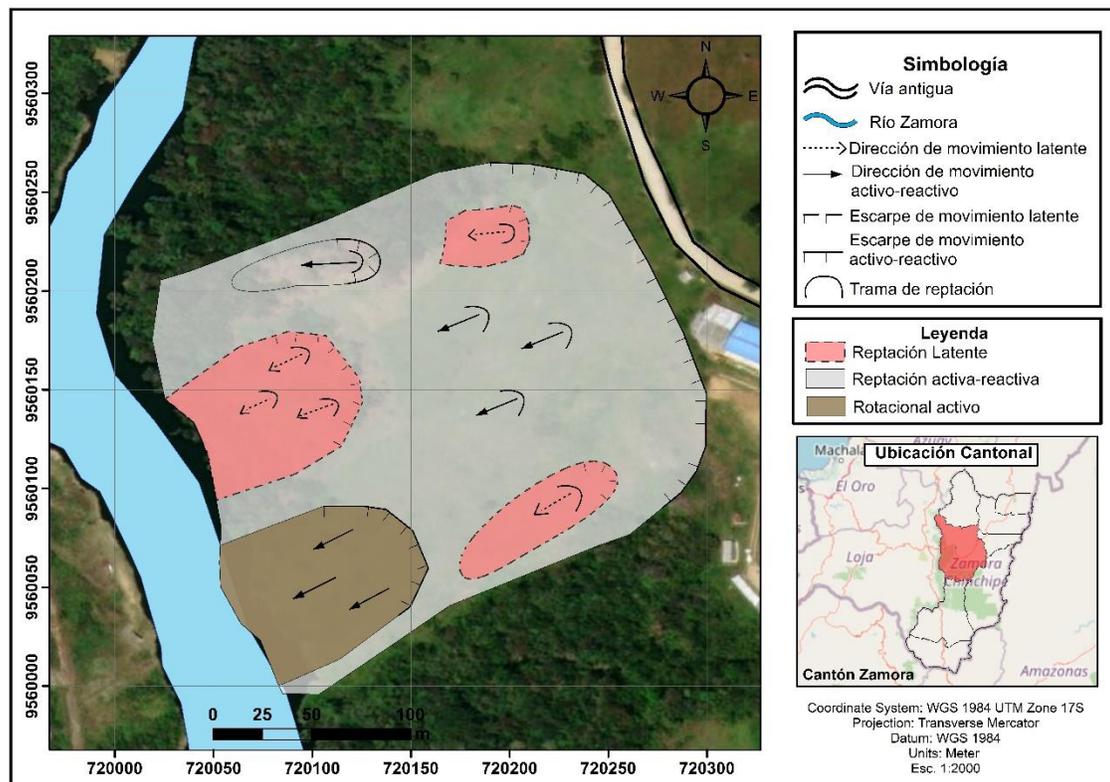


Figura 41. Mapa de inventario de movimientos en masa

6.3. Tomografías de Resistividad Eléctrica 2D

Con la aplicación de las tomografías eléctricas en campo se obtuvieron, los perfiles geoelectricos longitudinales y transversales, la inversión de los datos se realizó con el programa RES2DINV obteniendo los modelos con la configuración electródica Schlumberger. En el modelo de resistividad obtenidos a partir de la inversión sin topografía se puede observar el eje “x” el representa la longitud que alcanza la línea geofísica y un eje “y” en el cual se representa la profundidad que ha alcanzado la configuración seleccionada.

6.3.1. Línea Mijas 01

El perfil longitudinal de resistividad eléctrica Mijas 01 con un RMS de 1,6% apto para su interpretación, presenta resistividades de 30 a 6463 Ωm , la línea geofísica se ubica en sentido noreste-suroeste, tiene una longitud de 200 m, el modelo de inversión sin topografía muestra que la configuración ha alcanzado una profundidad de 39.4m. Se evidencian 2 zonas geoelectricas, denominadas zona B y D.

Zona geoelectrica B según la escala de colores, es representado entre el verde al amarillo con resistividades 100-500 Ωm , comienza a los 15 m sobre la horizontal y se extiende hasta el fin del perfil, desde los 15m hasta los 90m en la horizontal, la profundidad en la que se encuentra desde la superficie es desde los 11m hasta los 28m, pero a partir de los 90m del eje x hasta el final del perfil la profundidad aumenta hasta los 39,4m; con las profundidades se calcula un promedio para obtener el espesor de la zona la cual es aproximadamente de 22.7m. Dentro de esta zona se encuentra anomalías de resistividades <100 Ωm , siendo muy pequeña para ser notada.

Zona geoelectrica C según la escala de colores, se agrupa entre el rojo al morado con resistividades >1500 Ωm ; se denomina “D superior” a la zona que se encuentra más cerca de la superficie y “D inferior” a la que está a profundidad; D superior son anomalías entre resistividades media-baja, se extiende desde inicio a fin en la horizontal del perfil con un espesor de 10m, D inferior que aparece a una profundidad de 28 m, en una distancia horizontal desde los 30 a 90m aproximadamente.

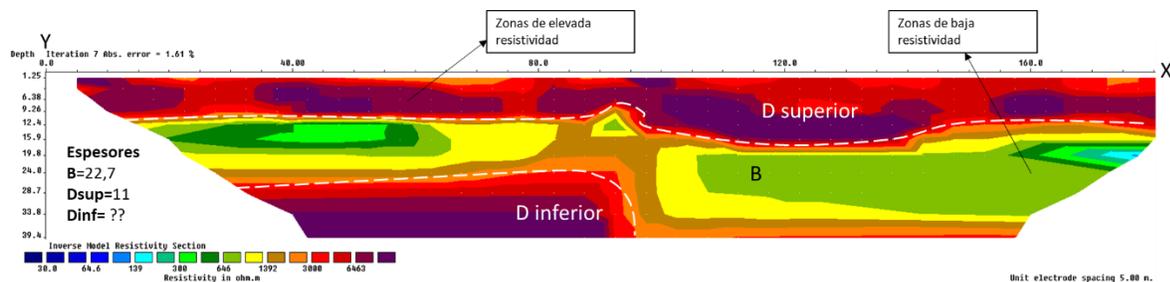


Figura 42. Modelo de resistividad sin topografía Mijas01, configuración Schlumberger

En la figura 43 se presenta el modelo geoelectrico incluida la topografía del terreno, de esta manera se interpreta y representa de mejor manera lo observado en superficie, la línea geofísica atraviesa longitudinalmente abarcando el cuerpo del gran movimiento, reflejando una perspectiva de cómo a profundidad la masa deslizante se distribuye a lo largo del terreno. Cruza grietas de tensión que se encuentran desde los 85 hasta los 135m en la horizontal, también alcanza al

deslizamiento de tipo rotacional activo que se encuentra al pie del gran movimiento en masa; de esta manera se puede observar una superficie de rotura que alcanza una profundidad de 14m aproximadamente, sobre los materiales de baja resistividad representado como zona B, que corresponde a la presencia de materiales débiles.

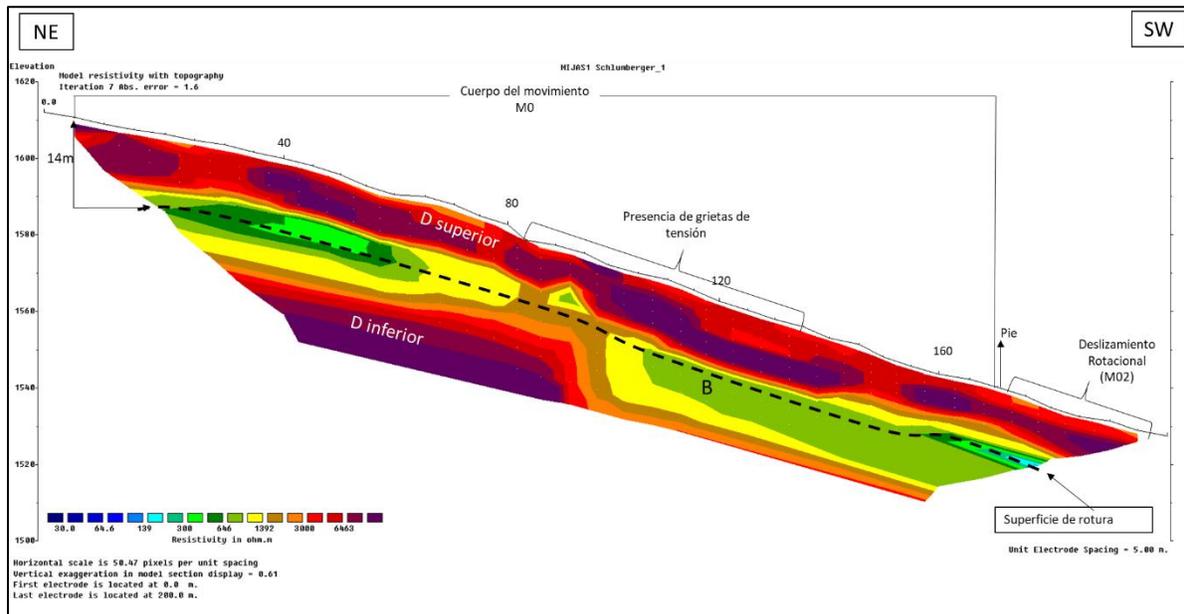


Figura 43. Modelo de resistividad con topografía Mijas01, configuración Schlumberger

A partir de la geología superficial se correlacionan la información con el modelo geoelectrico y sus respectivas resistividades, de esta manera se determinaron dos zonas predominantes las cuales han sido representadas en la figura 44.

Zona B: resistividades de 100 a 500 Ω m, esta zona consiste en la presencia de bloques cantos y guijarros de gneis fracturados y meteorizados con altos índices de humedad.

Zona D: Resistividades >1500 se la ha clasificado en dos: D superior que consiste en la presencia de bloques de roca gneis de gran diámetro y D inferior que se considera como la roca base, proveniente de la unidad Sabanilla.

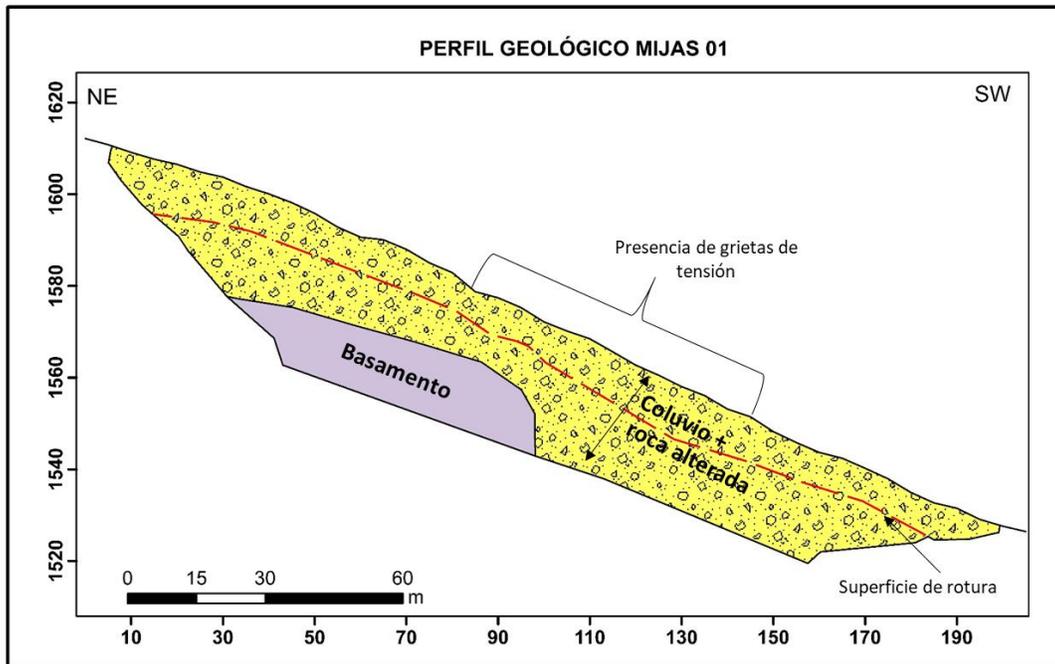


Figura 44. *Sección Geológica Mijas 01*

6.3.2. Línea Mijas 02

El perfil longitudinal de resistividad eléctrica Mijas 02 con un RMS de 1,4% apto para su interpretación, presenta resistividades de 30 a 6463 Ωm , la línea geofísica se ubica en sentido noreste-suroeste, tiene una longitud de 200 m, el modelo de inversión sin topografía muestra que la configuración ha alcanzado una profundidad de 39.4m. Se evidencian 3 zonas geoelectricas, denominadas zona B, C y D.

Zona B se representa según la escala de colores, entre el verde al amarillo con resistividades 100-500 Ωm . Comienza desde los 113 m sobre la horizontal y se extiende hasta el fin del perfil, aparece a una profundidad de 10m hasta los 39.4m, con una potencia de 29.4m.

Zona C se representa según la escala de colores, entre el marrón y naranja con resistividades 500-1500 Ωm . Comienza desde los 100 m sobre la horizontal y se extiende hasta 113m, se encuentra en contacto con la zona B y D y su espesor alcanza los 34.9m.

Zona D se representa según la escala de colores, entre el rojo al morado con resistividades $>1500 \Omega\text{m}$, la zona D superior se encuentra desde los 5m en la horizontal hasta llegar al contacto con la zona C y luego a los 113m en la horizontal hasta el final del perfil con una potencia 11m aproximadamente, se distingue de la zona D inferior debido a que se presentan anomalías de la zona B a una profundidad de 12m hasta los 22m aproximadamente; se encuentra a partir de los 5m hasta los 100m en la horizontal, a partir de los 22m de profundidad.

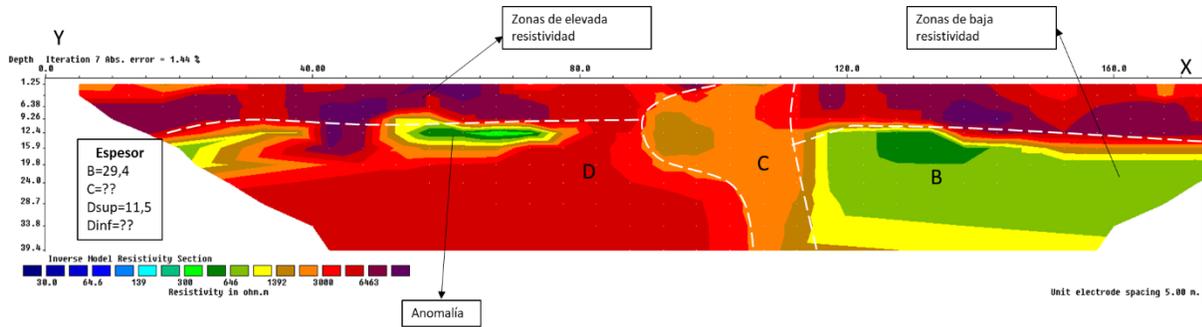


Figura 45. Perfil geoelectrico sin topografía Mijas02, configuración Schlumberger

En la figura 46 se presenta el perfil geoelectrico con la topografía del terreno, de esta manera se interpreta y representa de mejor manera lo observado en superficie, la línea geofísica atraviesa la mayor extensión del gran movimiento; la superficie de rotura comienza desde los 15m desde la cabeza del movimiento M0 y se desplaza hasta el final del perfil, alcanza una profundidad aprox. de 13m se encuentra sobre las zonas de baja resistividad, a partir de los 100 metros se encuentran materiales más débiles debido a la presencia de grietas, verificando que las causas del movimiento están presentes y puede ocasionar que el movimiento M03 se active, mientras que de los 15 a los 100m aparecen pequeñas anomalías que son cavidades de material débil.

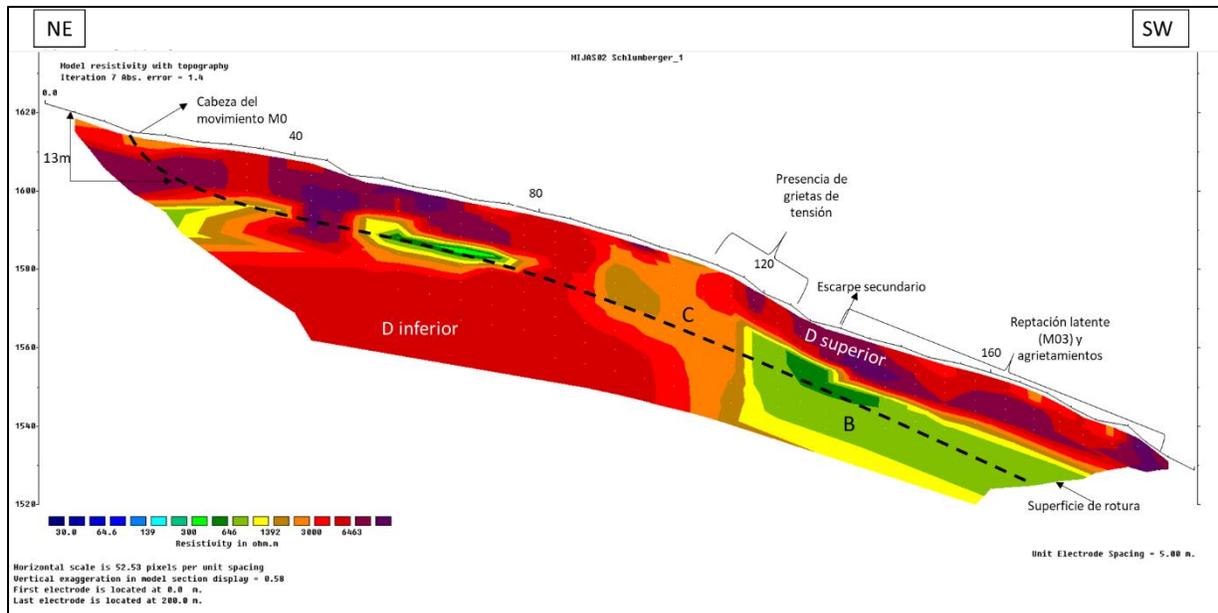


Figura 46. Perfil Mijas02, configuración Schlumberger

A partir de la geología superficial se correlacionan la información con el modelo geoelectrico y sus respectivas resistividades, de esta manera se determinaron tres zonas predominantes las cuales han sido representadas en la figura 47.

Zona B: resistividades de 100 a 500 Ωm , esta zona consiste en la presencia de bloques cantos y guijarros de gneis fracturados y meteorizados, con altos índices de humedad.

Zona C: resistividades de 500 a 1500 Ωm , rocas gneis altamente fracturadas y meteorizadas con un menor índice de humedad.

Zona D: Resistividades >1500 se la ha clasificado en dos: D, que consiste en la presencia de bloques de roca gneis de gran diámetro y D inferior que se considera como la roca base, proveniente de la unidad Sabanilla.

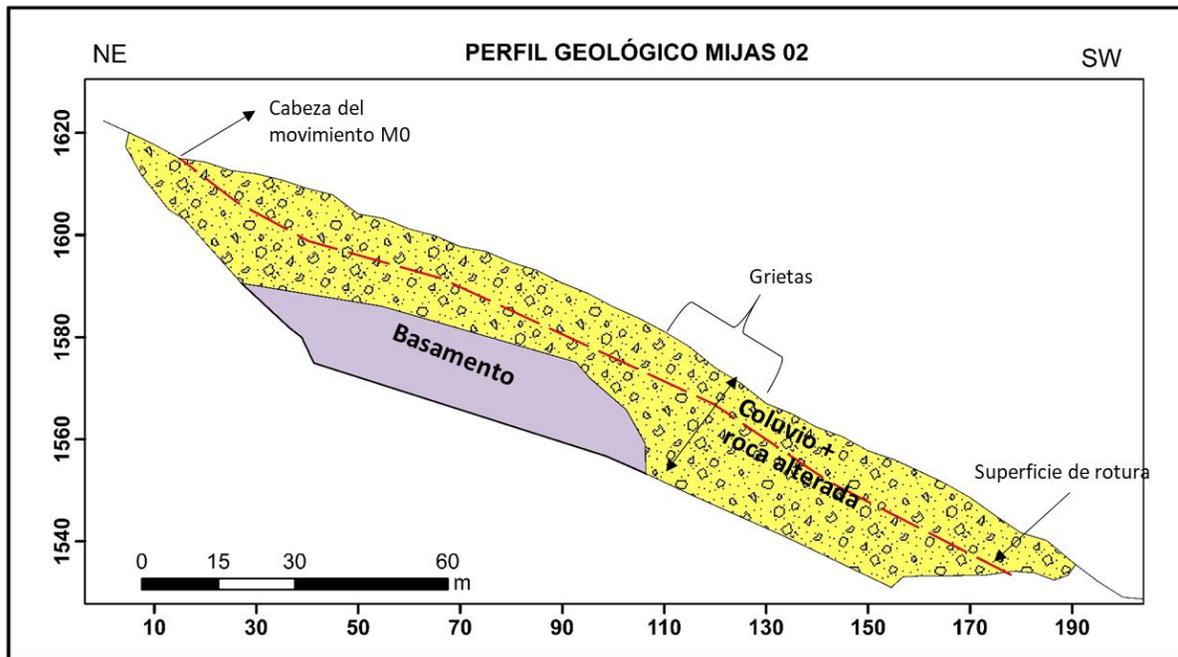


Figura 47. Sección Geológica Mijas 02

6.3.3. Línea Mijas 03

El perfil longitudinal de resistividad eléctrica Mijas 03 con un RMS de 0.95% apto para su interpretación, presenta resistividades de 30 a 6463 Ωm , la línea geofísica se ubica en sentido noreste-oeste, tiene una longitud de 200 m, el modelo de inversión sin topografía muestra que la configuración ha alcanzado una profundidad de 39.4m. Se evidencian 3 zonas geoelectricas, denominadas zona B, C y D.

Zona B que se representa según la escala de colores, entre el verde al amarillo con resistividades 100-500 Ωm . Se presenta como anomalías desde los 15 hasta los 55m en la horizontal y luego desde los 146m y se extiende hasta el final del perfil, desde los 12m hasta los 24m de profundidad con un espesor de 12m,

Zona C que se representa según la escala de colores, entre el marrón y naranja con resistividades 500-1500 Ωm . Comienza desde los 95 m sobre la horizontal y se extiende hasta el final del perfil y en una profundidad aproximada desde los 12m hasta los 24m, con un espesor de 12m.

Zona “D” que se representa según la escala de colores, entre el rojo al morado con resistividades $>1500 \Omega\text{m}$, D superior son anomalías de resistividad alta entre resistividades media-baja, se presenta desde los 5m hasta el final del perfil con un espesor de 12m; D inferior aparece desde los 24 m aproximadamente de profundidad y en la horizontal aparece desde los 26m extendiéndose hasta el final del perfil.

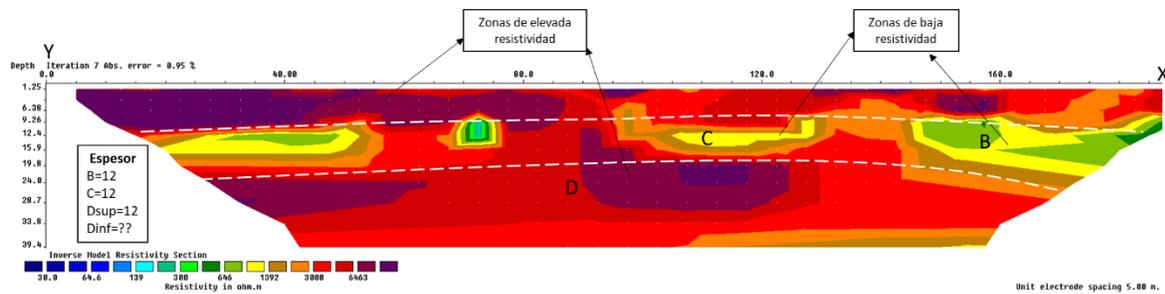


Figura 48. Perfil geoelectrico sin topografía Mijas03, configuración Schlumberger

En la figura 49 se presenta el perfil geoelectrico con la topografía del terreno, de esta manera se interpreta y representa de mejor manera lo observado en superficie, la línea geofísica atraviesa la mayor extensión del gran movimiento; la superficie de rotura comienza desde los 15m desde la cabeza del movimiento M0 y se desplaza hasta el final del perfil, alcanza una profundidad aprox. de 13m se encuentra sobre las zonas de baja resistividad, en la parte NE del perfil aparecen cavidades rellenas de agua que no han descargado a niveles inferiores, a partir de los 95m hay zonas de baja resistividad de materiales débiles y fracturados, la infiltración de agua por la presencia de grietas ha ocasionado que la reptación se active (M04).

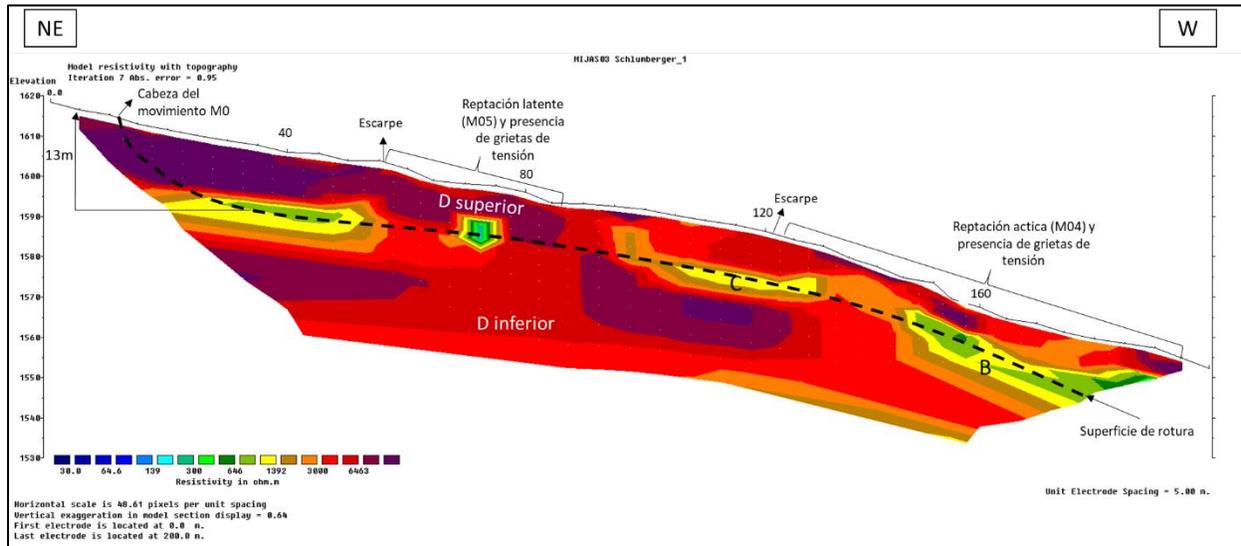


Figura 49. Perfil Mijas03, configuración Schlumberger

A partir de la geología superficial se correlacionan la información con el modelo geoelectrico y sus respectivas resistividades, de esta manera se determinaron tres zonas predominantes las cuales han sido representadas en la figura 50.

Zona B: resistividades de 100 a 500 Ω m, esta zona consiste en la presencia de bloques cantos y guijarros de gneis fracturados y meteorizados, con altos índices de humedad.

Zona C: resistividades de 500 a 1500 Ω m, rocas gneis altamente fracturadas y meteorizadas con un menor índice de humedad.

Zona D: Resistividades >1500 se la ha clasificado en dos: D superior que consiste en la presencia de bloques de roca gneis de gran diámetro y D inferior que se considera como la roca base, proveniente de la unidad Sabanilla.

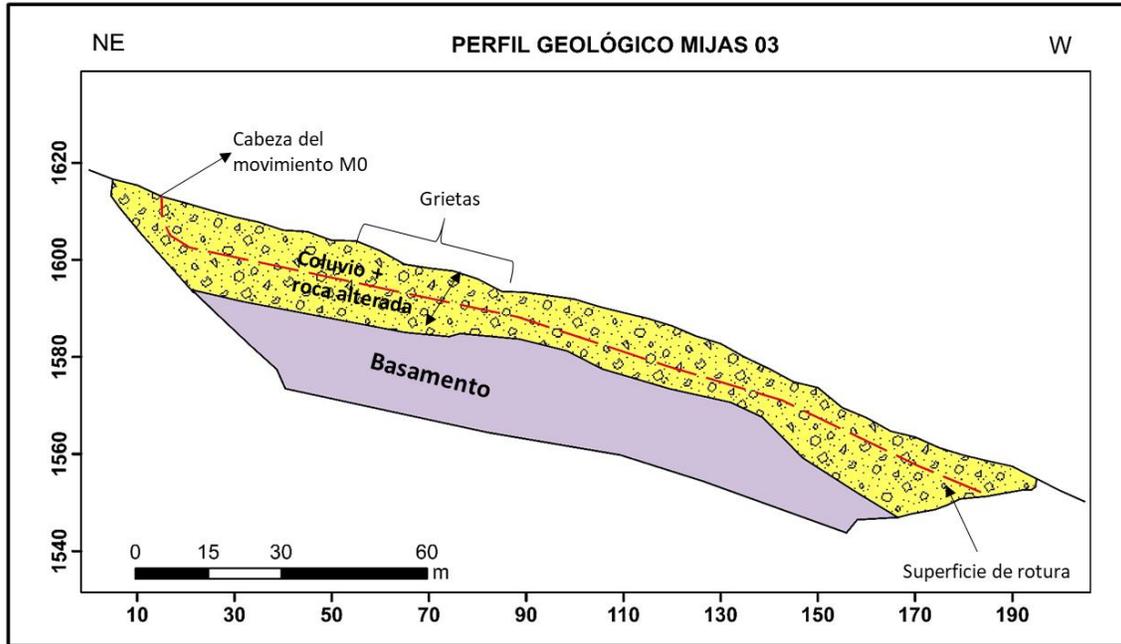


Figura 50. *Sección Geológica Mijas 03*

6.3.4. Línea Mijas 04

El perfil transversal de resistividad eléctrica Mijas 04 con un RMS de 1,9% apto para su interpretación, presenta resistividades de 30 a 6463 Ωm , la línea geofísica se ubica en sentido norte-sureste, tiene una longitud de 200 m, el modelo de inversión sin topografía muestra que la configuración ha alcanzado una profundidad de 39.4m. Se evidencian 3 zonas geoelectricas, denominadas zona B, C y D.

Zona B que se representa, según la escala de colores, entre el verde al amarillo con resistividades 100-500 Ωm . Comienza desde los 5m hasta los 105m sobre la horizontal, a una profundidad 12.4m de profundidad, con un espesor de 16.3m.

Zona C que se representa, según la escala de colores, entre el marrón y naranja con resistividades 500-1500 Ωm , esta zona tiene una potencia indefinida y comienza a partir desde los 105m hasta el final del perfil, en los 150m aparece anomalía de resistividades bajas con un espesor de 6.3m aproximadamente.

Zona D que se representa, según la escala de colores, entre el rojo al morado con resistividades $>1500 \Omega\text{m}$, D sup, son anomalías de resistividad alta entre resistividades media-baja alcanza los 12.4m de profundidad y la zona D inferior aparece a una profundidad de 28.7 m aproximadamente y en la horizontal aparece desde los 30m extendiéndose hasta los 105m aproximadamente.

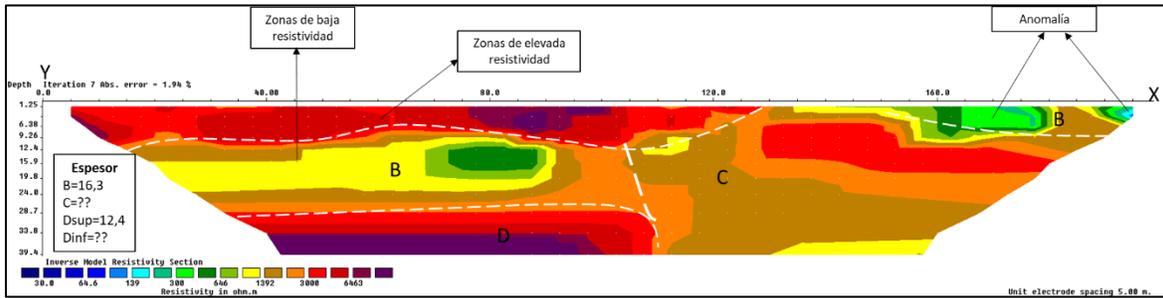


Figura 51. Perfil geoelectrico sin topografía Mijas04, configuración Schlumberger

En la figura 52 se presenta el perfil geoelectrico con la topografía del terreno, de esta manera se interpreta y representa de mejor manera lo observado en superficie, la línea geofísica cubre la mayor parte del ancho del gran movimiento se encuentra atravesando dos movimientos de tipo reptación evidenciados por las grietas de tensión, de esta manera se puede evidenciar una superficie de rotura de 16m de profundidad que se encuentra entre las zona de alta resistividad y la zonas de baja resistividad, la anomalía representan cavidades rellenas de agua debido a la presencia de grietas en superficie, pero que aún no descarga a niveles inferiores.

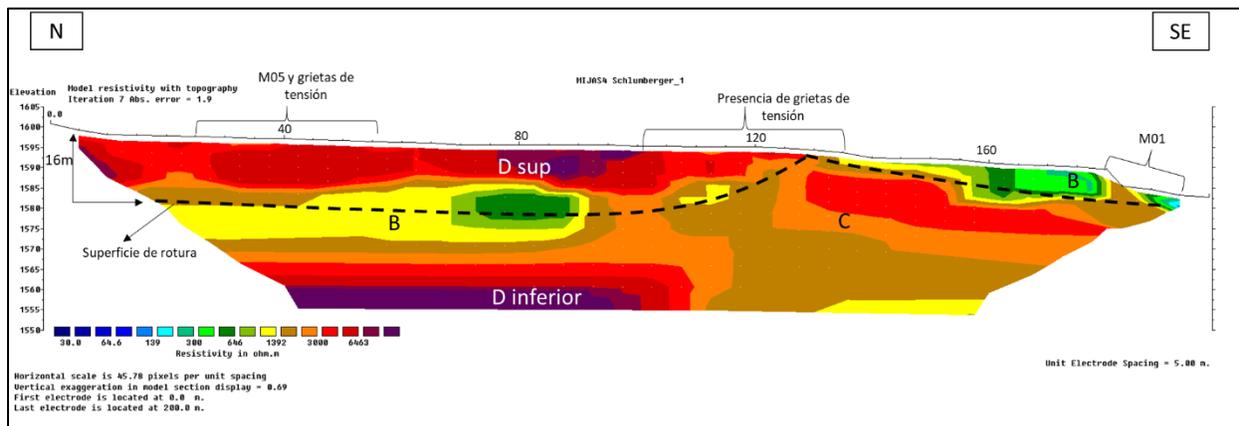


Figura 52. Perfil Mijas04, configuración Schlumberger

A partir de la geología superficial se correlacionan la información con el modelo geoelectrico y sus respectivas resistividades, de esta manera se determinaron tres zonas predominantes las cuales han sido representadas en la figura 53.

Zona B: resistividades de 100 a 500 Ωm , esta zona consiste en la presencia de rocas gneis fracturados y meteorizados, con altos índices de humedad.

Zona C: resistividades de 500 a 1500 Ωm , son estratos de rocas gneis altamente fracturadas y meteorizadas con un menor índice de humedad, que la Zona B

Zona D: Resistividades >1500 se la ha clasificado en dos: D superior, que consiste en la presencia de bloques de roca masiva gneis entre materiales de media a baja resistividad y D inferior que se considera como la roca base, proveniente de la unidad Sabanilla.

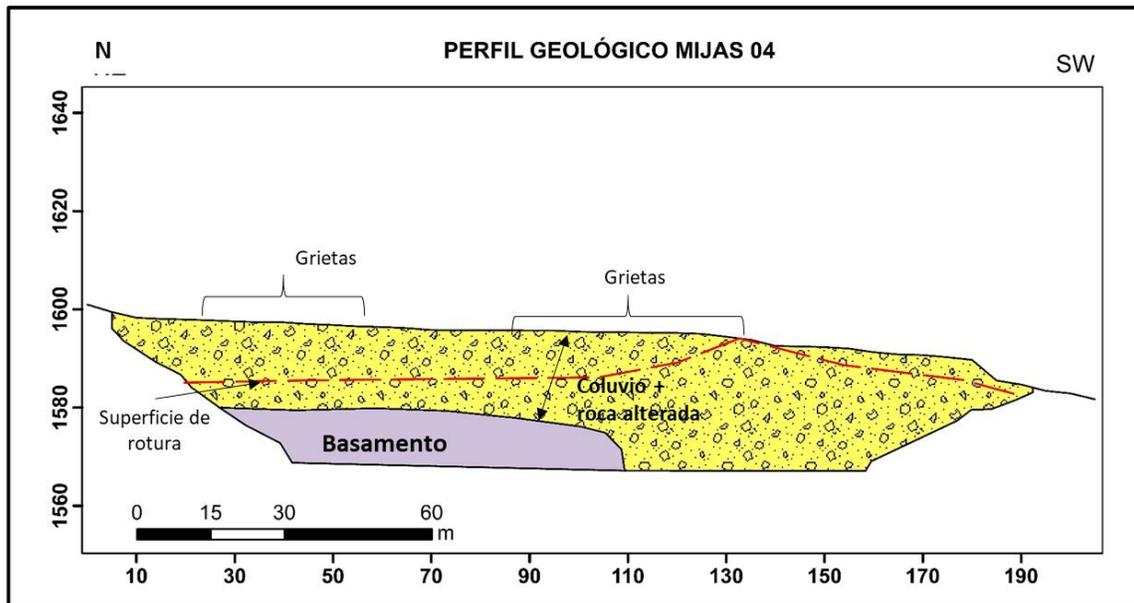


Figura 53. Sección Geológica Mijas 04

6.3.5. Línea Mijas 05

El perfil transversal de resistividad eléctrica Mijas 05 con un RMS de 1.9% apto para su interpretación, presenta resistividades de 30 a 6463 Ωm , se ubica en sentido noroeste-sureste, tiene una longitud de 200 m; modelo de inversión sin topografía muestra que ha alcanzado una profundidad de 39.4m. Se evidencian 4 zonas A, B, C y D.

Zona A que se representa, según la escala de colores, entre el azul y celeste con resistividades $<100 \Omega\text{m}$. Comienza desde los 75 m sobre la horizontal y se extiende hasta el final del perfil, aparece desde los 12,4m de profundidad, con un espesor de 11.6, aunque su espesor disminuye cuando está más cerca de la superficie, a unos 3 m.

Zona B que se representa, según la escala de colores, entre el verde al amarillo con resistividades 100-500 Ωm . Comienza desde los 15 m sobre la horizontal y los 75m, aparece desde los 12,4m de profundidad, son un espesor de 7,4m aproximadamente.

Zona C que se representa, según la escala de colores, entre el marrón y naranja con resistividades 500-1500 Ωm . Comienza desde los 15 m sobre la horizontal y se extiende hasta 110m, aproximadamente y aparece desde los 19.4m de profundidad con una potencia indefinida.

Zona D que se representa, según la escala de colores, entre el rojo al morado con resistividades $>1500 \Omega m$, D sup se presenta como anomalías de resistividad alta entre resistividades media-baja, desde los 5m hasta los 150m con una potencia de 12,4 m de profundidad aproximadamente, D inferior aparece a una profundidad de 28.7 en la horizontal desde los 115m extendiéndose hasta el final del perfil, aunque a los 160m en la horizontal la profundidad en la que aparece disminuye.

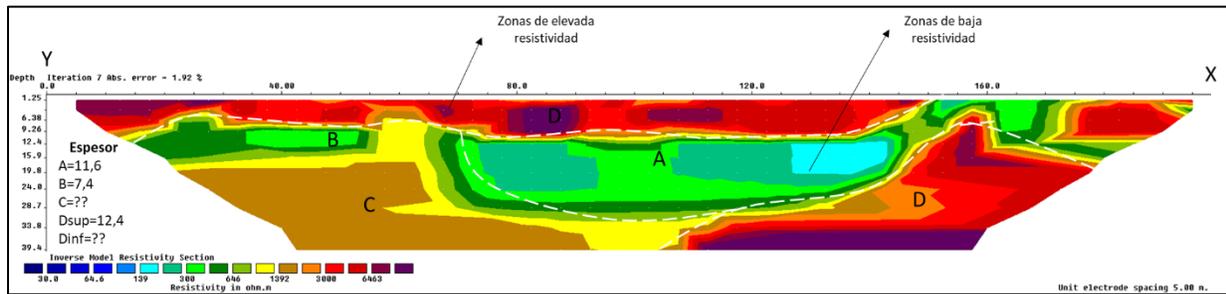


Figura 54. Perfil geoelectrico sin topografía Mijas05, configuración Schlumberger

En la figura 55 se presenta el perfil geoelectrico con la topografía del terreno, de esta manera se interpreta y representa de mejor manera lo observado en superficie, la línea geofísica se encuentra atravesando la mayor parte del ancho del gran movimiento, cruzando zonas de infiltración, lo que ha ocasionado la saturación del terreno y que el agua se infiltre teniendo así una cavidad a profundidad rellena de suelo residual y agua, de esta manera el plano de rotura se interpreta sobre la zonas de baja resistividad que son presencia de materiales débiles, la rotura alcanza una profundidad de 16 m.

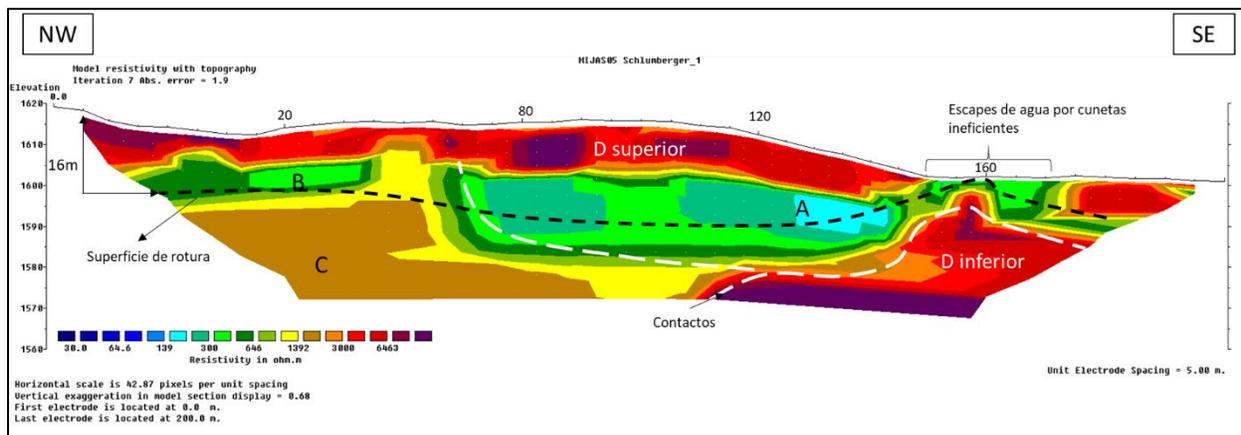


Figura 55. Perfil Mijas05, configuración Schlumberger

A partir de la geología superficial se correlacionan la información con el modelo geoelectrico y sus respectivas resistividades, de esta manera se determinaron cuatro zonas predominantes las cuales han sido representadas en la figura 56.

Zona A: resistividades $< 100 \Omega\text{m}$, se identifican como suelos residuales y zona saturadas.

Zona B: resistividades de 100 a $500 \Omega\text{m}$, esta zona consiste en la presencia de rocas gneis fracturados y meteorizados, con altos índices de humedad.

Zona C: resistividades de 500 a $1500 \Omega\text{m}$, son estratos de rocas gneis altamente fracturadas y meteorizadas con un menor índice de humedad, que la Zona B

Zona D: Resistividades >1500 se la ha clasificado en dos: D superior, que consiste en la presencia de bloques de roca masiva gneis entre materiales de media a baja resistividad y D inferior que se considera como la roca base, proveniente de la unidad Sabanilla.

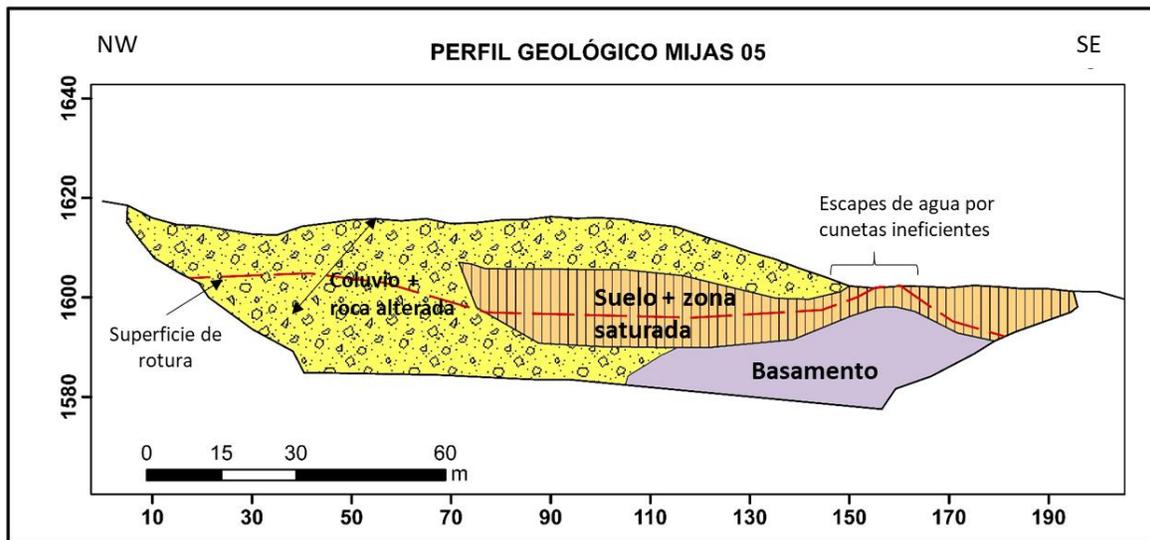


Figura 56. Sección Geológica Mijas 05

6.3.6. Línea Mijas 06

El perfil transversal de resistividad eléctrica Mijas 06 con un RMS de 2.9% apto para su interpretación, presenta resistividades de 30 a $6463 \Omega\text{m}$, se ubica en sentido noroeste-sureste, tiene una longitud de 200 m; modelo de inversión sin topografía muestra que ha alcanzado una profundidad de 39.4m. Se evidencian 3 zonas C y D.

Zona C que se representa, según la escala de colores, entre el marrón y naranja con resistividades $500-1500 \Omega\text{m}$. Comienza desde los 155 m sobre la horizontal y se extiende hasta 165m, aproximadamente y aparece desde los 0m y se extiende por debajo de la zona D superficial hacia los 39.4m de profundidad, con una potencia indefinida.

Zona D que se representa, según la escala de colores, entre el rojo al morado con resistividades $>1500 \Omega\text{m}$, Zona D sup se presenta como anomalías de resistividad alta entre

resistividades media-baja desde los 5m y se extiende hasta los 155m, con un espesor de 10m, Zona de inferior aparece desde los 11m de profundidad Presenta anomalías de 3.4 m de espesor aprox.

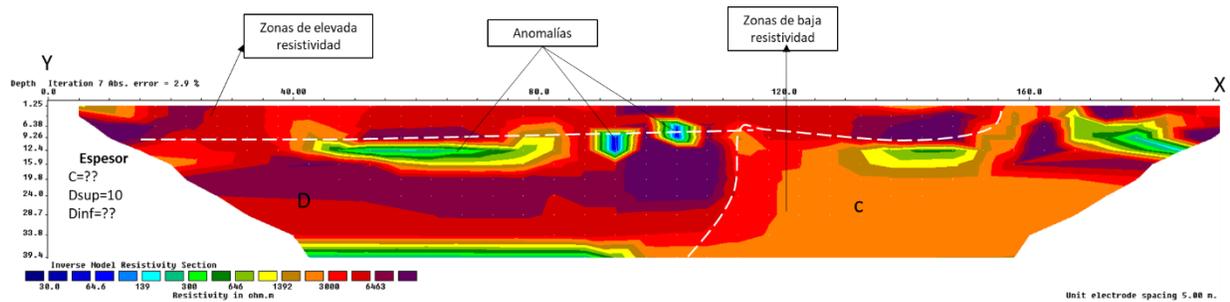


Figura 57. Perfil geoelectrico sin topografía Mijas06, configuración Schlumberger

En la figura 58 presenta el perfil geoelectrico con la topografía del terreno, de esta manera se interpreta y representa de mejor manera lo observado en superficie, la línea geofísica se encuentra atravesando el ancho del movimiento en masa en superficie cruza por grietas y el movimiento rotacional, se puede evidenciar una superficie de rotura que se encuentra sobre las zonas de baja y media resistividad, la rotura comienza desde los 25m en la horizontal y se desplaza hasta el final del perfil alcanza una profundidad 13m aprox. En el perfil se muestra la presencia de cavidades rellenas de agua y materiales de la zona B que se han infiltrado por las grietas acumulándose en esa zona.

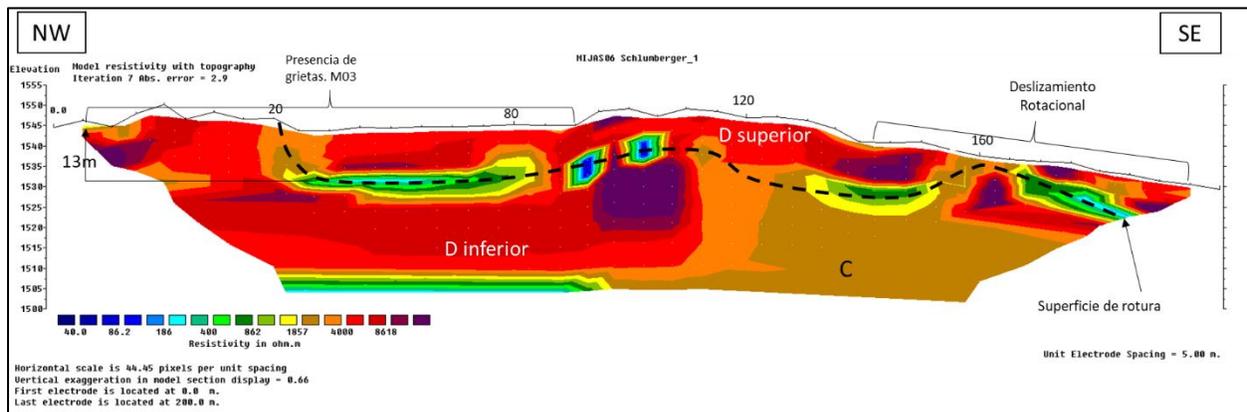


Figura 58. Perfil Mijas06, configuración Schlumberger

A partir de la geología superficial se correlacionan la información con el modelo geoelectrico y sus respectivas resistividades, de esta manera se determinaron cuatro zonas predominantes las cuales han sido representadas en la figura 59.

Zona C: resistividades de 500 a 1500 Ω m, son estratos de rocas gneis altamente fracturadas y meteorizadas con un menor índice de humedad, que la Zona B

Zona D: Resistividades >1500 se la ha clasificado en dos: D superior, que consiste en la presencia de bloques de roca masiva gneis entre materiales de media a baja resistividad y D inferior que se considera como la roca base, proveniente de la unidad Sabanilla.

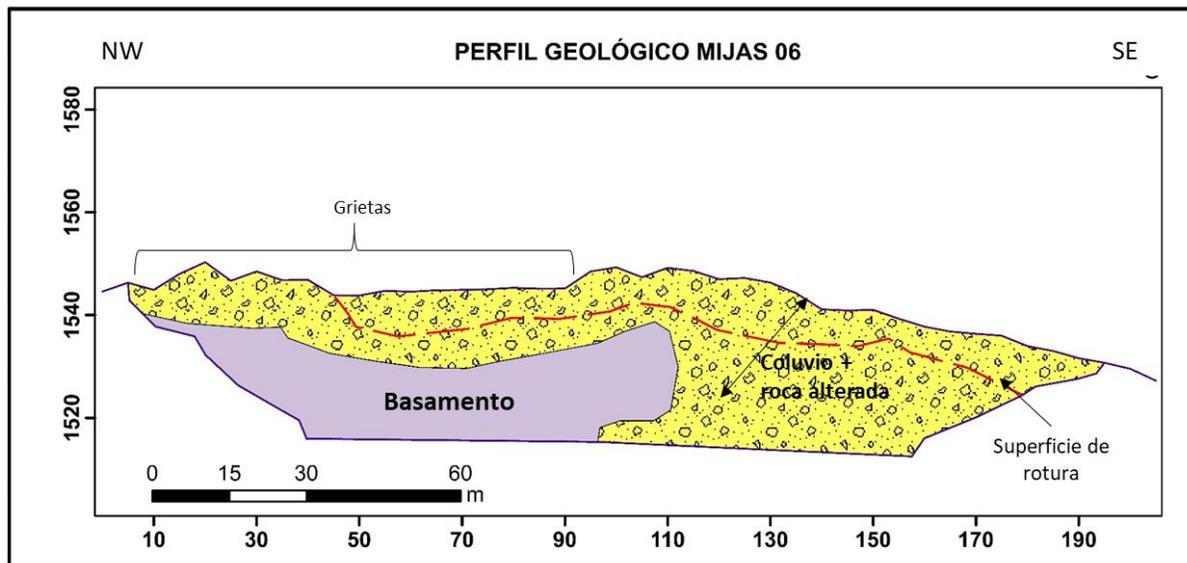


Figura 59. Sección Geologica Mijas 06

6.3.7. Línea Mijas 07

El perfil transversal de resistividad eléctrica Mijas 07 con un RMS de 2% apto para su interpretación, presenta resistividades de 30 a 6463 Ωm , se ubica en sentido noroeste-sureste, tiene una longitud de 160 m; modelo de inversión sin topografía muestra que ha alcanzado una profundidad de 31.5m. Se evidencian 3 zonas B, C y D.

Zona B que se representa, según la escala de colores, entre el verde al amarillo con resistividades 100-500 Ωm . Comienza desde los 80 m sobre la horizontal y se extiende hasta el final del perfil con una potencia indefinida.

Zona C que se representa, según la escala de colores, entre el marrón y naranja con resistividades 500-1500 Ωm . Comienza desde los 12 m sobre la horizontal y se extiende hasta los 72m aproximadamente, aparece desde los 10m de profundidad, con un espesor de 14m, presenta una anomalía de resistividad baja.

Zona D que se representa, según la escala de colores, entre el rojo al morado con resistividades >1500 Ωm , D superior se presenta como anomalías de resistividad alta entre resistividades media-baja desde los 4m hasta y se extiende hasta el final del perfil, con un espesor de 10m y D inferior que aparece por debajo de la zona C y D superior y en contacto con la zona B.

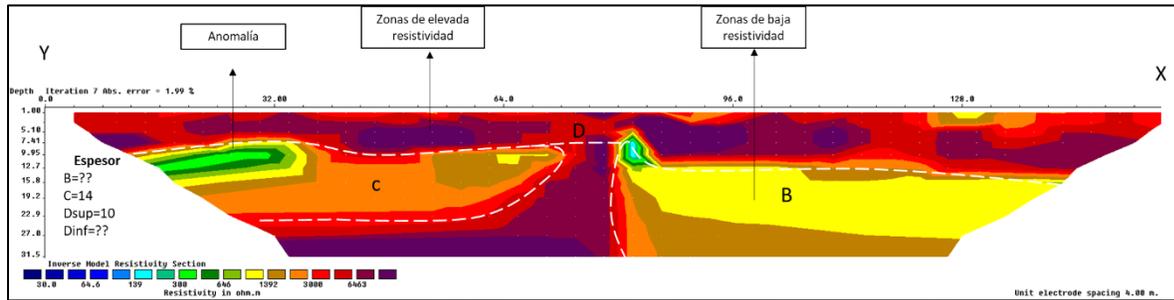


Figura 60. Perfil geoelectrico sin topografía Mijas07, configuración Schlumberger

En la figura 61 se presenta el perfil geoelectrico con la topografía del terreno, de esta manera se interpreta y representa de mejor manera lo observado en superficie, la línea geofísica se encuentra atravesando el ancho del movimiento cruzando por grietas de tensión lo que ha ocasionado que exista una cavidad en la zona D rellena de agua que no se ha descargado a niveles más profundos, se puede evidenciar una superficie de rotura que se encuentra sobre la zona B y C puesto a que son zonas que presentan baja resistividad lo que confirma el movimiento del terreno, de esta manera el plano de rotura se interpreta que se ha entre la zona de resistividades altas y bajas, la rotura presenta una profundidad de 14m aproximadamente.

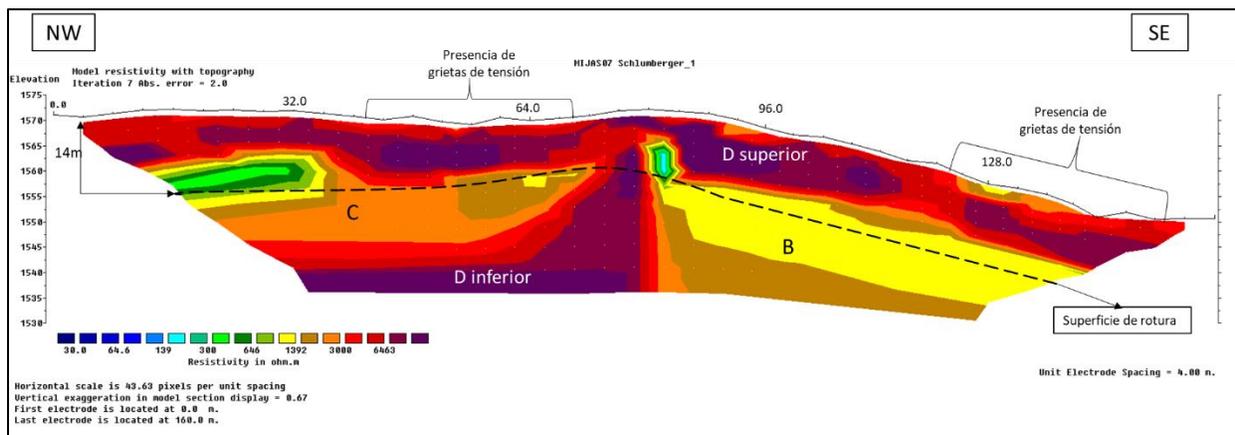


Figura 61. Perfil Mijas07, configuración Schlumberger

A partir de la geología superficial se correlacionan la información con el modelo geoelectrico y sus respectivas resistividades, de esta manera se determinaron tres zonas predominantes las cuales han sido representadas en el perfil geológico (ver figura 62):

Zona B: resistividades de 100 a 500 Ω m, esta zona consiste en la presencia de rocas gneis fracturados y meteorizados, con altos índices de humedad.

Zona C: resistividades de 500 a 1500 Ω m, son estratos de rocas gneis altamente fracturadas y meteorizadas con un menor índice de humedad, que la Zona B

Zona D: Resistividades >1500 se la ha clasificado en dos: D superior, que consiste en la presencia de bloques de roca masiva gneis entre materiales de media a baja resistividad y D inferior que se considera como la roca base, proveniente de la unidad Sabanilla.

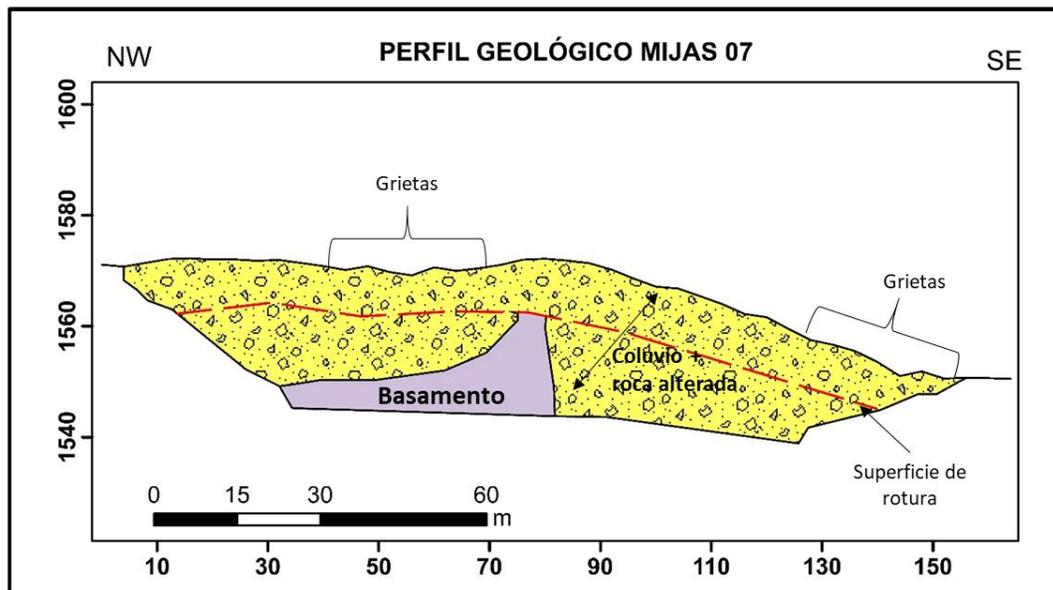


Figura 62. Sección Geológica Mijas 07

6.3.8. Línea Mijas 08

El perfil longitudinal de resistividad eléctrica Mijas 08 con un RMS de 1,61% apto para su interpretación, presenta resistividades de 30 a 6463 Ωm , se ubica en sentido noreste-suroeste, tiene una longitud de 160 m; modelo de inversión sin topografía muestra que ha alcanzado una profundidad de 31.5m. Se evidencian 3 zonas B, C y D.

Zona B que se representa, según la escala de colores, entre el verde al amarillo con resistividades 100-500 Ωm . Comienza desde los 72 m sobre la horizontal y se extiende hasta el fin del perfil, aparece desde los 19.2m de profundidad, con un espesor indefinido.

Zona C que se representa, según la escala de colores, entre el marrón y naranja con resistividades 500-1500 Ωm . Comienza desde los 12 m sobre la horizontal y se extiende hasta 72m, se encuentra desde los 10m, con un espesor 18.8m, presenta anomalías de resistividades bajas, desde los 12m en la horizontal y se extiende hasta los 36m se encuentra a una profundidad de 10m hasta, con una potencia de 7m.

Zona D que se representa, según la escala de colores, entre el rojo al morado con resistividades >1500 Ωm , D sup se presenta como anomalías de resistividad alta entre resistividades media-baja desde los 4m en la horizontal se extiende hasta el final del perfil, con un

espesor de 10m, D inferior también se presenta desde los 36m en la horizontal hasta los 73m y se encuentra a una profundidad de 27m.

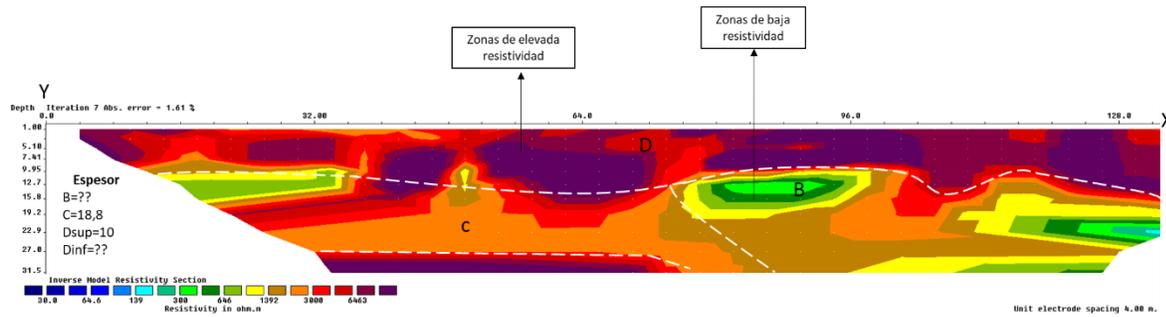


Figura 63. Perfil geoelectrico sin topografía Mijas08, configuración Schlumberger

En la figura 64 se presenta el perfil geoelectrico con la topografía del terreno, de esta manera se interpreta y representa de mejor manera lo observado en superficie, la línea geofísica se encuentra atravesando el cuerpo del gran movimiento en masa que es evidenciado por la presencia de grietas de tensión en la zona. A profundidad se puede observar una zona de rotura que se encuentra sobre la zona que presentan baja resistividad lo que confirma el movimiento del terreno, de esta manera el plano de rotura se interpreta que se ha ocasionado entre materiales resistentes y materiales débiles meteorizados y fracturados, la rotura comienza desde los 8m en la horizontal a una profundidad de 14m aproximadamente.

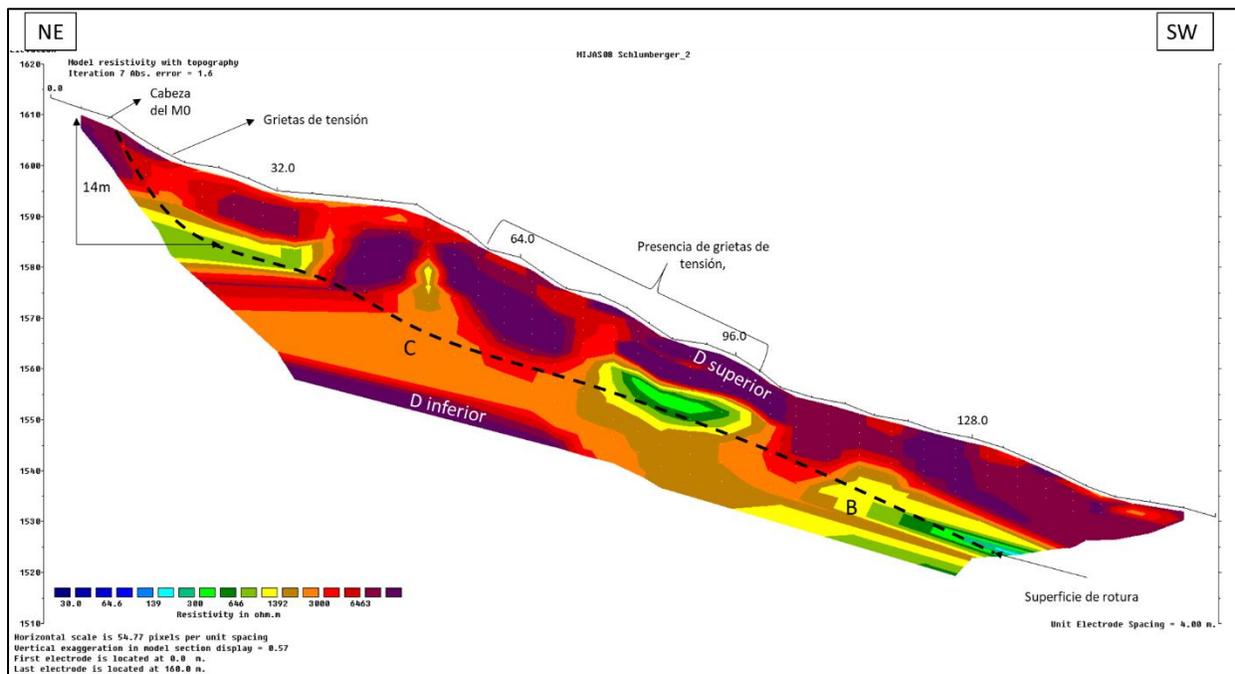


Figura 64. Perfil Mijas08, configuración Schlumberger

A partir de la geología superficial se correlacionan la información con el modelo geoelectrico y sus respectivas resistividades, de esta manera se determinaron tres zonas predominantes las cuales han sido representadas en el perfil geológico (ver figura 65):

Zona B: resistividades de 100 a 500 Ω m, esta zona consiste en la presencia de rocas gneis fracturados y meteorizados, con altos índices de humedad.

Zona C: resistividades de 500 a 1500 Ω m, son estratos de rocas gneis altamente fracturadas y meteorizadas con un menor índice de humedad, que la Zona B

Zona D: Resistividades >1500 se la ha clasificado en dos: D superior, que consiste en la presencia de bloques de roca masiva gneis entre materiales de media a baja resistividad y D inferior que se considera como la roca base, proveniente de la unidad Sabanilla.

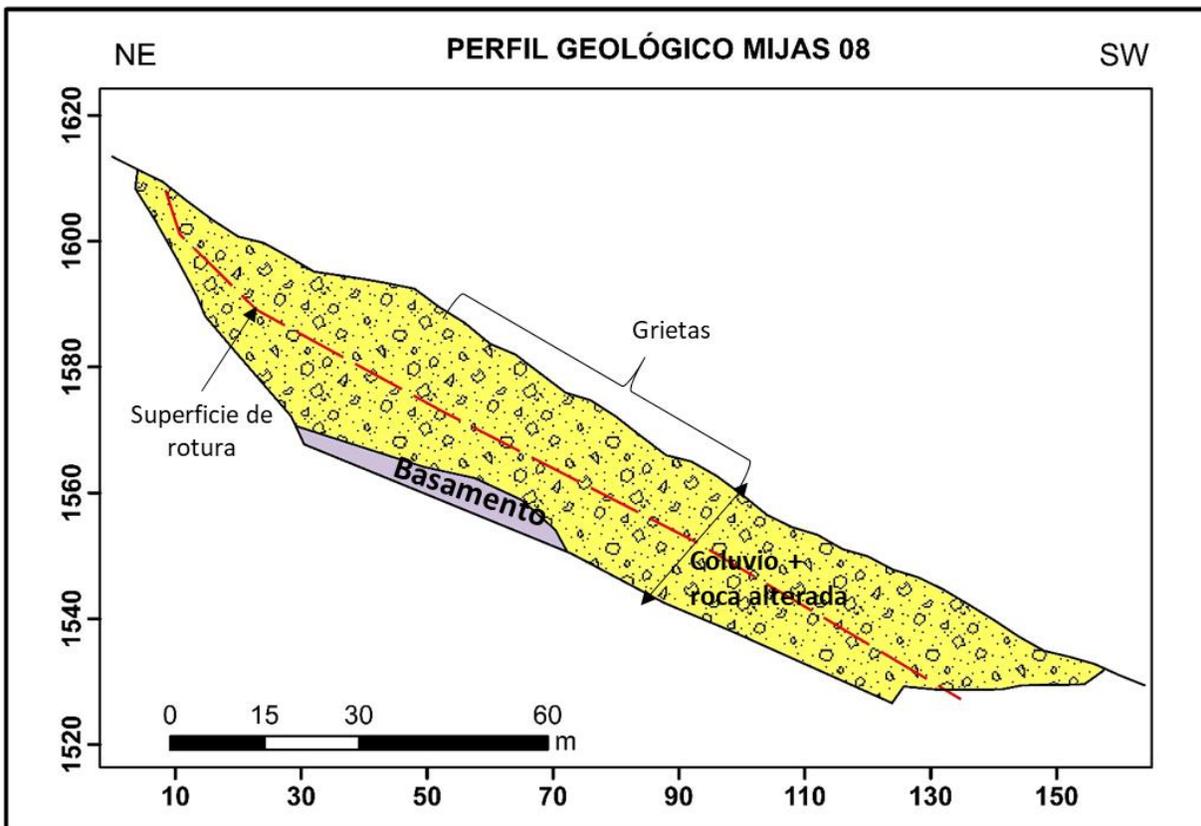


Figura 65. Sección Geológica Mijas 08

7. Discusión

A través de la información digital del IGM se puede identificar que el área de estudio se asienta en la unidad sabanilla, que según El Instituto Nacional de Investigación Minero Metalúrgico (INIGEMM) a través de sus estudios realizados, la unidad sabanilla, se caracteriza por rocas metamórficas como migmatitas y gneis; que cabalga sobre la U. Pucarón y parte sobre el Complejo Intrusivo de Zamora, por efecto de la falla Palanda.

CELEC EP y POWERCHINA (2017) mediante las perforaciones realizadas en los taludes de los márgenes de la zona de la presa, mencionan que en el margen izquierdo se encuentran capas de suelo, macizo rocoso que está en completa meteorización y macizos que están fracturados y rotos con una estructura granular, mencionan también que del basamento rocoso es esporádico, cubierta por suelo residual y capas de coluvial, con esta información se verifica la litología localizada en el área de estudio a partir de la descripción de afloramientos y la aplicación de las tomografías eléctricas.

Los suelos residuales presentes en la zona se localizan en la parte alta al NE, son arenas de grano medio a fino y limos de color habado y suelos limo arcillosos de color rojizo que se han formado por la descomposición de los minerales que conforman el gneis, Braja M. Das, (2014) menciona que la mayoría de los materiales procedentes del intemperismo de roca duras como el gneis permanecen en el mismo lugar formando los suelos residuales; los suelos pueden moverse hacia abajo mediante movimientos lentos o deslizamientos de tierra formando así un coluvión. De esta manera se deduce la presencia del depósito coluvial presente en la zona de estudio, está compuesto por gravas, cantos y bloques sostenidos en una matriz areno limosa con arcilla provenientes de los movimientos lentos del terreno in situ lo que ha ocasionado que se acumulen a lo largo de la ladera, estos depósitos se encuentran cubriendo al gneis del triásico provenientes de la U. sabanilla.

Con la información se ha identificado que la litología presente son materiales propensos a la erosión siendo un factor importante que contribuye al movimiento del terreno, adicionando el mal manejo de cunetas de agua en la zona alta del movimiento y la deforestación por actividades de ganadería, otro factor que condiciona su estabilidad son la inclinación de la pendiente, en el área de estudio se presentan pendientes de entre 20-35° que según la clasificación de Demek, 1972, son pendientes muy inclinadas; Ramirez, (2006) menciona que la calidad de pendiente es uno de

los factores que influyen en la ocurrencia de deslizamiento, es decir que las pendientes más inclinadas tienen mayor probabilidad a deslizarse.

El área de estudio corresponde a un gran deslizamiento de tipo reptación, que según la clasificación de Cruden y Varnes, (1996) la reptación es un tipo de movimiento lento del terreno en donde no se distingue una superficie de falla y contribuyen a la formación de capas de material coluvial en pendientes altas. Dentro de este gran deslizamiento, se han encontrado cinco deslizamientos, los cuales han sido caracterizados mediante los lineamientos propuestos en el proyecto multinacional Andino Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas. Se destaca que tanto los deslizamientos descritos en el estudio como el gran deslizamiento que representa el polígono de trabajo tienen la misma dirección de colapso del material, esto indica que todos estos deslizamientos están relacionados y forman parte de un sistema de movimiento en masa más grande.

Las precipitaciones pluviales y escapes de agua contribuyen al desencadenamiento y la reactivación de los movimientos en masa, según Chamba 2015, En la central Hidroeléctrica Delsitanisagua cuenta con precipitaciones mayores de 150mm por mes tomados de la estación Sabanilla y corresponde a un clima tropical húmedo, el cual posee 96.69% de humedad, contribuyendo a la saturación del suelo y a la erosión de los materiales.

Con los resultados obtenidos de la litología y la caracterización de los movimientos en masa se tiene una base de información para interpretación de los perfiles longitudinales y transversales obtenidos mediante la aplicación de las tomografías eléctricas; los cuales proporcionaron información valiosa sobre la variación de las resistividades en el subsuelo, para mejor comprensión de la geología y a determinar la profundidad de la superficie de rotura del movimiento en el área de estudio, de acuerdo con el Centro Universitario de Mérida (CEMLAB, 2021), la tomografía eléctrica busca determinar la distribución de la resistividad eléctrica en el subsuelo, tanto en sentido lateral como en profundidad. La resistividad, también conocida como resistencia específica, mide la oposición de un material al flujo de corriente eléctrica y se expresa en ohmios-metro ($\Omega \cdot m$).

Para la interpretación de las tomografías se realizó mediante la configuración de Schlumberger, que según OCSA, (2016) es muy útil para cambios tanto verticales como horizontales, alcanzando grandes profundidades, aunque según CEMPLAB, (2021), la

profundidad también depende de la separación de los electrodos, a mayor separación de electrodos mayor será la profundidad pero menor resolución, a menor separación de los electrodos mayor será la resolución, pero menor profundidad de investigación. A partir de esto, las tomografías de la zona de estudio Mijas 01 a Mijas 06 alcanzaron una profundidad de 39,4 debido a que la longitud de la línea es de 200m con una separación de electrodos de 5m mientras que la línea Mijas 07 y Mijas 08 alcanzaron una profundidad de 31.5m con una separación de 4m y una longitud de 160m; los errores de las tomografías están entre 0.95 – 2.92% RMS siendo aptos para su interpretación.

Las tomografías eléctricas han permitido identificar cuatro unidades geoelectricas (A, B, C y D) en función de la resistividad eléctrica. Existe una evidente relación entre la resistividad eléctrica y la geología en este estudio; tomando en cuenta las tablas de resistividades propuestas por distintos autores y las características litológicas apreciadas en superficie se agruparon en 4 unidades geoelectricas descritas en la tabla 13; las unidades A y B muestran resistividades más bajas, la zona A indica materiales superficiales y menos consolidados, como suelos residuales y zona saturada, mientras que la zona B indica mezclas de gravas, cantos de roca completamente meteorizada con matriz areno limosa con alto contenido de humedad , mientras que, las unidades C tienen resistividades medias y se asocian con rocas gneis fracturada y meteorizada con poco contenido de humedad y la unidad D, en la zona más superficial se encuentra como bloques de roca gneis de grandes dimensiones entre materiales de media y baja resistividad, mientras que a profundidad se encuentra el basamento de roca gneis poco alterado.

Tabla 13. *Unidades encontradas en las líneas geofísicas*

Unidad Geoelectrica	Resistividad Ohm.m	Correspondencia Geológica
A	< 100	Material detrítico, suelo residual, zonas saturadas.
B	100-500	Mezcla de gravas, cantos y guijarros en matriz limosa arenosa y poco % de arcilla, con humedad
C	500-1500	Rocas Gneis altamente fracturada y meteorizada y con pocas trazas de humedad.
D	>1500	Superficie se presentan bloques de roca gneis poco meteorizada y poco fracturada de diámetro considerable, inferior basamento

El estudio también revela que la zona de análisis está influenciada por movimientos en masa, la presencia de superficies de rotura en cada perfil respalda la existencia de este deslizamiento teniendo así una zona de rotura que alcanza los 13-16m de profundidad.

Las líneas geofísicas cubren la gran parte del movimiento en masa, por lo que se encuentra influenciada por varias líneas de agua o escorrentía superficial, que influyen directamente en la interpretación de cada línea, en el área de estudio se determinaron resistividades de 30 a 6463 Ωm ; por lo que las tomografías eléctricas han permitido detectar indicios de humedad en algunas unidades geoelectricas, lo que respalda la influencia del agua en la inestabilidad del terreno.

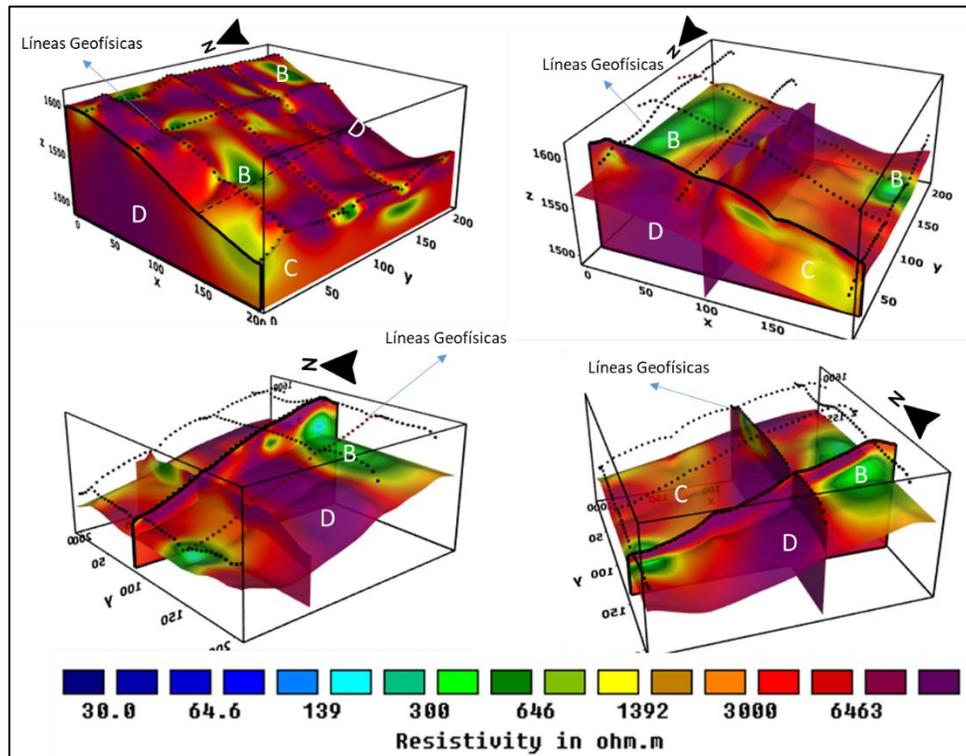


Figura 61. Correlación de las *Tomografías de resistividad eléctrica*

8. Conclusiones

El área de estudio está constituida por suelo residual con un espesor de 11.6m y depósito coluvial de 20.4m de profundidad, este depósito presenta material heterogéneo de fragmentos, cantos y bloques de roca gneis de alta a completamente meteorizado sostenidos en una matriz areno limosa con arcilla.

La zona de estudio está caracterizada como un gran movimiento de tipo reptación, presenta un movimiento lento que se distribuye retrogresivamente y se está reactivando, evidenciado por los factores presentes que influyen en el movimiento y los deslizamientos localizados dentro del mismo; la profundidad de superficie de rotura alcanza los 14,13m y el volumen de material desplazado es de 613.280,63m³

El agua de escorrentía es la que contribuye a la inestabilidad del terreno, siendo el principal agente detonante del movimiento en masa, puesto a que ha saturado el suelo, disminuyendo la resistencia del terreno; las grietas que se encuentran en gran parte del movimiento junto con el agua debilitan la masa de suelo por la infiltración, ocasionando la superficie de falla.

Con la aplicación de las tomografías eléctricas en la zona de estudio se obtuvo los perfiles longitudinales y transversales con la configuración electródica Schlumberger, esta configuración fue la más óptima para el análisis de este estudio puesto a que tuvo una mejor resolución tanto vertical como horizontal, plasmando bajos errores en la inversión en los perfiles.

El perfil geofísico refleja diferentes colores con distintos valores de resistividad, en el área de estudio presenta resistividades que van de 30 a 6463 Ωm , de esta manera se ha clasificado a las resistividades en 4 zonas o unidades geoelectricas, para interpretar de mejor manera los materiales presentes en la zona de estudio, los materiales de baja resistividad se presentan en la zona A ($< 150 \Omega\text{m}$) y zona B (100-500 Ωm), los materiales de resistividades medias categorizada como zona C (500-1500 Ωm) y materiales de alta resistividad agrupadas en la zona D ($> 1500 \Omega\text{m}$), a partir de esta agrupación se identifica la zona de rotura que se encuentra sobre las zonas de baja y media resistividad.

Finalmente, la tomografía de resistividad eléctrica es un método indirecto que presenta bastante precisión, siendo adecuado para el análisis de movimientos en masa.

9. Recomendaciones

Al momento de aplicar las tomografías eléctricas se debe tener en cuenta la existencia de factores que influyen en la adquisición de datos de resistividad, como el clima y la ubicación de los electrodos, los cuales deberán ser previamente analizados antes de emplear esta técnica con el fin de minimizar errores humanos.

Se recomienda llevar una computadora portátil para verificar el error de cada perfil al finalizar la lectura, debido a que en caso de que haya error elevado se debe volver a realizar la lectura, esto evitará que se vuelva a realizar el tendido de la línea geofísica.

Es importante recalcar que la técnica de la tomografía resistividad multielectrodica es un método indirecto, aunque su grado de aproximación es aceptable se recomienda realizar métodos

directos como estudios geotécnicos y correlacionarla con esta información para así obtener un mayor grado de exactitud en la investigación.

Para la interpretación de los resultados de las tomografías eléctricas, los perfiles deberán tener la misma escala de colores y empezar con el mismo mínimo valor de resistividad el cual va a permitir tener una mejor interpretación y correlación entre perfiles, además se deben considerar las tablas de resistividades propuestas por distintos autores dependiendo del ambiente geológico de la zona y las características apreciadas en superficie.

Se deben considerar medidas de mitigación, como el mejoramiento de la canalización adecuada de aguas de escorrentía, para evitar que el terreno se siga saturando.

10. Bibliografía

- Abarca, P. (2014). *Mapa de inventario de movimientos de ladera de Vilcabamba*. 21–25.
https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/10831/1/Abarca_Ambuludi%2C_Paul_Alexander..pdf
- Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (2016). *Proyectos de Generación*.
https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/08/Atlas2016BajaV6_baja_113_2da_parte.pdf
- Alvarez, E. (2015). *Tomografía eléctrica resistiva 3D en la caracterización del subsuelo bajo estructuras civiles*.
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/7847/1/Tesis.pdf>
- Aristizábal, E., Martínez, H., & Vélez, J. (2010). *UNA REVISIÓN SOBRE EL ESTUDIO DE MOVIMIENTOS EN MASA DETONADOS POR LLUVIAS*.
https://www.acefyn.com/revista/Vol_34/131/209-227.pdf
- Braja M. Das. (2014). Origen de los depósitos del suelo, tamaño de grano y forma. In *FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA* (4th Ed., pp. 16–48).
- Burger, H. R. (1992). *Exploration Geophysics of the Shallow Subsurface* (Prentice H).
- Carrasco, P. (2013). *Avance en técnicas geofísicas para la caracterización del subsuelo mediante innovación y el uso de herramientas de gestión de información espacial*. 1–52.
<papers3://publication/uuid/70157E73-A091-4F27-93CA-5A8548B573A5>
- CEDEX. (2005). *Laboratorio De Geotecnia Técnicas Geofísicas*. 25.
<http://www.cedex.es/NR/rdonlyres/C63444EB-3A5F-4346-9CE0->

AF209AB125F1/132409/ENSAYOSGEOFISICOS.pdf

- CEMLAB. (2021). Tomografía Eléctrica: fundamentos y aplicaciones. *CENTRO UNIVERSITARIO DE MÉRIDA*.
https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/11842/1/2021_Tomografia_electrica.pdf
- Chamba, C. (2015). *Actualización Del Estudio De Impacto Ambiental Del Proyecto Hidroeléctrico Delsitanisagua 116 Mw a 180 Mw*. 307.
- Corona, R. (2014). *Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE) 2D para el proyecto HAWC*.
<http://132.248.9.195/ptd2014/junio/0714254/0714254.pdf>
- Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). Landslide Types and Processes. In *Landslides Eng. Pract* (Vol. 24, Issue January 1996). National Academy of Sciences.
- Duque Escobar, G. (2017). Geología estructural. *Manual De Geología Para Ingenieros*, 281–306.
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/3145/geologiaestructural.pdf?sequence=21&isAllowed=y>
- Franco Feijó, L. (2015). *Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial GAD de “Sabanilla” Zamora, Zamora Chinchipe-Ecuador 2015 – 2019*.
- García, M. (2012). Geología Estructural. *Biología y Geología, January 2012*, 3–25.
- García, X., & Jones, A. G. (2002). Atmospheric sources for audio-magnetotelluric (AMT) sounding. *Geophysics*, 67(2), 448–458. <https://doi.org/10.1190/1.1468604>
- Grupo de Estándares para Movimientos en Masa. (2007). Movimientos en Masa en la Región Andina. In *Guía para la Evaluación de Amenazas*.
<https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/Geral-96.pdf>
- Hutchinson, J. . (1998). *Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology* (en Memoria). h International Conference on Landslides.
- Islas, A. C. (2010). *EXPLORACIÓN GEOFÍSICA APLICADA A HIDROGEOLOGÍA EN LA CUENCA DE SANTO TOMÁS, B.C.* [CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE ENSENADA].
<https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/2461/4/TFLACSO-2010ZVNBA.pdf>
- Kearey, P., Brooks, M., & Hill, I. (2002). *An Introduction to Geophysical Exploration* (3rd ed.). Wiley-Blackwell.
- Loaiza, M. D. (2017). Ficha Informativa de Proyecto 2017. *001 CELEC EP - Proyecto Hidroeléctrico Delsitanisagua*, 2–10. <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/wp->

content/uploads/2018/10/gprdelsitanisagua.pdf

- Loke, M. H. (2001). Tutorial: 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys. *Tutorial*, May, 51–52.
- Maritza, R. (2013). *Análisis de la estabilidad del talud de la Casa de Máquinas, utilizando el método de elementos finitos y equilibrio límite del Proyecto Hidroeléctrico Delsitanisagua 180MW*.
- OCSA. (2016). *Metodo de tomografía electrica*. <https://ocsa-geofisica.com/tomografia-electrica.html>
- Pagán, P. (2006). Aplicación De Diferentes Técnicas No Destructivas De Prospección Geofísica a Actividades Antrópicas En La Región de Murcia. [UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA]. In *Tesis Doctoral Universidad Politecnica de Cartagena*. <https://core.ac.uk/download/pdf/60417045.pdf>
- Pagán, P. (2007). *Prospección Geofísica -1. Metodos de Campo Natural*. (Vol. 1). https://www.researchgate.net/profile/Pedro-Martinez-Pagan/publication/342600803_Prospeccion_Geofisica_-_1_Metodos_de_Campo_Natural_Gravimetria_y_Magnetometria/links/5efca8c44585155050812375/Prospeccion-Geofisica-1-Metodos-de-Campo-Natural-Gravimetria-y-Mag
- Palacios, I. (2016). Diseño e implementación de un sistema por telemetría para la medición de la resistividad del suelo. *Universidad de Cuenca*, 41.
- Parra, N., & Torres, J. (2020). *Importancia de la tomografía de resistividad eléctrica en la ingeniería civil*. 75. <http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/2285/2/2020NicolasBarbosaParra.pdf>
- Petroenergía. (2022). *Se realiza un nuevo mantenimiento del embalse de la Central Hidroeléctrica DELSITANISAGUA*. <https://www.petroenergia.info/post/se-realiza-un-nuevo-mantenimiento-del-embalse-de-la-central-hidroeléctrica-delsitanisagua>
- POVEDA ORDUÑA, J. J., & VARGAS ALDANA, G. (2006). *Estabilización Del Talud En El Pr* 55 + 950 *De La Vía Manizales –Mariquita*. 455. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil%0Ahttp://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/15339/T40.08_P869e.pdf?sequence=1
- Ramirez, M. (2006). *LA EVALUACIÓN DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN DE MASA Y PLANIFICACIÓN TERRITORIAL*. 84.
- Reynolds, J. M. (1997). An Introduction to applied and Environmental Geophysics. In *European*

- Space Agency, (Special Publication) ESA SP. John Wiley & Sons, Ltd.*
- Rojas, Y. A. (2018). *Guía metodológica para el reconocimiento geológico en campo y revisión de los procedimientos de ensayo in situ enfocado en los estudios de suelos realizados en la empresa López Hermanos LTDA.* 32–38.
- Spirkermann, J. P. (2010). *Elementos de Geología General* (1a ed., Issue 54).
- Tarbuck, E. J., Lutgens, F. K., & Tasa, D. (2005). *Ciencias de la Tierra: Una introducción a la geología física* (8ª ed.).
- Telford, W. M., Geldart, L. ., & Sheriff, R. . (1998). Applied geophysics. In *Nature* (Vol. 127, Issue 3212, pp. 783–785). <https://doi.org/10.1038/127783a0>
- Torres, Y., Martínez, A., & Valencia, J. (2019). Apuntes de Cartografía. *Curso de Cartografía.*
- Varnes, D. (1978). Slope Movement Types and Processes. *Special Report, 176*, 11–33. <http://www.engr.hk/T05/176-002.pdf>
- Vázquez Roura, A. V. (2013). *Investigación de deslizamientos a través de métodos geofísicos y técnicas de monitoreo.* 129.
- Zúñiga, L. (2011). *Detección de zonas de riesgo a lo largo del colector de drenaje poniente de la Ciudad de Guatemala.* <https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000672526>

11. Anexos

Anexo 1. Fichas de descripción de Afloramientos

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA							
FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES							
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL							
UBICACIÓN							
Localización	Parroquia Sabanilla	Cod. de afloramiento	A01	Año	2023	Datum	WGS84
Coordenadas UTM		X:	720290	Y:	9560227	Z:	1642
AFLORAMIENTO							
Tipo	Natural		Dimensiones	Altura	4m	Formación	Complejo Migmatítico Sabanilla
	Antrópico	X		Largo	3,8m	Estado de alteración	Alta
Tipo de deposito		Suelo residual	Color	Rojizo		Tipo de matriz	Limo-arcilloso
LITOLOGÍA							
Tipo de roca o material		Estado de meteorización		Estructuras geológicas			
Ígnea		Sana		Estratificación			
Sedimentaria		Débilmente meteorizada		Laminación			
Metamórfica		Ligeramente meteorizado		Foliación			
Nombre de la Roca:		Moderadamente meteorizado		Bandeamiento			
		Altamente meteorizado					
		Suelo residual		x			
DESCRIPCIÓN				FOTOGRAFÍA			
<p>El afloramiento está constituido por material residual transportado alterado por la presencia de humedad, los suelos son limo arcillosos plásticos de extura fina a gruesa de color rojizo.</p>							



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

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

CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

UBICACIÓN

Localización	Parroquia Sabanilla	Cod. de afloramiento	A02	Año	2023	Datum	WGS84
Coordenadas UTM	X:	720305	Y:	9560194	Z:	1637	

AFLORAMIENTO

Tipo	Natural		Dimensiones	Altura	6m	Formación	Complejo Migmatítico Sabanilla
	Antropico	X		Largo	4,8m		
Tipo de deposito		Suelo residual	Color	habano		Tipo de matriz	areno limosa

LITOLOGÍA

Tipo de roca o material	Estado de meteorización	Estructuras geológicas
ígneas	Sana	Estratificación
Sedimentaria	Débilmente meteorizada	Laminación
Metamórfica	Ligeramente meteorizado	Foliación
Nombre de la Roca:	Moderadamente meteorizado	Bandeamiento
	Altamente meteorizado	
	Suelo residual	X

DESCRIPCIÓN

FOTOGRAFÍA

El afloramiento esta cubierto de vegetación arbustiva, presenta humedad y está constituido por material transportado limo arenoso de baja plasticidad, altamente alterado.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA							
FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES							
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL							
UBICACIÓN							
Localización	Parroquia Sabanilla	Cod. de afloramiento	A03	Año	2023	Datum	WGS84
Coordenadas UTM	X:	720214	Y:	9560128	Z:	1590	
AFLORAMIENTO							
Tipo	Natural	X	Dimensiones	Altura	6m	Formación	Complejo Migmatítico Sabanilla
	Antrópico			Largo	10m	Estado de alteración	Alta
Tipo de deposito	Suelo residual	Color	habano		Tipo de matriz	Limo arenoso	
LITOLOGÍA							
Tipo de roca o material		Estado de meteorización		Estructuras geológicas			
ígneas		Sana		Estratificación			
Sedimentaria		Débilmente meteorizada		Laminación			
Metamórfica		Ligeramente meteorizado		Foliación			
Nombre de la Roca:		Moderadamente meteorizado		Bandeamiento			
		Altamente meteorizado					
		Suelo residual		X			
DESCRIPCIÓN				FOTOGRAFÍA			
<p>El afloramiento está cubierto de vegetación arbustiva, esta compuesto por material limo-arenoso de consistencia blanda, que debido a la presencia de agua ha ocasionado su alteración.</p>							



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

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

CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

UBICACIÓN

Localización	Parroquia Sabanilla	Cod. de afloramiento	A04	Año	2023	Datum	WGS84
Coordenadas UTM	X:		720271	Y:	9560153	Z:	1610

AFLORAMIENTO

Tipo	Natural	X:	Dimensiones	Altura	2m	Formación	Complejo Migmatítico Sabanilla
	Antropico			Largo	4m	Estado de alteración	Alta
Tipo de deposito	Coluvial	Color	habano		Tipo de matriz	Limo arenoso	

LITOLOGÍA

Tipo de roca o material	Estado de meteorización	Estructuras geológicas	
Ígnea	Sana	Estratificación	
Sedimentaria	Débilmente meteorizada	Laminación	
Metamórfica	Ligeramente meteorizado	Foliación	X
Nombre de la Roca:	Moderadamente meteorizado	Bandeamiento	X
Geis	Altamente meteorizado	X	
	Suelo residual		

DESCRIPCIÓN

El afloramiento está cubierto de vegetación arbustiva, esta compuesto por rocas atamente meterizadas en matriz limo-arenoso, que debido a la humedad ha ocasionado su alteraión, tiene una consistencia blanda .

FOTOGRAFÍA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA							
FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES							
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL							
UBICACIÓN							
Localización	Parroquia Sabanilla	Cod. de afloramiento	A05	Año	2023	Datum	WGS84
Coordenadas UTM		X:	720255	Y:	9560098	Z	1590
AFLORAMIENTO							
Tipo	Natural	X	Dimensiones	Altura	4,5m	Formación	Complejo Migmatítico Sabanilla
	Antrópico			Largo	11m	Estado de alteración	
Tipo de deposito		Coluvial	Color			Tipo de matriz	
LITOLOGÍA							
Tipo de roca o material		Estado de meteorización		Estructuras geológicas			
ígneas		Sana		Estratificación			
Sedimentaria		Débilmente meteorizada		X	Laminación		
Metamórfica	x	Ligeramente meteorizado			Foliación		
Nombre de la Roca:		Moderadamente meteorizado		Bandeamiento			
Gneis		Altamente meteorizado					X
		Suelo residual					
DESCRIPCIÓN				FOTOGRAFÍA			
<p>El afloramiento está constituido por bloques de roca gneis, sostenidos en una matriz limo arenosa; cubierta de vegetación arbustiva, la roca es dura y se encuentra poco meteorizada.</p>							



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

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

CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

UBICACIÓN

Localización	Parroquia Sabanilla	Cod. de afloramiento	A06	Año	2023	Datum	WGS84
Coordenadas UTM	X:	720101	Y:	9560044	Z:	1514	

AFLORAMIENTO

Tipo	Natural	X	Dimensiones	Altura		Formación	Complejo Migmatítico Sabanilla
	Antrópico			Largo		Estado de alteración	Alta
Tipo de deposito	Qc	Color	habano		Tipo de matriz	limo-arenosa	

LITOLOGÍA

Tipo de roca o material	Estado de meteorización	Estructuras geológicas	
Ígnea	Sana	Estratificación	
Sedimentaria	Débilmente meteorizada	Laminación	
Metamórfica	Ligeramente meteorizado	Foliación	X
Nombre de la Roca:	Moderadamente meteorizado	Bandeamiento	X
Gneis	Altamente meteorizado	X	
	Suelo residual		

DESCRIPCIÓN

El afloramiento es un coluvio que está constituido por cantos subangulos de gneis y material detrítico limo arenoso, debido a la presencia de humedad gran parte del afloramiento se ha deslizado.

FOTOGRAFÍA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA							
FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES							
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL							
UBICACIÓN							
Localización	Parroquia Sabanilla	Cod. de afloramiento	A07	Año	2023	Datum	WGS84
Coordenadas UTM	X:	720144	Y:	9560217	Z:	1584	
AFLORAMIENTO							
Tipo	Natural	X	Dimensiones	Altura	3m	Formación	Complejo Migmatítico Sabanilla
	Antrópico			Largo	5m	Estado de alteración	Alta
Tipo de depósito	Qc	Color	café		Tipo de matriz	Limo arenoso	
LITOLOGÍA							
Tipo de roca o material		Estado de meteorización		Estructuras geológicas			
Ígnea		Sana		Estratificación			
Sedimentaria		Débilmente meteorizada		Laminación			
Metamórfica	X	Ligeramente meteorizado		Foliación			
Nombre de la Roca:		Moderadamente meteorizado		Bandeamiento			
Gneis		Altamente meteorizado		X			
		Suelo residual					
DESCRIPCIÓN				FOTOGRAFÍA			
<p>El afloramiento esta constituido de material limo arenoso con presencia de humedad lo que ha ocasionado su alteración, presenta cantos subangulosos de gneis altamente meteorizados.</p>							



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

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

CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

UBICACIÓN

Localización	Parroquia Sabanilla	Cod. de afloramiento	A8	Año	2023	Datum	WGS84
Coordenadas UTM	X:	720118	Y:	9560217	Z:	1567	

AFLORAMIENTO

Tipo	Natural	X	Dimensiones	Altura	6,5m	Formación	Complejo Migmatítico Sabanilla
	Antrópico			Largo	10		
Tipo de depósito	Qc	Color	habano		Tipo de matriz	limo-arenosa	

LITOLOGÍA

Tipo de roca o material		Estado de meteorización		Estructuras geológicas	
Ígnea		Sana		Estratificación	
Sedimentaria		Débilmente meteorizada		Laminación	
Metamórfica	X	Ligeramente meteorizado		Foliación	
Nombre de la Roca:		Moderadamente meteorizado		Bandeamiento	
Gneis		Altamente meteorizado		X	
		Suelo residual			

DESCRIPCIÓN

El afloramiento esta constituido de material limo arenoso con presencia de humedad lo que ha ocasionado su alteración, presenta cantos subangulosos de gneis altamente meteorizados.

FOTOGRAFÍA



Cobertura vegetal



Gneis



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

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

CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

UBICACIÓN

Localización	Parroquia Sabanilla	Cod. de afloramiento	A9	Año	2023	Datum	WGS84
Coordenadas UTM	X:	720118	Y:	9560217	Z:	1567	

AFLORAMIENTO

Tipo	Natural	X	Dimensiones	Altura	6,5m	Formación	Complejo Migmatítico Sabanilla
	Antrópico			Largo	10	Estado de alteración	Alta
Tipo de depósito	Qc	Color	habano		Tipo de matriz	limo-arenosa	

LITOLOGÍA

Tipo de roca o material	Estado de meteorización	Estructuras geológicas	
Ígnea	Sana	Estratificación	
Sedimentaria	Débilmente meteorizada	Laminación	
Metamórfica	Ligeramente meteorizado	Foliación	X
Nombre de la Roca:	Moderadamente meteorizado	Bandeamiento	X
Gneis	Altamente meteorizado		
	Suelo residual		

DESCRIPCIÓN

El afloramiento está constituido por fragmentos angulosos de gneis altamente meteorizado, en una matriz limo arenosa el afloramiento está altamente alterado por la presencia de humedad, por lo que ha ocasionado la presencia de cárcavas y que gran parte de la masa se deslice.

FOTOGRAFÍA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA							
FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES							
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL							
UBICACIÓN							
Localización	Parroquia Sabanilla	Cod. de afloramiento	A10	Año	2023	Datum	WGS84
Coordenadas UTM		X:	720100	Y:	9560191	Z:	1560
AFLORAMIENTO							
Tipo	Natural	X	Dimensiones	Altura	5m	Formación	Complejo Migmatítico Sabanilla
	Antrópico			Largo	8m	Estado de alteración	
Tipo de deposito		Qc	Color		Tipo de matriz		
LITOLOGÍA							
Tipo de roca o material		Estado de meteorización			Estructuras geológicas		
Ígnea		Sana			Estratificación		
Sedimentaria		Débilmente meteorizada			X	Laminación	
Metamórfica	X	Ligeramente meteorizado				Foliación	
Nombre de la Roca:		Moderadamente meteorizado				Bandeamiento	
Gneis		Altamente meteorizado					
		Suelo residual					
DESCRIPCIÓN				FOTOGRAFÍA			
<p>El macizo está constituido por roca gneis de tamaño considerable; la roca es dura y se encuentra debilmente meteorizada, sostenida en una matriz areno limosa</p>							

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA							
FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES							
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL							
UBICACIÓN							
Localización	Parroquia Sabanilla	Cod. de afloramiento	A11	Año	2023	Datum	WGS84
Coordenadas UTM	X:		720089	Y:	9560217	Z	1553
AFLORAMIENTO							
Tipo	Natural	X	Dimensiones	Altura	3.5	Formación	Complejo Migmatítico Sabanilla
	Antrópico			Largo	2	Estado de alteración	
Tipo de deposito	Qc		Color			Tipo de matriz	
LITOLOGÍA							
Tipo de roca o material		Estado de meteorización			Estructuras geológicas		
Ígnea		Sana			Estratificación		
Sedimentaria		Débilmente meteorizada			X	Laminación	
Metamórfica	X	Ligeramente meteorizado				Foliación	
Nombre de la Roca:		Moderadamente meteorizado				Bandeamiento	
Gneis		Altamente meteorizado					X
		Suelo residual					
DESCRIPCIÓN				FOTOGRAFÍA			
<p>El afloramiento esta constituido por bloque considerable de roca gneisis de color negro y marrón con una textura gruesa, la roca es dura debido a que es un macizo de roca debilmente meteorizada.</p>							

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA							
FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES							
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL							
UBICACIÓN							
Localización	Parroquia Sabanilla	Cod. de afloramiento	A12	Año	2023	Datum	WGS84
Coordenadas UTM		X:	720088	Y:	9560205	Z	1553
AFLORAMIENTO							
Tipo	Natural	X	Dimensiones	Altura	3m	Formación	Complejo Migmatítico Sabanilla
	Antrópico			Largo	2m	Estado de alteración	
Tipo de deposito		Qc	Color			Tipo de matriz	
LITOLOGÍA							
Tipo de roca o material		Estado de meteorización			Estructuras geológicas		
Ígnea		Sana			Estratificación		
Sedimentaria		Débilmente meteorizada			Laminación		
Metamórfica	X	Ligeramente meteorizado			X	Foliación	
Nombre de la Roca:		Moderadamente meteorizado			Bandeamiento		
Gneis		Altamente meteorizado					X
		Suelo residual					
DESCRIPCIÓN				FOTOGRAFÍA			
<p>El afloramiento esta constituido de gneis de tamaño considerable de grano grueso, el cual se encuentra poco meteorizado por lo que la dureza de la roca es moderada.</p>				  			

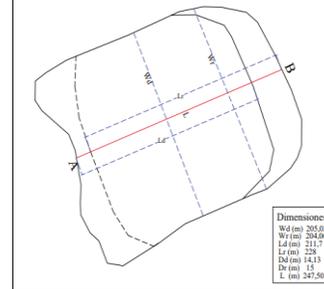
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA							
FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES							
CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL							
UBICACIÓN							
Localización	Parroquia Sabanilla	Cod. de afloramiento	A13	Año	2023	Datum	WGS84
Coordenadas UTM		X:	720093	Y:	9560185	Z:	1555
AFLORAMIENTO							
Tipo	Natural	X	Dimensiones	Altura	2m	Formación	Complejo Migmatítico Sabanilla
	Antrópico			Largo	1,5 m	Estado de alteración	
Tipo de deposito		Qc	Color			Tipo de matriz	
LITOLOGÍA							
Tipo de roca o material		Estado de meteorización			Estructuras geológicas		
ígneas		Sana			Estratificación		
Sedimentaria		Débilmente meteorizada			X	Laminación	
Metamórfica	X	Ligeramente meteorizado			Foliación		
Nombre de la Roca:		Moderadamente meteorizado			Bandeamiento		
Gneis		Altamente meteorizado					X
		Suelo residual					
DESCRIPCIÓN				FOTOGRAFÍA			
<p>El afloramiento esta constituido de gneis de tamaño considerable de grano grueso, el cual se encuentra poco meteorizado por lo que la dureza de la roca es dura.</p>							

Anexo 2 *Fichas de movimientos en masa*

INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS											
ENCUESTAD/C Camila Vire		FECHA		INSTITUCIÓN: UNL		CODIGO: M0					
SECTOR: Parroquia Sabanilla		PROYECCIÓN: WGS84 - 17		FOTO: N/Año/Escala/Editor							
COORDENAD 720218; 9560083		MAPA: N/Año/Escala									
REFERENCIA GEOGRÁF: Vía antigua Zamora-Loja											
ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO					LITOLOGIA Y ESTRATIGRAFIA						
FECHAS DE OCURRENCIA		ESTADO		ESTILO		DISTRIBUCION		DESCRIPCION		ESPACIAMIENTO (m)	
DD/ MM/ AA/		<input type="checkbox"/> Activo <input checked="" type="checkbox"/> Reactivado		<input type="checkbox"/> Unico <input checked="" type="checkbox"/> Sucesivo		<input checked="" type="checkbox"/> Retrogresivo <input type="checkbox"/> Progresivo				≥2 2-0.6 0.6-0.4 0.2-0 <0.06	
Ultimo movimiento:		<input checked="" type="checkbox"/> Latente		<input type="checkbox"/> Múltiple		<input type="checkbox"/> Enanchandose					
Anteriores		<input type="checkbox"/> Estabilizado		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Confinado					
Edad (años)		<input type="checkbox"/> Relicto		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Enjambre					
TIPO DE MOVIMIENTO			MATERIAL			OTRAS CARACTERISTICAS			VELOCIDAD		
C L 1 2			UMEDAD DEL SUELO			ORIGEN DEL SUELO			CLASIFICACION DEL MOVIMIENTO		
A <input type="checkbox"/> Caída			<input checked="" type="checkbox"/> Seco			<input type="checkbox"/> Residual			<input type="checkbox"/> Extr. Rápido (>5 m/s)		
S <input type="checkbox"/> Volcamento			<input type="checkbox"/> Lig. Humedo			<input type="checkbox"/> Sedimentar			<input type="checkbox"/> Muy rápido (>3m/min)		
I <input checked="" type="checkbox"/> Deslizamiento rotacional			<input type="checkbox"/> Humedo			<input checked="" type="checkbox"/> Volcánico			<input checked="" type="checkbox"/> Rápido (>1.8m/hr)		
F <input type="checkbox"/> Deslizamiento traslacional			<input checked="" type="checkbox"/> Muy humedo			<input type="checkbox"/> Coluvial			<input type="checkbox"/> Moderado(>13m/mes)		
I <input type="checkbox"/> Propagación lateral			<input type="checkbox"/> Mojado						<input checked="" type="checkbox"/> Lento(<1.6m/año)		
C <input type="checkbox"/> Reptación			PLASTICIDAD						<input type="checkbox"/> Muy lento(<1.6m/año)		
A <input type="checkbox"/> Colapso			<input type="checkbox"/> Alta						<input type="checkbox"/> Extr.Lento(<1.6m/año)		
C <input type="checkbox"/> Flujó			<input type="checkbox"/> Media								
			<input checked="" type="checkbox"/> Baja								
			<input type="checkbox"/> No plástico								
			M. Organic								
Sistema de clasificación: Cruden y vames										NOMBRE DEL MOVIMIENTO: Reptación	
MORFOMETRIA											
GENERAL			DIMENSIONES				DEFORMACION DEL TERRENO				
Diferencia de altura corona a punta (m)		134.0	Ancho de la masa desplazada Wd (m)		205.02	Modo		Severidad			
Longitud horizontal corona a punta (m)		247.5	Ancho de la superficie de ruptura Wr (m)		204.06	<input checked="" type="checkbox"/> Ondulación		<input type="checkbox"/> Leve			
Pendiente de ladera en post-falla (°)		28.43°	Longitud de la masa desplazada Ld (m)		211.7	<input checked="" type="checkbox"/> Escabonamiento		<input type="checkbox"/> Media			
Dirección del movimiento (°)		NE-SW	Longitud de la superficie de ruptura Lr (m)		228	<input type="checkbox"/> Otros		<input checked="" type="checkbox"/> Pronunciada			
			Espesor de la masa desplazada Dd (m)		14.13			<input type="checkbox"/> Severa			
			Profundidad de superficie de ruptura Dr (m)		15			<input type="checkbox"/> Muy severa			
			Longitud total L (m)		247.50						
C			C D			COBERTURA Y USO DEL SUELO					
<input checked="" type="checkbox"/> Material plástico debil			Movimiento tectónico			Tipo de Cobertura			Tipo uso		
<input checked="" type="checkbox"/> Material sensible			<input checked="" type="checkbox"/> Lluvias			<input checked="" type="checkbox"/> Veget. Herbacea 15			<input checked="" type="checkbox"/> Ganadería 100		
<input checked="" type="checkbox"/> Material colapsible			Excavación de la pata del talud			<input checked="" type="checkbox"/> Bosque/Selva 20					
<input checked="" type="checkbox"/> Material meteorizado			Carga en la corona del talud			<input checked="" type="checkbox"/> Matorrales 15					
<input type="checkbox"/> Material fallado por corte			Irrigación								
<input checked="" type="checkbox"/> Material fisurado o agrietado			<input checked="" type="checkbox"/> Mantenimiento deficiente sistema de drenaje								
<input type="checkbox"/> Orientación desfavorable de discontinuidades			<input checked="" type="checkbox"/> Escapes de agua de tuberías								
<input type="checkbox"/> Contraste en permeabilidad de materiales			<input checked="" type="checkbox"/> Deforestación o ausencia de vegetación			<input checked="" type="checkbox"/> Cultivo					
<input type="checkbox"/> Contraste de rigidez de materiales			Disposición deficiente de estériles/escombros			<input checked="" type="checkbox"/> Construcciones					
<input checked="" type="checkbox"/> Meteorización por expansión/contracción			Vibración artificial (trafico, explosiones, hincado)			<input checked="" type="checkbox"/> Sin cobertura 50					
C : Condicionam			D : Detonante								
Población			Infraestructura			Actividades económicas			Daños ambientales		
Número de muertos			Unidad de medida			Unidad de medida			Unidad de medida		
Número de heridos			Intensidad y cantidad			Intensidad y cantidad			Intensidad y cantidad		
Número de damnificados			DL DM DS DT			DL DM DS DT			DL DM DS DT		
			Valor \$			Valor \$			Valor \$		
			vías								
Convención para intensidad de daño DL: Daño leve DM: Daño moderado DS: Daño severo DT: Destrucción total NC: No cuantificable											
Nota: Por el momento no se han desarrollado pérdidas económicas ni afectaciones a la sociedad.											

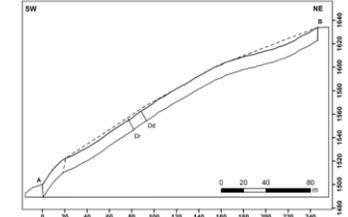
ESQUEMA EN PLANTA

Esquema de la Nomenclatura del movimiento en masa M0



PLANTA

PERFIL DEL MOVIMIENTO EN MASA M0



PERFIL

FOTOGRAFIAS



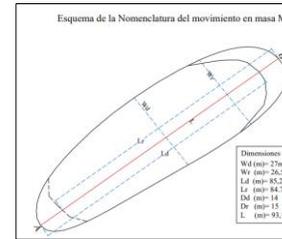
REPTACIÓN



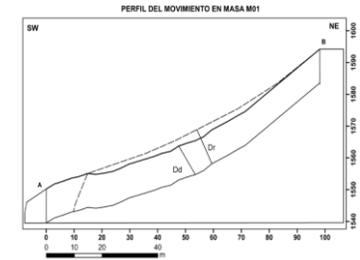
ROTACIONAL

INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS											
ENCUESTAD@: Camila Vire		FECHA:		INSTITUCIÓN: UNL		CODIGO: M01					
SECTOR: Parroquia Sabanilla		PROYECCION: WGS84 - 17		FOTO/Nº/Año/Escala/Edi:							
COORDENAD 720218; 9560083		MAPANº/Año/Escala/Edi:									
REFERENCIA GEOGRAF: Vía antigua Zamora-Loja											
ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO				LITOLOGIA Y ESTRATIGRAFIA							
FECHAS DE OCURRENCIA		ESTADO		ESTILO		DISTRIBUCION		DESCRIPCION		ESPACIAMIENTO (m)	
DD/MM/AA		<input type="checkbox"/> Activo		<input checked="" type="checkbox"/> Reactivado		<input checked="" type="checkbox"/> Único		<input checked="" type="checkbox"/> Retrogresivo		DB / BZ	
Ultimo movimiento:		<input checked="" type="checkbox"/> Latente		<input checked="" type="checkbox"/> Sucesivo		<input type="checkbox"/> Progresivo		<input type="checkbox"/> Ensanchandose		>2 2-0.6 0.6-0(0.2-0) <0.06	
Anteriores:		<input type="checkbox"/> Estabilizado		<input type="checkbox"/> Múltiple		<input type="checkbox"/> Confinado		<input type="checkbox"/> Enjambre			
Edad (años)		<input type="checkbox"/> Reikto									
TIPO DE MOVIMIENTO		MATERIAL		HUMEDAD DEL SUELO		ORIGEN DEL SUELO		OTRAS CARACTERISTICAS		VELOCIDAD	
C L A S I F I C A C I O N		1 2		1 2 %							
<input checked="" type="checkbox"/> Caída		<input checked="" type="checkbox"/> Roca		<input type="checkbox"/> Seco		<input type="checkbox"/> Residual		<input type="checkbox"/> Movimiento canalizado		<input type="checkbox"/> Extr. Rápido (>5 m/s)	
<input type="checkbox"/> Volcamiento		<input checked="" type="checkbox"/> Suelo		<input type="checkbox"/> Lig. Humedo		<input type="checkbox"/> Sedimentar		<input checked="" type="checkbox"/> Movimiento no canalizado		<input type="checkbox"/> Muy rápido (<3m/hr)	
<input type="checkbox"/> Deslizamiento rotacional		<input checked="" type="checkbox"/> Detrito		<input type="checkbox"/> Humedo		<input type="checkbox"/> Coluvial		<input type="checkbox"/> Licuación		<input type="checkbox"/> Rápido (<1.8m/hr)	
<input type="checkbox"/> Deslizamiento traslacional		SUELOS INGENIERIA		<input checked="" type="checkbox"/> Muy humedo		<input checked="" type="checkbox"/> Volcánico				<input checked="" type="checkbox"/> Moderado(>1.3m/mes)	
<input checked="" type="checkbox"/> Propagación lateral		<input checked="" type="checkbox"/> Bloques 20		<input type="checkbox"/> Mojado						<input type="checkbox"/> Lento(>1.6m/año)	
<input checked="" type="checkbox"/> Reptación		<input checked="" type="checkbox"/> Cantos 20								<input type="checkbox"/> Muy Lento(<1.6m/año)	
<input checked="" type="checkbox"/> Colapso		<input checked="" type="checkbox"/> Gravas 5		PLASTICIDAD						<input type="checkbox"/> Extr. Lento(<1.6m/año)	
<input type="checkbox"/> Flujó		<input checked="" type="checkbox"/> Arena 20		<input type="checkbox"/> Alta		Clasificación SUCS		CLASIFICACION DEL MOVIMIENTO			
		<input checked="" type="checkbox"/> Limo 30		<input type="checkbox"/> Media				Sistema de clasificación:		Cruden y varnes	
		<input checked="" type="checkbox"/> Arcilla 5		<input checked="" type="checkbox"/> Baja				NOMBRE DEL MOVIMIENTO:		Reptación	
		<input checked="" type="checkbox"/> M. Orgánico		<input type="checkbox"/> No plástico							
MORFOMETRIA											
GENERAL				DIMENSIONES				DEFORMACION DEL TERRENO			
Diferencia de altura corona a punta (m)		43.0		Ancho de la masa desplazada Wd (m)		27		Modo		Severidad	
Longitud horizontal corona a punta (m)		93.1		Ancho de la superficie de ruptura Wr (m)		26.55		Volamen inicial(m³)		33,767.62	
Pendiente de ladera en post-falla (°)		24.79°		Longitud de la masa desplazada Ld (m)		85.25		Volamen desplazado(m³)		32,224.50	
Dirección del movimiento (°)		NE-SW		Longitud de la superficie de ruptura Lr (m)		85		Area inicial (m²)		2,251.17	
				Espesor de la masa desplazada Dd (m)		14		Area total afectada (m²)		1,487.06	
				Profundidad de superficie de ruptura Dr (m)		15					
				Longitud total L (m)		93.10					
C		D		COBERTURA Y USO DEL SUELO							
<input type="checkbox"/> Material plástico debil		<input type="checkbox"/> Movimiento tectónico		Tipo de Cobertura				Tipo uso			
<input type="checkbox"/> Material sensible		<input checked="" type="checkbox"/> Llavias		%				%			
<input checked="" type="checkbox"/> Material colapsible		<input type="checkbox"/> Excavación de la pata del tukal		<input checked="" type="checkbox"/> Veget. Herbacea				<input checked="" type="checkbox"/> Ganadería			
<input checked="" type="checkbox"/> Material meteorizado		<input type="checkbox"/> Carga en la corona del tukal		<input checked="" type="checkbox"/> Bosque/Selva				<input type="checkbox"/> Area protegida			
<input checked="" type="checkbox"/> Material fallado por corte		<input type="checkbox"/> Irrigación		<input checked="" type="checkbox"/> Matorrales				<input type="checkbox"/> Agrícola			
<input type="checkbox"/> Material fisurado o agrietado		<input checked="" type="checkbox"/> Mantenimiento deficiente sistema de drenaje		<input type="checkbox"/> Cuerpo agua				<input type="checkbox"/> Recreación			
<input type="checkbox"/> Orientación desfavorable de discontinuidades		<input checked="" type="checkbox"/> Escapes de agua de tuberías		<input type="checkbox"/> Cubvo				<input type="checkbox"/> Zona arqueológica			
<input type="checkbox"/> Contraste en permeabilidad de materiales		<input checked="" type="checkbox"/> Deforestación o ausencia de vegetación		<input type="checkbox"/> Construcciones				<input type="checkbox"/> Zona industrial			
<input type="checkbox"/> Contraste de rigidez de materiales		<input type="checkbox"/> Disposición deficiente de esteriles/escombros		<input type="checkbox"/> Sin cobertura				<input type="checkbox"/> Vivienda			
<input type="checkbox"/> Meteorización por expansión/contracción		<input type="checkbox"/> Vibración artificial (trafico, explosiones, hincado)						<input type="checkbox"/> Vías			
C : Condicionante		D : Detonante									
Población			Infraestructura			Actividades económicas			Daños ambientales		
Número de muertos			Tipo			Unidad de			Tipo		
Número de heridos			Unidad de			Intensidad y calidad			Unidad de medida		
Número de damnificados			Valor \$			DL DM DS DT			DL DM DS DT		
			vías								
Convención para intensidad de daño DL: Daño leve DM: Daño moderado DS: Daño severo DT: Destrucción total NC: No cuantificable											
Nota: Por el momento no se han desarrollado pérdidas económicas ni afectaciones a la sociedad.											

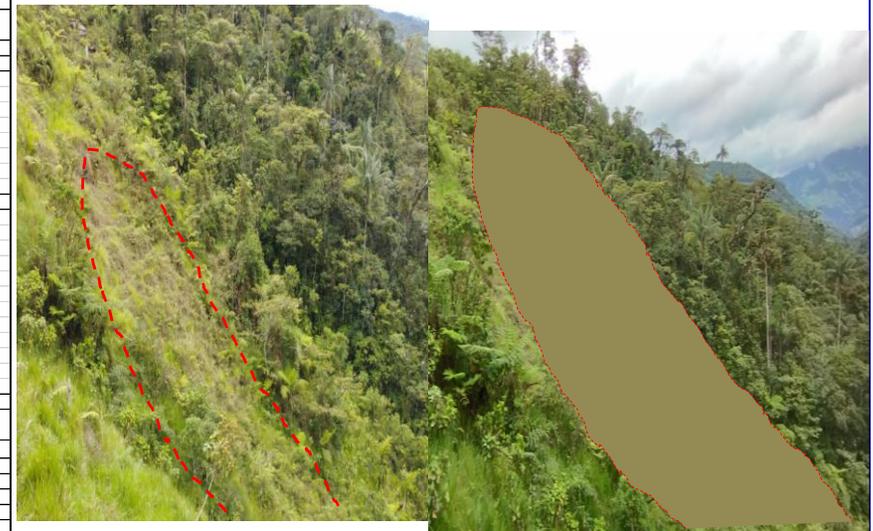
ESQUEMA EN PLANTA



PLANTA

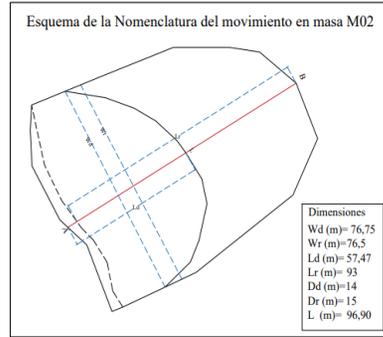


FOTOGRAFIAS

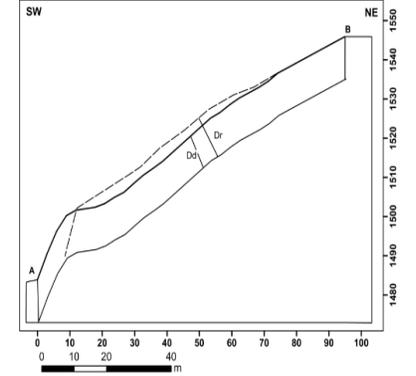


INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS											
ENCUESTADOR: Camila Vire	FECHA:	INSTITUCIÓN:	UNL	CODIGO: M02							
SECTOR: Parroquia Samanilla	PROYECCIÓN: WGS84 - 17	FOTO N°/Año/Escala/Editor									
COORDENADAS: 72088; 9560936	MAPA N°/Año/Escala/Editor										
REFERENCIA GEOGRAFICA: Via antigua Zamora-Loja											
ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO					LITOLOGIA Y ESTRATIGRAFIA						
FECHAS DE OCURRENCIA		ESTADO	ESTILO	DISTRIBUCION	DESCRIPCION	ESTRUCTURA	ORIENTACION	ESPACIAMIENTO (m)			
DD/ MM/ AA/	<input checked="" type="checkbox"/>	Activo		<input checked="" type="checkbox"/>			DB / BZ				
Ultimo movimiento		<input type="checkbox"/> Reactivo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				-2	2-0.8		
Anteriores		<input type="checkbox"/> Latente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				0.6-0.2	0.2-0.06		
Edad (años)		<input type="checkbox"/> Estabilizado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					-0.06		
		<input type="checkbox"/> Relicto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
TIPO DE MOVIMIENTO		MATERIAL		ORIGEN DEL SUELO		OTRAS CARACTERISTICAS		VELOCIDAD			
1 2	1 2	%									
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Cuñda	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Roca	20					
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Volcamento	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelo	60					
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Deslizamiento rotacional	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Detritó	20					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Deslizamiento traslacional	SUELOS INGENIERIA								
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Propagación lateral	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Bloques						
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Reptación	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Cantos						
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Colapso	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Gravas						
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Flujo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Arena						
			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Limo						
			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Arcilla						
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	M. Organic						
		PLASTICIDAD		CLASIFICACION SUCS		CLASIFICACION DEL MOVIMIENTO					
		<input type="checkbox"/> Alta									
		<input type="checkbox"/> Medía									
		<input checked="" type="checkbox"/> Baja									
		<input type="checkbox"/> No plástico									
						Sistema de clasificaci					
						NOMBRE DEL MOVIMIENTO					
						Rotacional					
MORFOMETRIA											
GENERAL			DIMENSIONES			DEFORMACION DEL TERRENO					
Diferencia de altura corona a punta (m)	62,0		Ancho de la masa desplazada Wd (m)	76,75	Volumen inicial(m3)	107.176,50	Modo		Severidad		
Longitud horizontal corona a punta (m)	96,9		Ancho de la superficie de ruptura Wr (m)	76,5	Volumen desplazado(m3)	61.751,52	<input checked="" type="checkbox"/> Ondulación	<input type="checkbox"/> Leve			
Pendiente de ladera en post-falla (°)	32,61°		Longitud de la masa desplazada Ld (m)	57,47	Area inicial (m2)	7.145,10	<input checked="" type="checkbox"/> Escalonamiento	<input checked="" type="checkbox"/> Media			
Dirección del movimiento (°)	NE-SW		Longitud de la superficie de ruptura Lr (m)	93	Area total afectada (m2)	1.307,60	<input type="checkbox"/> Otros	<input type="checkbox"/> Pronunciada			
			Espesor de la masa desplazada Dd (m)	14				<input type="checkbox"/> Severa			
			Profundidad de superficie de ruptura Dr (m)	15				<input type="checkbox"/> Muy severa			
			Longitud total L (m)	96,90							
C		C D		COBERTURA Y USO DEL SUELO							
<input type="checkbox"/>	Material plástico débil	<input type="checkbox"/>	Movimiento tectónico	<input checked="" type="checkbox"/>	Tipo de Cobertura	%	<input checked="" type="checkbox"/>	Tipo uso	%		
<input checked="" type="checkbox"/>	Material sensible	<input checked="" type="checkbox"/>	Lluvias	<input checked="" type="checkbox"/>	Veget. Herbacea	60	<input checked="" type="checkbox"/>	Ganadería			
<input checked="" type="checkbox"/>	Material cotapable		Excavación de la pata del talud	<input checked="" type="checkbox"/>	Bosque/Silva			Area protegida			
<input checked="" type="checkbox"/>	Material meteorizado		Carga en la corona del talud	<input checked="" type="checkbox"/>	Matorrales	40		Agricultura			
<input type="checkbox"/>	Material fallado por corte		Irrigación		Cuero agua			Recreación			
<input type="checkbox"/>	Material fissurado o agrietado	<input checked="" type="checkbox"/>	Mantenimiento deficiente sistema de drenaje		Cultivo			Zona arqueológica			
<input type="checkbox"/>	Material fallado por corte	<input checked="" type="checkbox"/>	Escapes de agua de tuberías		Construcciones			Zona industrial			
<input type="checkbox"/>	Contraste en permeabilidad de materiales	<input checked="" type="checkbox"/>	Deformación o ausencia de vegetación		Sin cobertura			Vivienda			
<input type="checkbox"/>	Contraste de rigidez de materiales		Disposición deficiente de esteres/escombros					Vías			
<input type="checkbox"/>	Meteorización por expansión/contracción		Vibración artificial (trafico, explosiones, hincado)								
		C: Condicionante D: Detonante									
Población		Infraestructura			Actividades económicas			Daños ambientales			
Número de muertos		Tipo	Unidad de medida	Intensidad y cantidad	Valor \$	Tipo	Unidad de medida	Intensidad y cantidad	Valor \$	Tipo	Unidad de medida
Número de heridos				DL DM DS DT				DL DM DS DT			DL DM DS DT
Número de damnificados				vias							
Convención para intensidad de daño DL: Daño leve DM: Daño moderado DS: Daño severo DT: Destrucción total NC: No cuantificable											
Nota: Por el momento no se han desarrollado pérdidas económicas ni afectaciones a la sociedad.											

ESQUEMA EN PLANTA



PERFIL DEL MOVIMIENTO EN MASA M02



PLANTA

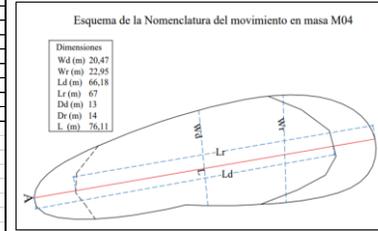
PERFIL

FOTOGRAFÍAS

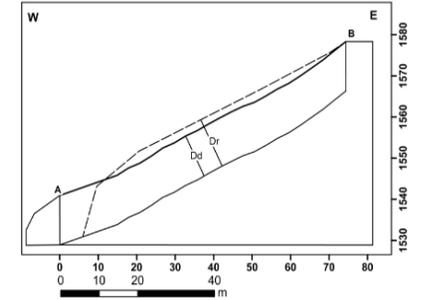


INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS										
ENCUESTADO: Camila Vire		FECHA:		INSTITUCIÓN:		UNL		CODIGO: M04		
SECTOR: Párrquia Sabarilla		PROYECCIÓN: WGS84 - 17		FOTO N°: Año/Escala/Edi						
COORDENAD: 720118; 9560214		MAPA N°: Año/Escala/Edi								
REFERENCIA GEOGRÁF: Via antigua Zamora-Loja										
FECHAS DE OCURRENCIA			ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO			LITOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA				
DD/MM/AA			ESTADO			DISTRIBUCIÓN		DESCRIPCIÓN		ESPACIAMIENTO (m)
Último movimiento			<input checked="" type="checkbox"/> Activo			<input checked="" type="checkbox"/> Retrogresivo				2-0/0.6-0/2-0/-0.06
Anteriores			<input type="checkbox"/> Reactivado			<input type="checkbox"/> Progresivo				
Edad (años)			<input checked="" type="checkbox"/> Único			<input type="checkbox"/> Ensanchándose				
			<input type="checkbox"/> Latente			<input type="checkbox"/> Confinado				
			<input type="checkbox"/> Estabilizado			<input type="checkbox"/> Enjambre				
			<input type="checkbox"/> Recto							
TIPO DE MOVIMIENTO		MATERIAL		HUMEDAD DEL SUELO		ORIGEN DEL SUELO		OTRAS CARACTERÍSTICAS		VELOCIDAD
C		1-2		%						
A		<input checked="" type="checkbox"/> Caída		<input checked="" type="checkbox"/> Roca		<input type="checkbox"/> Seco		<input type="checkbox"/> Movimiento canalizado		<input type="checkbox"/> Extr. Rápido (>5 m/s)
S		<input checked="" type="checkbox"/> Volcánico		<input type="checkbox"/> Suelo		<input type="checkbox"/> Lig. Húmedo		<input checked="" type="checkbox"/> Movimiento no canalizado		<input type="checkbox"/> Muy rápido (<3m/min)
I		<input checked="" type="checkbox"/> Deslizamiento rotacional		<input checked="" type="checkbox"/> Detritico		<input checked="" type="checkbox"/> Húmedo		<input type="checkbox"/> Residual		<input type="checkbox"/> Rápido (<1.8m/hr)
F		<input checked="" type="checkbox"/> Deslizamiento traslacional		SUELOS INGENIERÍA		<input type="checkbox"/> Muy húmedo		<input checked="" type="checkbox"/> Sedimentario		<input type="checkbox"/> Moderado (>1.3m/mes)
H		<input checked="" type="checkbox"/> Propagación lateral		<input checked="" type="checkbox"/> Bloques		<input type="checkbox"/> Mojado		<input type="checkbox"/> Coluvial		<input checked="" type="checkbox"/> Lento (<1.6m/año)
C		<input checked="" type="checkbox"/> Reptación		<input checked="" type="checkbox"/> Cantos				<input type="checkbox"/> Volcánico		<input type="checkbox"/> Muy lento (<1.6m/año)
A		<input checked="" type="checkbox"/> Colapso		<input checked="" type="checkbox"/> Gravas						
C		<input checked="" type="checkbox"/> Flujos		<input checked="" type="checkbox"/> Arena						
H				<input checked="" type="checkbox"/> Limo						
O				<input checked="" type="checkbox"/> Arcilla						
N				<input checked="" type="checkbox"/> M. Orgánico						
MORFOMETRÍA										
GENERAL			DIMENSIONES			DEFORMACIÓN DEL TERRENO				
Diferencia de altura corona a punta (m)			Ancho de la masa desplazada Wd (m)			Modo		Severidad		
37 m			20.47							
Longitud horizontal corona a punta (m)			Ancho de la superficie de ruptura Wr (m)			Volúmen inicial(m³)				
76.11			22.95			21,499.18				
Pendiente de ladera en post-falla (°)			Longitud de la masa desplazada Ld (m)			Volúmen desplazado(m³)		<input checked="" type="checkbox"/> Ondulaci		
25.93°			66.18			17,611.16		<input type="checkbox"/> Escalonamiento		
Dirección del movimiento (°)			Longitud de la superficie de ruptura Lr (m)			Área inicial (m²)		<input type="checkbox"/> Otros		
E-W			67			1,535.58		<input checked="" type="checkbox"/> Pronunciada		
Orientación			Espesor de la masa desplazada Dd (m)			Área total afectada (m²)		<input type="checkbox"/> Severa		
E-W			13.0			869.83		<input type="checkbox"/> Muy severa		
			Profundidad de superficie de ruptura Dr (m)			Longitud total L (m)				
			76.11							
COBERTURA Y USO DEL SUELO										
C			D			Tipo de Cobertura		Tipo uso		
<input type="checkbox"/> Material plástico débil			<input type="checkbox"/> Movimiento técnico			%		%		
<input type="checkbox"/> Material sensible			<input checked="" type="checkbox"/> Llanuras			<input checked="" type="checkbox"/> Veget. Herbácea		<input checked="" type="checkbox"/> Ganadería		
<input checked="" type="checkbox"/> Material colapsable			<input type="checkbox"/> Excavación de la pata del talud			60		<input type="checkbox"/> Área protegida		
<input checked="" type="checkbox"/> Material meteorizado			<input type="checkbox"/> Carga en la corona del talud			<input checked="" type="checkbox"/> Matorrales		<input type="checkbox"/> Agrícola		
<input type="checkbox"/> Material fallado por corte			<input type="checkbox"/> Irrigación			<input type="checkbox"/> Cuerpo agua		<input type="checkbox"/> Recreación		
<input type="checkbox"/> Material fisurado o agrietado			<input checked="" type="checkbox"/> Mantenimiento deficiente sistema de drenaje			<input type="checkbox"/> Cultivo		<input type="checkbox"/> Zona arqueológica		
<input type="checkbox"/> Orientación desfavorable de discontinuidades			<input checked="" type="checkbox"/> Escapes de agua de tuberías			<input type="checkbox"/> Construcciones		<input type="checkbox"/> Zona industrial		
<input type="checkbox"/> Contraste en permeabilidad de materiales			<input checked="" type="checkbox"/> Deterioración o ausencia de vegetación			<input type="checkbox"/> Sin cobertura		<input type="checkbox"/> Vivienda		
<input type="checkbox"/> Contraste de rigidez de materiales			<input type="checkbox"/> Disposición deficiente de estiercos/escombros					<input type="checkbox"/> Vías		
<input type="checkbox"/> Meteorización por expansión/contracción			<input type="checkbox"/> Vibración artificial (málico, explosiones, hincado)							
C : Condicionante			D : Detonante							
Población		Infraestructura			Actividades económicas			Daños ambientales		
Número de muertos		Unidad de medida			Unidad de medida			Unidad de medida		
n		DL DM DS DT			DL DM DS DT			DL DM DS DT		
Número de heridos		vías								
n										
Número de damnificados										
n										
Convención para intensidad de daño DL: Daño leve DM: Daño moderado DS: Daño severo DT: Destrucción total NC: No cuantificable										
Nota: Por el momento no se han desarrollado pérdidas económicas ni afectaciones a la sociedad.										

ESQUEMA EN PLANTA



PERFIL DEL MOVIMIENTO EN MASA M04

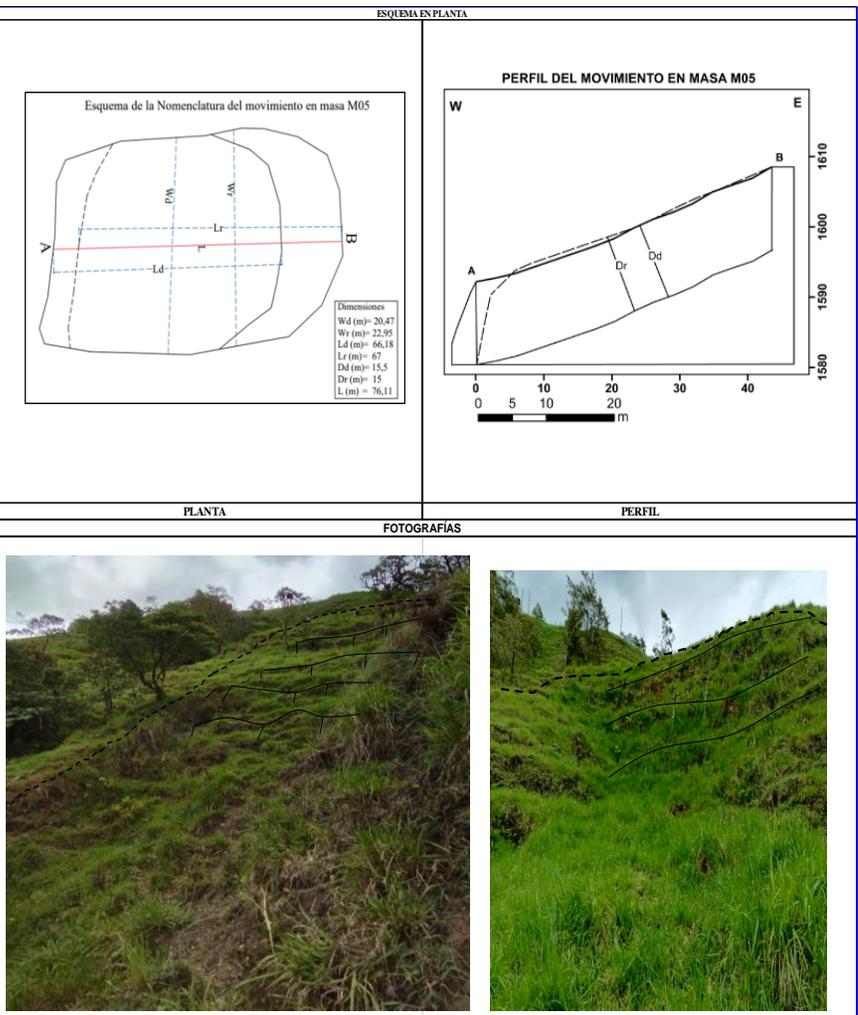


PLANTA

FOTOGRAFÍAS



INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS											
ENCUESTAD@ Camila Vire		FECHA		INSTITUCI@ UNL		CODIG@ M05					
SECTOR: Parroquia Sabanailla		PROYECTO: WGS4 - 17		FOTO: N°/Año/Escal							
COORDENAD@ 720189; 9560235		MAPA: N°/Año/Escala/									
REFERENCIA GEOGRAFICA: Vía antigua Zamora-Loja											
ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO					LITOLOGIA Y ESTRATIGRAFIA						
FECHAS DE OCURRENCIA		ESTADO		ESTILO		DISTRIBUCION		DESCRIPCIO@		ESPACIAMIENTO (m)	
DD/ MM/ AA		<input type="checkbox"/> Activo		<input checked="" type="checkbox"/> Único		<input checked="" type="checkbox"/> Retrogresivo				5-2 2-0 0.6-0 0.2-0 -0.06	
Último movimiento		<input type="checkbox"/> Reactivado		<input checked="" type="checkbox"/> Único		<input type="checkbox"/> Progresivo					
Anteriores		<input checked="" type="checkbox"/> Latente		<input type="checkbox"/> Sucesivo		<input type="checkbox"/> Enanchandose					
Edad (años)		<input type="checkbox"/> Estabilizado		<input type="checkbox"/> Múltiple		<input type="checkbox"/> Confinado					
		<input type="checkbox"/> Relicto				<input type="checkbox"/> Enjambre					
TIPO DE MOVIMIENTO			MATERIAL			OTRAS CARACTERISTICAS			VELOCIDAD		
C L 1 2			HUMEDAD DEL SUELO			ORIGEN DEL SUELO			VELOCIDAD		
A <input type="checkbox"/> Caída			<input checked="" type="checkbox"/> Roca			<input type="checkbox"/> Residual			<input type="checkbox"/> Extr. Rápido (>5 m/s)		
S <input type="checkbox"/> Volcanismo			<input checked="" type="checkbox"/> Suelo			<input checked="" type="checkbox"/> Sedimentari			<input type="checkbox"/> Muy rápido (>3m/min)		
I <input type="checkbox"/> Deslizamiento rotacional			<input checked="" type="checkbox"/> Húmedo			<input type="checkbox"/> Volcánic			<input type="checkbox"/> Rápido (>1.8m/yr)		
F <input type="checkbox"/> Deslizamiento traslacional			SUELOS INGENIERIA			<input checked="" type="checkbox"/> Coluvial			<input type="checkbox"/> Moderado (>13m/año)		
I <input type="checkbox"/> Propagación lateral			<input checked="" type="checkbox"/> Bkiques						<input checked="" type="checkbox"/> Lento (<1.6m/año)		
C <input checked="" type="checkbox"/> Reptación			<input checked="" type="checkbox"/> Cantos						<input type="checkbox"/> Muy lento (<16mm/año)		
A <input type="checkbox"/> Colapso			<input checked="" type="checkbox"/> Gravas								
C <input type="checkbox"/> Flujo			<input checked="" type="checkbox"/> Arena								
			<input type="checkbox"/> Lino								
			<input type="checkbox"/> Arcilla								
			<input checked="" type="checkbox"/> M. Orgánic								
			<input type="checkbox"/> No plástic								
MORFOMETRIA					CLASIFICACION DEL MOVIMIENTO						
GENERAL					DIMENSIONES						
Diferencia de altura corona a punta (m) 17m					Ancho de la masa desplazada Wd (m) 28.89						
Longitud horizontal corona a punta (m) 42.7					Ancho de la superficie de ruptura Wr (m) 28.88						
Pendiente de ladera en post-falta (°) 21.69°					Longitud de la masa desplazada Ld (m) 33.74						
Dirección del movimiento (°) E-W					Longitud de la superficie de ruptura Lr (m) 38						
					Espesor de la masa desplazada Dd (m) 14.5						
					Profundidad de superficie de ruptura Dr (m) 15.0						
					Longitud total L (m) 42.73						
					Volúmen inicial (m3) 16.500.59						
					Volúmen desplazado (m3) 14.133.85						
					Área inicial (m2) 1.100.04						
					Área total afectada (m2) 552.31						
					Modo <input checked="" type="checkbox"/> Ondulaci@ <input type="checkbox"/> Leve						
					Escaloniament@ <input checked="" type="checkbox"/> Media						
					Otros <input type="checkbox"/> Pronunciada						
					Severa						
					Muy severa						
COBERTURA Y USO DEL SUELO											
C Material plástic debil					Tipo de Cobertura %						
C Material sensible					Veget. Herbacea 60						
C Material colapsable					Bosque/Selva 40						
C Material meteorizado					Matorrales						
C Material fallido por corte					Cuerpo agua						
C Material fisurado o agrietado					Cultivo						
C Orientación desfavorable de discontinuidades					Construcciones						
C Contraste en permeabilidad de materiales					Sin cobertura						
C Contraste de rigidez de materiales					Tipo uso %						
C Meteorización por expansion/contracción					Ganadería						
C : Condicionante D : Detonante					Área protegida						
					Agrícola						
					Recreación						
					Zona arqueológica						
					Zona industrial						
					Vivienda						
					Vías						
Población			Infraestructura			Actividades económicas			Daños ambientales		
Número de muertos			Tipo			Tipo			Tipo		
Número de heridos			Unidad de			Unidad de			Unidad de		
Número de damnificados			Intensidad y cantidad			Intensidad y cantidad			Intensidad y cantidad		
			DL DM DS DT			DL DM DS DT			DL DM DS DT		
			Valor \$			Valor \$			Valor \$		
			vis								
Convención para intensidad de daño DL: Daño leve DM: Daño moderado DS: Daño severo DT: Destrucción total NC: No cuantificable											
Nota: Por el momento no se han desarrollado pérdidas económicas ni afectaciones a la sociedad.											



Anexo 3 Datos geográficos de las líneas geofísicas

MIJAS 01				
No. de electrodos	Distancia entre electrodos	Coordenadas		
		Z	X	Y
1,0	0,0	1612,1	720233,3	9560177,9
2,0	5,0	1610,8	720230,9	9560174,0
3,0	10,0	1609,1	720229,0	9560170,1
4,0	15,0	1607,6	720227,1	9560165,9
5,0	20,0	1606,5	720224,5	9560162,5
6,0	25,0	1604,8	720222,4	9560157,6
7,0	30,0	1603,7	720219,0	9560154,4
8,0	35,0	1601,7	720216,6	9560151,0
9,0	40,0	1600,1	720214,4	9560146,2
10,0	45,0	1598,2	720212,1	9560142,4
11,0	50,0	1595,8	720210,7	9560138,2
12,0	55,0	1592,8	720208,8	9560133,3
13,0	60,0	1590,6	720207,4	9560129,9
14,0	65,0	1590,1	720206,9	9560128,8
15,0	70,0	1588,0	720202,3	9560125,0
16,0	75,0	1585,0	720199,8	9560121,3
17,0	80,0	1582,9	720197,9	9560117,8
18,0	85,0	1578,7	720191,8	9560112,6
19,0	90,0	1577,4	720192,1	9560110,6
20,0	95,0	1575,3	720191,5	9560107,4
21,0	100,0	1572,2	720188,6	9560103,3
22,0	105,0	1570,2	720185,3	9560101,2
23,0	110,0	1568,5	720184,9	9560098,7
24,0	115,0	1565,6	720182,7	9560095,7
25,0	120,0	1562,7	720177,8	9560093,1
26,0	125,0	1560,5	720176,1	9560089,8
27,0	130,0	1558,0	720174,0	9560086,4
28,0	135,0	1556,1	720170,3	9560084,1
29,0	140,0	1553,1	720167,4	9560080,3
30,0	145,0	1551,5	720164,9	9560077,8
31,0	150,0	1548,2	720160,8	9560073,6
32,0	155,0	1545,8	720157,8	9560069,6
33,0	160,0	1543,7	720155,2	9560065,7
34,0	165,0	1542,4	720152,2	9560064,8
35,0	170,0	1540,2	720148,8	9560061,6
36,0	175,0	1537,9	720145,3	9560058,4
37,0	180,0	1534,9	720140,5	9560054,1
38,0	185,0	1532,7	720137,3	9560050,6
39,0	190,0	1531,5	720136,4	9560047,9
40,0	195,0	1529,1	720132,5	9560044,5
41,0	200,0	1527,6	720130,1	9560039,4
42,0	205,0	1526,4	720127,1	9560039,0

MIJAS 02				
No. de electrodos	Distancia entre electrodos	Coordenadas		
		Z	X	Y
1	0	1622,4	720245,2	9560223,4
2	5	1620,1	720241,1	9560220,9
3	10	1617,7	720236,3	9560219,3
4	15	1615,0	720228,7	9560215,6
5	20	1614,3	720223,6	9560213,4
6	25	1612,7	720218,7	9560212,0
7	30	1612,0	720214,2	9560210,2
8	35	1610,8	720210,2	9560208,2
9	40	1609,1	720205,2	9560206,1
10	45	1607,9	720201,4	9560204,5
11	50	1604,1	720193,2	9560199,3
12	55	1603,2	720190,6	9560196,9
13	60	1601,2	720187,3	9560194,5
14	65	1599,9	720183,6	9560191,8
15	70	1597,7	720179,9	9560189,8
16	75	1596,8	720177,4	9560187,2
17	80	1594,7	720173,2	9560186,1
18	85	1593,1	720169,1	9560183,1
19	90	1590,6	720164,6	9560179,8
20	95	1588,6	720161,2	9560176,8
21	100	1585,9	720157,3	9560174,7
22	105	1583,7	720153,8	9560172,2
23	110	1581,1	720149,9	9560171,6
24	115	1578,1	720147,7	9560167,4
25	120	1574,0	720144,1	9560165,7
26	125	1571,0	720137,9	9560163,8
27	130	1567,0	720137,4	9560162,2
28	135	1565,0	720134,9	9560160,0
29	140	1562,3	720128,9	9560157,9
30	145	1560,5	720127,0	9560156,1
31	150	1557,7	720123,1	9560156,4
32	155	1556,1	720122,6	9560151,5
33	160	1553,8	720120,3	9560149,4
34	165	1551,4	720117,6	9560147,6
35	170	1548,6	720114,2	9560146,6
36	175	1545,0	720110,9	9560144,7
37	180	1541,7	720105,3	9560141,7
38	185	1540,2	720103,1	9560140,8
39	190	1536,0	720098,3	9560139,0
40	195	1532,2	720092,4	9560137,4
41	200	1529,1	720085,9	9560140,8
42	205	1528,6	720082,3	9560146,8

MIJAS 03				
No. de electrodos	Distancia entre electrodos	Coordenadas		
		Z	X	Y
1	0	1618,6	720234,0	9560236,8
2	5	1616,6	720230,7	9560234,2
3	10	1615,4	720227,0	9560231,3
4	15	1613,1	720222,9	9560231,3
5	20	1611,7	720219,0	9560227,9
6	25	1610,3	720214,6	9560227,0
7	30	1608,9	720210,4	9560224,5
8	35	1607,8	720206,1	9560221,6
9	40	1606,1	720201,5	9560220,3
10	45	1605,8	720201,1	9560220,8
11	50	1604,0	720196,4	9560218,7
12	55	1603,9	720196,8	9560219,8
13	60	1601,9	720191,7	9560216,7
14	65	1599,1	720185,9	9560216,3
15	70	1598,3	720183,6	9560213,8
16	75	1597,7	720183,0	9560215,4
17	80	1596,1	720178,1	9560214,6
18	85	1593,5	720171,5	9560210,2
19	90	1593,3	720172,7	9560214,5
20	95	1592,6	720170,3	9560211,7
21	100	1591,9	720167,2	9560209,2
22	105	1590,4	720161,0	9560208,5
23	110	1589,1	720157,2	9560206,2
24	115	1588,0	720153,6	9560204,2
25	120	1586,4	720149,6	9560204,4
26	125	1584,3	720145,4	9560204,1
27	130	1582,8	720141,4	9560205,0
28	135	1579,9	720137,2	9560204,9
29	140	1577,6	720133,6	9560205,2
30	145	1574,9	720128,6	9560204,7
31	150	1573,7	720126,3	9560205,1
32	155	1569,6	720119,1	9560205,0
33	160	1567,5	720115,5	9560204,7
34	165	1564,7	720111,0	9560206,2
35	170	1563,5	720107,9	9560204,7
36	175	1561,3	720103,4	9560204,8
37	180	1559,8	720100,3	9560204,5
38	185	1558,6	720097,9	9560204,2
39	190	1557,5	720095,0	9560202,5
40	195	1554,9	720090,6	9560200,8
41	200	1552,4	720086,9	9560203,9
42	205	1550,2	720083,5	9560205,8

MIJAS 04				
No. de electrodos	Distancia entre electrodos	Coordenadas		
		Z	X	Y
1	0	1601,0	720188,9	9560256,7
2	5	1599,5	720187,2	9560252,0
3	10	1598,3	720184,7	9560179,0
4	15	1598,1	720183,8	9560248,1
5	20	1597,9	720181,6	9560183,6
6	25	1597,8	720180,0	9560188,2
7	30	1597,6	720183,3	9560244,0
8	35	1597,4	720179,2	9560206,5
9	40	1597,4	720178,8	9560203,2
10	45	1597,0	720177,8	9560193,1
11	50	1596,8	720183,2	9560174,7
12	55	1596,5	720176,4	9560198,0
13	60	1596,4	720181,6	9560239,6
14	65	1596,2	720181,3	9560228,8
15	70	1595,8	720178,1	9560216,1
16	75	1595,8	720183,1	9560169,9
17	80	1595,7	720180,0	9560225,5
18	85	1595,7	720184,2	9560165,6
19	90	1595,7	720179,8	9560235,2
20	95	1595,7	720185,9	9560160,7
21	100	1595,4	720178,7	9560219,6
22	105	1595,3	720192,1	9560144,7
23	110	1595,3	720190,4	9560148,0
24	115	1595,2	720187,5	9560152,1
25	120	1595,2	720195,4	9560141,0
26	125	1595,0	720186,5	9560155,3
27	130	1594,4	720198,9	9560138,3
28	135	1593,8	720203,2	9560135,6
29	140	1592,5	720208,8	9560132,8
30	145	1592,4	720222,5	9560131,7
31	150	1592,3	720213,3	9560131,5
32	155	1592,0	720218,5	9560131,0
33	160	1591,3	720222,5	9560129,9
34	165	1590,8	720227,4	9560129,2
35	170	1590,7	720234,3	9560127,8
36	175	1590,2	720241,3	9560122,2
37	180	1589,7	720229,3	9560127,6
38	185	1585,5	720241,9	9560110,3
39	190	1584,7	720245,7	9560102,3
40	195	1583,4	720246,5	9560096,9
41	200	1582,9	720241,5	9560104,8
42	205	1581,7	720233,2	9560111,5

MIJAS 05				
No. de electrodos	Distancia entre electrodos	Coordenadas		
		Z	X	Y
1	0	1619,3	720209,3	9560286,5
2	5	1618,5	720211,5	9560281,8
3	10	1616,0	720232,5	9560201,1
4	15	1614,6	720235,5	9560191,0
5	20	1614,4	720212,7	9560277,0
6	25	1613,6	720233,7	9560196,2
7	30	1612,7	720228,2	9560225,3
8	35	1612,5	720228,1	9560234,4
9	40	1614,3	720237,2	9560187,6
10	45	1614,9	720230,6	9560206,3
11	50	1615,6	720230,5	9560210,3
12	55	1615,8	720227,5	9560238,9
13	60	1615,4	720227,0	9560230,2
14	65	1615,8	720228,9	9560214,9
15	70	1614,8	720225,5	9560244,3
16	75	1615,0	720228,1	9560220,0
17	80	1615,6	720239,2	9560183,6
18	85	1615,6	720214,8	9560272,6
19	90	1616,2	720217,1	9560269,6
20	95	1615,9	720223,4	9560252,1
21	100	1616,0	720241,2	9560179,6
22	105	1615,7	720218,4	9560264,4
23	110	1614,8	720219,1	9560259,3
24	115	1614,2	720219,6	9560255,9
25	120	1612,5	720243,6	9560174,5
26	125	1610,9	720244,2	9560169,7
27	130	1609,2	720244,8	9560164,5
28	135	1607,7	720247,8	9560160,5
29	140	1605,8	720250,0	9560156,2
30	145	1604,1	720251,0	9560151,4
31	150	1602,3	720263,5	9560126,8
32	155	1601,9	720252,4	9560146,9
33	160	1602,3	720257,9	9560139,4
34	165	1602,2	720260,3	9560135,1
35	170	1601,9	720264,6	9560122,7
36	175	1602,4	720261,5	9560131,0
37	180	1602,1	720255,1	9560143,3
38	185	1601,7	720266,1	9560118,2
39	190	1601,7	720267,4	9560113,1
40	195	1601,2	720269,7	9560108,7
41	200	1601,2	720272,8	9560103,2
42	205	1599,7	720268,8	9560105,1

MIJAS 06				
No. de electrodos	Distancia entre electrodos	Coordenadas		
		Z	X	Y
1	0	1544,6	720099,8	9560173,4
2	5	1546,3	720099,1	9560171,8
3	10	1544,9	720113,8	9560111,4
4	15	1548,0	720115,2	9560105,8
5	20	1550,3	720115,5	9560102,1
6	25	1546,7	720112,5	9560116,0
7	30	1548,5	720103,3	9560164,8
8	35	1546,8	720111,4	9560109,2
9	40	1546,9	720118,2	9560095,3
10	45	1543,9	720116,1	9560098,3
11	50	1543,8	720105,0	9560159,2
12	55	1544,7	720103,4	9560161,6
13	60	1544,5	720099,2	9560165,6
14	65	1544,8	720121,5	9560090,7
15	70	1544,9	720087,7	9560175,0
16	75	1545,0	720109,5	9560128,5
17	80	1545,3	720109,0	9560120,7
18	85	1545,1	720109,0	9560123,0
19	90	1545,2	720109,9	9560134,8
20	95	1548,5	720087,5	9560173,0
21	100	1549,3	720110,2	9560138,2
22	105	1547,4	720110,0	9560140,6
23	110	1549,2	720108,3	9560146,2
24	115	1548,6	720085,8	9560173,4
25	120	1547,0	720109,6	9560142,1
26	125	1547,2	720119,1	9560089,6
27	130	1546,3	720103,0	9560154,4
28	135	1544,3	720105,4	9560150,6
29	140	1541,1	720117,8	9560084,7
30	145	1540,9	720124,7	9560079,6
31	150	1541,0	720120,8	9560082,7
32	155	1539,3	720125,9	9560076,1
33	160	1537,7	720127,3	9560071,8
34	165	1536,8	720129,0	9560068,2
35	170	1536,4	720130,2	9560065,8
36	175	1536,0	720131,5	9560063,8
37	180	1534,0	720132,5	9560059,1
38	185	1533,0	720133,3	9560055,6
39	190	1531,6	720133,8	9560050,8
40	195	1530,7	720133,6	9560048,4
41	200	1529,6	720134,5	9560044,0
42	205	1527,2	720131,1	9560033,9

MIJAS 07				
No. de electrodos	Distancia entre electrodos	Coordenadas		
		Z	X	Y
1	0	1571,1	720126,3	9560189,7
2	4	1570,7	720148,9	9560133,1
3	8	1571,4	720124,8	9560193,0
4	12	1572,1	720130,5	9560180,8
5	16	1572,2	720128,2	9560185,3
6	20	1572,0	720147,8	9560135,7
7	24	1572,0	720132,9	9560175,6
8	28	1571,8	720150,3	9560127,9
9	32	1571,9	720131,6	9560177,9
10	36	1571,4	720123,0	9560196,3
11	40	1570,9	720133,8	9560172,3
12	44	1570,1	720151,2	9560122,7
13	48	1570,8	720122,1	9560204,8
14	52	1569,7	720146,4	9560138,8
15	56	1569,2	720134,7	9560168,8
16	60	1570,6	720138,2	9560161,6
17	64	1570,0	720121,7	9560200,5
18	68	1570,4	720142,7	9560149,1
19	72	1571,1	720144,4	9560142,1
20	76	1572,0	720152,3	9560118,1
21	80	1572,2	720135,8	9560164,5
22	84	1571,8	720143,3	9560145,8
23	88	1571,4	720138,7	9560157,3
24	92	1570,2	720140,2	9560152,8
25	96	1568,6	720152,5	9560113,0
26	100	1567,1	720154,3	9560109,9
27	104	1566,8	720155,5	9560107,7
28	108	1565,4	720157,1	9560104,5
29	112	1564,0	720159,8	9560101,0
30	116	1562,2	720160,9	9560097,8
31	120	1561,6	720161,8	9560096,4
32	124	1559,5	720163,1	9560092,6
33	128	1557,5	720163,8	9560089,2
34	132	1556,7	720166,7	9560086,6
35	136	1555,5	720169,0	9560083,7
36	140	1553,5	720170,3	9560080,0
37	144	1551,0	720173,9	9560074,4
38	148	1551,9	720170,4	9560074,7
39	152	1550,6	720176,3	9560069,3
40	156	1550,7	720179,3	9560065,9
41	160	1550,6	720173,3	9560071,2
42	164	1550,5	720180,4	9560064,0

MIJAS 08				
No. de electrodos	Distancia entre electrodos	Coordenadas		
		Z	X	Y
1	0	1613,4	720279,0	9560145,8
2	4	1611,4	720275,7	9560144,3
3	8	1609,4	720271,7	9560144,4
4	12	1606,3	720266,4	9560141,1
5	16	1603,3	720259,8	9560140,2
6	20	1600,7	720254,3	9560140,7
7	24	1599,7	720248,8	9560140,2
8	28	1597,6	720243,8	9560138,7
9	32	1595,2	720236,9	9560136,1
10	36	1594,6	720239,8	9560133,8
11	40	1594,0	720235,2	9560134,0
12	44	1593,3	720232,9	9560133,7
13	48	1592,4	720227,3	9560131,7
14	52	1589,5	720229,3	9560127,1
15	56	1587,0	720223,3	9560124,1
16	60	1583,7	720220,7	9560118,5
17	64	1582,0	720216,5	9560117,0
18	68	1579,0	720213,8	9560111,5
19	72	1575,9	720212,5	9560106,9
20	76	1574,7	720208,6	9560105,1
21	80	1572,1	720204,5	9560101,2
22	84	1569,0	720202,5	9560097,9
23	88	1566,0	720199,9	9560091,9
24	92	1565,0	720194,1	9560091,0
25	96	1562,7	720193,8	9560087,1
26	100	1559,8	720189,0	9560084,3
27	104	1556,5	720186,5	9560078,6
28	108	1554,5	720184,6	9560075,2
29	112	1553,3	720181,2	9560074,6
30	116	1551,0	720178,0	9560070,2
31	120	1549,9	720174,4	9560068,1
32	124	1547,8	720172,0	9560064,2
33	128	1546,6	720170,5	9560059,9
34	132	1544,7	720164,9	9560058,8
35	136	1542,3	720160,5	9560056,1
36	140	1539,8	720157,9	9560051,3
37	144	1537,2	720154,1	9560048,2
38	148	1534,9	720150,4	9560045,0
39	152	1533,9	720149,5	9560042,1
40	156	1532,8	720147,2	9560036,1
41	160	1531,0	720141,8	9560034,2
42	164	1529,4	720137,0	9560030,3

Anexo 4. *Mapa litológico del área de estudio*

Anexo 5. *Perfil geológico*

Anexo 6. Certificado de traducción del resumen

Loja, 29 de febrero del 2024

Yo, Silvana Patricia Jaramillo Aguilar, con número de cedula 1104736838, MAGISTER EN ENSEÑANZA DE INGLES COMO LENGUA EXTRANJERA,

CERTIFICO:

Haber realizado la traducción textual del documento adjunto, correspondiente al trabajo de titulación denominado: **“Prospección Geofísica en los Movimientos en Masa Aguas Arriba de la Represa de la Central Hidroeléctrica Delsitanisagua, Provincia de Zamora Chinchipe.”**, elaborado por **Camila Soraya Vire Hualpa**, con número de cédula **1150836276**.

Es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad, facultando al portador el presente documento para el trámite correspondiente.

Atentamente.



Mgs. Silvana Jaramillo Aguilar
Cedula: 1104736838
Email: silvanajaramillo826@gmail.com
SENESCYT: 1021-2021-2363753