



1859



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

Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la Central Hidroeléctrica DELSITANISAGUA

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

AUTOR:

Miller Fabricio Iñiguez Banegas

DIRECTOR:

MSc. Carlos Danilo Ortega Vallejo

Loja-Ecuador

2023

Certificación

Loja, 20 de Julio de 2023

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: **Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la Central Hidroeléctrica DELSITANISAGUA**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, de la autoría del estudiante **Miller Fabricio Iñiguez Banegas**, con **cédula de identidad Nro. 1104771561**, 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, **Miller Fabricio Iñiguez Banegas**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de el 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:



Cedula de identidad: 1104771561

Fecha: 29 de agosto de 2023

Correo electrónico: miller.iniguez@unl.edu.ec

Teléfono: 0959581587 / 0963631063

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

Yo, **Miller Fabricio Iñiguez Banegas**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la Central Hidroeléctrica DELSITANISAGUA**, 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 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 tengan convenio la Universidad.

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

Para constancia de esta autorización en la ciudad de Loja, a los veinte nueve días del mes de agosto del dos mil veintitrés.

Firma:



Autor: Miller Fabricio Iñiguez Banegas

Cedula de identidad: 1104771561

Dirección: Loja, Loja, Ecuador

Correo electrónico: miller.iniguez@unl.edu.ec

Teléfono: 0959581587 / 0963631063

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Titulación: MSc. Carlos Danilo Ortega Vallejo

Dedicatoria

Dedico este Trabajo de Titulación a Dios, y de manera especial a mi madre Rosa Albina Banegas y a mi padre Miller Vicente Iñiguez, quienes con tanto esfuerzo y sacrificio me brindaron el apoyo necesario, estando para mí en todo momento, dándome amor y cariño, dejándome una gran herencia, el estudio, para así lograr alcanzar mis metas y sueños anhelados.

A mis hermanas y hermano, Jesennia Iñiguez, Cindy Iñiguez y Jose Iñiguez, quienes me escucharon, aconsejaron y motivaron para seguir adelante, confiando en mí y diciéndome que llegare a ser un gran profesional.

Miller Fabricio Iñiguez Banegas

Agradecimiento

Agradezco a Dios, quien me guio por su mejor camino, por haberme dado el privilegio de tener una gran familia, quienes han sabido apoyarme en todo momento.

A mi madre y mi padre por ser los principales promotores de mis sueños, que han visto siempre lo mejor de mí, gracias a ellos por creer en mí y mis mentas.

A la Universidad Nacional de Loja y a cada uno de mis queridos docentes que supieron guiarme día a día para lograr ser una mejor persona.

De manera especial agradezco al MSc. Carlos Danilo Ortega Vallejo, por haber guiado y orientado para el fiel cumplimiento del trabajo investigativo.

A los ingenieros que conformaron parte de la campaña de geofísica de CELEC EP y SNGRE, quienes me brindaron la oportunidad de realizar el presente trabajo de investigación.

Por último, agradezco a todos aquellos que de una u otra forma me apoyaron y contribuyeron en mi formación persona, académica, profesional y a la culminación del presente trabajo de investigación.

Miller Fabricio Iñiguez Banegas

Índice de Contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de Contenidos	vii
Índice de tablas:	ix
Índice de figuras:	x
Índice de anexos:	xiii
1 Título	1
2 Resumen	2
2.1 Abstract.....	3
3 Introducción	4
4 Marco Teórico	6
4.1 Antecedentes de estudios geofísicos empleados en deslizamientos y estudio realizado en la zona de interés	6
4.2 Definición de las variables de investigación.....	6
4.2.1 Riesgos geológicos – movimientos en masa.....	7
4.2.2 Movimiento de masa del terreno (mantos rocosos y suelo).....	7
4.2.3 Agua subterránea.....	8
4.2.4 Zonas de saturación.....	9
4.2.5 Prospección geofísica.....	10
4.2.6 Métodos eléctricos	10
4.2.7 Tomografía de resistividad eléctrica (TRE).....	10
4.2.8 Respuesta eléctrica de los materiales	11
4.3 Definición de conceptos metodológicos de la investigación	13
4.3.1 Método de tomografías eléctricas	13
4.3.2 Configuración geométrica de los electrodos	14
5 Metodología	16
5.1 Descripción general del área de estudio	16
5.1.1 Acceso	17

5.1.2	Clima.....	18
5.1.3	Hidrología	18
5.1.4	Geología regional.....	18
5.1.5	Geomorfología	20
5.2	Materiales.....	21
5.3	Procedimiento	21
5.3.1	Recopilación de información	22
5.3.2	Levantamiento litológico	24
5.3.3	Tomografías eléctricas	24
5.3.4	Caracterización de deslizamientos	28
6	Resultados.....	28
6.1	Geología.....	29
6.1.1	Geología estructural	39
6.2	Tomografías eléctricas.....	41
6.2.1	Interpretación de perfiles eléctricos de Ventana 3	41
6.2.2	Interpretación de perfiles eléctricos de Ventana 4	51
6.3	Caracterización de deslizamientos.....	65
7	Discusión	69
7.1	Análisis de la litología superficial de la zona de estudio	69
7.2	Análisis de la interpretación de las tomografías eléctricas realizadas en Ventana 3 y Ventana 4	70
7.3	Análisis de la caracterización de los deslizamientos presentes en Ventana 3 y Ventana 4.....	73
8	Conclusiones	74
9	Recomendaciones	76
10	Bibliografía	77
11	Anexos	80

Índice de tablas:

Tabla 1. Causas más frecuentes de los movimientos de masa del terreno	7
Tabla 2. Escala de tasa de movimiento del terreno	8
Tabla 3. Valores de resistividad en Rocas y Suelos.	13
Tabla 4. Categorización de los cuerpos hídricos.	18
Tabla 5. Materiales y Equipos utilizados.	21
Tabla 6. Datos estructurales de las foliaciones descritas en los diferentes afloramientos.	40
Tabla 7. Diaclasas encontradas en los diferentes afloramientos	40
Tabla 8. Unidades geoelectricas obtenidas en el perfil eléctrico V3-1	42
Tabla 9. Unidades geoelectricas obtenidas en el perfil eléctrico V3-2	44
Tabla 10. Unidades geoelectricas obtenidas en el perfil eléctrico V3-3	46
Tabla 11. Unidades geoelectricas obtenidas en el perfil eléctrico V3-4	49
Tabla 12. Unidades geoelectricas obtenidas en el perfil eléctrico V4-1	53
Tabla 13. Unidades geoelectricas obtenidas en el perfil eléctrico V4-2	55
Tabla 14. Unidades geoelectricas obtenidas en el perfil eléctrico V4-3	57
Tabla 15. Unidades geoelectricas obtenidas en el perfil eléctrico V4-4	59
Tabla 16. Unidades geoelectricas obtenidas en el perfil eléctrico V4-5	62
Tabla 17. Principales características encontradas en el deslizamiento de Ventana 3	66
Tabla 18. Principales características encontradas en el deslizamiento de Ventana 4	68

Índice de figuras:

Figura 1. Movimientos de masa del terreno más comunes para los diferentes tipos de rocas y sedimentos.....	8
Figura 2. Tipos de agua en el subsuelo.	9
Figura 3. Diagrama de adquisición de la TRE.	11
Figura 4. Rangos de resistividad de los materiales geológico.....	12
Figura 5. Rangos de resistividad.	12
Figura 6. Clasificación de métodos de eléctricos.....	14
Figura 7. Arreglo tipo Wenner.	15
Figura 8. Arreglo tipo Schlumberger	15
Figura 9. Arreglo Dipolo-Dipolo	16
Figura 10. Zona de Venta 3 y 4, Central Hidroeléctrica DELSITANISAGUA.....	17
Figura 11. Ruta por la troncal de la Sierra.	17
Figura 12. Ruta por la troncal de la Amazonia.	18
Figura 13. Geología Regional de la zona de estudio.....	20
Figura 14. Perfil Geológico Regional	20
Figura 15. Metodología empleada en la presente investigación	22
Figura 16. Ubicación geográfica de los sondeos.....	23
Figura 17. Resultados de los sondeos No. 4 y 5.....	23
Figura 18. Área del levantamiento litológico que abarca el área de estudio de Ventana 3 y 4.	24
Figura 19. Vista en planta de las tomografías de resistividad eléctricas realizadas en Ventana 3 y 4.....	25
Figura 20. Detección de puntos malos en las medidas del perfil eléctrico V3-1	26
Figura 21. Valores de la escala de resistividad.	28
Figura 22. Afloramientos descritos en la zona de estudio.....	29
Figura 23. Gneis de la zona de estudio.....	30
Figura 24. Suelos Residuales de la zona de estudio.....	31
Figura 25. Esquistos observados en la zona de estudio.	31
Figura 26. Depósitos Coluviales de la zona de estudio.....	32
Figura 27. Fragmentos de roca de la Zona de Ventana 3.....	33
Figura 28. Grietas de tensión y corona del deslizamiento de Ventana 3	33
Figura 29. Cunetas de drenaje colapsadas con abundante cobertura vegetal de la Zona de Ventana 3.....	33

Figura 30. Fragmentos de rocas presentes en el Sector de Ventana 4	34
Figura 31. Escarpes y corona del deslizamiento de Ventana 4.	34
Figura 32. Zona de acumulación al pie del talud de Ventana 4	35
Figura 33. Afloramiento de roca en el Talud de Ventana 4.	35
Figura 34. Mapa Litológico de Ventana 3 y 4, Central Hidroeléctrica DELSITANISAGUA.	36
Figura 35. Litología superficial de las zonas de interés, Ventana 3 y Ventana 4.	36
Figura 36. Perfil de descripción superficial de Ventana 3.	37
Figura 37. Perfil de descripción superficial de Ventana 4.	37
Figura 38. Cortes Geológicos de la zona de estudio.	38
Figura 39. Intrusiones de cuarzo en la roca gneis encontradas en la zona de estudio.....	39
Figura 40. Micropliegues que se logran observar en muestras de mano en la zona de estudio	39
Figura 41. Grafica de inversión de datos del método Schlumberger del Perfil eléctrico V3-1.	42
Figura 42. Interpretación del método de Schlumberger del perfil eléctrico V3-1.	43
Figura 43. Grafica de inversión de datos del método Schlumberger del Perfil eléctrico V3-2.	44
Figura 44. Interpretación del método de Schlumberger del perfil eléctrico V3-2.	45
Figura 45. Grafica de inversión de datos del método Schlumberger del Perfil eléctrico V3-3.	46
Figura 46. Interpretación del método de Schlumberger del perfil eléctrico V3-3.	47
Figura 47. Grafica de inversión de datos del método Schlumberger del Perfil eléctrico V3-4	48
Figura 48. Interpretación del método de Schlumberger del perfil eléctrico V3-4.	49
Figura 49. Perfil o corte Geoeléctrico de Ventana 3	50
Figura 50. Perfil Litológico de Ventana 3.....	51
Figura 51. Grafica de inversión de datos del método Schlumberger del Perfil eléctrico V4-1.	52
Figura 52. Interpretación del método de Schlumberger del perfil eléctrico V4-1.	53
Figura 53. Grafica de inversión de datos del método Schlumberger del Perfil eléctrico V4-2.	55
Figura 54. Interpretación del método de Schlumberger del perfil eléctrico V4-2.	56

Figura 55. Grafica de inversión de datos del método Schlumberger del Perfil eléctrico V4-3.	57
Figura 56. Interpretación del método de Schlumberger del perfil eléctrico V4-3.	58
Figura 57. Grafica de inversión de datos del método Schlumberger del Perfil eléctrico V4-4.	59
Figura 58. Interpretación del método de Schlumberger del perfil eléctrico V4-4.	60
Figura 59. Grafica de inversión de datos del método Schlumberger del Perfil eléctrico V4-5.	61
Figura 60. Interpretación del método de Schlumberger del perfil eléctrico V4-5.	62
Figura 61. Perfil o corte Geoeléctrico de Ventana 4.....	63
Figura 62. Perfil Litológico de Ventana 3.....	64
Figura 63. Vista en planta del deslizamiento en Ventana 3	66
Figura 64. Dimensiones del deslizamiento de Ventana 3	66
Figura 65. Vista en planta del deslizamiento en Ventana 4	68
Figura 66. Dimensiones del deslizamiento de Ventana 4	68
Figura 67. Correlación de perfiles eléctricos realizados en Ventana 3.	70
Figura 68. Correlación de perfiles eléctricos realizados en Ventana 4.	71

Índice de anexos:

Anexo 1. Fichas técnicas de caracterización de afloramientos	80
Anexo 2. Bitácoras de las líneas de tomografía eléctrica.....	96
Anexo 3. Datos GPS de los electrodos de los perfiles eléctricos realizados en los dos sectores de estudio.....	98
Anexo 4. Formulario de caracterización de deslizamientos de Ventana 3 y Ventana 4.	103
Anexo 5. Mapa de Geología Regional	105
Anexo 6. Mapa litológico del área de estudio.....	105
Anexo 7. Perfiles Geológicos del Área de Estudio	105
Anexo 8. Litología Superficial de Ventana 3 y Ventana 4	105
Anexo 9. Certificado de traducción del resumen	106

1 Título

**Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana
3 y 4 de la Central Hidroeléctrica DELSITANISAGUA**

2 Resumen

La presente investigación trata sobre el uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la Central Hidroeléctrica DELSITANISAGUA, la zona de estudio se encuentra dentro de la Central Hidroeléctrica DELSITANISAGUA perteneciente a la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP, ubicada geográficamente al este de la cordillera oriental de los andes, al sureste del Ecuador, entre las parroquias rurales Sabanilla y El Limón del cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe, a 12 km al Oeste de la ciudad de Zamora.

Una vez obtenidos los resultados en cuanto a la caracterización litológica superficial mediante la descripción de 30 afloramientos a lo largo de la vía que conduce al sector de Ventana 4, se pudo corroborar que la litología del sector se encuentra compuesta por gneis y esquistos acompañados de suelos residuales y depósitos coluviales, pertenecientes a la Unidad Sabanilla. Así mismo se evidencio en las zonas de interés materiales de estériles acompañados de bloques de rocas sueltos, detritos, gravas sub angulares, arenas gruesas de color marrón y limos arenosos.

Se realizaron 9 tomografías de resistividad eléctrica [TRE] que se dividieron estratégicamente en 4 perfiles eléctricos en Ventana 3 y 5 perfiles eléctricos en Ventana 4. La interpretación de los perfiles eléctricos con la correlación de la litología del sector, estudios realizados en la zona, permitiendo interpretar cuatro unidades geoelectricas, así mismo se obtuvo un perfil litológico estimando la superficie de rotura del deslizamiento, composición del suelo, zonas de saturación y niveles freáticos. En la interpretación de los perfiles eléctricos se utilizó el dispositivo Schlumberger, siendo esta configuración el que proporcione mejores resoluciones frente al resto de dispositivos.

Finalmente se identificó la morfometría y área afectada por los deslizamientos obteniendo como resultado un deslizamiento traslacional en Ventana 3 con un volumen de la masa deslizada de 133000.9 m^3 y deslizamiento de tipo rotacional en Ventana 4 con un volumen de masa deslizada de 94848.65 m^3 .

Palabras clave: *Tomografías de resistividad eléctrica [TRE], Resistividades eléctricas, Plano de Rotura, Caracterización de Deslizamientos, Geofísica y Schlumberger*

2.1 Abstract

The following research deals with the use of geophysics in the characterization of mass movements of the slopes in window 3 and 4 of the DELSITANISAGUA Hydroelectric Power Plant, the study area is located within the DELSITANISAGUA Hydroelectric Power Plant belonging to the Electrical Corporation of Ecuador CELEC EP, geographically located east of the eastern mountain range of the Andes, southeast of Ecuador, between the rural parishes of Sabanilla and El Limón in the Zamora canton, province of Zamora Chinchipe, 12 km west of the city of Zamora.

Once the results were obtained regarding the superficial lithological characterization through the description of 30 outcrops along the road leading to the Window 4 sector, it was corroborated that the lithology of the sector is composed of gneiss and schist accompanied by residual soils and colluvial deposits, belonging to the Sabanilla Unit. Likewise, in the Window 3 and Window 4 areas of interest, residual and colluvial soils accompanied by loose rock blocks, detritus, sub angular gravels, coarse brown sands and sandy silts were also found.

Nine electrical resistivity tomographies [ERT] were performed, which were strategically divided into 4 electrical profiles in Window 3 and 5 electrical profiles in Ventana 4. The interpretation of the electrical profiles with the correlation of the lithology of the sector, studies carried out in the area, allowing the interpretation of four geoelectric units, likewise a lithological profile was obtained estimating the landslide rupture surface, soil composition, saturation zones and phreatic levels. In the interpretation of the electrical profiles the Schlumberger device was used, being this configuration the one that provided better resolutions compared to the rest of the devices.

Finally, the morphometry and area affected by the landslides were identified, resulting in a translational landslide in Window 3 with a slid mass volume of 133000.9 m³ and a rotational landslide in Window 4 with a slid mass volume of 94848.65 m³.

Key words: *Electrical resistivity tomography [ERT], Electrical resistivities, Rupture plane, Landslide characterization, Geophysics and Schlumberger.*

3 Introducción

La tomografía eléctrica es una técnica geofísica utilizada para caracterizar la subsuperficie de la Tierra. Si bien es más comúnmente utilizada en la exploración de minerales, también puede aplicarse para investigar deslizamientos de tierra, la tomografía de resistividad eléctrica puede proporcionar información sobre la distribución de la resistividad eléctrica del área afectada. Esta información puede ser útil para identificar zonas de debilidad o cambio en la composición del suelo que pueden contribuir a la formación del deslizamiento. Las tomografías eléctricas pueden proporcionar información clave sobre la estructura interna del terreno y los posibles mecanismos que contribuyen a la ocurrencia de los deslizamientos.

Los deslizamientos son consecuencia de diferentes factores, especialmente cuando se llevan obras en superficie y subterráneas, así como define el autor Ramírez (2016), que en la implantación de una Central hidroeléctrica contempla una serie de obras subterráneas y en superficie, cambiando las condiciones del terreno, siendo susceptibles a fenómenos que pueden afectar su estabilidad, si se llegara afectar cualquier obra, se está poniendo en riesgo su normal funcionamiento (p. 3). Por otro lado, el autor Mora (1995) data sobre un deslizamiento ocurriendo en 1990 en la Planta Nagatac que afecto la tubería forzada, dejando costos de reparación y pérdidas totales por un monto de US\$ 927.700 (p. 6). Concluyendo que si se llegara a tener una afectación en alguna infraestructura de una Central Hidroeléctrica como consecuencia se tendrán pérdidas económicas. Siendo el caso, en la Central Hidroeléctrica DELSITANISAGUA se han identificado grietas de tensión y escarpes, siendo evidente la presencia de movimientos en masa en los taludes de Ventana 3 y Ventana 4, las cuales están en riesgo de afectar el funcionamiento del túnel de carga de la Central Hidroeléctrica.

Siendo así, estos movimientos pueden ocasionar un detenimiento en la generación de energía, siendo una pérdida de recursos y fondos; estos movimientos en masa presentan diferentes factores que los condicionan, es por eso que se requiere tener conocimiento sobre los factores que condicionan la generación de movimientos en masa y el área afectada en Ventana 3 y Ventana 4 de la Central Hidroeléctrica DELSITANISAGUA.

Dada estas premisas, se requiere de una atención inmediata, siendo el presente trabajo investigativo una respuesta a la problemática antes abordado el cual comprende: Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la Central Hidroeléctrica DELSITANISAGUA. En este caso, siendo el objetivo principal de esta investigación utilizar geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en Ventana 3 y Ventana 4, con el fin de identificar mediante las resistividades eléctricas la composición del suelo, superficie de falla del deslizamiento, zonas de saturación, niveles

freáticos, geometría y tipo de deslizamientos, determinando los factores que condicionan y disminuyen la estabilidad de los taludes.

Para este estudio se procede a identificar las zonas afectadas por los movimientos en masa presentes, para ello se procedió a realizar la caracterización litológica superficial, la interpretación de las tomografías de resistividad eléctrica y la caracterización de los movimientos en masa presentes en Ventana 3 y Ventana 4 de la Central Hidroeléctrica DELSITANISAGUA. Además, con la presente investigación se integra conocimientos teóricos de geología, geofísica, instrumentos de campo y utilización del software RES2DINV.

Para dar cumplimiento al tema principal y a la sistemática antes mencionada se han propuesto un objetivo general y tres objetivos específicos que son los siguientes:

Objetivo General

- Utilizar geofísica en la caracterización de los movimientos en masa de los taludes de Ventana 3 y Ventana 4 de la Central Hidroeléctrica DELSITANISAGUA.

Objetivos Específicos

- Describir la litología superficial de las zonas de interés de Ventana 3 y Ventana 4.
- Interpretar las tomografías de resistividad eléctricas realizadas en Ventana 3 y Ventana 4 estimando la profundidad del suelo, zonas de saturación, niveles freáticos y superficies de falla.
- Caracterizar los deslizamientos que se están produciendo en los taludes de Ventana 3 y 4 de la Central Hidroeléctrica DELSITANISAGUA.

4 Marco Teórico

La siguiente sección contempla temas relacionados con riesgos geológicos por movimientos de masa, caracterización de movimientos en masa, métodos de tomografías eléctricas, basados en informes, estudios, publicaciones de artículos y otras fuentes de información.

4.1 Antecedentes de estudios geofísicos empleados en deslizamientos y estudio realizado en la zona de interés

La acción antrópica, trae consigo alteraciones a las condiciones del medio natural, excavaciones, aplicación de carga, entre otras acciones, lo que trae consigo la alteración de la estabilidad del sector. Para poder evaluar estas zonas con métodos no invasivos o indirectos se emplea métodos geofísicos en concreto la caracterización mediante el uso de tomografía eléctrica, por lo que las áreas deslizadas suelen estar asociadas a cambios en la resistividad del terreno (Perrone et al. 2014, como se citó en Pellicer, 2015)

Según Pellicer (2015), las tomografías eléctricas son un método adecuado para el reconocimiento de deslizamiento incluso en laderas con fuertes pendientes. El dispositivo Dipolo-Dipolo es el más adecuada para la resolución tanto vertical como horizontal. Permite definir la zona de falla del deslizamiento siguiendo los criterios geofísicos como anomalías de bajas resistividades. (p. 72-73)

Como bien menciona Quintana (2013) en su estudio realizado en el deslizamiento de Doña Mecía, la tomografía eléctrica es un método adecuado para el reconocimiento de deslizamientos; no solo en su fase activa; sino también en fases preliminares para evaluar el riesgo de posibles deslizamientos o bien en fases posteriores para estimar la bondad de las medidas correctoras aplicadas. (p. 52)

En la tesis de Ramírez (2016) titulada “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”, indica que la estabilidad de los taludes está condicionada principalmente por la saturación del suelo existiendo precipitaciones en la zona de 150 mm por mes, otros factores desencadenantes como; las sobrecargas estáticas y las cargas dinámicas que se ejercen sobre el talud, modificando la distribución de las fuerzas y generando condiciones de inestabilidad (p. 66).

4.2 Definición de las variables de investigación

La investigación se encamina principalmente en el uso de geofísica en la caracterización de deslizamientos de ventada 3 y 4 de la central hidroeléctrica DELSITANISAGUA, por lo

cual se realizó una investigación teórica de los conceptos más relevantes para el entendimiento del proyecto de titulación, entre ellos están:

- Riesgos geológicos – movimientos en masa
- Agua subterránea
- Prospección geofísica
- Métodos eléctricos
- Tomografía de resistividad eléctrica (TRE)
- Respuesta eléctrica de los materiales

4.2.1 Riesgos geológicos – movimientos en masa

Para determinar el potencial de movimientos en masa y la vulnerabilidad de los terrenos en los procesos de planificación del territorio es la determinación de los espesores y naturaleza litológica de los mantos meteorizados (regolito, alteritas, saprolitas, entre otros.) La inestabilidad de laderas se define como movimientos de masa de roca, detritos, o tierra a favor de la pendiente, bajo la influencia de la gravedad, (Cruden, 1991). Una correcta identificación y descripción de estos materiales litológicos es clave para definir espacios geográficos estables e inestables geológica y geotécnicamente.

4.2.2 Movimiento de masa del terreno (mantos rocosos y suelo)

Gonzales (2002) afirmó lo siguiente sobre los movimientos de ladera:

Son los procesos geológicos y climáticos que afectan a la superficie terrestre crean relieve y definen la morfología de las laderas, que va modificándose a lo largo del tiempo para adaptarse a nuevas condiciones geológicas o climáticas. Las laderas adoptan pendientes naturales cercanas al equilibrio; ante cambios de condicione su morfología se modifica buscando un nuevo equilibrio, entendiéndose que los movimientos son los reajustes del terreno buscando un equilibrio ante cualquier cambio de las condiciones. (p. 622)

La clasificación de movimientos de masa del terreno propuesta por Varnes (1978) y modificada por Cruden y Varnes (1996), donde todas las clasificaciones se basan en los factores de naturaleza geodinámica endógena o inter y geodinámica exógena o externa y sus múltiples interrelaciones (Tabla 1).

Tabla 1. Causas más frecuentes de los movimientos de masa del terreno

Causas del movimiento en masa	Procesos - mecanismos
Causas intrínsecas al terreno	Materiales rocoso debilitados, materiales intemperizados, materiales cizallados, juntas o fisuras de los afloramientos, Material rocoso a cuesta de buzamiento, discontinuidades estructurales, contraste en permeabilidad, contraste en dureza y competencia de las rocas.

Tabla 1. Causas más frecuentes de los movimientos de masa del terreno. Continuación

Morfología del terreno	Tectónica y volcanismo, rebotes glaciares, erosión fluvial y pluvial en taludes, erosión subterránea (tubificaciones, lixiviación, entre otros.), remoción de vegetación
Meteorización químico - física	Pluviosidad, descongelamiento, crecidas, sismos, erupción volcánica, termoclástismo, gelifracción, Intemperismo.
Antropogénicas	Excavación de taludes, sobrecarga en taludes, subsidencia por sobreexplotación de acuíferos, irrigación, minería, vibraciones artificiales, descargas de aguas servidas.

Nota. Cruden y Varnes (1996)

Los tipos de movimientos de masa según Cruden y Varnes (1996) más conocidos en los terrenos tanto de laderas son los siguientes que se observan en la Figura 1.

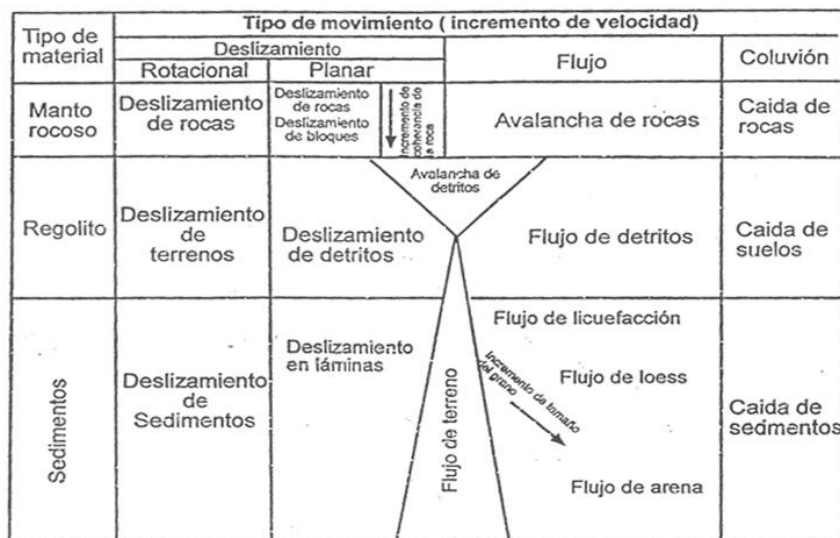


Figura 1. Movimientos de masa del terreno más comunes para los diferentes tipos de rocas y sedimentos.

Nota. Cruden y Varnes (1996)

También establece la tasa de movimiento del terreno según Varnes, (1978) como se observa en la Tabla 2.

Tabla 2. Escala de tasa de movimiento del terreno

Clases	Velocidad de masa		Categoría
7	$\geq 5\text{m/s}$	5×10^3	Extremadamente rápido
6	$5 \text{ m/s} - 0,3 \text{ m/min}$	50	Muy rápido
5	$0,3 \text{ m/min} - 1,5 \text{ m/día}$	0,5	Rápido
4	$1,5 \text{ m/día} - 15 \text{ m/mes}$	5×10^{-3}	Moderado
3	$15 \text{ m/mes} - 1,5 \text{ m/año}$	50×10^{-6}	Lento
2	$1,5 \text{ m/año} - 0,06 \text{ m/año}$	$0,5 \times 10^{-6}$	Muy Lento
1	$\leq 0,06 \text{ m/año}$	$\leq 0,5 \times 10^{-6}$	Extremadamente lento

Nota. Varnes (1978)

4.2.3 Agua subterránea

El autor Mook (2002) afirma que:

El agua subterránea que se encuentra a profundidades superiores a 1 o 2 m por debajo de la zona radicular casi no participa en el proceso de evaporación, ya que el transporte por capilaridad desde al nivel freático hacia arriba es despreciable. (p. 20)

Las formaciones subsuperficiales relativamente porosas y permeables se las conoce como capas conductoras de agua y reciben el nombre de acuíferos. Generalmente las rocas arcillosas y las cristalinas muestran escasas características de acuífero; no obstante, pueden aparecer de forma local estructuras permeables promovidas por la meteorización, la fracturación y la diaclasamiento. La recarga de agua subterránea normalmente tiene lugar por infiltración difusa y la recarga concentrada se origina por medio de agua acumulada en depresiones o ríos en los casos en que el cauce del río esté por encima del nivel freático (p.22).

El agua se almacena durante los periodos de gran recarga. Esto produce un aumento del nivel freático y un incremento del gradiente hidráulico, de modo que aumenta la descarga. Además, un incremento en el nivel Freático generalmente implica la activación de afluentes fluviales de orden inferior y menos profundos que participan en el proceso de drenaje. Esto puede amplificar la tasa de drenaje en un orden de magnitud. El caso extremo, que ocurre cuando el nivel freático alcanza la superficie, es el flujo a través de arroyos, manantiales (p. 23).

4.2.4 Zonas de saturación

Las zonas de saturación son características de que presentan un exceso de agua; el agua contenida en la zona de saturación es de dos tipos según el autor Auge (2006), una prácticamente inmóvil, está adherida a la superficie de los clastos con una fuerza superior a la de la gravedad que, generalizando, se la puede denominar pelicular. La otra que se dispone recubriendo a la pelicular, es móvil bajo la acción gravitatoria (Figura 2), por lo que se llama agua gravitacional.

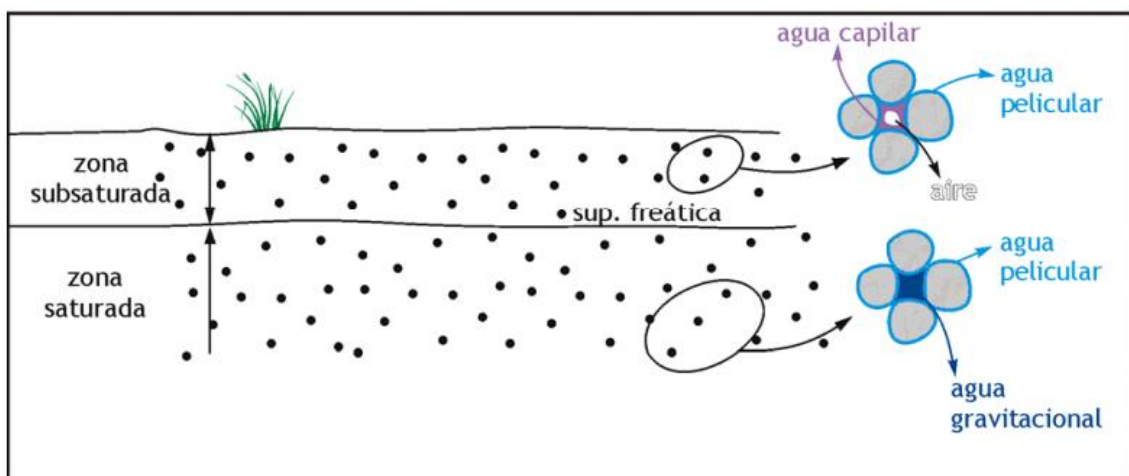


Figura 2. Tipos de agua en el subsuelo.
Nota. Auge (2006)

4.2.5 *Prospección geofísica*

La prospección del subsuelo a partir de las mediciones de resistividad eléctrica (Métodos Geoeléctricos), consisten en introducir corriente en el terreno y medir el voltaje producido en ciertos puntos determinados de la superficie; a partir de los datos obtenidos se puede determinar la resistividad del material o zonas del subsuelo (Ali, 2016, p. 86) hay que tener en cuenta que cada tipo de material o estructura presenta una resistividad característica.

Por otro lado, Auge (2008) establece que prospección y exploración son términos similares que significan búsqueda y en relación a la hidrogeología, para la ubicación de reservorios de agua subterránea con características para una posterior explotación o aprovechamiento del recurso.

4.2.6 *Métodos eléctricos*

Los métodos eléctricos o métodos geoeléctricos se basan en el análisis de una respuesta que el suelo genera gracias a un estímulo eléctrico que se forma de manera artificial o natural. Para emplear estos métodos se deben conocer las propiedades eléctricas que poseen las rocas que se encuentran en la zona de estudio, aunque estas propiedades pueden variar por la agregación de sus minerales, la forma, el volumen y el relleno de sus poros (Hernández, 2019, p.33).

Por otro lado, según Ali (2016):

Estos métodos se basan en determinar las resistividades reales del subsuelo para determinar la presencia o no de filtraciones de agua a profundidad, detección de cavidades y cuevas, detección de aguas subterráneas, indicando con gran precisión el volumen y profundidad del agua mediante la localización de áreas en donde tengamos una anomalía característica del valor de la resistividad real del terreno.

Estos métodos tienen algunas ventajas y desventajas como su fácil procesamiento, pero cualquier material aislante o muy conductor puede apantallar los materiales que lo rodean. (p.86)

4.2.7 *Tomografía de resistividad eléctrica (TRE)*

A partir de la teoría del método eléctrico, Orrellana (1982) define que la tomografía eléctrica se basa en adquirir varios puntos en un perfil con la finalidad de obtener las variaciones de las resistividades en el subsuelo tanto de forma vertical como horizontal. El método consiste en colocar en la superficie una serie de electrodos colineales con una determinada configuración y poder realizar calicatas eléctricas en varios niveles de profundidad variando la distancia entre

los electrodos, dependiendo de la configuración seleccionada como se observa en la Figura 3. (p. 574).

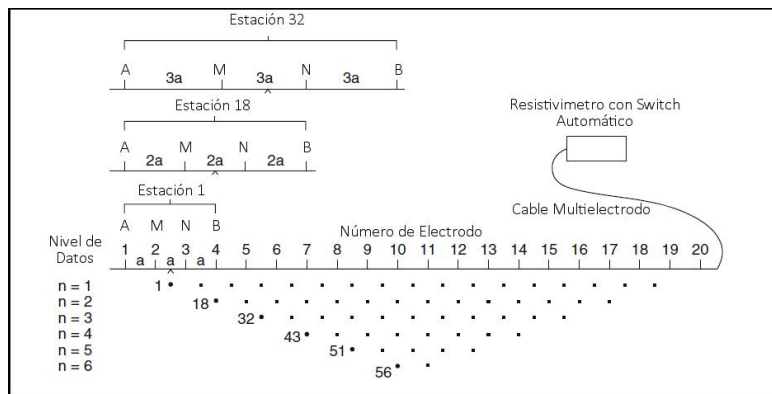


Figura 3. Diagrama de adquisición de la TRE.

Nota. Orellana (1992)

La tomografía eléctrica con respecto a la resistividad eléctrica consiste en la inyección de corriente eléctrica mediante un par de electrodos instalados en el terreno generando la reconstrucción de la imagen para apreciar sus resistividades correspondientes (ohm*m) de acuerdo a los materiales litológicos conformados en el subsuelo (Mayorga, 2020).

4.2.8 Respuesta eléctrica de los materiales

La mayor parte de los componentes de las rocas y de los suelos se consideran como materiales poco conductivos o de muy elevada resistividad, exceptuando ciertos casos como algunos minerales metálicos (donde se produce una conducción electrónica). (Pellicer, 2015)

El autor Pellicer (2015) define que el carácter conductor del terreno juega un papel fundamental electrolítico que satura los poros de las mismas. Así, se pueden diferenciar tres tipos de conducción:

1. **Conducción dieléctrica:** asociada a materiales aislante so poco conductivos. Son materiales con alta resistividad ya que no poseen electrones libres que se pueden desplazar.
2. **Conducción electrónica:** son materiales conductivos con electrones libres que pueden desplazarse a través del material.
3. **Conducción electrolítica:** la corriente se produce por el movimiento de iones salinos a través del fluido. Este fluido está contenido en los poros y/o fisuras. Para que sea efectiva la corriente eléctrica, los poros o fisuras han de estar conectados en la práctica, en el carácter conductor del terreno juega un papel fundamental el electrolito que satura los poroso de las mismas.

La resistividad eléctrica es un parámetro que varía en función de las características del terreno. Algunos de los factores que más influyen tienen en las resistividades son:

- El grado de saturación en agua del terreno
- La salinidad y temperatura del fluido
- La porosidad y la forma de los poros
- El tipo de roca
- La presencia de materiales arcillosos
- El tamaño de grano (p. 23).

En la Figura 4 y 5 se observa los materiales más conductores en la naturaleza son los metales, y los más resistivos los agregados cristalinos silíceos, entre otros. Por otro lado, dentro de los materiales sedimentarios, las arcillas son las más conductivas.

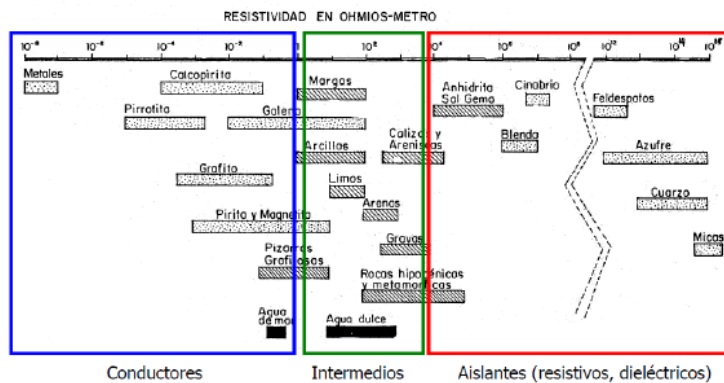


Figura 4. Rangos de resistividad de los materiales geológico.
Nota. Palacky (1987, como se citó en Pellecier, 2015)

RESISTIVIDAD (Ω·m)	CORRELACIÓN LITOLÓGICA
< - 1	Materiales finogranulares (arcillas marinas); Arenas con agua salada
1,0 - 1,7	Materiales finogranulares (arcillas/arcillolitas); Limos con agua salada a salobre
1,7 - 2,9	Materiales finogranulares (limos y arcillas/arcillolitas); Agua salada a salobre
2,9 - 4,9	Materiales finogranulares (limos/limolitas); Agua salada a salobre
4,9 - 8,4	Suelo limoso; Arenas/areniscas/calizas y limos saturados; Aguas salobres
8,4 - 14,2	Suelo limo-arenoso; Arenas/areniscas finas/calizas saturadas; Aguas salobres
14,2 - 24,1	Suelo limoso; Arenas medias/areniscas medias/calizas saturadas
24,1 - 41,0	Arenas/areniscas/calizas gruesas saturadas
41,0 - 69,8	Arenas y gravas saturadas; Roca (Areniscas/calizas) muy fracturada, saturada
69,8 - 119	Materiales superficiales secos; Gravas y arenas saturadas; Roca (ígneas, areniscas/calizas) muy fracturada, saturada?
119 - 202	Materiales superficiales secos; Arenas secas; Gravas saturadas; Roca (ígneas, areniscas/calizas) fracturada, saturada?
202 - 343	Materiales superficiales secos; Roca (ígneas, areniscas/calizas) fracturada
343 - 583	Materiales superficiales secos; Roca (ígneas, areniscas/calizas) poco fracturada
583 - 990	Materiales superficiales secos; Roca (ígneas, areniscas/calizas) muy poco fracturada

Figura 5. Rangos de resistividad.
Nota. Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias [SNGRE] (2022)

La resistividad tiene una propiedad inversa a la conductividad eléctrica y generalmente se expresa en ohm por metro ($\Omega \cdot m$), entonces es la capacidad que posee un cuerpo para dificultar el paso de la corriente a través de él; en la mayoría de las rocas y sedimentos secos la resistividad es elevada, por lo que actúan como semiconductores o conductores de baja capacidad.

Por otro lado, si las fisuras y los poros se ocupan por agua, esta resistividad disminuye, o lo que es lo mismo en aumento de la capacidad de conducción de la corriente eléctrica. El grado de saturación también incide en la resistividad del medio, el contenido salino del agua; a mayor salinidad, menor resistividad y viceversa (Auge, 2008, p. 3) algunos valores de resistividad de rocas suelo y agua, se ven en la Tabla 3.

Tabla 3. Valores de resistividad en Rocas y Suelos.

AGUAS O ROCAS	RESISTIVIDAD (OHM.M)
Agua de mar	0.2
Agua de acuíferos	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
Cineritas, Tobas Volcánicas	20-100
Lavas	300-10000
Esquistos grafitosos	0.5-5
Esquistos acillosos o alterados	100-300
Esquistos sanos	300-3000
Gneis, Granito alterados	100-1000
Gneis, Granito sano	1000-50000

Nota. Astier, (1982 como se citó en Benavides 2021)

4.3 Definición de conceptos metodológicos de la investigación

4.3.1 Método de tomografías eléctricas

La Tomografía eléctrica (Electrical Resistivity Tomography; ERT) es un método de resistividad multielectrónico que se basa en obtener modelos 2D y 3D de la resistividad del terreno. Esta técnica de exploración tiene un amplio abanico de aplicaciones: en geología, en geotecnia, en hidrogeología o medioambiente. El procedimiento para obtener los modelos de resistividad del terreno consiste en inyectar una cantidad conocida de corriente al subsuelo y medir la diferencia de potencial entre dos puntos. El proceso se repite en toda el área de inspección y, una vez obtenidas estas medidas se dispone de una distribución de resistividades experimentales a lo largo del subsuelo. Dado que el subsuelo es heterogéneo, este conjunto de resistividades no corresponde a la distribución real, sino que representa una amalgama de ellas; el cálculo para obtener el modelo de resistividades reales del subsuelo se realiza a través de técnicas de inversión utilizando un sistema iterativo (Junta de Andalucía, s/f).

La tomografía eléctrica es un método de prospección geofísica cuyo objetivo es obtener la distribución de la resistividad eléctrica en el subsuelo, tanto lateralmente como en

profundidad. La resistividad o resistencia específica es una medida de la oposición del material al paso de la corriente eléctrica y tiene unidades de ohmios–metro (Ohm-m).

Independientemente de que la tomografía eléctrica sea una técnica multielectródica, la base teórica de su funcionamiento es análoga a la de los métodos de resistividad convencionales.

La gran innovación de Tomografía eléctrica con respecto a los métodos convencionales, reside en que ahora las medidas se realizaran de forma totalmente automatizada, es decir sin necesidad de mover manualmente ningún electrodo. Ello se debe a que el dispositivo se encarga de las medidas de resistividades, se encargara de realizar automáticamente toda la secuencia de las medidas preestablecidas, formando para ellos y según las especificaciones definidas, todas las posibles combinaciones de 4 electrodos. (Pellicer, 2015)

De esta forma se irá obteniendo la variación de resistividad del subsuelo tanto en profundidad como lateralmente. Además de estudios a lo largo de un perfil (2D), también se puede realizar estudios 3D, en cuyo caso las observaciones se realizan en perfiles paralelos equidistantes, definiendo una cuadrícula.

4.3.2 Configuración geométrica de los electrodos

Teniendo en cuenta la distribución geométrica y separaciones entre los electrodos de medida, existen varias formas de realizar las medidas de la resistividad aparente del terreno como se observa en la Figura 6 que se clasifican en función de su comportamiento ante algunas características del terreno y sensibilidades eléctricas.

Configuración	Resolución de estructuras horizontales	Resolución de estructuras muy inclinadas	Sensibilidad a inhomogeneidades superficiales (SEV)	Sensibilidad a inhomogeneidades superficiales (Calicatas el.)	ruido por acoplamiento electromagnético
Wenner	A	C	B	C	E
Schlumberger	A	B	A	C	D
Gradiente	E	A	E	E	C
Polo-dipolo	B	E	C	A	B
Dipolo-dipolo	B	D	D	B	A

Figura 6. Clasificación de métodos de eléctricos

Nota. Pellicer (2015)

Entre los factores que deben ser considerados para escoger uno u otro se encuentran: la profundidad de prospección, la sensibilidad a las variaciones verticales y horizontales de la resistividad, la cobertura horizontal y vertical y la intensidad de la señal. (Pellicer, 2015)

A continuación, se describen las configuraciones geométricas utilizadas en este proyecto:

4.3.2.1 Wenner; es donde la distancia se encuentra establecida en cada electrodo como (A, M) se mantiene fijo al igual con los electrodos (N, B) donde sus distancias no varían. (Palacios, 2016), ver Figura 7.

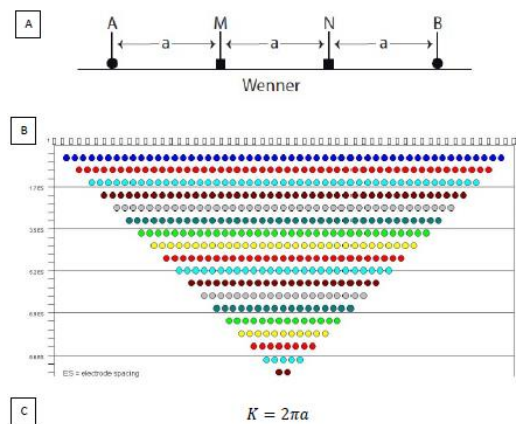


Figura 7. Arreglo tipo Wenner.

Nota. a) Configuración geométrica de los electrodos de medida en un dispositivo Wenner; b) Esquema de la distribución de los puntos de registro de resistividad; c) Ecuación de la constante geométrica. Pellicer (2015)

4.3.2.2 Schlumberger; En esta configuración geométrica los electrodos de corriente (A y B) se sitúan en los extremos o se alejan en donde $2L$ se denomina como la distancia establecida y los electrodos de potencial en la parte central (M y N) se quedan fijos, pero su distancia es corta con respecto a los electrodos (A B). (Palacios, 2016), Figura 8.

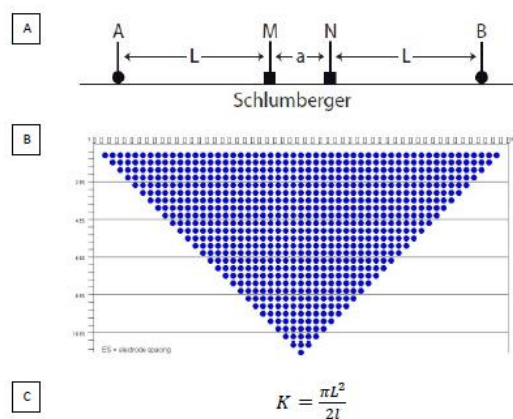


Figura 8. Arreglo tipo Schlumberger

Nota. a) Configuración geométrica de los electrodos de medida en un dispositivo Schlumberger; b) Esquema de los puntos de registro de resistividad; c) Ecuación de la constante geométrica. Pellicer (2015)

4.3.2.3 Dipolo-Dipolo; Palacios (2016) concluyó que el Arreglo Dipolo-dipolo, las corrientes (A, B) se mantienen unidas y fijas como (a) mientras que (B, M) varían (na), finalmente la corriente (M, N) se mantiene fijo (a), Figura 9. Este dispositivo suele utilizarse para estudios superficiales ya que tiene buena resolución y cobertura de datos horizontal.

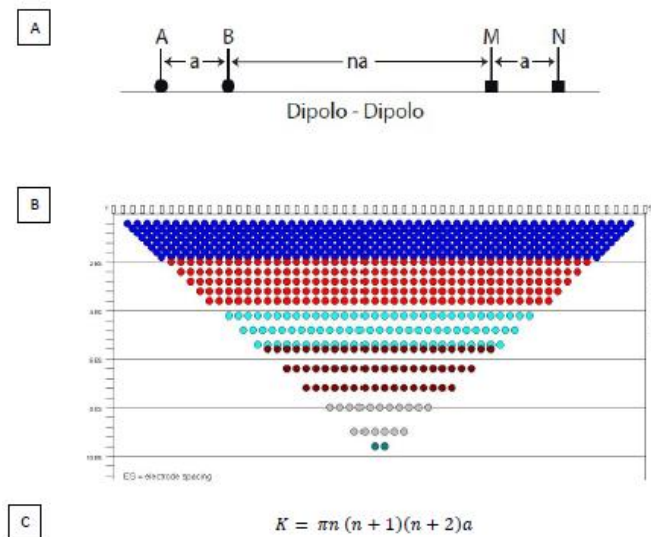


Figura 9. Arreglo Dipolo-Dipolo

Nota. a) Configuración geométrica de los electrodos de medida en un dispositivo dipolo-dipolo; b) Esquema de la distribución de los puntos de registro de resistividad; c) Ecuación de la constante geométrica. Pellicer (2015)

4.3.2.4 Wenner-Schlumberger; La disposición de los electrodos es la misma que en el arreglo Wenner, con la diferencia de que el factor “n” para este arreglo es la relación de distancia entre AB o MN (Loke, 2001, como se citó en Pellicer, 2015). Este método es moderadamente para estructuras horizontales y verticales. En profundidad media de investigación es aproximadamente 10% más profunda que el Wenner; probablemente es el mejor arreglo entre el Wenner y Dipolo-Dipolo (Zúñiga, s/f).

5 Metodología

Esta sección comprende tres apartados que corresponden a la descripción general de la zona de estudio, materiales y la descripción detallada de la metodología. En el primer apartado se describe la zona de estudio como el acceso, clima, hidrología, geología regional y geomorfología. En el segundo apartado se enlistan aquellos materiales de campo, equipos de oficina, softwares y equipos de protección personal utilizados para el desarrollo de la investigación. El tercer apartado se encuentra los pasos ejecutados para alcanzar los objetivos planteadas en orden y un flujo.

5.1 Descripción general del área de estudio

La investigación se lleva a cabo en la Central Hidroeléctrica DELSITANISAGUA, específicamente en las zonas de Ventana 3 y Ventana 4, ubicado en la provincia de Zamora Chinchipe, cantón Zamora entre las parroquias rurales Sabanilla y el Limón, que se encuentran representadas en la Figura 10, la zona es característica por presentar pendientes abruptas y abundante vegetación.

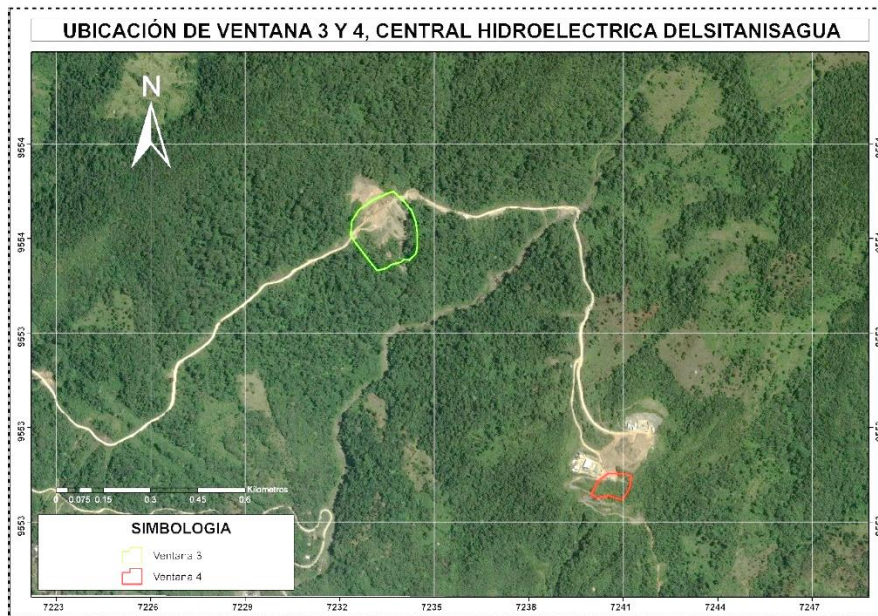


Figura 10. Zona de Venta 3 y 4, Central Hidroeléctrica DELSITANISAGUA.

5.1.1 Acceso

Desde la ciudad de Quito, utilizando la vía de primer orden de la troncal de la Sierra que conduce hasta la ciudad de Loja, luego se dirige por la vía de primer orden que comunica la ciudad de Loja con Zamora, donde se orienta la zona de estudio en la Central Hidroeléctrica DELSITANISAGUA con un recorrido total 730 km y una duración aproximada de 11h36min, como se observa en la Figura 11.

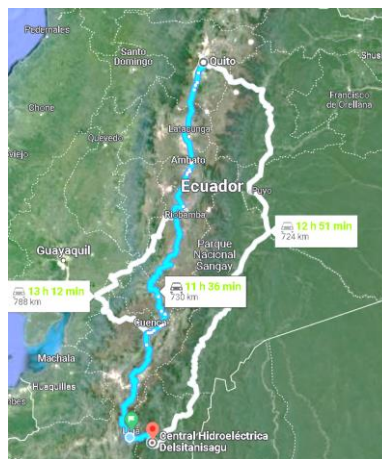


Figura 11. Ruta por la troncal de la Sierra.

Nota. Google Maps (2023)

De la misma manera, desde la ciudad de Quito, pero utilizando la vía de primer orden de la troncal de la amazónica que conduce hasta la ciudad de Zamora, luego se dirige por la vía de primer orden que comunica la ciudad de Zamora-Loja, donde se orienta la zona de estudio en la Central Hidroeléctrica DELSITANISAGUA a unos 15 min de la ciudad, con un recorrido total 724 km y una duración aproximada de 12h51min, como se observa en la Figura 12.



Figura 12. Ruta por la troncal de la Amazonia.

Nota. Google Maps (2023)

5.1.2 Clima

El clima de la provincia de Zamora Chinchipe es de tipo tropical, con variaciones importantes en la cantidad de humedad y cantidad de lluvias. La temperatura Baja o sube de acuerdo con la altitud y los vientos. La temperatura promedio es de 30°C. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Zamora [PDOT cantón Zamora], 2019)

La zona donde se encuentra el proyecto se caracteriza por ser un clima que va desde tropical húmedo hasta templado húmedo con temperaturas promedios de 16,69°C de acuerdo a la estación Científica Sabanilla la cual registra este parámetro climático. (Ramírez, 2016).

5.1.3 Hidrología

La Central Hidroeléctrica DELSITANISAGUA aprovecha el sistema fluvial Zamora-Santiago-Amazonas y tiene sus nacientes en alturas superiores a los 3400msnm. El drenaje general del curso principal, luego de la unión Zamora-Las Juntas es SSE, hasta la confluencia Zamora Sabanilla. En una longitud del río aproximadamente 9.4 km, el río desciende desde los 1425 msnm hasta los 960 msnm (Ramírez, 2016). El drenaje es de tipo detrítico, en la Tabla 4 se indica los aportante o efluentes los cuales han sido caracterizados de conformidad su aporte.

(p. 10)

Tabla 4. Categorización de los cuerpos hídricos.

Cuerpo de Agua	Tipo	Categoría
Zamora	Río	1
Sabanilla	Río	2
Qda. S/N portal entrada Túnel	Quebrada	3
Qda. Los monos	Quebrada	3
Qda. S/N 2 después de los Monos (La Cascada) consentida	Quebrada	3

Nota. Ramírez (2016)

5.1.4 Geología regional

Al describir la geología regional, ver Figura 13, nos referimos en la Hoja geológica de Zamora (Hoja 77, Ñ VII-A) a escala 1:100 000 realizada por el Instituto Nacional de

Investigación Geológico Minero Metalúrgico [INIGEMM], (2017) en el cual se describe lo siguiente:

La unidad Sabanilla (TR Ls) pertenece a las Unidades Triásicas y está conformada de migmatitas, ortogneises, paragneises o gneis y se han evidenciado que se encuentran esquistos con asociaciones de minerales característicos de rocas ígneas de origen pelítico; algunas rocas se evidencia la presencia de microcrenulación y micropliegues asociados a eventos de deformación; afloran en la vía Zamora-Limón-La Fragancia y en el río Bombuscaro, entre otros lugares. La cabalga sobre la U. Pucarón y por parte el Complejo Intrusivo de Zamora. Por efecto de la falla Palanda. Dataciones radiométricas RB-Sr reportadas por Litherland et al. (1994) dan una edad de 224 ± 37 Ma.

La Unidad Yacuambi (J Ya) que pertenece a las Unidades Jurásicas, consta de tobas, sedimentos fluvio-lacustres y lavas. Aflora al E de la falla Palanda, en el sector El Limón (vía Zamora-Loja), entre otros lugares. Cerca de la falla Palanda se presentan, areniscas volcánicas finas y tobas localmente silicificadas; en el sector de El Líbano la unidad muestra filitas y esquistos sericíticos con foliación en dirección NE buzando al NO. La unidad está en contacto tectónico con rocas de las U. Sabanilla, U. Pucarón, y con el Complejo Intrusivo de Zamora tanto al E como al O. En el contrafuerte La Curintza se encuentra como techo colgante dentro del Complejo Intrusivo de Zamora. Debido a la presencia de pulsos de lava calco-alcalina, se la correlaciona con el arco volcánico jurásico.

Depósito Coluvial (Qc) que conformar parte de los depósitos superficiales, se forman por fenómenos de remoción en masa en zonas de pendiente fuerte y donde hay cambios de pendiente que drenan a los ríos principales como: Jambüe, Bombuscara y Nambija entre otros. Consisten de bloques y gravas; son heterogéneos y con fragmentos de roca mal clasificados y mal trabajados. Existen deslizamientos activos e inactivos, donde se observa la zona de arranque y la de depósito.

Y por último el Complejo Intrusivo de Zamora (Jz) perteneciente a Rocas Intrusivas. (Litherland et al., 1994), es un batolito tipo-I esencialmente no deformado ni metamorfozado, elongado (200 km de largo por 50 km de ancho) y segmentado en tres partes por las fallas La Canela y Nangaritzza con dirección N-S. Predominan granodioritas hornbléndicas, equigranulares de grano grueso a medio, de textura fanerítica. Aflora extensamente en gran parte de la hoja. En la margen derecha del río Nangaritzza aflora una franja de esta roca; es común la presencia de enclaves xenolíticos y diques de composición andesítica, además, existen pórfidos cuarzo-feldespáticos

atravesando el cuerpo intrusivo. Este intrusivo se encuentra cubierto discordantemente por rocas sedimentarias del cretácico y está en contacto tectónico con rocas metamórficas pertenecientes a la U. Sabanilla. La edad ha sido determinada entre 170 Ma., y 190 Ma. Jurásico Medio-Inferior (Litherland et al., 1994).

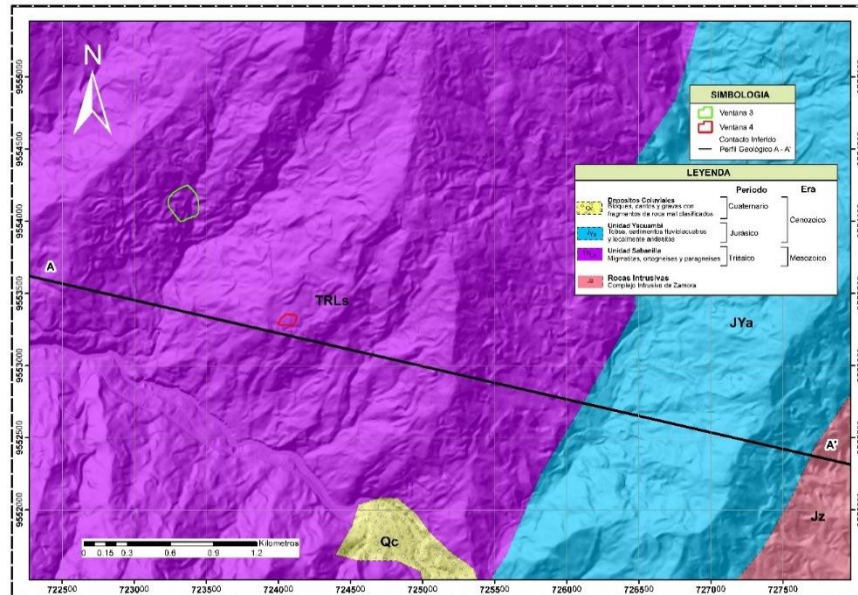


Figura 13. Geología Regional de la zona de estudio.

Nota. Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico [INIGEMM], (2017). Adaptado por el Autor

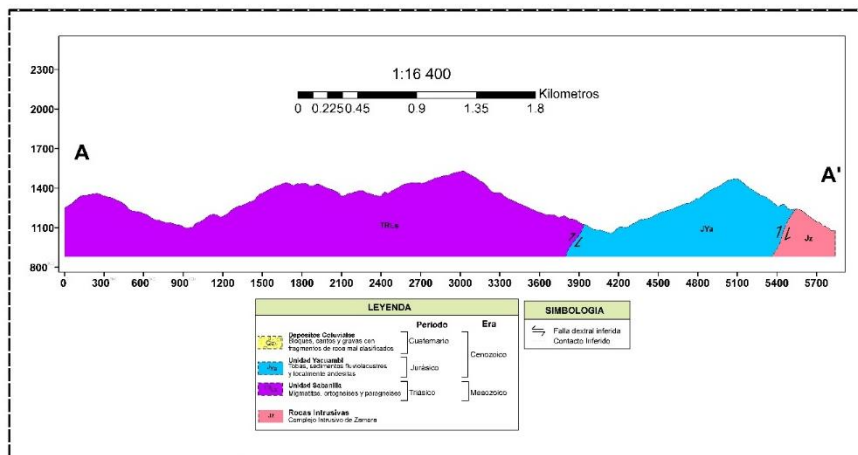


Figura 14. Perfil Geológico Regional

Nota. Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico [INIGEMM], (2017). Adaptado por el Autor

5.1.5 Geomorfología

El área donde se encuentra la Central Hidroeléctrica DELSITANISAGUA se presenta irregular con pendientes pronunciadas, es de recalcar que no se denotan áreas planas en el sector de implantación del proyecto. La cuenca es una zona con relieve entre fuerte y moderado con latitudes 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. (Ramírez, 2016, p. 10)

5.2 Materiales

Es necesario disponer de los materiales de campo, equipos de oficina, softwares y EPP, los cuales se señalan en la Tabla 5.

Tabla 5. Materiales y Equipos utilizados.

Materiales de campo	Equipos de oficina	Software a emplearse	EPP
GPS			
Brújula		Microsoft Word 2016	
Martillo geológico		Microsoft Excel 2016	Chaleco
Navaja de campo	Computadora	Microsoft PowerPoint 2016	Zapatos de campo
Cinta métrica	portátil	ArcGIS 10.8 con licencia de prueba	Guantes
Cámara fotográfica	Impresora	SAS.Planet con licencia libre	Sombrero
Libreta de campo		RES2DINV con licencia de prueba	
Ficha de toma de datos			
Hoja topográfica obtenida de datos del SNGRE			

5.3 Procedimiento

La metodología aplicada en el uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la central Hidroeléctrica DELSITANISAGUA se presenta en la Figura 15, donde se indica de forma sucesiva y ordenada los pasos efectuados.

La investigación inició con la recopilación de información base del área de estudio concernientes a temas como: ubicación, acceso, clima, hidrología, topografía, geología y estudios previos realizados en el sector.

Posterior a esto, se procedió a planificar las actividades necesarias para llevar a cabo la investigación como son: el levantamiento litológico, tomografías eléctricas y caracterización de los deslizamientos, así como los procesamientos de la información obtenida.

Continuamente para conocer la litología superficial en el área de interés se efectuó el levantamiento litológico mediante la descripción de afloramientos en las vías de acceso y quebradas.

Para la identificación del plano de rotura del deslizamiento y posibles zonas de saturación se llevó a cabo la interpretación de las tomografías eléctricas de las zonas de estudio, para la inversión de datos de las tomografías se utiliza el software RES2DINV.

Seguidamente para realizar la caracterización de los deslizamientos, para describir la morfometría se basó en la metodología establecida en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades.

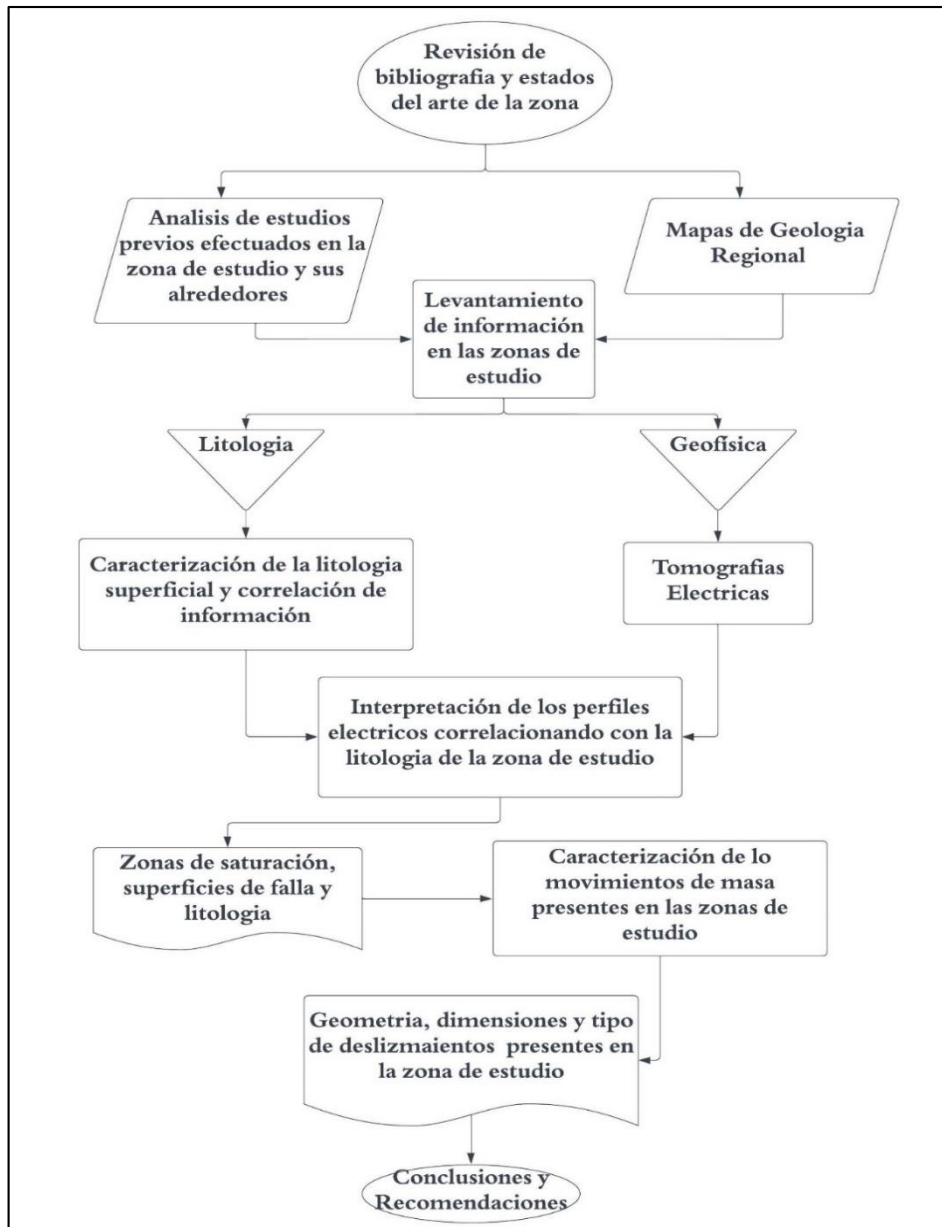


Figura 15. Metodología empleada en la presente investigación

5.3.1 Recopilación de información

De forma previa a la investigación se procedió a recopilar información de fuentes primarias y secundarias relacionada a la topografía, geología y estudios realizados en el sector, los principales documentos guía utilizados se encuentran:

- 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.
- Hoja geológica de Zamora a Escala 1:100000 del año 2017
- Información de estudios efectuados por la Central Hidroeléctrica DELSITANISAGUA: Ortofotos, modelos digitales, topografía, SPT's realizados en el sector de estudios, entre otros.

- Información otorgada por el Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias: topografía, modelos digitales, entre otros.

5.3.1.1 Sondeos realizados en el sector. Se obtuvo información de los estudios realizados por CELEC EP donde se realizaron dos sondeos, la ubicación se puede observar en la Figura 16, y los resultados de los sondeos en la Figura 17.

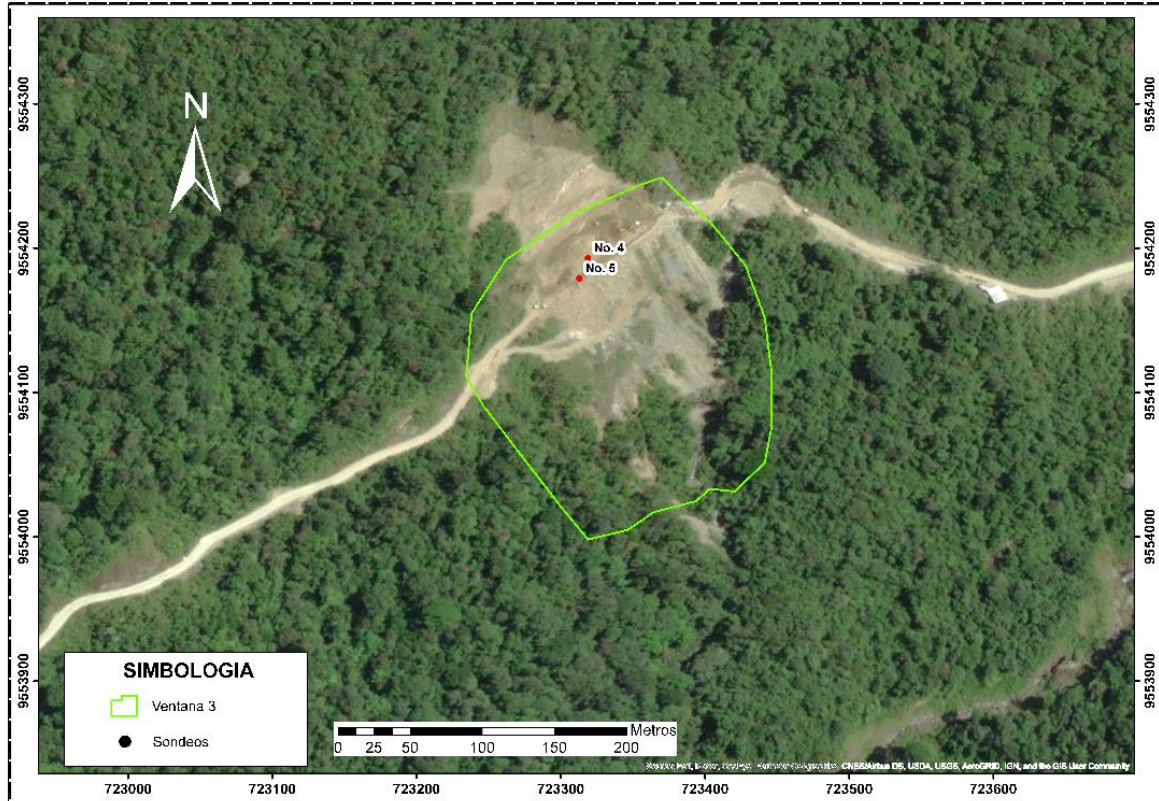


Figura 16. Ubicación geográfica de los sondeos
Nota. CELEC EP (2018)

Sondeo 4								Sondeo 5											
COTAS	PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLOGIA GRAFICA	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIFICACION SUCS	# DE GOLPES SPT DE CAMPO	FACTOR CORRECCION	N ₆₀	N ₆₀ CORREGIDO	COTAS	PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLOGIA GRAFICA	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIFICACION SUCS	# DE GOLPES SPT DE CAMPO	FACTOR CORRECCION	N ₆₀	N ₆₀ CORREGIDO	φ°	
1439,00	0,00		Arenas limosas de mediana compresibilidad, compacidad suelta	SM	15	0,337	5	12	1439,00	0,00		Arenas limosas de baja mediana compresibilidad, compacidad suelta	SM	16	0,337	5	12	30	
1438,00	-1,00								1438,00	-1,00									
	-1,50	Gravas limosas de baja compresibilidad, compacidad mediana	GM	14	0,466	7	12			-1,50		Arenas limosas de baja mediana compresibilidad, compacidad mediana	SM	26	0,402	10	20	35	
1437,00	-2,00								1437,00	-2,00									
	-2,50	Gravas limosas de baja compresibilidad, compacidad mediana	GM	26	0,504	13	20			-2,50		Arenas limosas de baja mediana compresibilidad, compacidad mediana	SM	48	0,466	22	38	43	
1436,00	-3,00								1436,00	-3,00									
	-3,50	Gravas limosas de baja compresibilidad, compacidad densa	GM	64	0,544	35	46			-3,50		Arenas limosas de baja mediana compresibilidad, compacidad densa	SM	72	0,541	39	55	48	
1435,00	-4,00								1435,00	-4,00									
	-4,50			70	0,546	38	46					RECHAZO							

Figura 17. Resultados de los sondeos No. 4 y 5.
Nota. CELEC EP (2018)

5.3.2 Levantamiento litológico

La caracterización de la litología superficial del sector se lo realizo en un área más amplia con un total de 237,79 hectáreas, el cual se observa en la Figura 18, se aplicó esta ampliación debido a que en los polígonos de estudio de ventana 3 y 4 no se observó información contundente para el levantamiento litológico, por lo tanto, se extendió la zona de estudio. Obteniendo mayor información que facilito a la interpretación y correlación de la geología superficial del área de interés.

El levantamiento litológico superficial se realizó mediante la descripción de afloramientos, tomando datos estructurales y características de las rocas presentes. Estos datos fueron recolectados en una ficha técnica de caracterización de afloramientos (Anexo 1).

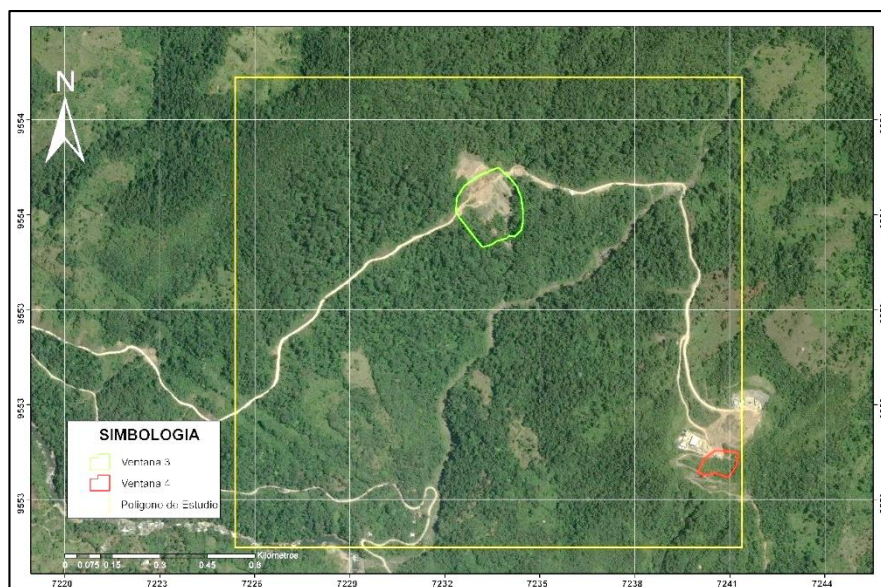


Figura 18. Área del levantamiento litológico que abarca el área de estudio de Ventana 3 y 4.

5.3.3 Tomografías eléctricas

Para la realización de las tomografías consto de 3 fases, las cuales se describen a continuación:

5.3.3.1 Fase de Planificación. Se realizó un reconocimiento previo a las zonas de estudio, observando la accesibilidad para obtener la distancia real o la extensión que tendrán los perfiles eléctricos, considerando que la distancia máxima puede ser hasta 400 metros. Seguido en gabinete se realizó un planteo de las líneas de tomografías de resistividad eléctrica, la posible distancia de las mismas, obteniendo 4 perfiles de resistividad eléctrica en Ventana 3 y 5 perfiles de resistividad eléctrica en Ventana 4, se tiene una vista en planta del sector de Ventana 3 y Ventana 4 en la Figura 19.

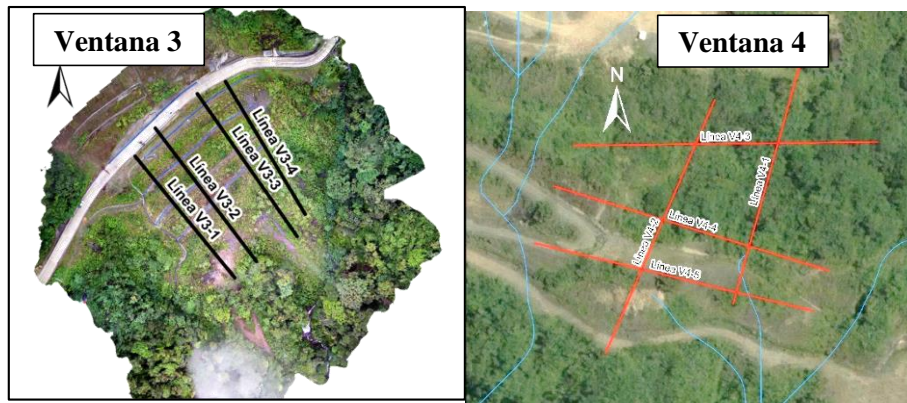


Figura 19. Vista en planta de las tomografías de resistividad eléctrica realizadas en Ventana 3 y 4.

Seguidamente, en campo se realizó el tendido de las líneas ya establecidas en oficina, procurando mantener las recomendaciones de tener una orientación de Norte a Sur o Este a Oeste, siguiendo una alineación recta.

5.3.3.2 Lecturas en campo. Para las lecturas de las tomografías se utilizó el resistivímetro ABEM Terraneter LS con 42 electrodos colocados a tres metros de distancia entre cada electrodo, obteniendo una línea de 123 metros, 4 rollos de cables, y finalmente se realizó las mediciones con las diferentes configuraciones: Wenner, Schlumberger, Dipolo-Dipolo y Gradiente.

Se consideró realizar una bitácora por cada línea, registrando las condiciones en las que se encontró el terreno y la dirección u orientación de la línea, las fichas empleadas se observan en el Anexo 2. Aparte se obtuvo las coordenadas GPS de los electrodos utilizados en cada línea, esto con la finalidad de obtener las altitudes de los electrodos, para una correcta interpretación de los datos de la tomografía, Ver Anexo 3.

5.3.3.3 Interpretación. Las resistividades de los materiales se correlacionaron con los datos de resistividad que se observan en el apartado 4.2.8 en la Figura 4 y 5, y la Tabla 3, obteniendo las unidades geoelectricas, que se correlacionan con la litología del sector, consiguiendo un perfil litológico donde se puede observar los planos de rotura de los deslizamientos, tipos de suelo, zonas de saturación y niveles freáticos.

En primer lugar, se han interpretados los perfiles de dos zonas diferentes como es Ventana 3 con las siguientes TRE: V3-1, V3-2, V3-4; Y ventana 4 con las TRE: V4-1, V4-2, V4-3, V4-4 y V4-5. Estos perfiles eléctricos fueron realizados sobre deslizamientos que se encuentran ubicados en las zonas de estudio, proporcionando una visión de cómo la masa deslizante se distribuye a lo largo del terreno.

Para la interpretación de los perfiles eléctricos se utilizó el software RES2DINV que utiliza la teoría de inversión por mínimos cuadrados y elementos finitos de Groot-Hedlin y Constable (1990). El método de se basa en la siguiente ecuación (1):

$$(J^T J + uF)d = J^T g \quad (1)$$

Donde $F = f_x f_x^T + f_z f_z^T$

f_x = filtro de planeidad horizontal

f_z = filtro de planeidad vertical

J =matriz de derivadas parciales

u = factor de amortiguamiento

d = modelo de vector de perturbación

g = vector de discrepancia

El modelo 2D utilizado por este programa divide el subsuelo en un número de bloques rectangulares, el propósito de este programa es determinar la resistividad de los bloques rectangulares que producirán un pseudosección resistividad aparten que está de acuerdo con las medidas reales. El método de optimización intenta básicamente para reducir la diferencia entre los valores de resistividad aparente calculado y medidos mediante el ajuste de la resistividad de los bloques de modelo.

Para la interpretación de los perfiles eléctricos realizados se empleó la presente metodología dada en las diferentes capacitaciones por los Técnicos del SNGRE:

1. Antes de realizar la lectura de los datos, se debe realizar una instalación de la topografía a cada uno de los perfiles en las diferentes configuraciones.
2. Edición de medidas espurias o eliminación de puntos malos en la opción “Exterminate Bad Datum Points” más evidente si procede, de cada uno de los perfiles. Estos puntos se suelen diferenciar porque presentan valores diferentes entre medidas contiguas. El perfil V3-1 de la configuración gradiente es el que más puntos espurios presentaba (Figura 20).

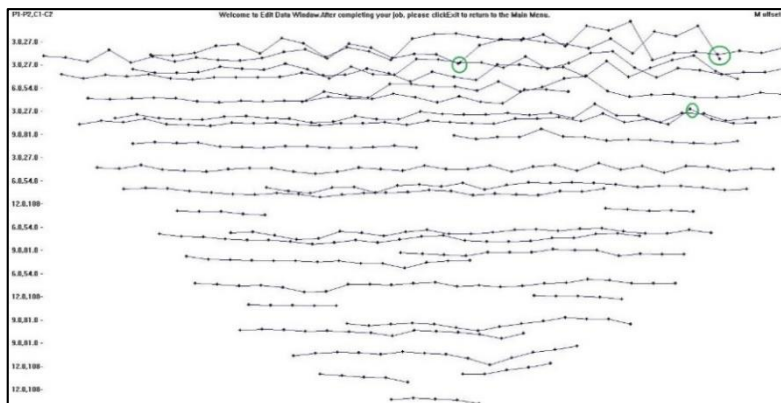


Figura 20. Detección de puntos malos en las medidas del perfil eléctrico V3-1

3. Se realiza una primera inversión de los perfiles con los parámetros de cálculo:

- Tamaño de malla coincide con la distancia entre electrodos (3m) o en algunos casos el programa recomienda que se utilice la mitad de la distancia entre los electrodos (Use model refinement) que equivale en esta ocasión a 1,5m.
- Factor de amortiguamiento (damping) inicial de 0,15%.

Es importante considerar las recomendaciones brindadas por los Técnicos del SNGRE en las diferentes capacitaciones y comunicaciones personales, el de RMS debe ser un valor inferior o cercano a 6% y el número de interacciones se puede emplear hasta un número de 13 interacciones. El proceso finaliza cuando el gráfico no presente anomalías que produzcan interpretaciones erróneas.

Valorando todas las ventajas e inconvenientes de cada dispositivo, y comparando los resultados obtenidos en el ensayo, para la presente investigación se seleccionó el dispositivo de Schlumberger para la interpretación de las diferentes Tomografías de resistividad eléctrica [TRE], por lo que esta configuración presenta un RMS inferior que el resto de configuraciones. Los resultados aportados por el dispositivo Schlumberger son los más próximos a la realidad, alcanzando una mayor profundidad de lectura que el resto de configuraciones.

4. Para una correcta interpretación de los diferentes perfiles eléctricos se estableció que cada perfil debería empezar desde un mismo valor de resistividad, en este caso se dispuso un valor de 30, siendo este un valor aproximado de suelos saturados. Se utilizó la siguiente configuración:
 - En el apartado “Show Inversion Results” se selecciona el archivo que se realizó la inversión, seleccionamos “Display sections” la opción “Include Topography in Model Display”
 - Colocamos el número de interacción que deseamos indicar en el modelo, en el apartado “Selec Type of Contour Intervals” se marca la opción de “User defined logarithmic contour intervals”
 - Se busca el factor que más se adapte a valores de resistividades características de los materiales de nuestro sector de estudio, siendo en este caso “1,47 (6 contours per decade)”, el valor que más se acopla a valores de resistividad de la litología que tenemos presente en los sectores de estudio.

Finalmente obteniendo una escala de valores de resistividades similar para cada uno de los perfiles, empezando con un valor de 30 Ohm.m hasta valores mayores a 6463 Ohm.m, como se observa en la Figura 21.



Figura 21. Valores de la escala de resistividad.

Nota. Son los valores de resistividad que se tendrá en todos los perfiles eléctricos

5. Análisis del modelo de resistividades obtenido. Donde se observaron resistividades entre contrastes bajos y contrastes altos.

Para la interpretación de estos perfiles se han correlacionados los aspectos tomados en las bitácoras de cada uno de los terrenos, como este se encuentra predispuesto en superficie como grietas visibles, escarpes, canales de agua y zonas de circulación de fluidos. Todo estos con el fin de facilitar la interpretación de los mismos.

5.3.4 Caracterización de deslizamientos

Para la caracterización de los deslizamientos presentes en las áreas de estudio se trabajó en base al formulario propuesto por el PMA (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades, se observa en Anexo 4) el mismo que para este proyecto fue modificado.

Los parámetros analizados se detallan a continuación:

- Actividad del movimiento: estado, estilo, distribución.
- Litología: descripción.
- Clasificación del movimiento: tipo de movimiento, material (humedad del suelo, origen del suelo, otras características), clasificación del movimiento.
- Morfometría: datos generales, dimensiones, deformación del terreno
- Causas del movimiento
- Cobertura y uso del suelo
- Daños

Para la determinación del tipo de deslizamiento se ha utilizado la clasificación propuesta por Cruden y Varnes (1996), y las dimensiones de los deslizamientos se las han obtenido con la toma de puntos con GPS, cinta métrica u ortofotos.

Con el trabajo de fotointerpretación se determinó las dimensiones del deslizamiento ubicado en ventana 3, y para el deslizamiento ubicado en ventana 4 no se pudo determinar o delimitar el deslizamiento con fotointerpretación, esto a que la escala de la fotografía aérea era muy grande, por lo cual las dimensiones del deslizamiento se las obtuvo con la ayuda de una cinta métrica de 30m y puntos GPS.

6 Resultados

Los resultados hacen referencia a la información geológica regional con la correlación de 30 afloramientos expuestos en la zona de estudio, se puede decir que el área se emplaza

sobre la Unidad Sabanilla, seguido, para la interpretación de las 9 tomografías de resistividad eléctrica realizadas en Ventana 3 y Ventana 4 se correlaciono los perfiles con la información de la litología superficial obteniendo unidades geoelectricas, zonas de saturación, superficie de rotura, profundidad de la roca y suelo, y finalmente se obtuvo las características y morfometría de los dos movimientos en masa presentes en los sectores de estudio.

6.1 Geología

En la zona de estudio se evidencia 4 tipos de litologías que fueron descritas en 30 afloramientos, Figura 22, se encuentran conformadas por rocas metamórficas que corresponde a gneis y esquistos con mediado y alto grado de metamorfismo con presencia de suelos residuales y coluviales, y, en las zonas de estudio de ventana 3 y 4 se identificaron suelos residuales, coluviales y escombreras.

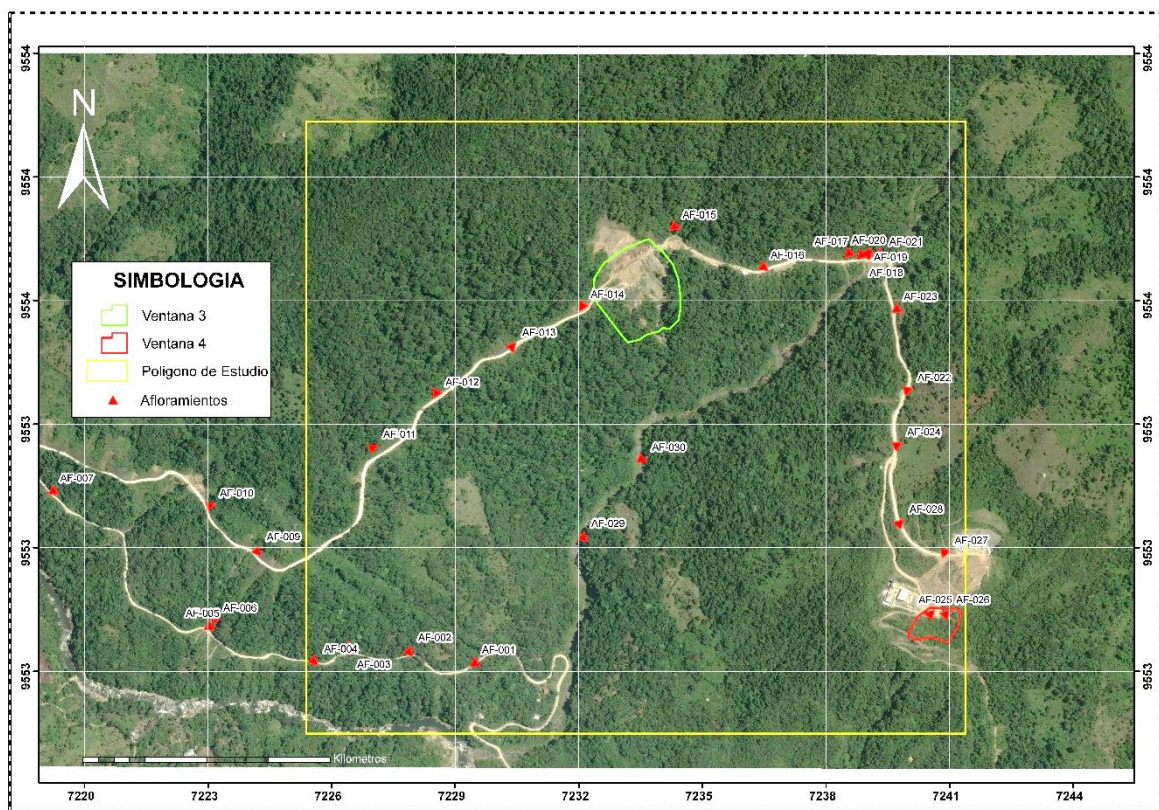


Figura 22. Afloramientos descritos en la zona de estudio.

La litología que predomina en el sector corresponde a Gneis, Figura 23, una roca metamórfica de edad Triásica (TryM) según INIGEMM (2017), de acuerdo a la información de los afloramientos levantados a lo largo de la vía que conduce al sector de Ventana 4 AF-002, AF-003, AF-006, AF-009 hasta AF-022, y, AF-024 hasta AF-029, se evidenciaron en mayor cantidad afloramientos de tipo artificial y en menor cantidad de tipo natural, algunos de ellos se encontraban con presencia de agua o flujos, húmedos y secos con señales de agua, los gneis se observaron entre un grado de alteración poco meteorizado y sano, altamente meteorizado y

fracturado y completamente meteorizados, presentaron texturas gnéissicas con tonalidades oscuras y grisácea con bandeamientos de tonalidades oscuras y blancas con presencia de minerales de cuarzo, feldespatos potásicos y en menores proporciones biotita, plagioclasa y moscovita. Algunos de los afloramientos presentaron intrusiones de cuarzo de diferentes espesores. Mostraron diaclasamientos entre 2 a 3 juntas y foliaciones que tienen dos preferencias con un rumbo de NE con buzamientos hacia el SE y un rumbo de SW con buzamientos hacia el NW. Estos afloramientos se encuentran con coberturas vegetales de diferentes espesores, presentan potencias que va entre 3 hasta 25 metros de altura, y un ancho de los afloramientos que va entre 2 hasta 200 metros.



Figura 23. Gneis de la zona de estudio.

En la parte baja de la zona de estudio siguiendo la vía que conduce al sector de Ventana 4 de acuerdo a la información levantada en el afloramiento AF-001 de tipo artificial, se pudo observar suelos residuales de grano fino con color café-rojizo amarillento ampliamente distribuidos en la parte baja de la zona de estudio, con espesores y potencias de 2 a 6 metros, compuesto por una roca madre de gneis y esquistos, son suelos finos con presencia de partículas gruesas, se observaron secos con señales de agua y húmedo, el material alterado presentan diámetros de entre 5 a 10 cm, estos suelos son formados en el sitio bajo la acción de la meteorización, alteración y transformación en condición natural el suelo, se apreció que los suelos se encontraban cubiertos por capas de suelo orgánico con un espesor promedio de 0.20 metros. Estos materiales son producto de la alteración y transformación de la roca sin haber sufrido transporte, es característico por presentar material alterado de la roca madre, con una matriz limo arenosa y abundante vegetación sobre ella, ver Figura 24.



Figura 24. Suelos Residuales de la zona de estudio.

En la parte baja de la zona de estudio por la vía que conduce al sector de Ventana 4 de acuerdo a la información obtenida en los afloramientos AF-004 de tipo natural, por el lecho de la quebraba (S.N) en el afloramiento AF-030 de tipo natural, y en la parte alta en el tramo de la vía entre Ventana 3 y Ventana 4 en el afloramiento AF-020 de tipo artificial, se caracterizaron por encontrarse compuestos de esquistos con un grado de meteorización que va de algo a moderadamente meteorizado hasta muy meteorizado y fracturados, con presencia de agua o flujo y secos sin presencia de agua, son característicos por su coloración grisácea clara y textura esquistosa, con mayor presencia de minerales de micas y en menores cantidades biotita, plagioclasas y moscovita, se observaron diaclasamientos de 3 juntas y foliaciones con dos preferencias de inclinaciones, una con rumbo de NE y un buzamiento hacia el SE y una segunda foliación con rumbo de SW con buzamiento hacia el NW, presentaron potencias de 2 hasta 8 metros y un ancho de afloramiento de 2 a 6 metros, se observaron capas de cobertura vegetal con espesores de 5 a 15 cm, Figura 25.



Figura 25. Esquistos observados en la zona de estudio.

En la cercanía del sector de Ventana 3 por la vía que conduce al sector de Ventana 4, de acuerdo a la información obtenida en los afloramientos AF-005 y AF-007 de tipo natural, y en la parte en el tramo de la vía entre el sector de Ventana 3 y Ventana 4 en el afloramiento AF-023 de tipo artificial se observaron depósitos coluviales con presencia de flujos de agua y saturados, se encuentran en algunos casos formando abanicos y de forma lenticular que se encuentran cubriendo la superficie del terreno donde han sido evidenciados con gran tamaño (el diámetro máximo es mayor a 15 metros), ver Figura 26, se generan sobre los materiales de la roca aflorante que han sido degradados por efectos del intemperismo y que por la acción de la gravedad han sido transportados y acumulados al pie de las laderas naturales, estos depósitos se encuentran constituidos por fragmentos de gneis, esquistos, fragmentos de cuarzo y rocas con una mezcla de bloques, clastos y guijarros con una matriz limosa arenosa con poco porcentaje de arcilla, y pobremente resistente a la erosión, tienen coloraciones café-rojizo amarillento, los clastos se observan con diámetros que van entre 3 a 30 cm.



Figura 26. Depósitos Coluviales de la zona de estudio.

En las zonas de interés de Ventana 3 se observó en superficie bermas con fragmentos de rocas, estos fragmentos corresponden a materiales provenientes de un antiguo deslizamiento que fue producto de la meteorización y alteración del gneis, en el mismo se realizó un terraceo o depositados en bermas, la composición de estos materiales son de origen residual y coluvial se trata de bloques de rocas sueltos, detritos, gravas sub angulares, arenas gruesas de color marrón y limos arenosos; la disposición inadecuada de los mismos provoco una sobrecarga en la zona produciendo una activación del deslizamiento, Figura 27.

Es evidente la presencia de un movimiento en masa, por lo que se observaron grietas de tensión en las bermas, así mismo se evidencio la corona del deslizamiento en la vía del sector de Ventana 3, Figura 28, y se observaron zonas de acumulación en el pie del talud.



Figura 27. Fragmentos de roca de la Zona de Ventana 3



Figura 28. Grietas de tensión y corona del deslizamiento de Ventana 3

Se observan en las cercanías de la zona de Ventana 3 acorde a la información levantada en los afloramientos de tipo artificial AF-014 y AF-015, se encontró rocas metamórficas de gneis que se encuentran con presencia de humedad en un grado de alteración que va de moderado a altamente meteorizado, las foliaciones favorecen al talud, ya que se encontraron con buzamientos hacia el NW en contra de la pendiente. Seguido, se observaron en cada una de las bermas la presencia de cunetas de drenaje colapsadas con coberturas de geomallas en mal estado. Esta zona se encuentra con abundante cobertura vegetal y capas de material orgánico, Figura 29.



Figura 29. Cunetas de drenaje colapsadas con abundante cobertura vegetal de la Zona de Ventana 3

En la zona de Ventana 4, se observaron bermas con fragmentos de rocas, estos fragmentos corresponden a materiales de bote o escombreras, se debe a que este sector fue empelados como escombrera de los materiales obtenidos al momento de la construcción del túnel de carga de la central hidroeléctrica, dichas escombreras se observaron compactadas y poco compactadas con suelos de coloración café-rojizo amarillento con una matriz limo arenosa con poco porcentaje de arcilla con una mezcla de bloques, clastos y guijarros, estos suelos son de origen residual y coluvial, Figura 30.

Se evidenciaron escarpes y la corona del deslizamiento con potencias de 1 metro, Figura 31, siendo evidente la presencia de deslizamiento en la zona de Ventana 4, al pie del talud se observó una zona de acumulación la misma que ocasiono el colapso de un muro de gaviones que presento una abundante saturación y un flujo de agua continuo, Figura 32. Por otra parte, los materiales que se observaron se encontraron cubiertos por capas de materia orgánica, y una vegetación de tipo arbustiva.



Figura 30. Fragmentos de rocas presentes en el Sector de Ventana 4



Figura 31. Escarpes y corona del deslizamiento de Ventana 4.



Figura 32. Zona de acumulación al pie del talud de Ventana 4

Los gneis que se observaron cerca de la corona del deslizamiento, en la parte intermedia del talud acorde a la información levantada en el afloramiento de tipo natural AF-025, Figura 33, y en la parte alta de la zona de Ventana 4 en el afloramiento de tipo artificial AF-026, la roca se encuentra en un grado de alteración moderadamente meteorizado y fracturado con presencia de humedad, así mismo se observó abundantes fragmentos de roca sueltos con cobertura de vegetación y capas de materia orgánica con espesores de 10 y 20 cm sobre todo el sector. Las foliaciones encontradas en los afloramientos cerca del sector de Ventana 4 presenta foliaciones con una preferencia de inclinación hacia el SE, siendo evidente que esta foliación desfavorece al talud ya que se encuentra a favor de la pendiente, lo que disminuye la estabilidad de la zona.



Figura 33. Afloramiento de roca en el Talud de Ventana 4.

Como resultado de la correlación de los afloramientos levantados con la geología regional, se obtuvo el mapa litológico del área de estudio correspondiente a la Central Hidroeléctrica DELSITANISAGUA, ver Figura 34, la litología superficial de las zonas de Ventana 3 y Ventana 4 se observan a mejor detalle en la Figura 35, en la Figura 36 y en Figura 37 se observan perfiles de descripción superficial de Ventana 3 y Ventana 4 donde se indica lo observado en superficie. Y finalmente en la Figura 38 se muestra los cortes geológicos del área de levantada.

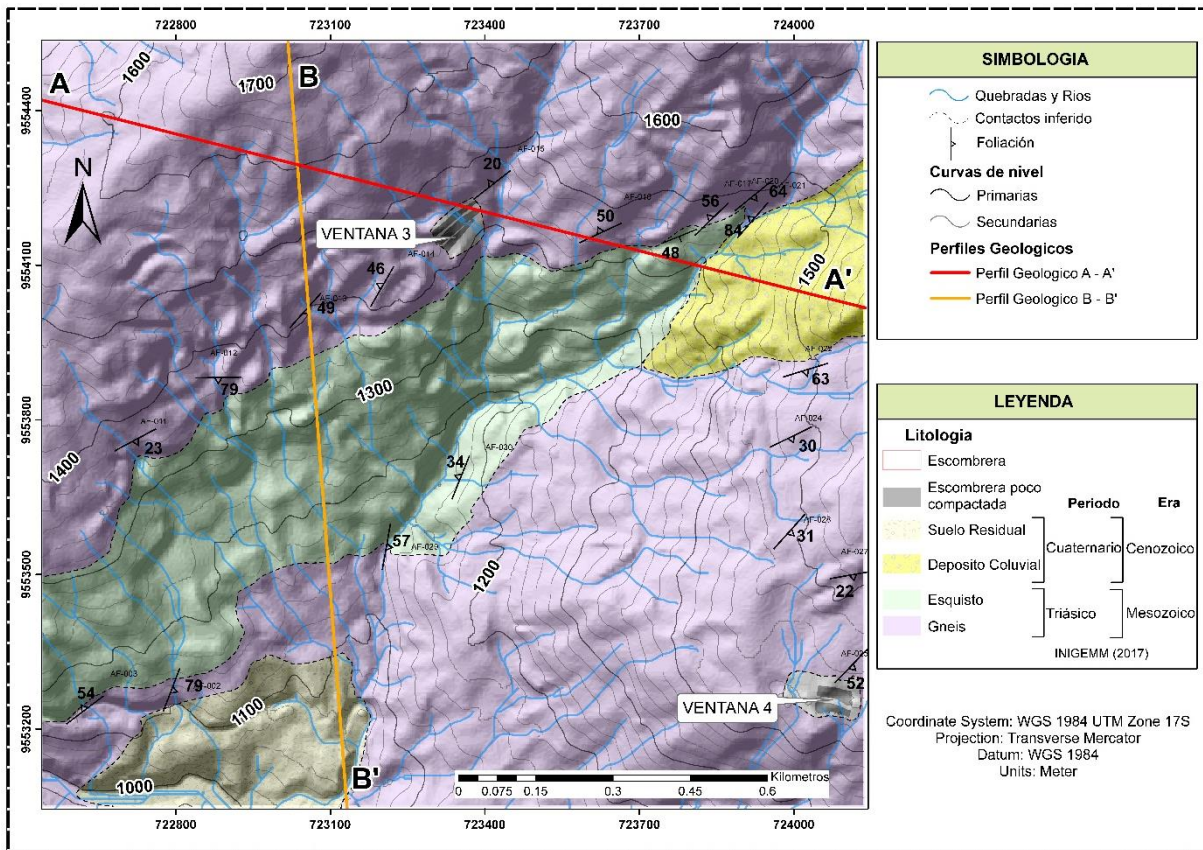


Figura 34. Mapa Litológico de Ventana 3 y 4, Central Hidroeléctrica DELSITANISAGUA.

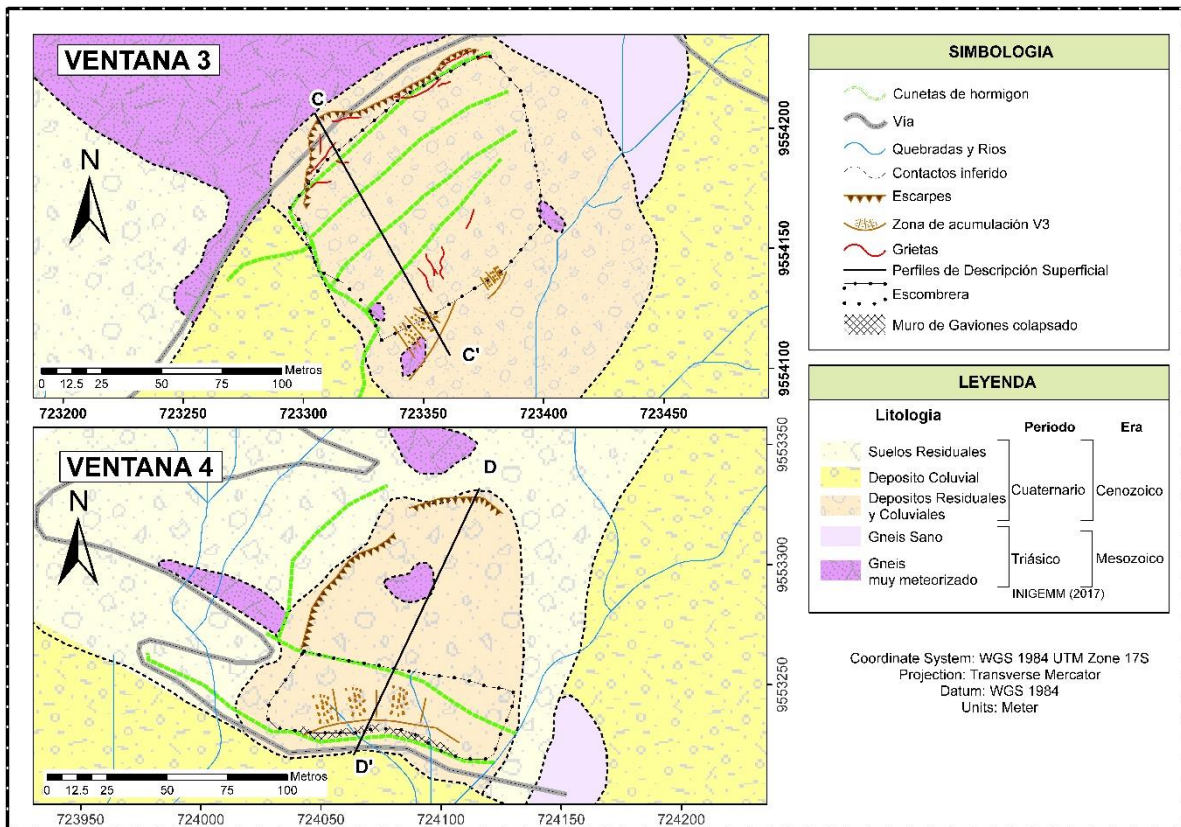


Figura 35. Litología superficial de las zonas de interés, Ventana 3 y Ventana 4.

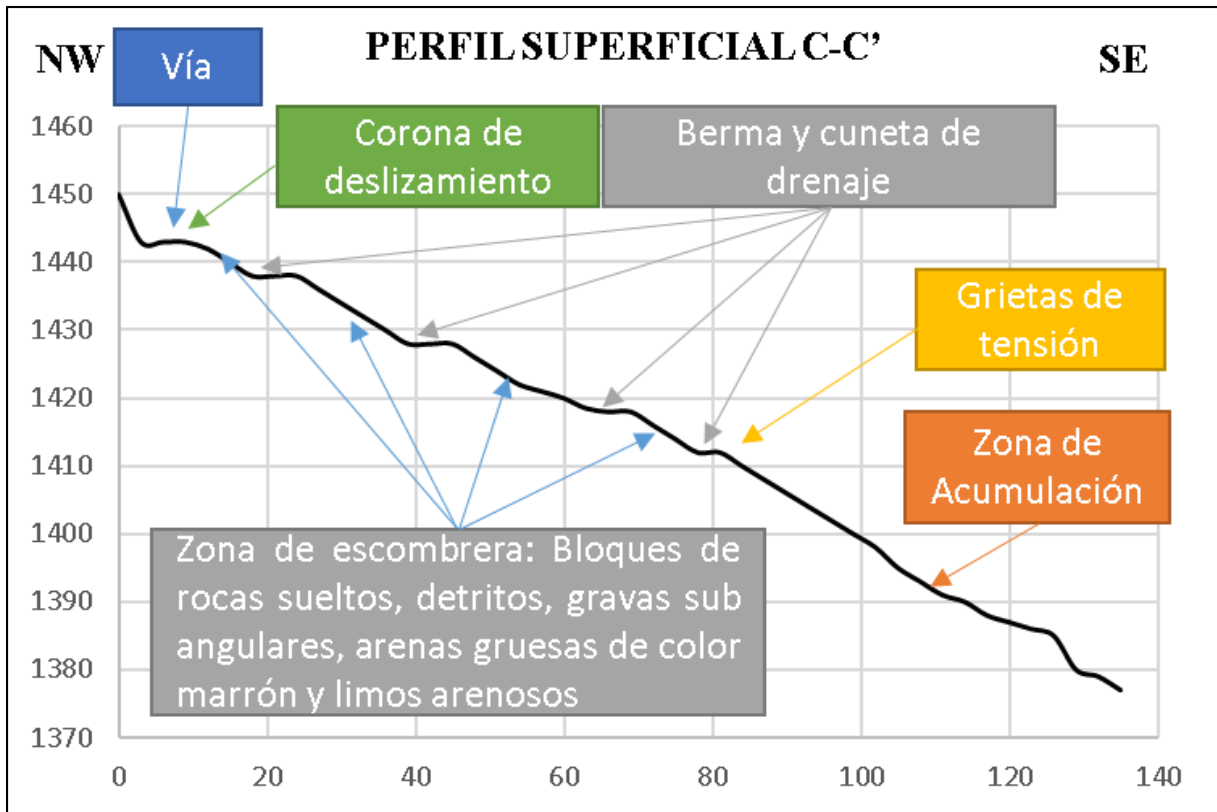


Figura 36. Perfil de descripción superficial de Ventana 3.

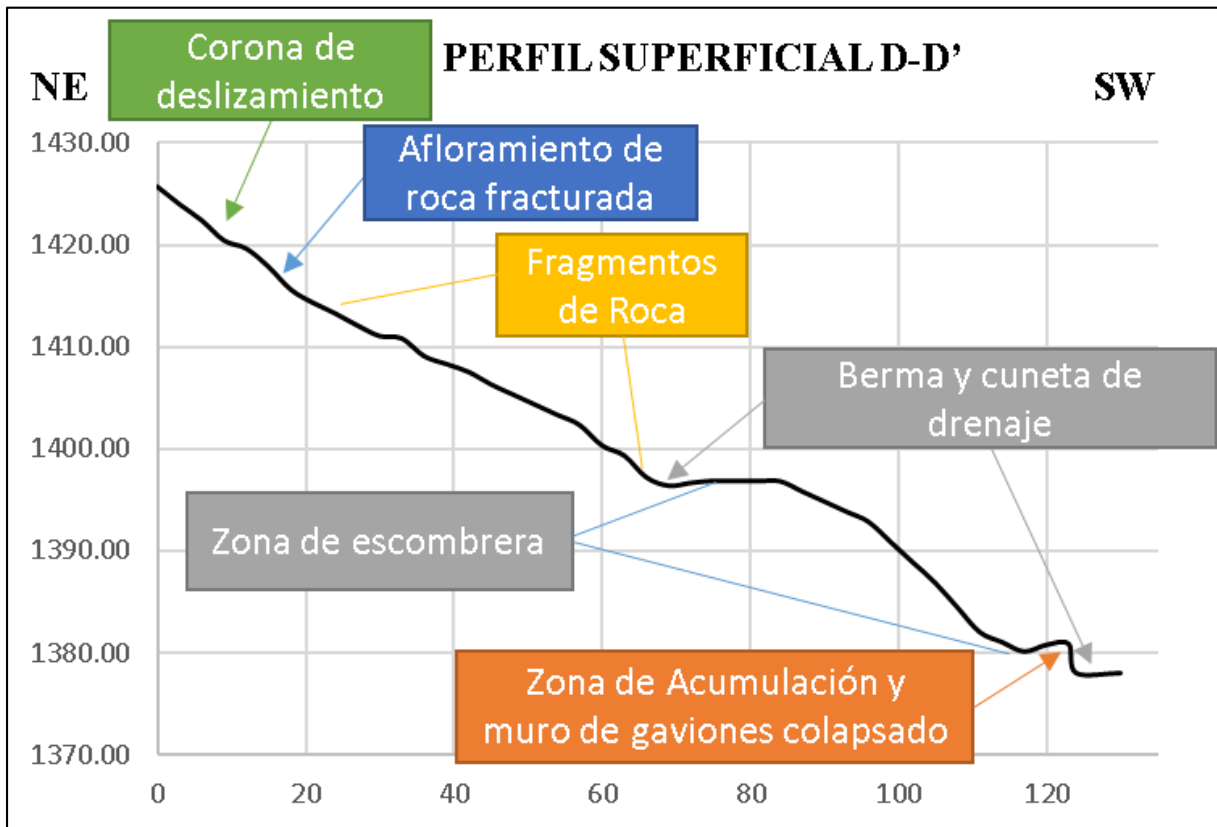


Figura 37. Perfil de descripción superficial de Ventana 4.

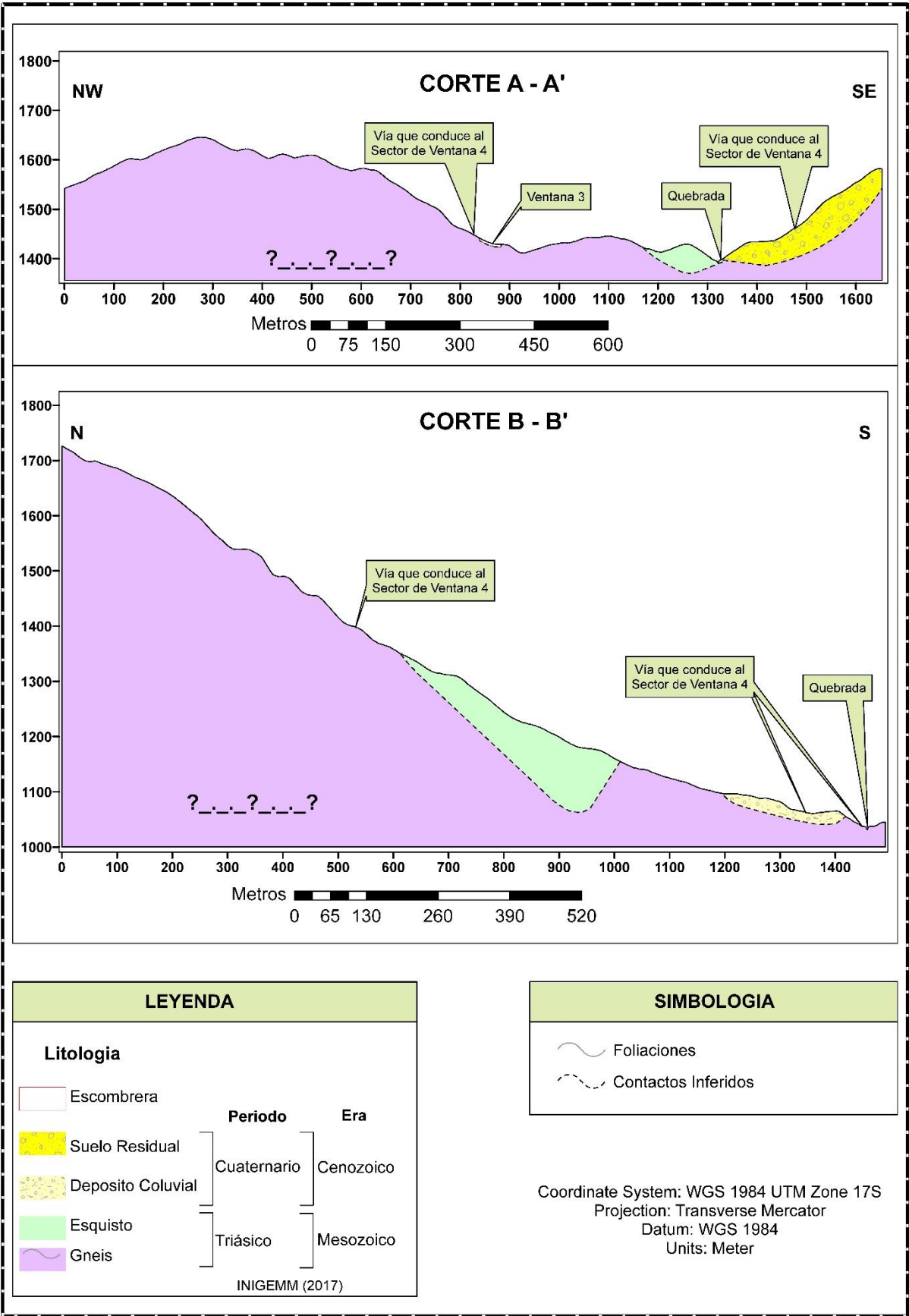


Figura 38. Cortes Geológicos de la zona de estudio.

6.1.1 Geología estructural

En la zona de estudio no se identificaron fallas geológicas, la mayoría de contactos fueron inferidos debido a que no se pudo observar directamente la zona de contacto entre el gneis, coluvión, suelos residuales y esquistos. El único contacto que se logró evidenciar está caracterizado en el afloramiento AF-020 de tipo artificial con un dato estructural con la notación dirección de buzamiento/buzamiento de 160/48.

En los afloramientos AF-006, AF-015, entre otros. Existen intrusiones de cuarzo con diferentes espesores, un ejemplo se observa en la Figura 39.



Figura 39. Intrusiones de cuarzo en la roca gneis encontradas en la zona de estudio.

Se encontraron micropliegues, que son producto de las fuerzas de compresión ocasionadas por el metamorfismo regional, estos se observaron en los Gneis de la zona de estudio, ver Figura 40.



Figura 40. Micropliegues que se logran observar en muestras de mano en la zona de estudio

Se identificaron estructuras de foliaciones en las rocas de Gneis y Esquistos en los diferentes afloramientos descritos, Ver Tabla 6, estos tienen dos preferencias de inclinación, la

primera tiene un rumbo de NE con buzamientos hacia el SE y una segunda foliación con rumbos de SW con buzamientos hacia el NW.

Tabla 6. Datos estructurales de las foliaciones descritas en los diferentes afloramientos.

Afloramiento	Coordenadas: UTM WGS84			Roca	Foliación
	x	y	z		
AF-002	722789	9553251	1105	Gneis	N021E / 79SE
AF-003	722639	9553257	1119	Gneis	N53E / 54NW
AF-004	722559	9553222	1119	Esquisto	N52E / 84NW
AF-006	722318	9553324	1153	Gneis	N09E / 74NW
AF-009	722421	9553495	1298.8	Gneis	S24W / 59SE
AF-010	722308	9553603	1265	Gneis	S75W / 75SE
AF-011	722703	9553744	1321	Gneis	N62E / 23SE
AF-012	722858	9553875	1360	Gneis	S89W / 79SE
AF-013	723040	9553990	1384	Gneis	N42E / 49SE
AF-014	723207	9554083	1412	Gneis	N30E / 46NW
AF-015	723429	9554276	1431	Gneis	N52E / 20NW
AF-016	723644	9554179	1452	Gneis	N65E / 50NW
AF-017	723853	9554211	1455	Gneis	N46E / 56NW
AF-018	723883	9554207	1444	Gneis	N40E / 62NW
AF-019	723897	9554214	1446	Gneis	N85E / 34 NW
AF-020	723906	9554214	1452	Gneis/esquisto	Gneis: S51W / 64SE Esquisto: S70W/41 SE
AF-021	723931	9554210	1451	Gneis	N41E / 84 NW
AF-022	724001	9553883	1475	Gneis	N57W / 63SW
AF-024	723975	9553750	1481	Gneis	S64W / 30SE
AF-025	724056	9553341	1475	Gneis	S44W / 50SE
AF-026	724093	9553341	1477	Gneis	S42W / 52SE
AF-027	724092	9553489	1512	Gneis	S80W / 22SE
AF-028	723980	9553561	1502	Gneis	S42W / 31SE
AF-029	723211	9553529	1137	Gneis	S10W/57SE
AF-030	723356	9553713	1163	Esquisto	N68W/34SW

Nota. Los datos estructurales fueron tomados con la notación rumbo / buzamiento

Así mismo se observaron estructuras de diaclasas entre 2 a 3 juntas en los diferentes afloramientos descritos, los mismo se encontraron en las rocas de gneis y esquistos de la zona de estudio, lo datos se los puede observar en la Tabla 7.

Tabla 7. Diaclasas encontradas en los diferentes afloramientos

Afloramiento	Coordenadas: UTM WGS84			Roca	Diaclasas
	x	y	z		
AF-004	722559	9553222	1119	Esquisto	Junta 1: 300/22 Junta 2: 309/88 Juta 3: 209 / 78
AF-009	722421	9553495	1298.8	Gneis	Junta 1: 249/49 Junta 2: 183/82
AF-017	723853	9554211	1455	Gneis	Junta 1: 310/49 Junta 2: 160/88 Junta 3: 230/24
AF-025	724056	9553341	1475	Gneis	Junta 1: 314/53 Junta 2: 154/88
AF-030	723356	9553713	1163	Esquisto	Junta 1: 278/24 Junta 2: 146/87

Nota. Los datos estructurales fueron tomados con la notación dirección de buzamiento / buzamiento

6.2 Tomografías eléctricas

Al correlacionar la litología que predomina en los sectores de estudio de Ventana 3 y Ventana 4, y la información de estudios previos realizados en la zona con los perfiles eléctricos se obtuvo cuatro unidades geoelectricas, a partir del modelo del perfil geoelectrico se obtuvo un perfil litológico estimando la profundidad del suelo, las zonas de saturación y los diferentes planos de rotura del deslizamiento. A continuación, se detalla lo obtenido en los 4 perfiles eléctricos realizados en Ventana 3 y los 5 perfiles eléctricos en Ventana 4.

6.2.1 Interpretación de perfiles eléctricos de Ventana 3

Las tomografías eléctricas al correlacionarlas con la litología del sector reflejaron cuatro zonas predominantes: Zona A con resistividades muy bajas que se identifican como una zona altamente saturada y materiales coluviales; Zona B con niveles de resistividad bajos que se los relaciona con materiales de escombrera, bloques de rocas sueltos, detritos, gravas sub angulares, arenas gruesas de color marrón y limos arenosos; Zona C que son resistividades de niveles medios que se lo relaciona con rocas altamente fracturadas y meteorizadas con un menor índice de humedad, y, la Zona D que consta de niveles de resistividad altos se la ha clasificado en dos: superior que consiste en la presencia de bloques de gran diámetro, e inferior que puede considerarse como la roca base perteneciente a la Unidad sabanilla.

Se identificó en el sector grietas de tracción, escarpes y corona de deslizamiento en la zona alta, confirmando la existencia de un movimiento en masa en la zona, en el área se identificaron 4 cunetas que se encuentran en mal estado, las misma permiten la filtración de agua en varios tramos del sector.

6.2.1.1 Perfil V3-1. En el perfil V3-1 se interpretó las resistividades obteniendo las estructuras verticales, es decir los límites y la superficie de deslizamiento, profundidad del suelo y zonas de saturación.

El perfil eléctrico se encontraba orientado de Sureste-Noroeste, con una longitud de 123 m y recorre longitudinalmente el deslizamiento en el costado Oeste del mismo, presentando un RMS de 3.7% y una escala de resistividad eléctrica que empieza con un valor de 30 Ohm hasta valores mayores a 6463 Ohm, como se observa en la Figura 41.

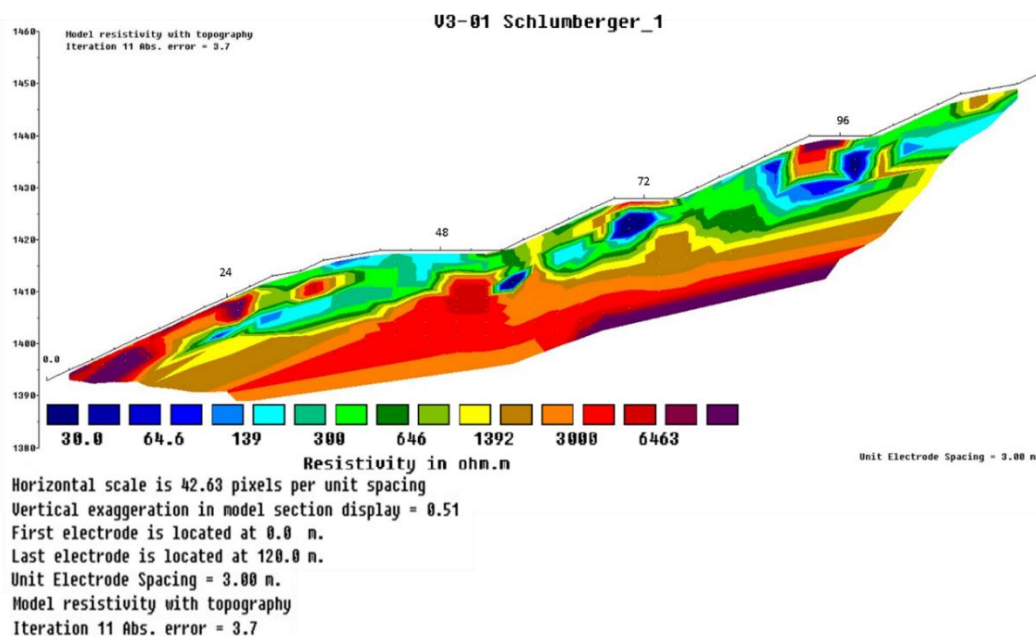


Figura 41. Grafica de inversión de datos del método Schlumberger del Perfil eléctrico V3-1.

La tomografía eléctrica al correlacionarlas con la litología del sector refleja cuatro zonas predominantes: Zona A con niveles de resistividad muy bajos se identifican como una zona altamente saturada, materiales coluviales; Zona B con niveles de resistividad bajos que se los relaciona con materiales de escombrera, bloques de rocas sueltos, detritos, gravas sub angulares, arenas gruesas de color marrón y limos arenosos; Zona C con niveles de resistividad medios que se relacionan con rocas altamente fracturadas y meteorizadas con un menor índice de humedad, y, la Zona D con resistividades altas se la ha clasificado en dos: superior que consiste en la presencia de bloques de gran diámetro, e inferior que puede considerarse como la roca base perteneciente a la Unidad sabanilla. Como se puede ver en la Tabla 8.

Tabla 8. Unidades geoelectricas obtenidas en el perfil eléctrico V3-1

Unidad Geoelectrica	Resistividad (Ohm-m)	Correspondencia Geológica
A	30-100	Zonas con altos índices de humedad suelos residuales y coluviales
B	100-500	Materiales de escombrera, bloques de rocas sueltos, detritos, gravas sub angulares, arenas gruesas de color marrón y limos arenosos
C	500-1500	Rocas de la altamente fracturada y meteorizada.
D	>1500	Rocas sana y poco fracturada

En la Tomografía de resistividad Eléctrica al correlacionar con la información de las bitácoras y los datos obtenidos al día de la exploración como grietas de tención, cunetas de hormigón en mal estado, escombreras; se observaron resistividades bajas en donde las cuatro cunetas de hormigón se encuentran ubicadas, debido a que las mismas estuvieron generando zonas de infiltración en la superficie del terreno.

En el extremo izquierdo de la Figura 42 se puede observar resistividades altas correspondiente a la Zona D, y debajo de este no se observa una continuidad de resistividades altas, si no resistividades menores por lo que se define como un bloque de roca suelta con indicios a desprenderse, lo que ocasiona una inestabilidad en el pie del talud. Los mismos datos se encuentran reflejados en la tomografía eléctrica.

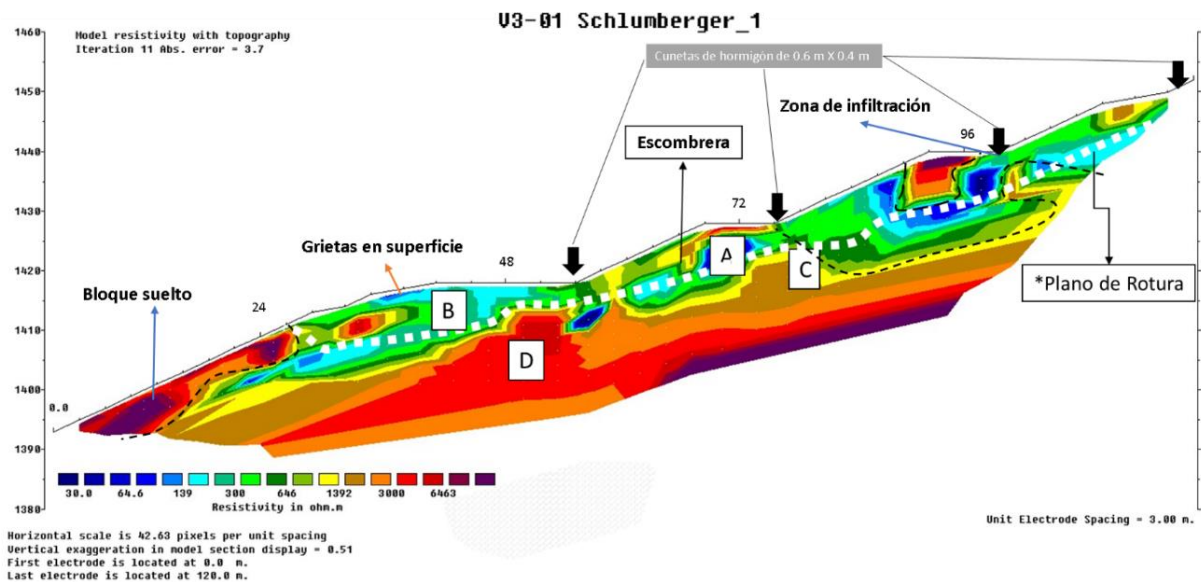


Figura 42. Interpretación del método de Schlumberger del perfil eléctrico V3-1.

Se interpretó la ubicación de la superficie de rotura del movimiento entre las resistividades con un valor que oscila entre 100 y 500 Ohm, encontrándose entre las unidades geoelectricas A y B. Siendo así que el plano de rotura del deslizamiento se ha producido donde se encuentra sobre los materiales más débiles, los mismo que se los correlaciona con suelos alterdados y saturados, y el material deslizado corresponde a materiales con niveles de resistividad bajos que se los relaciona con materiales de las unidades geoelectricas A y B con zonas de altos índices de humedad o suelos saturados. La superficie de rotura del deslizamiento se lo interpreto a una profundidad que varía entre 4 a 7 metros a lo largo del perfil.

No se observó continuidades laterales de resistividades bajas, por lo que no se identificaron niveles freáticos ni flujos de agua, ya que no se evidencia ninguna correlación con algún flujo presente en el sector, solo se determinaron resistividades muy bajas que corresponden a zonas saturadas

6.2.1.2 Perfil V3-2. En el perfil V3-2 se interpretó las resistividades obteniendo las estructuras verticales, es decir los límites y la superficie de deslizamiento, profundidad del suelo y zonas de saturación.

El perfil eléctrico se encontraba orientado de Sureste-Noroeste, con una longitud de 123 m, se encuentra paralelamente al perfil V3-1 y recorre longitudinalmente el deslizamiento por el centro izquierdo del mismo. Esta configuración presenta un RMS de 3.8% y una escala de

resistividad eléctrica que empieza con un valor de 30 Ohm hasta valores mayores a 6463 Ohm, como se observa en la Figura 43.

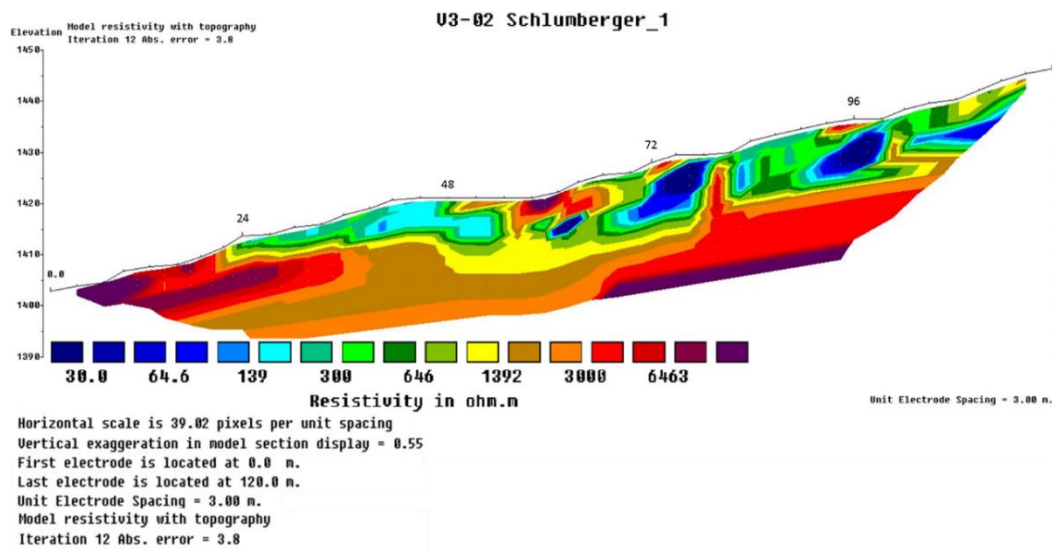


Figura 43. Grafica de inversión de datos del método Schlumberger del Perfil eléctrico V3-2.

La tomografía eléctrica al correlacionarlas con la litología del sector reflejo cuatro zonas predominantes: Zona A con niveles de resistividad muy bajos se identifican como una zona altamente saturada, materiales coluviales; Zona B con niveles de resistividad bajos que se relaciona con materiales de escombrera, bloques de rocas sueltos, detritos, gravas sub angulares, arenas gruesas de color marrón y limos arenosos; Zona C con niveles de resistividad medios que se relacionan con rocas altamente fracturadas y meteorizadas con un menor índice de humedad, y, la Zona D con resistividades altas se la ha clasificado en dos: superior que consiste en la presencia de bloques de gran diámetro, e inferior que puede considerarse como la roca base perteneciente a la Unidad sabanilla, ver Tabla 9.

Tabla 9. Unidades geoelectricas obtenidas en el perfil eléctrico V3-2

Unidad Geoelectrica	Resistividad (Ohm-m)	Correspondencia Geológica
A	30-100	Zonas con altos índices de humedad suelos residuales y coluviales
B	100-500	Materiales de escombrera, bloques de rocas sueltos, detritos, gravas sub angulares, arenas gruesas de color marrón y limos arenosos
C	500-1500	Rocas de la altamente fracturada y meteorizada.
D	>1500	Rocas sana y poco fracturada

En la Tomografía de resistividad eléctrica al correlacionar con la información de las bitácoras y los datos obtenidos al día de la exploración como cunetas de hormigón en malas condiciones, escombreras; se observaron resistividades bajas en donde las cuatro cunetas de hormigón se encuentran ubicadas, debido a que las mismas estuvieron generando zonas de infiltración, uno de los motivos por lo que permiten la filtración es que no se encuentran

correctamente impermeabilizados. Los resultados se encuentran reflejados en la tomografía eléctrica, ver Figura 44.

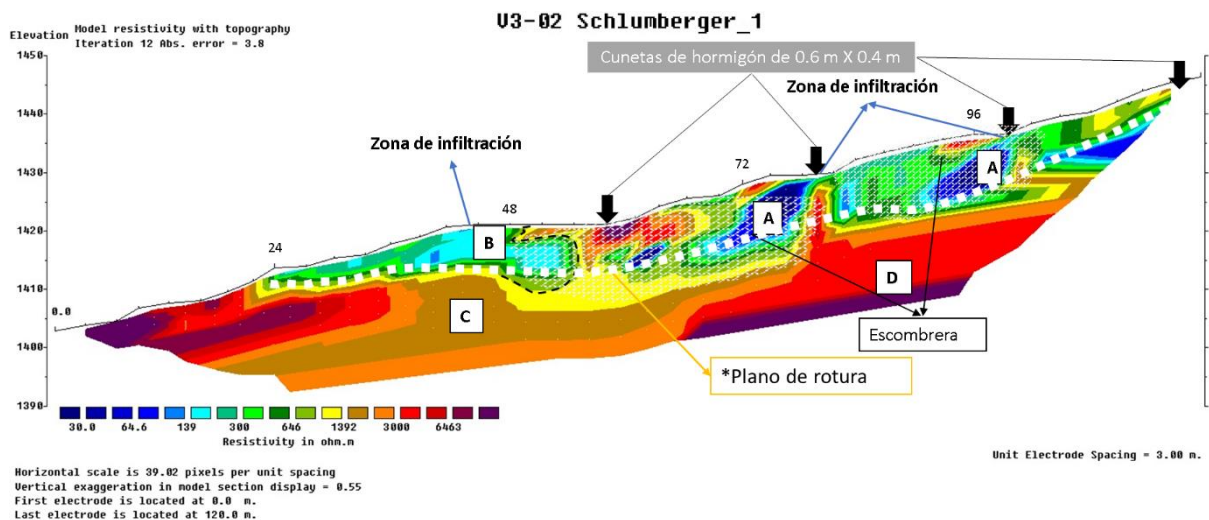


Figura 44. Interpretación del método de Schlumberger del perfil eléctrico V3-2.

Se interpreta la ubicación de la superficie de rotura del movimiento entre las resistividades de un valor que oscila entre 100 y 500 Ohm, encontrándose entre la unidad geoelectrica B. Siendo así que el plano de rotura del deslizamiento se ha producido donde se encuentra sobre los materiales más débiles, los mismo que se los correlaciona con suelos alterados y saturados, y el material deslizado corresponde a materiales con niveles de resistividad bajos que se los relaciona con materiales de las unidades geoelectricas A y B siendo zonas saturadas que van entre profundidades de 1 a 10 metros. La superficie de rotura se lo interpretó a una profundidad que varía entre 7 y 10 metros.

En la parte superior del perfil se detectaron diferentes zonas de resistividades altas, se debe a que la zona fue empleada como escombrera, este material da lecturas de resistividades altas por lo que se encuentra conformado por rocas metamórficas de gneis. No se observaron niveles freáticos.

6.2.1.3 Perfil V3-3. En el perfil V3-3 se interpretó las resistividades obteniendo las estructuras verticales, es decir los límites y la superficie de deslizamiento, profundidad del suelo y zonas de saturación.

El perfil eléctrico se encontraba orientado de Sureste-Noroeste, con una longitud de 123 m, se encuentra paralelamente al perfil V3-2 y recorre longitudinalmente el deslizamiento por el centro derecho del mismo. Esta configuración presenta un RMS de 5.7% y una escala de resistividad eléctrica en ohmios metros que empieza con un valor de 30 Ohm hasta valores mayores a 6463 Ohm, como se observa en la Figura 45.

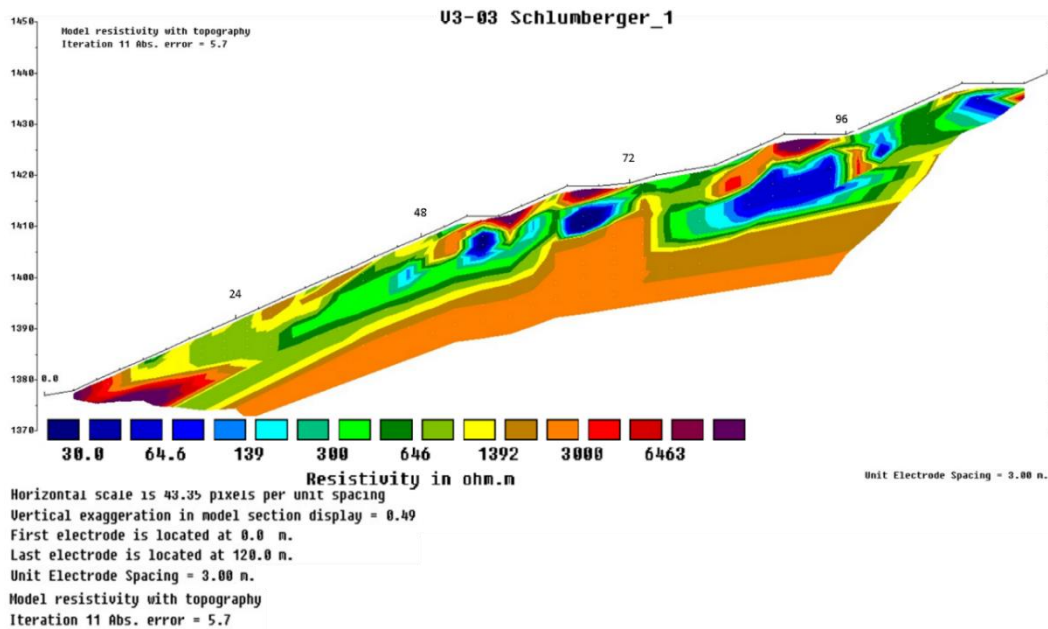


Figura 45. Grafica de inversión de datos del método Schlumberger del Perfil eléctrico V3-3.

La tomografía eléctrica al correlacionarlas con la litología del sector refleja cuatro zonas predominantes: Zona A con niveles de resistividad muy bajos se identifican como una zona altamente saturada, materiales coluviales; Zona B con niveles de resistividad bajos que se los relaciona con materiales de escombrera, bloques de rocas sueltos, detritos, gravas sub angulares, arenas gruesas de color marrón y limos arenosos; Zona C con niveles de resistividad medios que se relacionan con rocas altamente fracturadas y meteorizadas con un menor índice de humedad, y, la Zona D con resistividades altas se la ha clasificado en dos: superior que consiste en la presencia de bloques de gran diámetro, e inferior que puede considerarse como la roca base perteneciente a la Unidad sabanilla, ver Tabla 10.

Tabla 10. Unidades geoelectricas obtenidas en el perfil eléctrico V3-3

Unidad Geoelectrica	Resistividad (Ohm-m)	Correspondencia Geológica
A	30-100	Zonas con altos índices de humedad suelos residuales y coluviales
B	100-500	Materiales de escombrera, bloques de rocas sueltos, detritos, gravas sub angulares, arenas gruesas de color marrón y limos arenosos
C	500-1500	Rocas de la altamente fracturada y meteorizada.
D	>1500	Rocas sana y poco fracturada

La particularidad de esta línea es que arroja valores de resistividades bajos al momento que se realizaron las lecturas de las tomografías eléctricas, ya que al interpretar presentaron zonas de resistividad baja que hace referencia a zonas con mayor contenido de humedad debido a que las rocas en esta sección se registran con mayor meteorización y/o fracturación, las mismas permiten mayor filtración de agua.

En la Tomografía de resistividad Eléctrica al correlacionar con la información de las bitácoras y los datos obtenidos al día de la exploración como cunetas de hormigón en malas condiciones, escombreras; se observaron resistividades bajas en donde las cuatro cunetas de hormigón se encuentran ubicadas, debido a que las mismas estuvieron generando zonas de infiltración, uno de los motivos por lo que permiten la filtración es que no se encuentran correctamente impermeabilizados.

Los mismos datos se encuentran reflejados en la tomografía eléctrica. En el extremo izquierdo de la Figura 46 se puede observar resistividades altas correspondiente la Zona D, que se lo definió como un bloque de roca suelta, con indicios a desprenderse, por lo que debajo de este no se encuentra una secuencia o continuidad de resistividades altas, si no de resistividades con niveles inferiores.

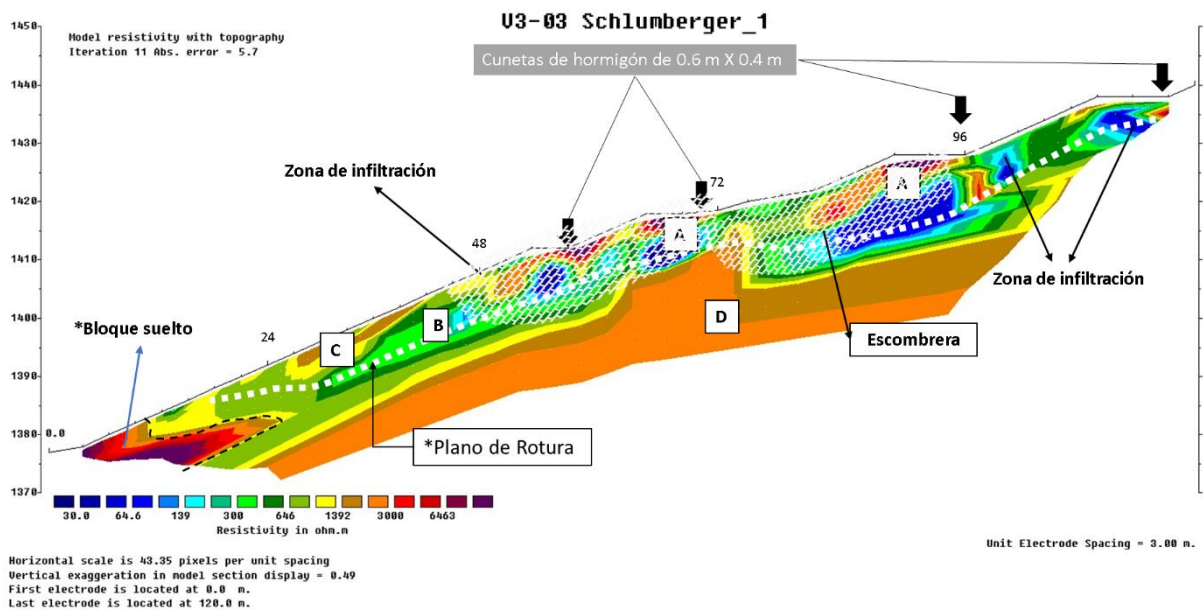


Figura 46. Interpretación del método de Schlumberger del perfil eléctrico V3-3.

Se interpreta la ubicación de la superficie de rotura del movimiento entre las resistividades de un valor que oscila entre 100 y 500 Ohm, encontrándose entre la unidad geoelectrica B. Siendo así que el plano de rotura del deslizamiento se ha producido donde se encuentra sobre los materiales más débiles, los mismo que se los correlaciona con suelos alterados y saturados, y el material deslizado corresponde a materiales con niveles de resistividad bajos que se los relaciona con materiales de las unidades geoelectricas A y B con zonas de altos índices de humedad o suelos saturados, siendo zonas saturadas que van entre profundidades de 1 a 12 metros. La superficie de rotura del deslizamiento se lo interpreto a una profundidad que varía entre 6.5 a 11 metros.

En la parte superior del perfil se detectaron diferentes zonas de resistividades altas, se debe a que la zona fue empleada como escombrera, este material da lecturas de resistividades

altas por lo que se encuentra conformado por rocas metamórficas de gneis. No se identificaron niveles freáticos.

6.2.1.4 Perfil V3-4. En el perfil V3-4 se interpretó las resistividades obteniendo las estructuras verticales, es decir los límites y la superficie de deslizamiento, profundidad del suelo y zonas de saturación.

El perfil eléctrico se encontraba orientado de Sureste-Noroeste, con una longitud de 123 m, se encuentra paralelamente al perfil V3-3 y recorre longitudinalmente el deslizamiento por el costado Este del mismo. Esta configuración presenta un RMS de 5.4% y una escala de resistividad eléctrica en ohmios metros que empieza con un valor de 30 Ohm hasta valores mayores a 6463 Ohm, como se observa en la Figura 47.

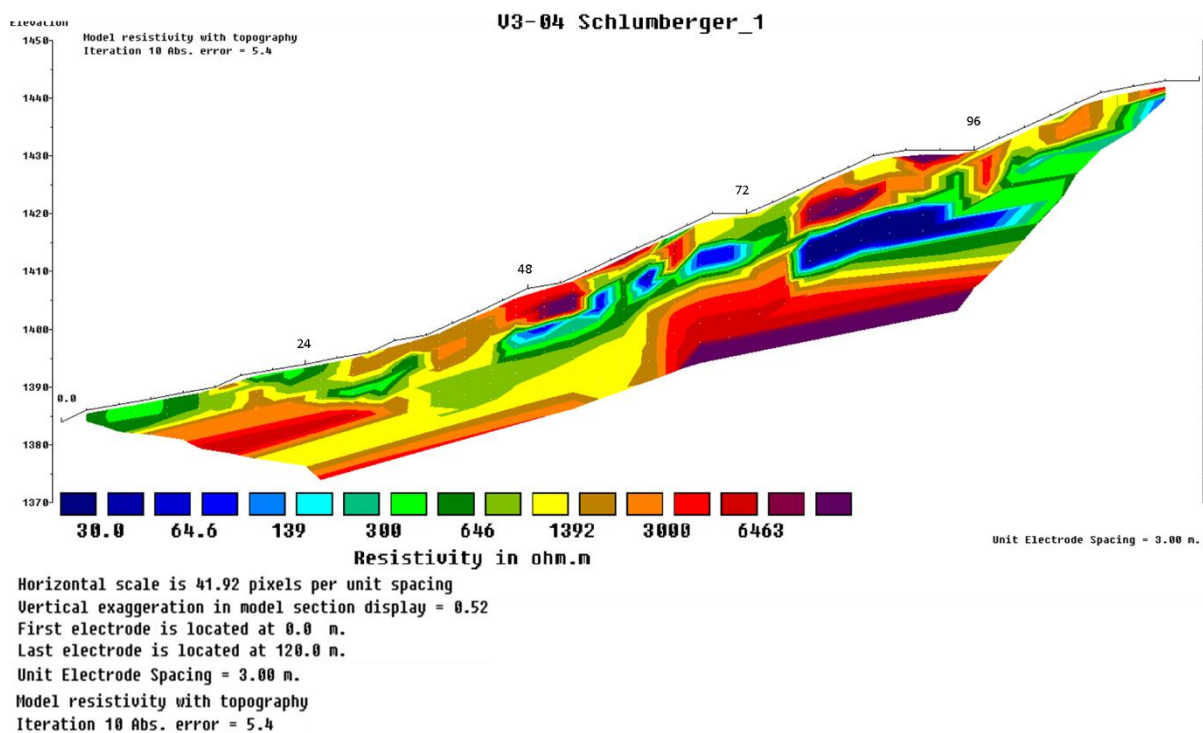


Figura 47. Grafica de inversión de datos del método Schlumberger del Perfil eléctrico V3-4

La tomografía eléctrica al correlacionarlas con la litología del sector refleja cuatro zonas predominantes: Zona A con niveles de resistividad muy bajos se identifican como una zona altamente saturada, materiales coluviales; Zona B con niveles de resistividad bajos que se los relaciona con materiales de escombrera, bloques de rocas sueltos, detritos, gravas sub angulares, arenas gruesas de color marrón y limos arenosos; Zona C con niveles de resistividad medios que se relacionan con rocas altamente fracturadas y meteorizadas con un menor índice de humedad, y, la Zona D con resistividades altas se la ha clasificado en dos: superior que consiste en la presencia de bloques de gran diámetro, e inferior que puede considerarse como la roca base perteneciente a la Unidad sabanilla, ver Tabla 11.

Tabla 11. Unidades geoelectricas obtenidas en el perfil eléctrico V3-4

Unidad Geoelectrica	Resistividad (Ohm-m)	Correspondencia Geológica
A	30-100	Zonas con altos índices de humedad suelos residuales y coluviales
B	100-500	Materiales de escombrera, bloques de rocas sueltos, detritos, gravas sub angulares, arenas gruesas de color marrón y limos arenosos
C	500-1500	Rocas de la altamente fracturada y meteorizada.
D	>1500	Rocas sana y poco fracturada

En la Tomografía de resistividad Eléctrica al correlacionar con la información de las bitácoras y los datos obtenidos al día de la exploración como las cunetas de hormigón en mal estado, escombreras; se observaron resistividades bajas en donde la cuneta de hormigón intermedia se encuentra ubicada, debido a que las misma estuvo generando zonas de infiltración, uno de los motivos por lo que permiten la filtración es que no se encuentran correctamente impermeabilizado.

En el extremo izquierdo de la Figura 48 se puede observar resistividades altas correspondiente unidad geoelectrica D, que se lo definió como un bloque de roca suelto, con indicios a desprenderse, por lo que debajo de este no se encuentra una secuencia o continuidad de las mismas resistividades, si no de resistividades menores. Los mismos datos se encuentran reflejados en la tomografía eléctrica.

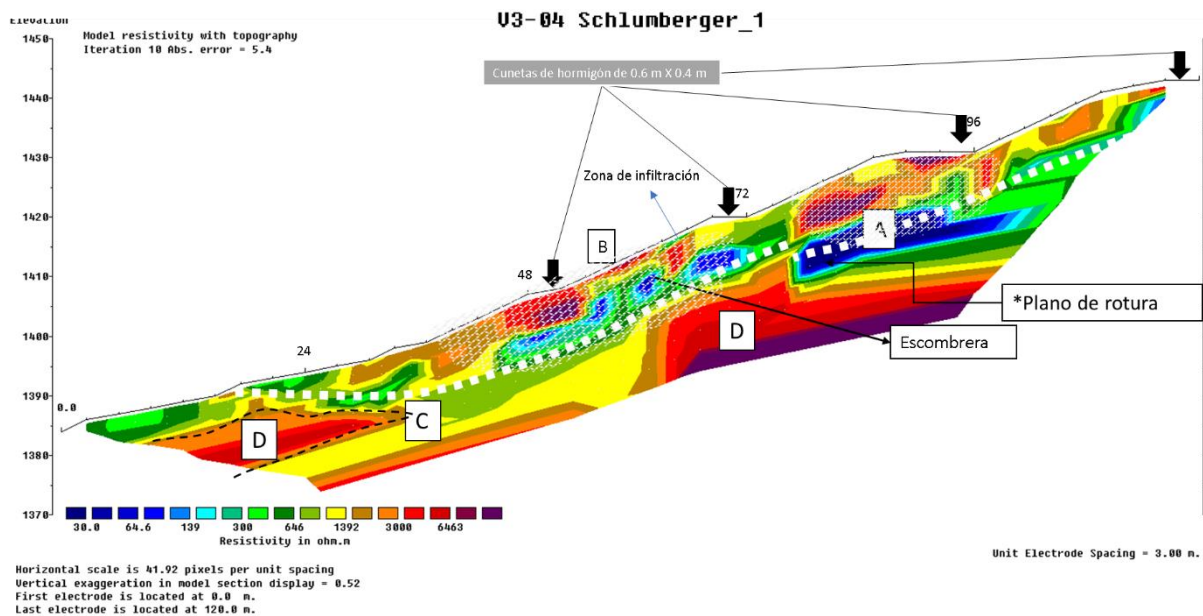


Figura 48. Interpretación del método de Schlumberger del perfil eléctrico V3-4.

Se interpreta la ubicación de la superficie de rotura del movimiento entre las resistividades de un valor que oscila entre 100 y 500 Ohm, encontrándose entre la unidad geoelectrica B. Siendo así que el plano de rotura del deslizamiento se ha producido donde se encuentra sobre los materiales más débiles, los mismo que se los correlaciona con suelos alterados y saturados, y el material deslizado corresponde a materiales con niveles de

resistividad bajos que se los relaciona con materiales de las unidades geoelectricas A y B con zonas de altos índices de humedad o suelos saturados, siendo zonas saturadas que van entre profundidades de 7 a 15 metros. La superficie de rotura se lo interpreto a una profundidad que varía entre 8.8 a 11 metros.

Los suelos se encuentran a una misma profundidad que el plano de rotura, ya que estos están relacionados con el material deslizado. En la parte superior del perfil se detectaron diferentes zonas de resistividades altas, se debe a que la zona fue empleada como escombrera, este material da lecturas de resistividades altas por lo que se encuentra conformado por rocas metamórficas de gneis. No se identificaron niveles freáticos.

Se realizó un perfil o corte geoelectrico en las 4 tomografías realizados en Ventana 3, los mismo fueron realizadas en un mismo punto a una misma distancia de 48 metros en una dirección SW-NE, identificado como se encontraron predispuesta las unidades geoelectricas, estos perfiles se encuentran a una misma altitud ya que fueron tomados en la zona de la berma, Figura 49, los perfiles se encuentran ubicados paralelamente a una distancia aproximada de 14 a 16 metros entre cada uno. Así mismo se observa que el plano de falla se encuentra entre las unidades geo eléctricas A y B.

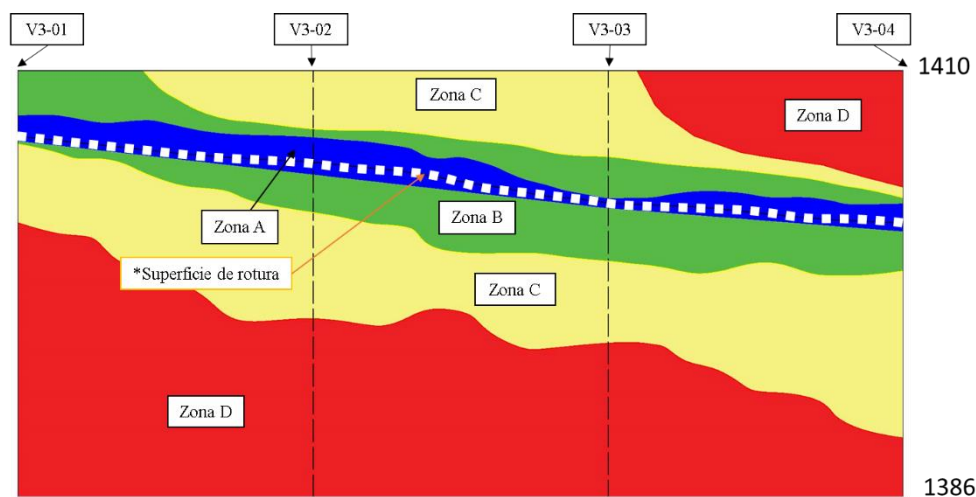


Figura 49. Perfil o corte Geoelectrico de Ventana 3

Para mayor entendimiento de la estimación de las profundidades del suelo, zonas de saturación, niveles freáticos y superficies de rotura en los diferentes perfiles realizados en el sector de Ventana 3, a partir de la correlación de las diferentes unidades geoelectricas con la litología encontradas en la zona, se ha obtenido como resultado un perfil litológico, Figura 50, donde se puede observar que el suelo y las zonas de saturación se encuentra a profundidades que van entre 5 a 20 metros, la superficie de rotura se estima entre valores que van de 6 a 10 metros de profundidad, esta superficie de rotura se ha producido donde existen materiales más saturados y débiles que se los relaciono con suelos de matriz limo arenosa, así mismo los

bloques de roca sano se estiman a una profundidad de 11 a 22 metros y los bloques altamente fracturados y meteorizados se encuentran sobre la roca sana, finalmente se interpretó que al pie del talud se tiene posibles bloques de roca sueltos, que puede afectar a la estabilidad del talud.

Por otro lado, la zona se identificó la zona de escombrera que tiene profundidades que van entre 7 y 10 metros, y un área de 7617 m² obteniendo un volumen de 60936 m³ de materiales de escombrera, siendo estos materiales los que provocaron una sobrecarga en el talud.

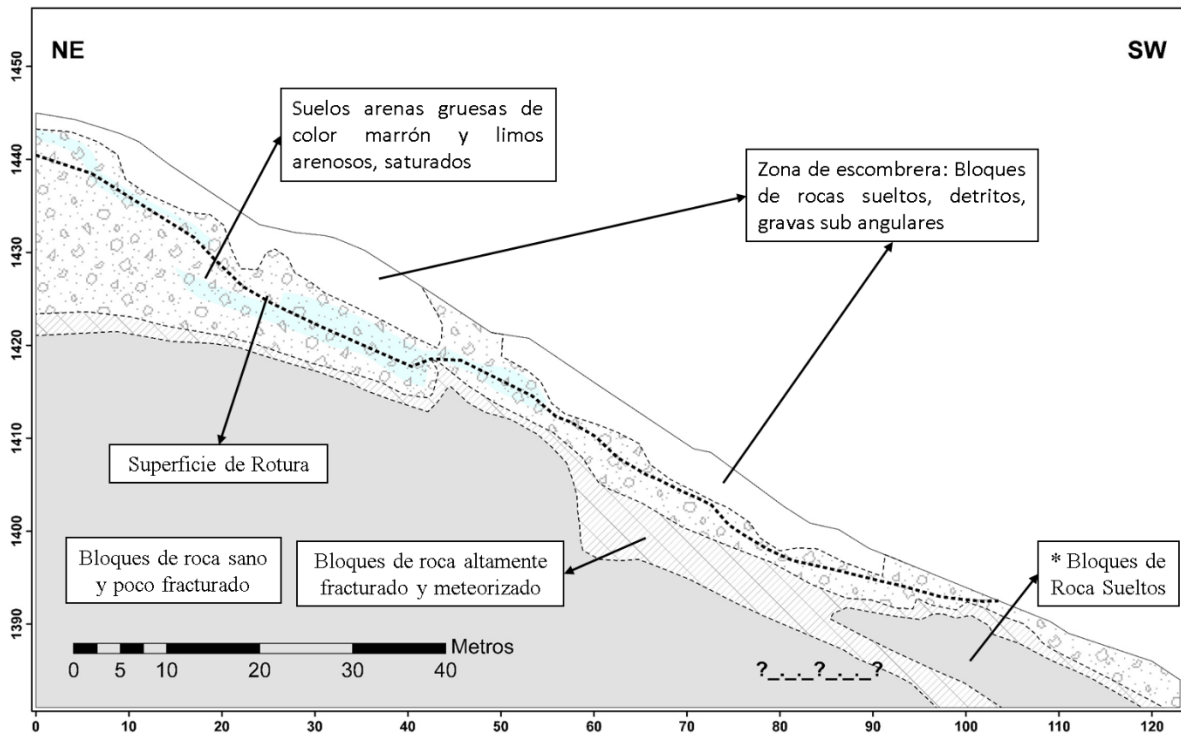


Figura 50. Perfil Litológico de Ventana 3.

Nota. Este perfil se lo obtuvo con la correlación entre las unidades geoelectricas obtenidas en los perfiles eléctricos con la litología del sector.

6.2.2 Interpretación de perfiles eléctricos de Ventana 4

Las tomografías eléctricas al correlacionarlas con la litología del sector reflejaron cuatro zonas predominantes: Zona A con niveles de resistividad muy bajos se identifican como una zona altamente saturada, materiales coluviales; Zona B con niveles de resistividad bajos que se los relaciona con una mezcla de bloques, clastos y guijarros en matriz limosa arenosa y poco porcentaje de arcilla; Zona C con niveles de resistividad medios que se relacionan con rocas altamente fracturadas y meteorizadas con un menor índice de humedad, y, la Zona D con resistividades altas se la ha clasificado en dos: superior que consiste en la presencia de bloques de gran diámetro, e inferior que puede considerarse como la roca base perteneciente a la Unidad sabanilla.

Se identificó en el sector escarpes, la corona de deslizamiento en la zona alta, un muro de gaviones colapsado al pie del talud confirmando la existencia de un movimiento en masa en la zona, en el área se identificaron cunetas que se encuentran en mal estado, las misma permiten la filtración de agua en varios tramos del sector. Parte de la escombrera se encontraba poco compactada, la misma que permitió la filtración de agua al sector, arrojando valores de resistividad baja al momento de realizar las lecturas, se observó un muro de gaviones colapsado y presentaba un flujo constante de agua, sobre este muro se identificó la zona de acumulación. Se observaron abundantes fragmentos de rocas y cobertura vegetal, encontrando un afloramiento de macizo rocoso en la parte alta e intermedia del talud.

6.2.2.1 Perfil V4-1. En la tomografía V4-1 se interpretó las resistividades obteniendo las estructuras verticales, es decir los límites y la superficie de deslizamiento, profundidad del suelo y zonas de saturación.

El perfil eléctrico se encontraba orientado de Noreste-Suroeste, con una longitud de 123 m y recorre longitudinalmente el deslizamiento en el costado derecho del mismo. Esta configuración presenta un RMS de 4.6% y una escala de resistividad eléctrica que empieza con un valor de 30 Ohm hasta valores mayores a 6463 Ohm, como se observa en la Figura 51.

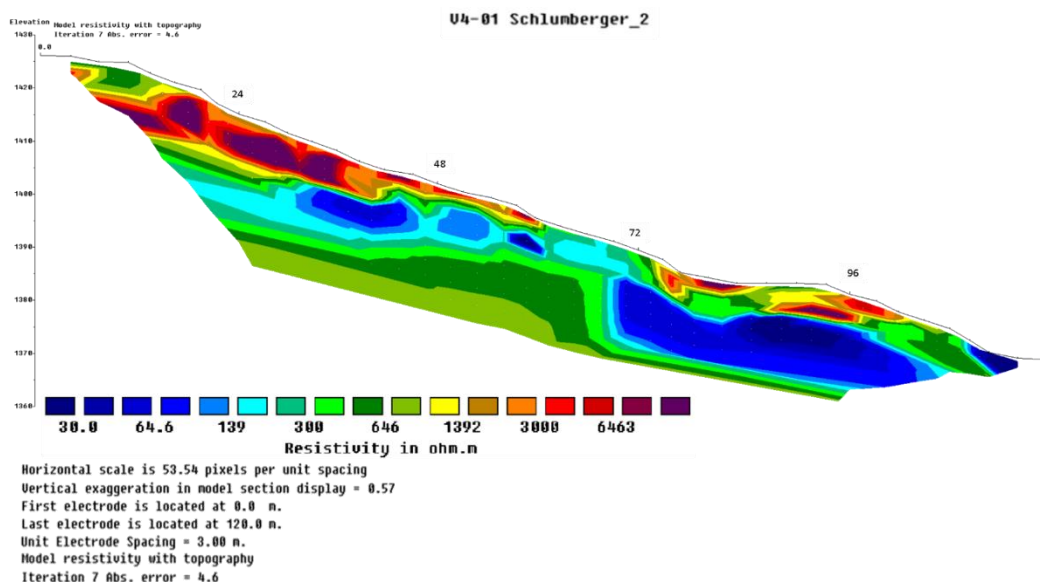


Figura 51. Grafica de inversión de datos del método Schlumberger del Perfil eléctrico V4-1.

La tomografía eléctrica al correlacionarlas con la litología del sector reflejo cuatro zonas predominantes: Zona A con niveles de resistividad muy bajos se identifican como una zona altamente saturada, materiales coluviales; Zona B con niveles de resistividad bajos que se los relaciona con una mezcla de bloques, clastos y guijarros de la Unidad Sabanilla en matriz limosa arenosa y poco porcentaje de arcilla; Zona C con niveles de resistividad medios que se relacionan con rocas altamente fracturadas y meteorizadas con un menor índice de humedad, y,

la Zona D con resistividades altas se la ha clasificado en dos: superior que consiste en la presencia de bloques de gran diámetro, e inferior que puede considerarse como la roca base perteneciente a la Unidad Sabanilla, ver Tabla 12.

Tabla 12. Unidades geoelectricas obtenidas en el perfil eléctrico V4-1

Unidad Geoelectrica	Resistividad (Ohm-m)	Correspondencia Geológica
A	30-100	Zonas con altos índices de humedad suelos residuales y coluviales
B	100-500	Materiales de bote (escombrera) , mezcla de bloques, clastos y guijarros en matriz limosa arenosa y poco % de arcilla.
C	500-1500	Rocas de la altamente fracturada y meteorizada.
D	>1500	Rocas sana y poco fracturada

En la Tomografía de resistividad Eléctrica al correlacionar con la información de las bitácoras y los datos obtenidos al día de la exploración como escarpes, corona del deslizamiento en la zona alta, cunetas de hormigón en mal estado, escombreras, y al pie del talud se encontró un muro de gaviones colapsado con presencia de paso de agua y bastante saturado. Los mismos datos se encuentran reflejados en la tomografía eléctrica.

En el extremo izquierdo de la Figura 52 se puede observar resistividades altas correspondiente la Zona D, y debajo de este no se observa una continuidad de resistividades altas, si no resistividades menores por lo que se define como un bloque de roca suelto con indicios a desprenderse, siendo el caso de que parte del bloque suelto ya colapso, ya que en la exploración de la zona se identificó que la corona del deslizamiento se encontraba entre bloques de rocas fracturados.

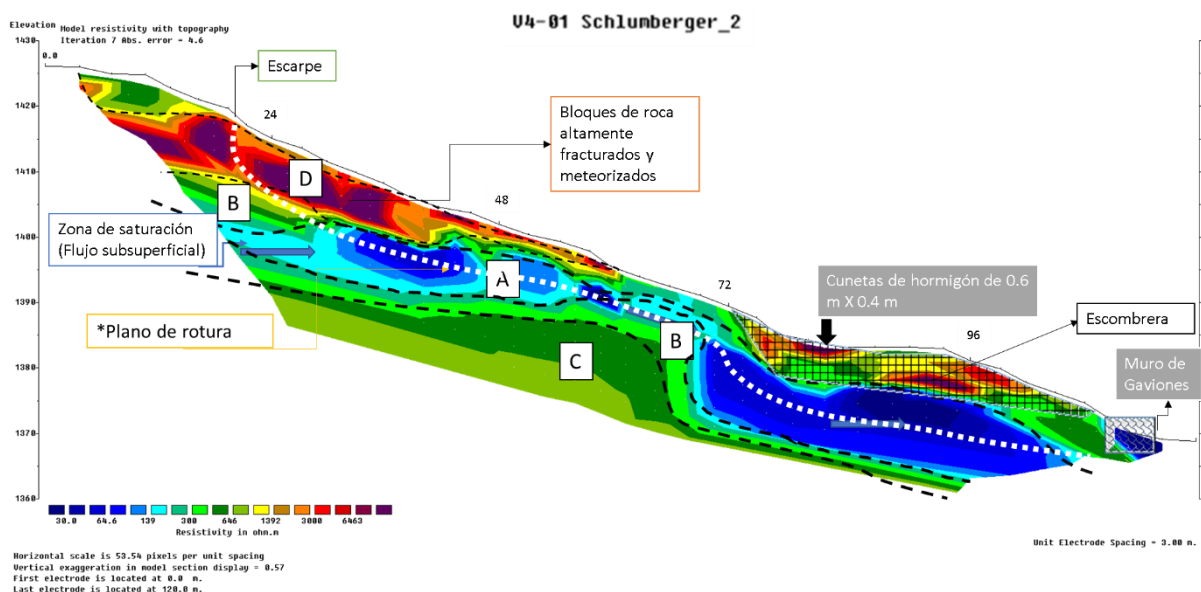


Figura 52. Interpretación del método de Schlumberger del perfil eléctrico V4-1.

En el perfil eléctrico se observan abundantes resistividades bajas, las mismas que al correlacionarlos con los flujos de aguas presentes en el sector, coinciden con una zona de saturación (flujo subsuperficial o posible nivel freático) que se encuentra sobre la superficie de rotura del deslizamiento a una profundidad de 10 a 13 metros. Así mismo, se interpretó la ubicación de la superficie de rotura que se encuentra entre las resistividades con un valor que oscila entre 300 y 500 Ohm, siendo así que las rocas de esta sección se las correlaciona con valores de resistividad bajas y medias que se registran altamente fracturadas y meteorizadas, las mismas que pueden permitir el flujo de agua, así mismo esta saturación es la que ocasiona el desplazamiento del material.

La superficie de rotura del deslizamiento se lo interpretó a una profundidad en la parte superior de 12 a 16 metros, por otro lado, los suelos se encuentran a una misma profundidad que la superficie de rotura del deslizamiento, ya que estos están relacionados con el material deslizado de resistividades bajas.

El material deslizado corresponde a materiales con niveles de resistividad bajos y medios que se los relaciona con materiales de las unidades geoelectricas A y B con zonas de altos índices de humedad o suelos saturados. Los mismo pueden estar deslizando por encontrarse en una zona muy saturada o nivel freático, y, en la parte superior del perfil se detectaron diferentes zonas de resistividades altas, se debe a que la zona fue empleada como escombrera, este material da lecturas de resistividades altas por lo que se encuentra conformado por rocas metamórficas de gneis.

6.2.2.2 Perfil V4-2. En el perfil V4-2 se interpretó las resistividades obteniendo las estructuras verticales, es decir los límites y la superficie de deslizamiento, profundidad del suelo y zonas de saturación.

El perfil eléctrico se encontraba orientado de Noreste-Suroeste, con una longitud de 123 m, se encuentra paralelamente al perfil V4-1 y recorre longitudinalmente el deslizamiento por el costado izquierdo del mismo. Esta configuración presenta un RMS de 5.4% y una escala de resistividad eléctrica que empieza con un valor de 30 Ohm hasta valores mayores a 6463 Ohm, como se observa en la Figura 53.

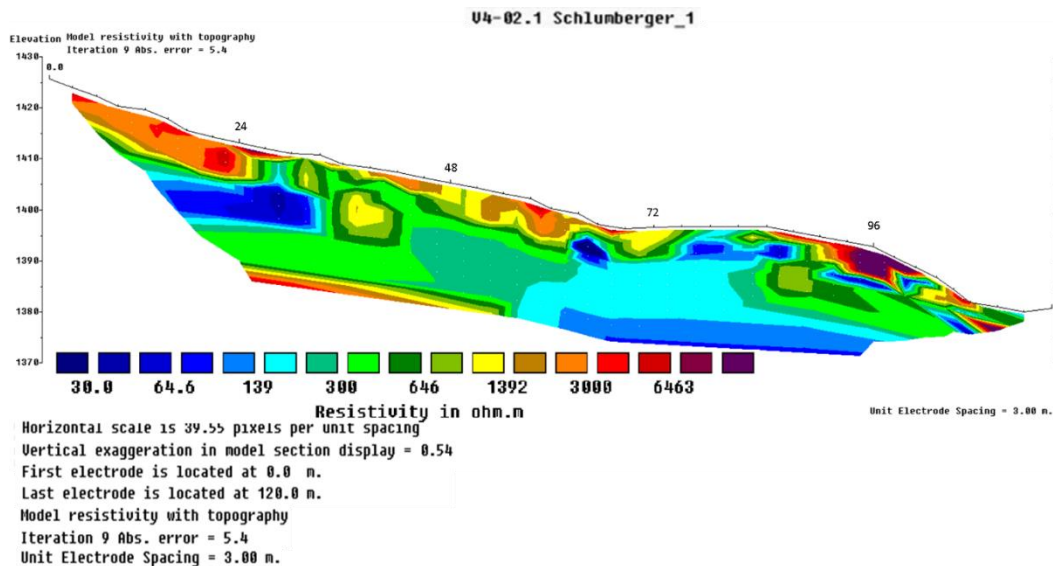


Figura 53. Grafica de inversión de datos del método Schlumberger del Perfil eléctrico V4-2.

La tomografía eléctrica al correlacionarlas con la litología del sector refleja cuatro zonas predominantes: Zona A con niveles de resistividad muy bajos se identifican como una zona altamente saturada, materiales coluviales; Zona B con niveles de resistividad bajos que se los relaciona con una mezcla de bloques, clastos y guijarros en matriz limosa arenosa y poco porcentaje de arcilla; Zona C con niveles de resistividad medios que se relacionan con rocas altamente fracturadas y meteorizadas con un menor índice de humedad, y, la Zona D con resistividades altas se la ha clasificado en dos: superior que consiste en la presencia de bloques de gran diámetro, e inferior que puede considerarse como la roca base perteneciente a la Unidad Sabanilla, ver Tabla 13.

Tabla 13. Unidades geoelectricas obtenidas en el perfil eléctrico V4-2

Unidad Geoelectrica	Resistividad (Ohm-m)	Correspondencia Geológica
A	30-100	Zonas con altos índices de humedad suelos residuales y coluviales
B	100-500	Materiales de bote (escombrera) , mezcla de bloques, clastos y guijarros en matriz limosa arenosa y poco % de arcilla.
C	500-1500	Rocas de la altamente fracturada y meteorizada.
D	>1500	Rocas sana y poco fracturada

En la Tomografía de resistividad Eléctrica al correlacionar con la información de las bitácoras y los datos obtenidos al día de la exploración como escarpes, corona del deslizamiento en la zona alta, cunetas de hormigón en mal estado, escombreras, y al pie del talud se encontró un muro de gaviones colapsado con presencia de paso de agua y bastante saturado. En el extremo izquierdo superior de la Figura 54 se puede observar resistividades altas correspondiente de la Zona D, y debajo de este no se observa una continuidad de resistividades altas, si no resistividades menores por lo que se define como un bloque de roca suelto con

indicios a desprenderse, ya que en la exploración de la zona se observó afloramientos de bloques de rocas fracturados. Los mismos datos se encuentran reflejados en la tomografía eléctrica.

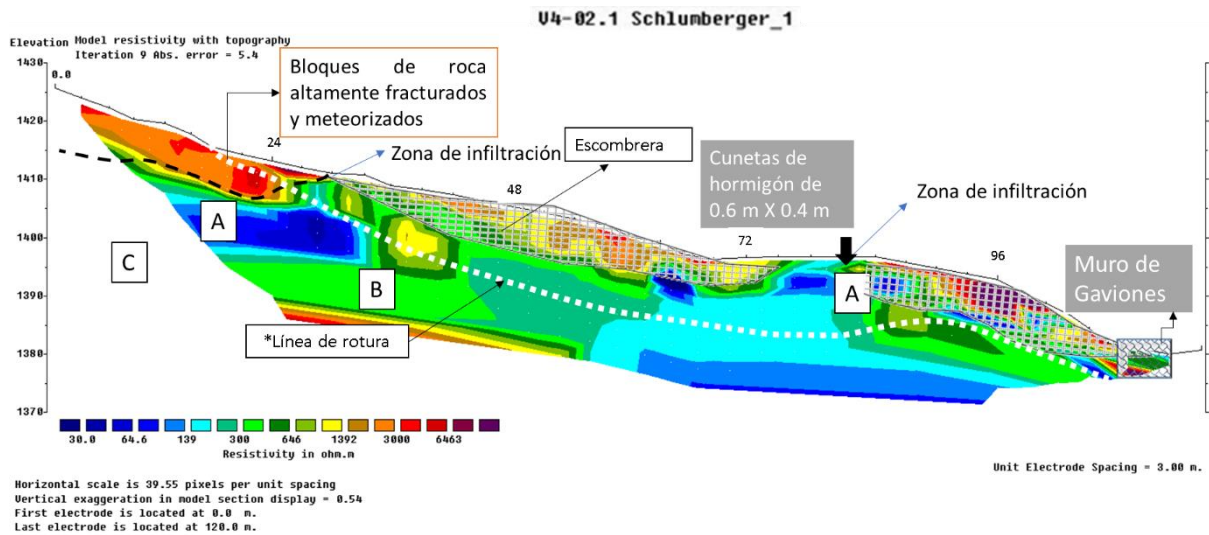


Figura 54. Interpretación del método de Schlumberger del perfil eléctrico V4-2.

Se interpretó la ubicación de la superficie de rotura del deslizamiento entre las resistividades de 100 y 300 Ohm, y se observan abundantes resistividades bajas, estos valores de resistividades de niveles bajos son ocasionadas por las secciones de roca altamente fracturadas y meteorizadas, y, las que permiten la filtración de agua; este plano se lo delimito entre estos valores de resistividad, por lo que se observa en la lectura una alineación, infiriendo que el plano de rotura del deslizamiento se encuentra en esta zona.

El plano de rotura del deslizamiento se lo interpreto a una profundidad que va entre los 13 a 16 metros. El material deslizado corresponde a materiales con niveles de resistividad bajos y medios que se los relaciona con materiales de las unidades geoelectricas A y B con zonas de altos índices de humedad o suelos saturados.

En la parte superior del perfil se detectaron diferentes zonas de resistividades altas, se debe a que la zona fue empleada como escombrera, este material da lecturas de resistividades altas por lo que se encuentra conformado por rocas metamórficas de gneis.

Las zonas de saturación y los suelos se encuentran a una profundidad indefinida por lo que las lecturas tienen una profundidad máxima de 25 metros, y las lecturas indican que no se tiene un basamento rocoso debajo de los perfiles eléctricos, y se observaron resistividades bajas por toda la zona baja del perfil.

6.2.2.3 Perfil V4-3. En el perfil V4-3 se interpretó las resistividades obteniendo las estructuras horizontales, es decir los límites y la superficie de deslizamiento, profundidad del suelo y zonas de saturación.

El perfil eléctrico se encontraba orientado de Este-Oeste, con una longitud de 123 m, recorre transversalmente en la parte superior al deslizamiento. Esta configuración presenta un RMS de 3.5% y una escala de resistividad eléctrica que empieza con un valor de 30 Ohm hasta valores mayores a 6463 Ohm, como se observa en la Figura 55.

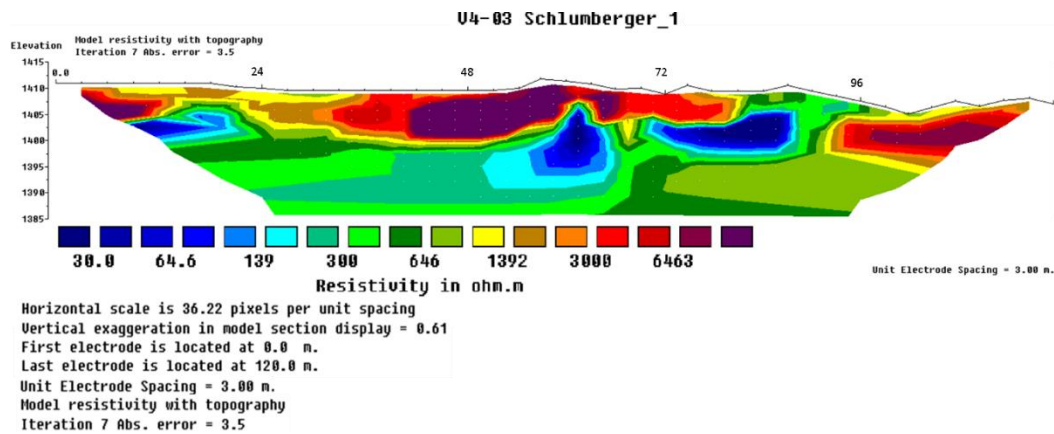


Figura 55. Grafica de inversión de datos del método Schlumberger del Perfil eléctrico V4-3.

La tomografía eléctrica al correlacionarlas con la litología del sector refleja cuatro zonas predominantes: Zona A con niveles de resistividad muy bajos se identifican como una zona altamente saturada, materiales coluviales; Zona B con niveles de resistividad bajos que se los relaciona con una mezcla de bloques, clastos y guijarros en matriz limosa arenosa y poco porcentaje de arcilla; Zona C con niveles de resistividad medios que se relacionan con rocas altamente fracturadas y meteorizadas con un menor índice de humedad, y, la Zona D con resistividades altas se la ha clasificado en dos: superior que consiste en la presencia de bloques de gran diámetro, e inferior que puede considerarse como la roca base perteneciente a la Unidad Sabanilla, ver Tabla 14.

Tabla 14. Unidades geoelectricas obtenidas en el perfil eléctrico V4-3

Unidad Geoelectrica	Resistividad (Ohm-m)	Correspondencia Geológica
A	30-100	Zonas con altos índices de humedad suelos residuales y coluviales
B	100-500	Materiales de bote (escombrera) , mezcla de bloques, clastos y guijarros en matriz limosa arenosa y poco % de arcilla.
C	500-1500	Rocas de la altamente fracturada y meteorizada.
D	>1500	Rocas sana y poco fracturada

En la Tomografía de resistividad Eléctrica al correlacionar con la información de las bitácoras y los datos obtenidos al día de la exploración como escarpes, cunetas de hormigón en mal estado, y un afloramiento de roca de gneis perteneciente a la Unidad Sabanilla en la parte

intermedia del perfil eléctrico. En la parte superficial del perfil eléctrico, ver Figura 56, se observaron resistividades altas correspondiente a la unidad Geoeléctrica D, y debajo de este no se observa una continuidad de resistividades altas, si no resistividades menores por lo que se definió como bloques de roca suelta con indicios a desprenderse, siendo el caso de que parte del bloque suelto ya colapso, causando una inestabilidad en la parte superior del talud. Los mismos datos se encuentran reflejados en la tomografía eléctrica.

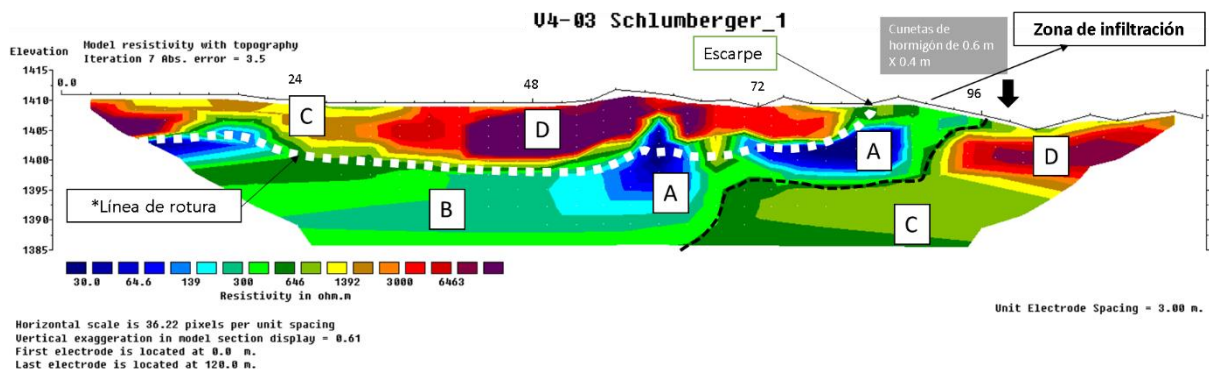


Figura 56. Interpretación del método de Schlumberger del perfil eléctrico V4-3.

Se interpretó la ubicación de la superficie de rotura del deslizamiento entre las resistividades de 100 y 500 Ohm, y se observan abundantes resistividades bajas, las mismas que son ocasionadas por las secciones de roca altamente fracturadas y meteorizadas, las que permiten la filtración de agua y los valores bajos en las lecturas de la tomografía eléctrica. El plano de rotura del deslizamiento se lo interpreto a una profundidad que va entre los 6 a 11 metros.

Las zonas de saturación y los suelos se encuentran a una profundidad indefinida por lo que las lecturas tienen una profundidad máxima de 25 metros, y las lecturas indican resistividades de niveles bajos que se interpreta que no se tiene un basamento rocoso debajo de los perfiles eléctricos. El material deslizado corresponde a materiales con niveles de resistividad bajos y medios que se los relaciona con materiales de las unidades geoeléctricas A y B con zonas de altos índices de humedad o suelos saturados. Los mismo que se pueden estar deslizando por encontrarse en una zona muy saturada o un flujo subsuperficial.

La parte izquierda del perfil eléctrico, se correlaciona con el perfil V4-1, donde se tiene una zona con resistividades bajas que se correlaciona como un flujo subsuperficial (zona de saturación o nivel freático), siendo considerado que el nivel freático se encuentra a una profundidad de 13 metros.

6.2.2.4 Perfil V4-4. En el perfil V4-4 se interpretó las resistividades obteniendo las estructuras horizontales, es decir los límites y la superficie de deslizamiento, profundidad del suelo y zonas de saturación.

El perfil eléctrico se encontraba orientado de Este-Oeste, con una longitud de 123 m, recorre transversalmente en la parte superior céntrica al deslizamiento y es paralelo al perfil eléctrico V4-3. Esta configuración presenta un RMS de 5.1% y una escala de resistividad eléctrica que empieza con un valor de 30 Ohm hasta valores mayores a 6463 Ohm, como se observa en la Figura 57.

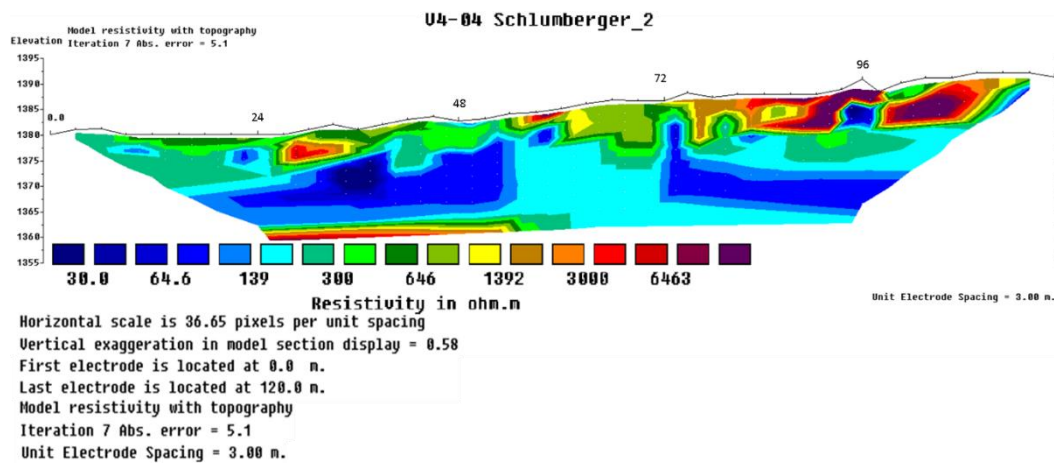


Figura 57. Grafica de inversión de datos del método Schlumberger del Perfil eléctrico V4-4.

La tomografía eléctrica al correlacionarlas con la litología del sector refleja cuatro zonas predominantes: Zona A con niveles de resistividad muy bajos se identifican como una zona altamente saturada, materiales coluviales; Zona B con niveles de resistividad bajos que se los relaciona con una mezcla de bloques, clastos y guijarros de la Unidad Sabanilla en matriz limosa arenosa y poco porcentaje de arcilla; Zona C con niveles de resistividad medios que se relacionan con rocas altamente fracturadas y meteorizadas con un menor índice de humedad, y, la Zona D con resistividades altas se la ha clasificado en dos: superior que consiste en la presencia de bloques de gran diámetro, e inferior que puede considerarse como la roca base perteneciente a la Unidad Sabanilla, ver Tabla 15.

Tabla 15. Unidades geoelectricas obtenidas en el perfil eléctrico V4-4

Unidad Geoelectrica	Resistividad (Ohm-m)	Correspondencia Geológica
A	30-100	Zonas con altos índices de humedad suelos residuales y coluviales
B	100-500	Materiales de bote (escombrera) , mezcla de bloques, clastos y guijarros en matriz limosa arenosa y poco % de arcilla.
C	500-1500	Rocas de la altamente fracturada y meteorizada.
D	>1500	Rocas sana y poco fracturada

La particularidad de esta línea es que arroja valores de resistividades bajas al momento que se realizaron las lecturas de las tomografías eléctricas, ya que al interpretar presentaron zonas de resistividad baja que hace referencia a zonas con mayor contenido de humedad debido a que las rocas en esta sección se registran con mayor meteorización y/o fracturación, las mismas permiten mayor filtración de agua. En la Tomografía de resistividad Eléctrica al correlacionar con la información de las bitácoras y los datos obtenidos al día de la exploración como escarpes, cunetas de hormigón en mal estado que cruza paralelamente al perfil de resistividad eléctrica.

En el parte superior derecha del perfil eléctrico, ver Figura 58, se observaron resistividades altas correspondiente a la unidad Geoeléctrica D, y debajo de este no se observa una continuidad de resistividades altas, si no resistividades menores por lo que se definió como un bloque de roca suelta con indicios a desprenderse, causando una inestabilidad en la parte media del talud. Los mismos datos se encuentran reflejados en la tomografía eléctrica.

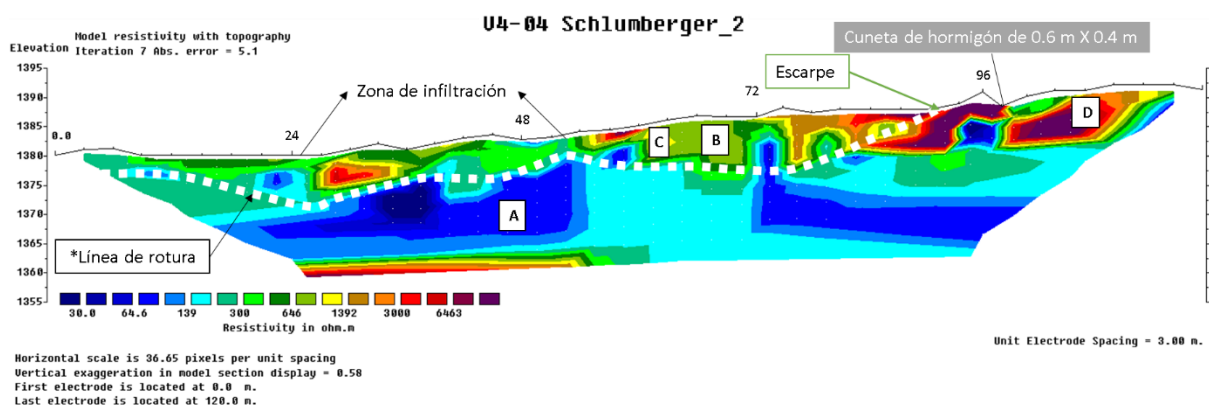


Figura 58. Interpretación del método de Schlumberger del perfil eléctrico V4-4.

Se interpretó la ubicación de la superficie de rotura del deslizamiento entre las resistividades de 100 y 300 Ohm, y se observaron abundantes resistividades bajas, las mismas que son relacionadas con secciones de roca altamente fracturadas y meteorizadas, las que permiten la filtración de agua y proyectan valores de resistividad bajas en las lecturas de la tomografía eléctrica. El plano de rotura del deslizamiento se lo interpretó a una profundidad que va entre los 5 a 9 metros. Las zonas de saturación y los suelos se encuentran a una profundidad indefinida por lo que las lecturas tienen una profundidad máxima de 25 metros, y las lecturas indican que no se tiene un basamento rocoso o resistividades de valores altos debajo de los perfiles eléctricos por lo que se observan resistividades bajas por toda la zona baja del perfil.

El material deslizado corresponde a materiales con niveles de resistividad bajos y medios que se los relaciona con materiales de las unidades geoelectricas A y B con zonas de altos índices de humedad o suelos saturados. Los mismo que se pueden estar deslizando por

encontrarse en una zona muy saturada o un flujo subsuperficial. En la parte superior del perfil se detectaron diferentes zonas de resistividades altas, se debe a que la zona fue empleada como escombrera, este material da lecturas de resistividades altas por lo que se encuentra conformado por rocas metamórficas de gneis pertenecientes a la Unidad Sabanilla.

La parte izquierda del perfil eléctrico que se observó con resistividades bajas, se correlaciona con el perfil V4-1 la zona de flujo subsuperficial, siendo así considerada como un nivel freático, que se encuentra a una profundidad de 15 metros. Aparte la cuneta que cruza paralelamente al perfil y el flujo subsuperficial, ocasionando que las lecturas muestren resistividades de niveles bajos, por lo que todo el sector se encuentra saturado.

6.2.2.5 Perfil V4-5. En el perfil V4-5 se interpretó las resistividades obteniendo las estructuras horizontales, es decir los límites y la superficie de deslizamiento, profundidad del suelo y zonas de saturación.

El perfil eléctrico se encontraba orientado de Este-Oeste, con una longitud de 123 m, recorre transversalmente en la parte superior céntrica al deslizamiento y es paralelo al perfil eléctrico V4-3. Esta configuración presenta un RMS de 9.9% y una escala de resistividad eléctrica que empieza con un valor de 30 Ohm hasta valores mayores a 6463 Ohm, como se observa en la Figura 59.

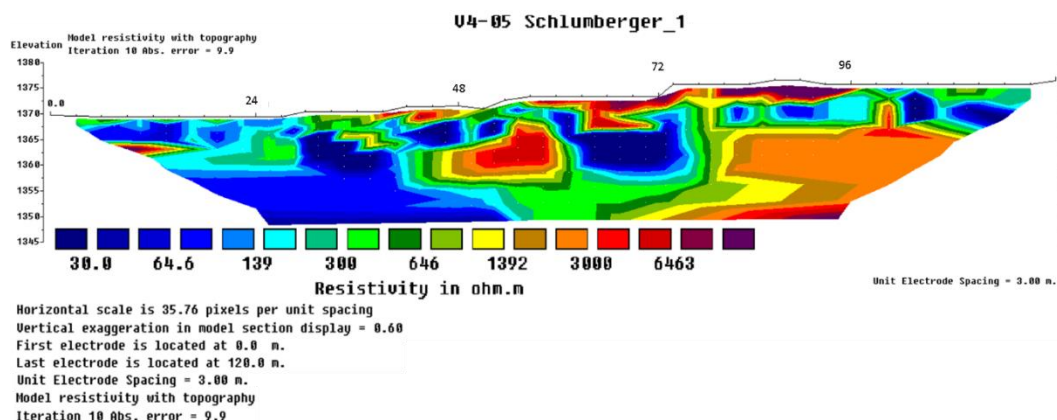


Figura 59. Grafica de inversión de datos del método Schlumberger del Perfil eléctrico V4-5.

La tomografía eléctrica al correlacionarlas con la litología del sector reflejo cuatro zonas predominantes: Zona A con niveles de resistividad muy bajos se identifican como una zona altamente saturada, materiales coluviales; Zona B con niveles de resistividad bajos que se los relaciona con una mezcla de bloques, clastos y guijarros de la Unidad Sabanilla en matriz limosa arenosa y poco porcentaje de arcilla; Zona C con niveles de resistividad medios que se relacionan con rocas altamente fracturadas y meteorizadas con un menor índice de humedad, y, la Zona D con resistividades altas se la ha clasificado en dos: superior que consiste en la

presencia de bloques de gran diámetro, e inferior que puede considerarse como la roca base perteneciente a la Unidad Sabanilla, ver Tabla 16.

Tabla 16. Unidades geoelectricas obtenidas en el perfil eléctrico V4-5

Unidad Geoelectrica	Resistividad (Ohm-m)	Correspondencia Geológica
A	30-100	Zonas con altos índices de humedad suelos residuales y coluviales
B	100-500	Materiales de bote (escombrera) , mezcla de bloques, clastos y guijarros en matriz limosa arenosa y poco % de arcilla.
C	500-1500	Rocas de la altamente fracturada y meteorizada.
D	>1500	Rocas sana y poco fracturada

En la Tomografía de resistividad Eléctrica al correlacionar con la información de las bitácoras y los datos obtenidos al día de la exploración como escarpes, cunetas de hormigón en mal estado que cruza paralelamente al perfil de resistividad eléctrica. En la parte superior derecha del perfil eléctrico, se observaron resistividades altas correspondiente de la Zona D, y debajo de este no se observa una continuidad de resistividades altas, si no resistividades menores por lo que se definió como un bloque de roca suelto con indicios a desprenderse, causando una inestabilidad en el talud. Los mismos datos se encuentran reflejados en la tomografía eléctrica, ver Figura 60.

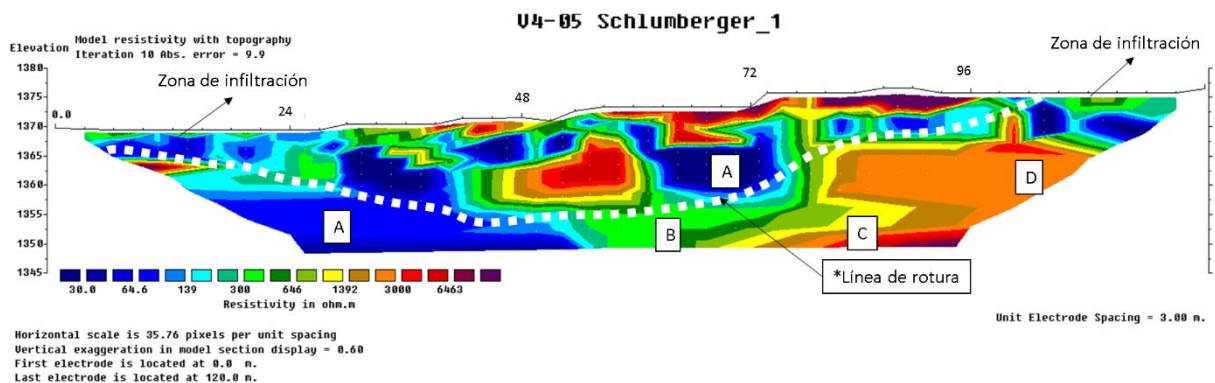


Figura 60. Interpretación del método de Schlumberger del perfil eléctrico V4-5.

Se interpretó la ubicación de la superficie de rotura del deslizamiento entre las resistividades de 100 Ohm y 500 Ohm, este plano se lo interpretó entre estos valores de resistividad, por lo que se observa en la lectura una alineación, infiriendo que el plano se encuentra en esta zona. Se observan abundantes resistividades bajas, las mismas que son correlacionada con secciones de roca altamente fracturadas y meteorizadas, las que permiten la filtración de agua y los valores bajos de resistividad en las lecturas de la tomografía eléctrica. El plano de rotura del deslizamiento se lo interpretó a una profundidad que va entre los 6 a 16 metros. Las zonas de saturación y suelos se encuentran a una profundidad indefinida por lo que las lecturas tienen una profundidad máxima de 25 metros, y las lecturas indican que no se tiene resistividades altas o un basamento rocoso debajo de los perfiles eléctricos. El material

deslizado corresponde a materiales con niveles de resistividad bajos y medios que se los relaciona con materiales de las unidades geoelectricas A y B con zonas de altos índices de humedad o suelos saturados. Los mismo que se pueden estar deslizando por encontrarse en una zona muy saturada o un flujo subsuperficial.

En la parte superior del perfil se detectaron diferentes zonas de resistividades altas, se debe a que la zona fue empleada como escombrera, este material da lecturas de resistividades altas por lo que se encuentra conformado por rocas metamórficas de gneis pertenecientes a la Unidad Sabanilla. Las mismas que se encontraban en secciones mal compactadas las que permitían la filtración del agua al terreno dando lecturas de resistividades bajas. Por otro lado, la parte izquierda del perfil eléctrico, se correlaciona con el perfil V4-1 con las resistividades de valores bajos que se lo relaciona con la zona de flujo sub-superficial, siendo así considerada como un nivel freático, que se encuentra a una profundidad de 15 metros.

Se realizó una correlación de 3 tomografías realizadas en Ventana 4, realizando un perfil o corte geoelectricas distribuidos en V4-01 y V4-02 los mismos fueron realizados a una misma distancia de 72 metros en una dirección Norte-Sur y el perfil horizontal V4-03 se realizó el perfil o corte geoelectrico a una distancia de 66 metros con una dirección Este-Oeste, el mismo punto se encuentra ubicado en la parte intermedia entre los dos perfiles V4-01 y V4-02, identificado como se encontraron predispuesta las unidades geoelectricas en la zona, Figura 61, los perfiles V4-01 y V4-02 se encuentran ubicados paralelamente a una distancia aproximada que va entre 40 y 42 metro. Se puede observar que en la zona existe una abundante saturación y la roca sana no se estima a que profundidad se encuentra, debido a que la profundidad máxima de exploración es de 25 metros, y estos bloques se encuentran a una profundidad mayor, de la misma forma se observa el plano de falla que se ha producido en las zonas que existe una mayor saturación o niveles freáticos.

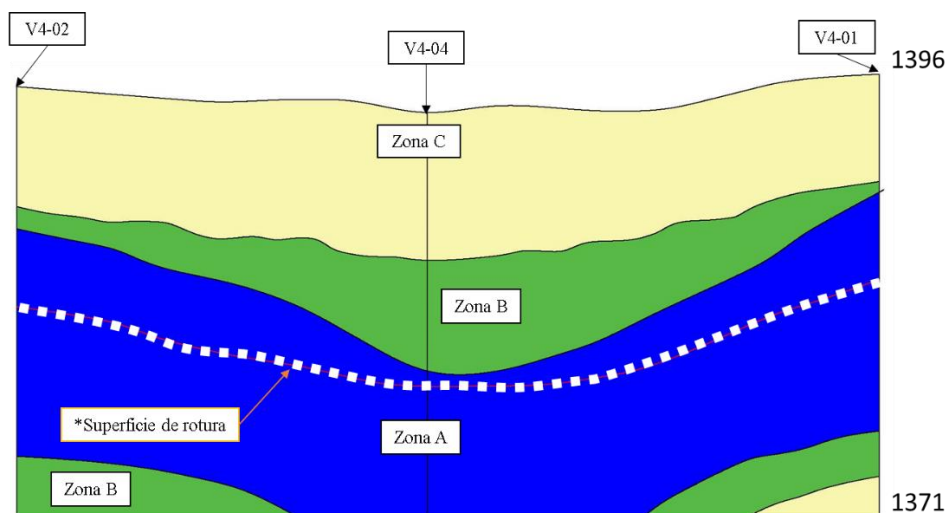


Figura 61. Perfil o corte Geoelectrico de Ventana 4

Finalmente, para obtener las profundidades del suelo, zonas de saturación, niveles freáticos y superficies de rotura en los diferentes perfiles realizados en el sector de Ventana 4, a partir de la correlación de las diferentes unidades geoelectricas con la litología encontradas en la zona, se ha obtenido como resultado un perfil litológico, Figura 62, en algunos perfiles eléctricos se observó que el suelo y las zonas de saturación superan una profundidad de 25 metros, teniendo un potencia indefinida, debido a que la lecturas de tomografía eléctrica tiene un alcance máximo de prospección de 25 metros, sin, embargo en algunas secciones se observó a una profundidad de 15 metros, la superficie de rotura del deslizamiento se estima a profundidades de 8 a 12 metro, esta rotura se ha ocasionado por la sobrecarga de la mala disposición de esteriles, los bloques de roca sueltos en la parte alta del talud y la saturación del suelo ya que se observa un nivel freático en la zona, produciendo que el plano de rotura sede por los materiales más débiles, en este caso la sección por donde se observa el nivel freático o las zonas más saturadas.

Por otro lado, la zona se identificó la zona de escombrera que tiene profundidades que van entre 5 y 6 metros, y un área de 2780 m² obteniendo un volumen de 16680 m³ de materiales de escombrera, siendo estos materiales y los bloques de roca suelto en la parte alta del talud, los que provocaron una sobrecarga en el mismo.

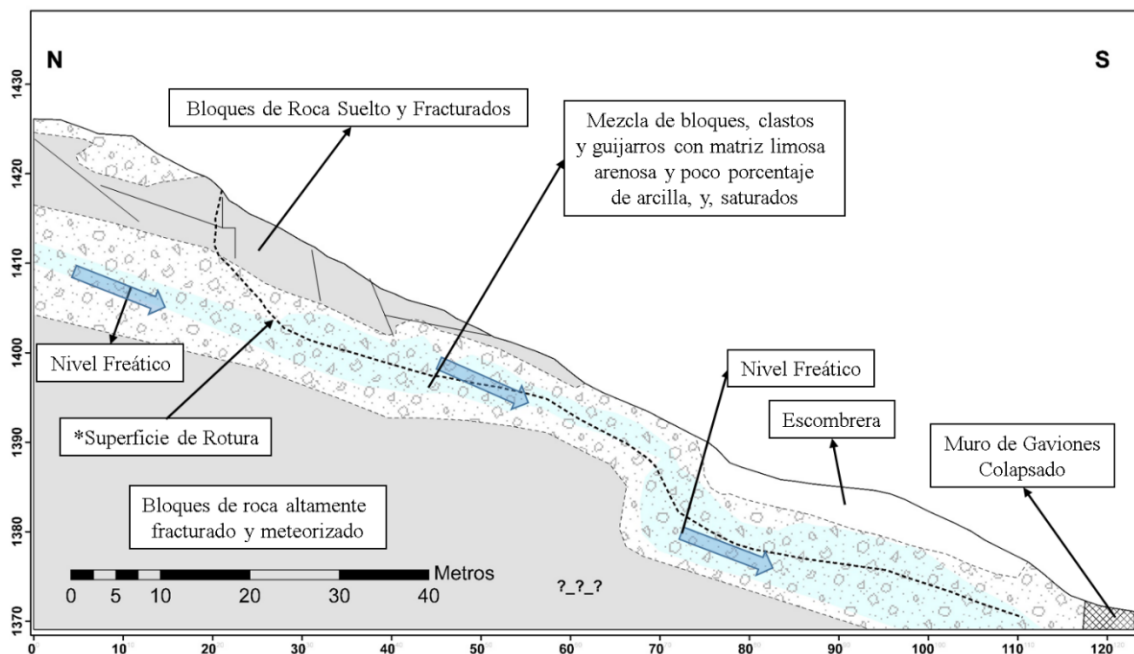


Figura 62 Perfil Litológico de Ventana 3.

Nota. Este perfil se obtuvo con la correlación entre las unidades geoelectricas obtenidas en los perfiles eléctricos con la litología del sector.

6.3 Caracterización de deslizamientos

Al identificar los diferentes parámetros de los deslizamientos ubicados en Ventana 3 y Ventana 4, y correlacionando con los datos obtenidos en la interpretación de las diferentes tomografías eléctricas, se obtuvo lo siguiente:

En Ventana 3 se identificó un deslizamiento traslacional, acorde a la clasificación de Varnes 1978 el cual la masa se desplaza a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada como se observó en los perfiles eléctricos realizados en la zona. Presenta un estado suspendido y latente, y, una distribución del movimiento progresivo, con materiales de escombrera, bloques de rocas sueltos, detritos, gravas sub angulares, arenas gruesas de color marrón y limos arenosos con presencia de materia orgánica y suelos con humedad, siendo origen residual y coluvial de un antiguo deslizamiento, se estima dimensiones del movimiento con una longitud total de 162.51 m, con una diferencia de altura entre la corona y el pie del deslizamiento de 100.92 m, una dirección de movimiento Norte-Sur, un área total afectada de 13300.09 m² y un volumen de material desplazado de 133000.9 m³, con una profundidad de la superficie de falla de 10 metros.

Las causas del deslizamiento son el material plástico débil, meteorizado, fisurado o agrietado y el contraste en permeabilidad de materiales, el manteamiento deficiente del sistema de drenaje (cunetas), los bloques de roca sueltos al pie del talud, la ausencia de vegetación arbórea que favorezca a la estabilidad del talud y la disposición deficiente de estériles o escombros (sobrecarga), como detonante principal del movimiento se tiene la disposición deficiente de estériles o escombros (sobrecarga) que ocasionaron una inestabilidad, produciendo una rotura en los suelos que presentan abundante saturación, se tiene una cobertura de vegetación herbácea, matorrales y construcciones de bermas, cunetas y vías. El área se empleó como zona de escombrera, presenta daños en infraestructura teniendo una afectación en la vía que conduce al sector de Ventana 4, son daños severos no cuantificables, y, este movimiento se ha generado en un área no consolidada, por lo que no se han desarrollado pérdidas económicas ni afectaciones a las actividades económicas ni la población.

La litología corresponde a un suelo con coloración café-rojizo amarillento acompañado fragmentos de roca de materiales de escombrera, bloques de rocas sueltos, detritos, gravas sub angulares. El deslizamiento se ha producido por la sobrecarga en el talud ocasionando una rotura donde existen una abúndate saturación, así mismo los bloques de roca suelto al pie del talud aumenta la inestabilidad. Se tiene una vista en planta del deslizamiento, Figura 63, y los datos de la morfometría del movimiento se los puede observar en la Tabla 17 y como se encuentras las dimensiones del deslizamiento, Figura 64.

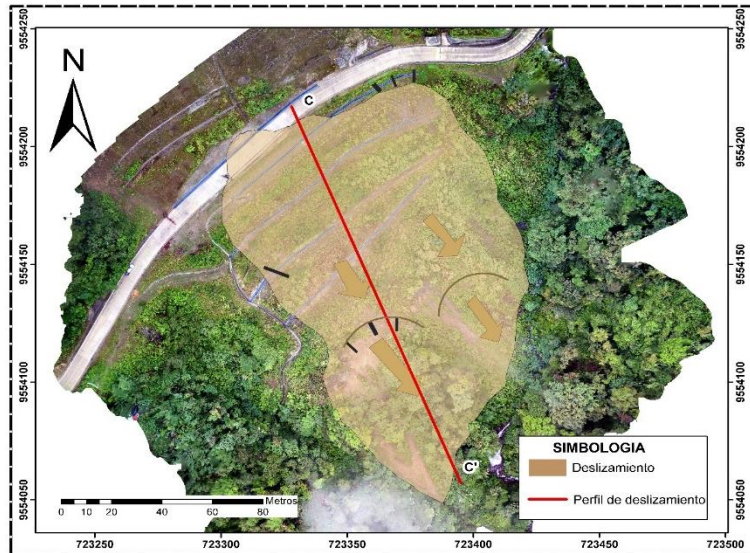


Figura 63. Vista en planta del deslizamiento en Ventana 3

Tabla 17. Principales características encontradas en el deslizamiento de Ventana 3

General		Deformación del terreno	
		Modo	Severidad
Diferencia de altura corona a punta (m)	100.92		
Longitud horizontal corona a punta (m)	162.51	Ondulación	Leve
Pendiente de ladera en post- falla (°)	67	X Escalonamiento	Media
Pendiente de ladera en PRE- falla (°)	65	Otros	X Pronunciada
Dirección del movimiento (°)	N - S		Severa
Azimut del talud (°)	N 194		Muy severa
Dimensiones			
Ancho de la masa desplazada Wd (m)	139.87	Volumen inicial(m3)	123825.68 m3
Ancho de la superficie de ruptura Wr (m)	137.72	Volumen desplazado(m3)	133000.9 m3
Longitud de la masa desplazada Ld (m)	170.82	Área inicial (m2)	11256.88 m2
Longitud de la superficie de ruptura Lr (m)	155.42	Área total afectada (m2)	13300.09 m2
Espesor de la masa desplazada Dd (m)	10		
Profundidad de superficie de ruptura Dr (m)	11		
Longitud total L (m)	162.51		

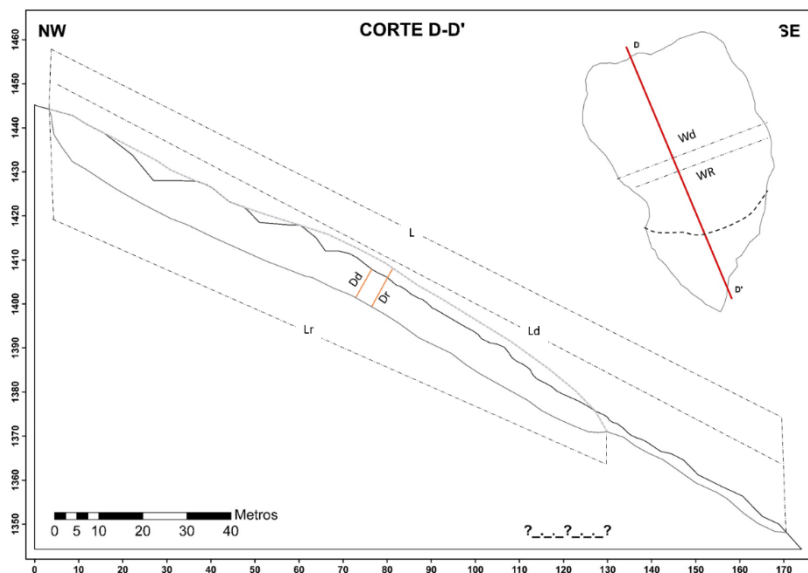


Figura 64. Dimensiones del deslizamiento de Ventana 3

En Ventana 4 se identificó un deslizamiento rotacional, por lo que se observó en los perfiles eléctricos que la masa se desplaza a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava, dejando un escarpe casi vertical, establecido como deslizamiento rotacional acorde a la clasificación de Cruden y Varnes (1996). Presenta un estado suspendido y latente, y, una distribución del movimiento progresivo, con una composición de rocas, suelos y detritos de origen residual y coluvial con una matriz limo arenosa con presencia de materia orgánica, es una zona húmeda, ya que el material es húmedo al tacto, se observaron flujos de agua constante en el pie del talud, el agua se filtraba por el muro de gaviones colapsado, se estima dimensiones del movimiento con una longitud total de 122.5 m, con una diferencia de altura entre la corona y el pie del deslizamiento de 47.5 m, una dirección de movimiento Noreste-Suroeste, un área total afectada de 7296.05 m² y un volumen de material desplazado de 94848.65 m³, con una profundidad de la superficie de falla de 13 metros.

Las causas del deslizamiento son el material plástico débil, meteorizado, fisurado o agrietado y el contraste en permeabilidad de materiales, así mismo se identificó como condicionantes el mantenimiento deficiente del sistema de drenaje (cunetas), bloques de roca sueltos con indicios a desprenderse en la parte alta e intermedia del talud, la ausencia de vegetación y la disposición deficiente de estériles o escombros. Como detonante principal del movimiento se tiene la disposición deficiente de estériles o escombros y los bloques de roca sueltos en la parte alta del talud, los mismo que provocaron una sobrecarga en la zona, produciendo la rotura en los niveles donde existe una abundante saturación, se tiene una cobertura de vegetación herbácea, matorrales y construcciones como bermas, cunetas y vía, con uso industrial por lo que se empleó como zona de botadero (escombrera), se presentaron daños en infraestructura a un muro de gaviones ubicado al pie del talud, siendo daños no cuantificables, por otro lado, este movimiento se ha generado en un área no consolidada, por lo que no se han desarrollado pérdidas económicas ni afectaciones a las actividades económicas ni la población.

La litología corresponde a un suelo con coloración café-rojizo amarillento acompañado fragmentos de roca de materiales de escombrera, bloques de roca, clastos y guijarros con un matriz limo arenosa con poco porcentaje de arcilla, por la composición de los materiales el deslizamiento se ha producido por la sobrecarga en el talud y la saturación del mismo, así mismo los bloques de roca sueltos al pie del talud aumenta la inestabilidad del mismo. Se tiene una vista en planta de como el deslizamiento se encuentra, ver Figura 65, los datos más importantes se los puede observar en la Tabla 18 y como se encuentran las dimensiones del deslizamiento, Figura 66.

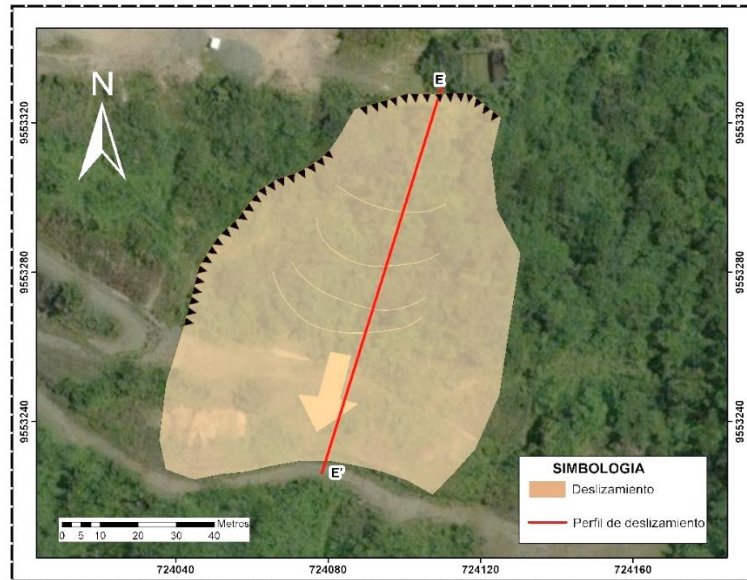


Figura 65. Vista en planta del deslizamiento en Ventana 4

Tabla 18. Principales características encontradas en el deslizamiento de Ventana 4

General		Deformación del terreno	
		Modo	Severidad
Diferencia de altura corona a punta (m)	47.5		
Longitud horizontal corona a punta (m)	122.5	Ondulación	Leve
Pendiente de ladera en post- falla (°)	27	Escalonamiento	Media
Pendiente de ladera en PRE- falla (°)	25	Otros	X Pronunciada
Dirección del movimiento (°)	NE - SW		Severa
Azimut del talud (°)	32		Muy severa
Dimensiones			
Ancho de la masa desplazada Wd (m)	73	Volumen inicial(m3)	84330.54 m3
Ancho de la superficie de ruptura Wr (m)	56.5	Volumen desplazado(m3)	94848.65 m3
Longitud de la masa desplazada Ld (m)	111.5	Área inicial (m2)	6023.61 m2
Longitud de la superficie de ruptura Lr (m)	105.3	Área total afectada (m2)	7296.05 m2
Espesor de la masa desplazada Dd (m)	13		
Profundidad de superficie de ruptura Dr (m)	14		
Longitud total L (m)	122.5		

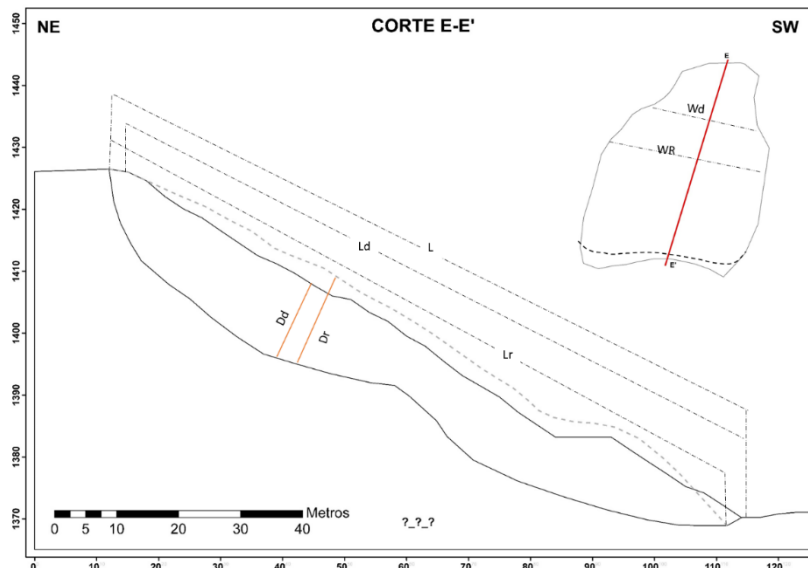


Figura 66. Dimensiones del deslizamiento de Ventana 4

7 Discusión

La discusión se enfocó en el análisis de los resultados obtenidos en cuanto a la caracterización litológica superficial, la interpretación de las tomografías de resistividad eléctrica y la caracterización de los movimientos en masa presentes en Ventana 3 y Ventana 4 de la Central Hidroeléctrica DELSITANISAGUA.

7.1 Análisis de la litología superficial de la zona de estudio

Referente a la litología según a la hoja geológica de Zamora (Hoja 77, Ñ VII-A) a escala 1:100 000 del año 2017, la zona de estudio se encuentra sobre la Unidad Sabanilla, la misma que consta de una litología de migmatitas, gneis y se han evidenciado que se encuentran esquistos, sin embargo, en el área de estudio se ha evidenciado una litología de gneis y esquistos acompañados de suelos residuales y coluvios.

Los datos estructurales de las foliaciones encontrados en los diferentes afloramientos, coinciden con los datos estructurales evidenciados en los estudios realizados por CELEP EP (2018), donde las foliaciones tienen dos preferencias como se evidencia en la presente investigación, la primera tiene un rumbo de NE con un buzamiento hacia el SE con inclinaciones que oscilan entre los 20 a 70 grados y una segunda foliación con un rumbo de SW con buzamiento hacia el NW con inclinaciones que van desde los 23 a 79 grados. Corroborando que en la zona de estudio se tiene pliegues anticlinales y sinclinales.

En las zonas de estudio se evidencia materiales de fragmentos de rocas, clastos, guijarros en suelos marrón-rojizo y amarillento, estos fragmentos de roca se deben a que las zonas fueron empleadas como botadero de estériles o escombreras, provenientes de un deslizamiento antiguo de las cercanías del sector y de la construcción del túnel de cargar de la central hidroeléctrica. La mala disposición de estos materiales ha ocasionado una sobrecarga en el talud, ocasionando una superficie de rotura, grietas de tensión, escarpes y daños a infraestructuras, siendo evidente la presencia de movimientos en masa.

Sin embargo, La zona está condicionada a que se susciten movimientos en masa, como afirma el autor Suarez (1998) “la ocurrencia de deslizamiento de tierra en zonas tropicales, su ocurrencia es mayor en rocas ígneas y metamórficas muy fracturadas”, siendo el caso en la zona se identificaron las rocas metamórficas en grados de meteorización que va de sano a completamente meteorizados y fracturados, siendo así que debidos a las factores y condiciones de las rocas, la zona de estudio es propensa a que se produzcan estos deslizamientos, es decir, las rocas se encuentran altamente fracturadas y meteorizadas, los terrenos bastante abruptos, la sobrecarga de los suelos, la saturación de la zona, las obras realizadas en superficie y subsuelo y el mal manejo de las misma, afectando a la estabilidad de los taludes.

7.2 Análisis de la interpretación de las tomografías eléctricas realizadas en Ventana 3 y Ventana 4

La interpretación de los perfiles eléctricos de Ventana 3 se los represento gráficamente, ver Figura 67.

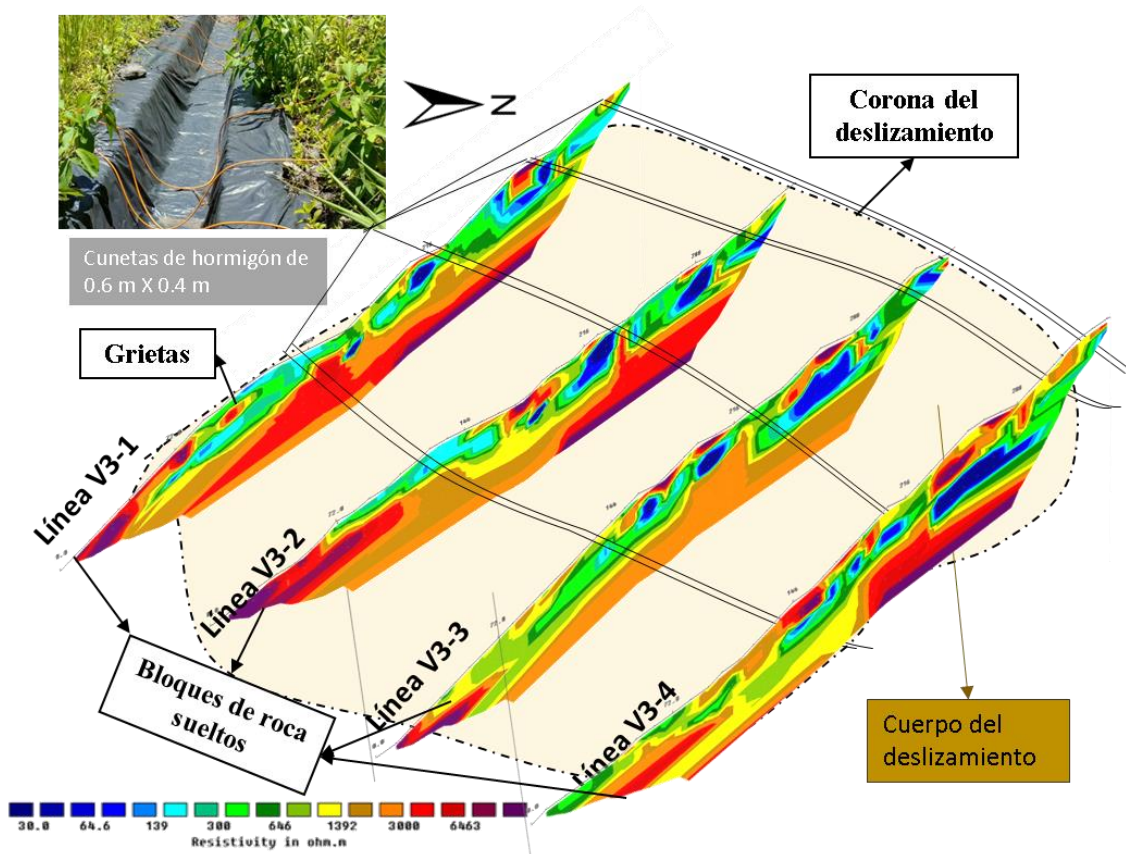


Figura 67. Correlación de perfiles eléctricos realizados en Ventana 3.

La zona de análisis cubre un área donde se registra un evidente movimiento en masa, es notoria la presencia de grietas de tracción y la corona del deslizamiento, en el área hay 4 cunetas que se encuentran colapsadas y con cobertura de geomallas en mal estado en varios tramos, estas cunetas están permitiendo la filtración de agua en el terreno por lo que se observan diferentes resistividades bajas en la zona, llegando a saturar la zona y comprometiendo la estabilidad del talud.

Lo que se puede deducir que el movimiento de masa es un deslizamiento traslacional, por la forma del plano de rotura, se lo interpretó entre 7 y 11 metros de profundidad, entre la unidad geoelectrica B. El área de Ventana 3 fue empleada como zona de escombrera que se estimó profundidades de 7 y 10 metros, en la cual se han depositados materiales procedentes provenientes de un antiguo deslizamiento que fue producto de la meteorización y alteración del gneis, una zona que ha sido estabilizada en las bermas, estas bermas provocaron una sobrecarga

en la zona, la misma que al día de la exploración o revisión de campo muestra señales que está fallando en su estabilidad.

En los perfiles de resistividad eléctrica realizados en Ventana 3 se observó en la parte baja del deslizamiento resistividades altas que se deducen como bloques de roca suelta, que presentaron indicios a desprenderse, ya que por debajo de estos se observaron resistividades bajas, dando un indicativo que los bloques de roca se encuentran sobre materiales con valores de resistividad menores que se interpretan como materiales más fracturados, meteorizados y saturados, causando una inestabilidad en el pido del talud.

La interpretación de los perfiles eléctricos de Ventana 4 se los represento gráficamente en 3D, ver Figura 68.

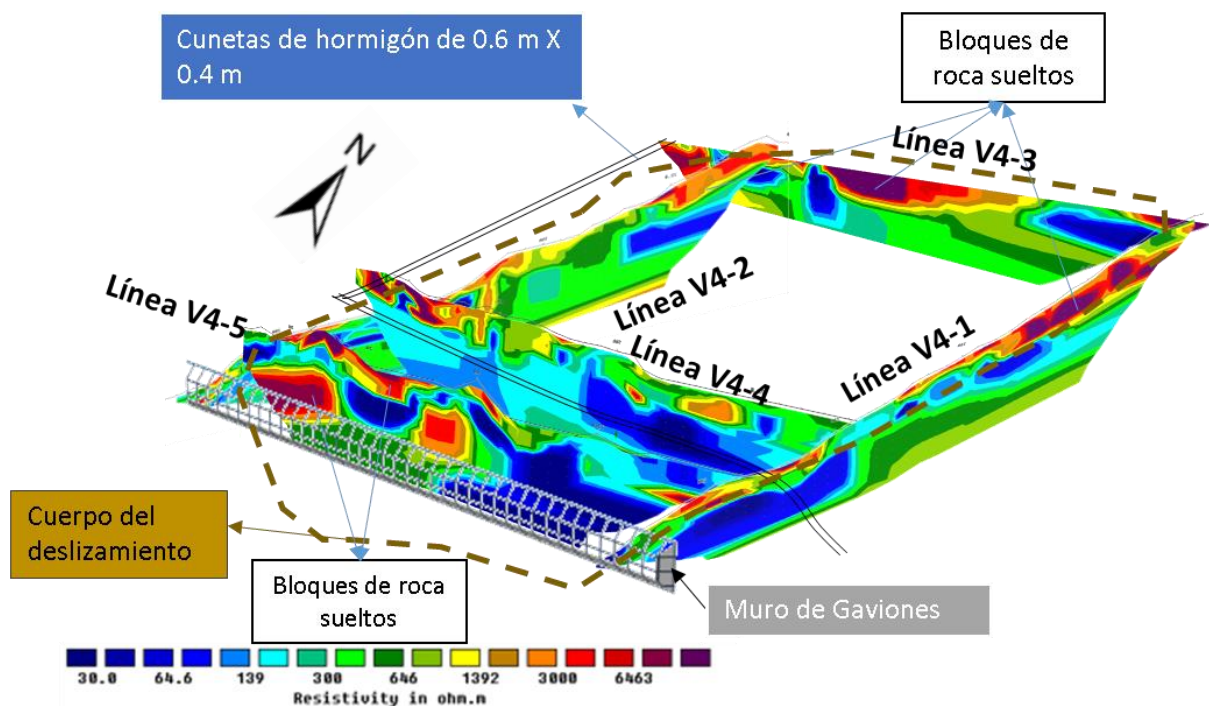


Figura 68. Correlación de perfiles eléctricos realizados en Ventana 4.

Las secciones analizadas muestran valores de resistividad de niveles bajos que se relacionan con altos índices de humedad y se observa un evidente movimiento en masa, la línea de rotura o superficie de falla del deslizamiento se lo interpreto entre 12 y 16 metros de profundidad, la escombrera en el área de Ventana 4 tiene una profundidad que va entre los 4 y 6 metros. Al correlacionar las líneas V4-1, V4-3, V4-4 y V4-5, estas coincidieron en las zonas de valores de resistividad bajos que se los interpreto como zonas de saturación (flujo subsuperficial o nivel freático) que se relaciona con los flujos de agua del sector, observándose una continuidad lateral de niveles de baja resistividad a lo largo de los perfiles.

Al notar las resistividades de niveles bajos que se relacionan con flujos de agua subsuperficiales (nivel freático), se observó que todo el sector se encuentre saturado, inclusive

al pie del talud se evidencio flujos de agua continuos. Esta abundante saturación está relacionada con el material deslizado, por lo que los bloques de roca y suelos se encuentran bastante alterados y fracturados, los mismo que permiten percolación del agua; esta saturación es el factor desencadenante del deslizamiento, ya que se observa en todos los perfiles que la superficie de rotura del movimiento se encuentra entre zonas de resistividades bajas que son zonas bastante saturadas; siendo el caso de que el material deslizado es provocado por la sobre saturación del sector y la sobrecarga. Así mismo la profundidad del suelo es indefinida ya que no se identificó basamento rocoso en la parte inferior de algunos perfiles, esto se debe a que la profundidad máxima de exploración de las lecturas es de 25 metros, y la roca sana posiblemente se encuentra a una profundidad mayor.

Se encontraron múltiples valores de resistividad altos que se los dedujo como bloques de roca suelto en la parte superior e intermedia del deslizamiento, los cuales están causando una inestabilidad en la parte superior del talud, disminuyendo estabilidad del mismo, ya que estos se encuentran sobre materiales de resistividades bajas que se los interpreta como materiales saturados o rocas mayormente fracturadas y alteradas, siendo así que estos bloques de roca suelto tienen indicios a desprenderse, siendo el caso de que parte del bloque suelto ya colapso, causando una inestabilidad en el talud, disminuyendo la estabilidad del mismo y permitiendo que el material se deslice.

Se ha corroborado lo que le autor Aracil, A, et al, (2005) concluyen que “la tomografía refleja con precisión la posición en el terreno de contactos en el material alterado y sano”. Siendo así que se logró identificar con la correlación de la litología las zonas de suelos, roca fracturada y roca sana, y logrando identificar las zonas donde existe un cambio en las condiciones del terreno, interpretando el mismo como la zona de rotura de los deslizamientos.

El empleo de las tomografías eléctricas para la caracterización de deslizamientos como lo menciona Pellicer (2015) y Quintana (2013) es un método optimo por las resolución y profundidad que llegan a dar las lecturas de los perfiles en las diferentes configuraciones, aunque los dos autores recomiendan emplear la configuración de Dipolo-dipolo, sin embargo para la presenten investigación se corrobora que las configuraciones de Dipolo-Dipolo, Wenner y gradiente no fueron optimas, ya que presentaron anomalías y RMS muy elevados, siendo perfiles eléctricos no aptos para la interpretación. La utilización del dispositivo Schlumberger proporciono mejores resoluciones de imágenes frente al resto de dispositivos en esta investigación, siendo así que se corrobora lo que afirman los Autores Dahlin y Zhou (2001) que la configuración Schlumberger proporciona mejores resoluciones de imágenes frente al resto de dispositivos Wenner, Gradiente, entre otros.

7.3 Análisis de la caracterización de los deslizamientos presentes en Ventana 3 y Ventana 4

En función a los resultados de la interpretación de las tomografías eléctricas y a la morfometría de los deslizamientos de Ventana 3 y Ventana 4, se tiene que las superficies de rotura de los deslizamientos se generaron en zonas donde existen valores de resistividad bajos entre las unidades geoeléctrica A y B, encontrando el plano de rotura sobre materiales de mayor resistividad que se los relaciona con rocas muy meteorizadas. Y por lo general el material deslizado está relacionado con materiales de resistividades bajas de las unidades geoeléctricas A y B que se los relaciona con materiales más alterados, meteorizados y saturados. Por la estructura interna del terreno y la forma del plano de rotura por donde los materiales se deslizan se corrobora la clasificación movimientos en masa establecida por los autores Cruden y Varnes (1996) se tiene en Ventana 3 un deslizamiento traslacional con un volumen de material deslizado de 133000.9 m^3 , y el movimiento en masa de Ventana 4 corresponde a un deslizamiento rotacional con un volumen de material deslizado de 94848.65 m^3 .

El evento de los deslizamientos en las zonas de estudio se desencadenó por la mala disposición del material estéril y los bloques de roca sueltos que provocó una sobrecarga en las zonas, ocasionando una rotura en los suelos que presentan abundante saturación; ya que la zona se encuentra en un clima tropical que condiciona a que el sector al permanecer siempre saturado, así mismo el autor Ramírez (2016) en su estudio realizado en Casa de Maquinas de la Central Hidroeléctrica DELSITANISAGUA confirma que “las precipitaciones de la zona son 150 mm por mes contribuyen a la saturación del suelo” la misma que ocasiona una disminución en la estabilidad del talud y la resistencia del terreno, por otro lado, el mal estado de las cunetas de drenaje, el suelo y las rocas metamórficas (fracturadas y meteorizadas) son los que disminuyen la estabilidad del talud, permitiendo que el material se desplace por gravedad.

Atendiendo al estado de actividad los deslizamientos se encuentran en un estado suspendido y latente, por lo que el autor WP/WLI (1993), define que “un deslizamiento es latente cuando se puede reactivar por las causas que lo originaron”, siendo el caso de que si en estos, no se aplica una obra de estabilización de taludes o de mitigación, tomando las medidas correctoras adecuadas, se pueden reactivar estos movimientos y tener daños en la infraestructura del túnel de carga, e incluso se puede tener una mayor afectación por lo que la zona de Ventana 4 se encuentra en la parte alta de casa de máquinas, produciendo una parálisis total en la producción de energía, teniendo pérdidas económicas por costos de reparación y salida de producción.

8 Conclusiones

La prospección geofísica realizada sobre los deslizamientos en los sectores de Ventana 3 y Ventana 4 de la Central Hidroeléctrica DELSITANISAGUA, y a partir del análisis de los datos obtenidos y el procesamiento de ellos se puede concluir lo siguiente:

- ❖ La geología del área de estudio, está dominada por: gneis y esquistos de grado bajo y altamente meteorizados, con presencia de suelos coluviales y residuales, y las zonas de estudio de Ventana 3 y Ventana 4 presentaron materiales de depósitos residuales y coluviales, estos materiales son pertenecientes a la Unidad Sabanilla.
- ❖ Se realizaron 9 líneas de tomografía eléctrica con longitudes de 123 m distribuidas estratégicamente 4 perfiles eléctricos Ventana 3 y 5 perfiles eléctricos en Ventana 4, logrando alcanzar una profundidad máxima de exploración de 25 metros.
- ❖ El dispositivo Schlumberger proporciona mejores resoluciones de imágenes frente al resto de dispositivos, siendo así que se empleó este dispositivo para la interpretación de los perfiles eléctricos.
- ❖ Se identificaron cuatro unidades geoeléctricas que corresponden a: Zona A, Zona B, Zona C, y, Zona D. Las mismas que van desde zonas con altos índices de humedad, materiales de y rocas sanas y meteorizadas, y, poco fracturadas y altamente fracturadas pertenecientes a la Unidad Sabanilla
- ❖ La superficie de rotura del deslizamiento fue interpretada entre las zonas que presentaba una mayor saturación o niveles de resistividad bajos, entre las unidades geoeléctricas A y B.
- ❖ La superficie de rotura del deslizamiento en los sectores de estudio de Ventana 3 se interpretaron a una profundidad de 10 metros y en Ventana 4 a una profundidad de 13 metros.
- ❖ Las zonas de saturación y suelos en Ventana 3 se interpretaron hasta una profundidad que van entre los 5 y 12 metros, no se identificaron niveles freáticos.
- ❖ Las zonas de saturación y suelos en Ventana 4 tienen una profundidad indefinida, por lo que la profundidad máxima de exploración es de 25 metros, los niveles freáticos se interpretaron a una profundidad entre los 5 y 10 metros.
- ❖ A partir de la geometría del material deslizante y de las dimensiones de los deslizamientos, se estima un volumen de masa deslizada de Ventana 3 de 133000.9 m^3 ($13300,09 \text{ m}^2$ de área por 10 m de profundidad) y un volumen de masa deslizada de Ventana 4 de 94848.65 m^3 ($7296,05 \text{ m}^2$ de área por 13 m de profundidad).

- ❖ Los factores que condicionan los movimientos en masa de la zona de estudio son el mal estado de las cunetas de drenaje que permiten la saturación del suelo, relieve de la zona, las condiciones de las rocas en la que estas se encuentran (poco o muy fracturadas y poco o completamente meteorizadas), los bloques de roca sueltos en la parte alta y al pie de los taludes, siendo estos factores los que disminuyen la estabilidad de los mismos. Y los factores que desencadenan los deslizamientos es la sobrecarga ocasionada por la mala disposición de materiales de estériles produciendo un plano de rotura donde se tiene materiales sobre saturados.
- ❖ Finalmente concluir que el presente trabajo de investigación apoya a la propuesta que la tomografía eléctrica es un método muy adecuado para la caracterización de deslizamiento e inclusive reconocimientos de los mismo, siendo un dispositivo que permite obtener información antes de que se realice cualquier estudio de carácter geotécnico a mayor profundidad con empleo de maquinaria pesada, pudiendo evaluar el riesgo de la activación de deslizamientos o bien en fases posteriores para identificar la zona afectada
- ❖ Cabe enfatizar que el presente trabajo investigativo analizo el uso de las tomografías eléctricas en la caracterización de deslizamiento, obteniendo un resultado positivo con el cumplimiento de los tres objetivos propuestos.

9 Recomendaciones

- ❖ Es importante señalar que en estos tipos de estudios es siempre necesario realizar cuanto menos, un perfil longitudinal al deslizamiento que pase, a ser posible, por el eje de simetría del mismo, y perfiles transversales. Para poder tener datos más reales de cómo se encuentra el deslizamiento.
- ❖ Para la facilidad de interpretación se recomienda empezar de un mismo valor de resistividad en cada perfil eléctrico de las diferentes zonas de estudio, con la finalidad de tener una misma escala de resistividades, por lo que esto facilitará al momento de realizar una correlación en conjuntos de los perfiles eléctricos realizado en una zona, y así interpretar correctamente la litología, zonas de saturación y niveles freáticos, esto se lo puede realizar configurando de manera correcta el software RES2DINV que fue utilizado para la presente investigación.
- ❖ Para evitar tener lecturas erróneas, se debe tener a disposición un ordenador portátil en campo para comprobar que la información levanta se encuentre lo más acercada a la realidad y con valores de RMS bajos, así ahorrando tiempo para poder realizar el mayor número de perfiles eléctricos, ya que si las lecturas son erróneas se tiene que volver a realizar el tendido del equipo y las lecturas del perfil eléctrico.
- ❖ Los resultados presentados en esta investigación fueron obtenidos a partir de datos tomados de manera indirecta (geofísica), para tener certeza del origen de las anomalías detectadas se recomienda realizar perforaciones cerca de los perfiles eléctricos para corroborar la litología obtenida con las lecturas de las tomografías eléctricas, también, complementar la información con métodos directos, estudios e implantación de obras de estabilización taludes y medidas de mitigación, ya que si no se aplica una obra ingenieril para la correcta estabilización de las zonas de estudio, estas pueden llegar afectar la infraestructura del túnel de carga e incluso casa de máquinas produciendo una parálisis total en la producción de energía, siendo una pérdida económica que se dividiría en costos de reparación y de producción.

10 Bibliografía


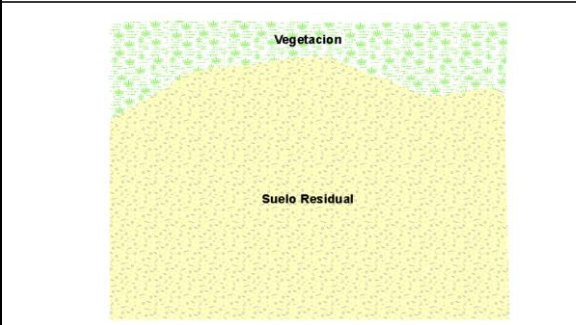
- Ali, L. (2016). *Métodos de Prospección Geofísica Aplicados a La Investigación Geotécnica Para Estudios Del Recrecimiento De Una Presa De Relaves En El Distrito De Oyolo* [Trabajo de grado, Ingeniero Geofísico]. Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa. Repositorio Institucional de la UNSA. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2808>
- Auge, M. (2006). *Agua subterránea, Deterioro de calidad y reserva*. SEDICI Repositorio Institucional de la UNLP. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/15908>
- Auge, M. (2008). *Métodos Geoeléctricos para la Prospección de Agua Subterránea* [Archivo PDF]. <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/miguel/ProspeccGoelec.pdf>
- Aracil, E., Porres, J., Espinosa, A., Mariru, U., Vallés, J., García, L., Y Ibáñez, S. (2005). *Aplicación de la Tomografía Eléctrica Para la Caracterización de un Deslizamiento de Ladera en un Vertedero*. https://www.geoigeo.com/descargas/Tomografia_electrica_deslizamiento_vertedero.pdf
- Benavides, S. (2021). *Aplicación de métodos geoquímicos y geofísicos para el análisis de la inestabilidad de las laderas en el cerro San Cayetano Ciudad de Loja* [Trabajo de grado, Ingeniero en Geología y Minas]. Universidad Técnica Particular de Loja. Repositorio Institucional de la UTPL. <https://dspace.utpl.edu.ec/handle/20.500.11962/27671>
- CELEC EP. (2018). Estudio Geológico-Geotécnico-Geofísico y de estabilidad de Taludes para la vía de Acceso a Chimenea.
- Cruden, D. (1991). Definición simple de movimientos en masa. *Boletín de la Asociación Internacional de Ingeniería Geológica*, 43. <https://doi.org/10.1007/BF02590167>
- Cruden, D. M., Y Varnes D. J. 1996. Landslides types and processes In: Landslides investigation and mitigations. *Transportation Research Board Special Report 24 (Turner and Schuster Eds)*.
- Gonzales, L, Ferrer, M, Ortuño, L, Y Oteo, C. (2002). Deslizamientos y otros Movimientos del Terreno. En S.A I. Capella Y S. Ayerra. *Ingeniería Geológica* (p. 622-638). PEARSON EDUCACIÓN.
- Grijalva, A. (2014). *Metodología Para Obtener Un Modelo Hidrogeofísico en La Prospección De Acuíferos* [Tesis de maestría, Ciencias-Geología]. Universidad de Sonora. Repositorio Institucional UNISON. <http://148.225.114.121/bitstream/unison/1941/1/grijalvamontoyaadrianm.pdf>


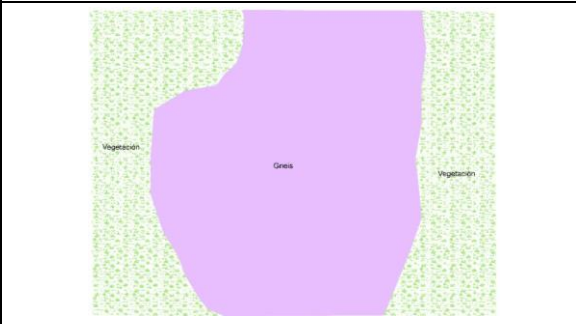
- Groot-Hedlin, C. Y Constable, S. (1990). *Occam's Inversion to Generate Smooth, Two-Dimensional Models from Magnetotelluric Data*. *Geophysics*, 55, 1613-1624. <https://doi.org/10.1190/1.1442813>
- Hernández, M. (2019). *Aplicación de métodos geoeléctricos para la detección de zonas de filtración en la presa Gonzalo N. Santos, San Luis Potosí* [Tesis de maestría, Geociencias Aplicadas]. Instituto Potosino De Investigación Científica Y Tecnológica, A.C. Repositorio IPICYT. <https://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1010/2213/1/TMIPICYTH4A72019.pdf>
- Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico [INIGEMM]. (2017). *Hoja geológica de Zamora (Hoja 77, Ñ VII-A) a escala 1:100 000*. <https://drive.google.com/file/d/1ZY8DQ1BhntqdF21B4DCJ3J9lBqUEdSaa/view>
- Junta de Andalucía. (s/f). *Aplicación de la Tomografía Eléctrica en la Caracterización del Deslizamientos de Doña Mencía (Córdoba)*. (Informe). Quintana, A. y Teixid, M. https://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/19_16_48_doc_trabajo_18.pdf
- Martinez, P. (2006). *Aplicación de diferentes técnicas no destructivas de prospección geofísica a problemas relacionados con contaminación ambiental producida por diferentes actividades antrópicas en la región de Murcia*. [Trabajo de Doctorado, Tecnologías industriales]. Universidad Politécnica de Cartagena. Repositorio Digital de la UPCT. <http://hdl.handle.net/10317/975>
- Mayorga, M. (2020). *Modelo Geofísico Tridimensional del Sistema de Bombeo de Llio, EP EMAPAR*. [Trabajo de Grado, Ingeniero Ambiental]. Universidad Nacional de Chimborazo. Repositorio Institucional de la UNACH. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7011>
- Mook, W. G. (2002). *Isótopos Ambientales en el Ciclo Hidrológico*. Ciclo Global del Agua. Instituto Geológico y Minero de España.
- Mora, S. (1995). *El Impacto de las Amenazas Naturales Sobre la Generación, Transmisión, Distribución Eléctrica de Costa Rica*. I Taller Latinoamericano Para la Reducción de los Efectos de los Desastres Naturales Sobre La Infraestructura Energetica, San Jose, Costarrica. <https://www.eird.org/deslizamientos/pdf/spa/doc7653/doc7653-contenido.pdf>
- Orellana, E. (1992). *Prospección Geoeléctrica en Corriente Continua*. (Primera Edición). Paraninfo.

- Palacios, I. (2016). Diseño e implementación de un sistema por telemetría para la medición de la resistividad del suelo. *Universidad de Cuenca- Facultad de Ingeniería-Escuela de Electronica y Telecomunicaciones.*, 11-14.
- Pellicer, E. (2015). *Caracterización mediante tomografía eléctrica del deslizamiento de Toleo (Oviedo)*. [Trabajo de Posgrado, Recursos Geológicos e Ingeniería Geológica]. Universidad de Oviedo. Repositorio Institucional de la Universidad de Oviedo. <http://hdl.handle.net/10651/33870>
- Proyecto Multinacional Andino. (2007). *Movimientos en masa en la región andina: Guía para la evaluación de amenazas*. Publicación Geológica Multinacional, 04.
- Quintana, Á. (2013). *Aplicación de la Tomografía Eléctrica en la Caracterización del Deslizamiento de Doña Mencía*. [Trabajo de Posgrado, Geofísica y Meteorología]. Universidad de Granada. https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/20130924_Tomografia_electrica_TFM_GEOMET_AQB.pdf
- Ramírez, M. (2016). *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*. [Trabajo de Grado, Ingeniero en Geología y Minas]. Universidad Técnica Particular de Loja. Repositorio Institucional de la UTPL. <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/15391>
- Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias [SNGRE]. (2022). *Capacitación: Interpretación de Tomografías Eléctricas 2D* [Archivo PDF].
- Suarez, J. 1998. *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos. Publicaciones UIS, Bucaramanga, Colombia.
- Varnes, D. (1978). Slope movement types and processes, en *Landslide Analysis and Control*, editada por Clark M. Special Report 176. *Trans. Res. Board, National Academy of Science, National Res. Council*, Washigton, D.C.
- Zúñiga, R. (s/f). *Detección de zonas de riesgo en la Ciudad de Guatemala* [Archivo PDF]. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/135/5/A5.pdf>


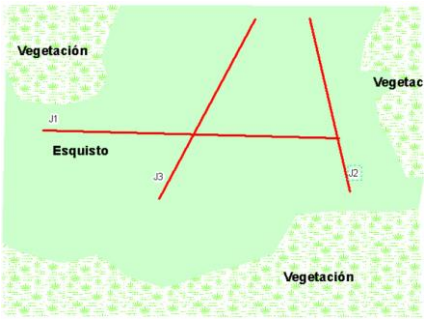
11 Anexos


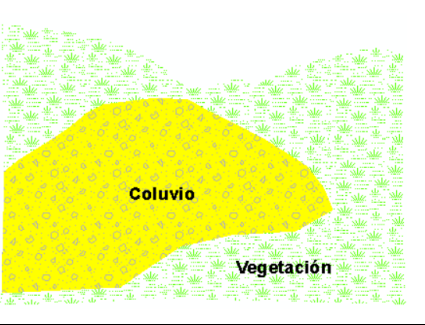
Anexo 1. Fichas técnicas de caracterización de afloramientos


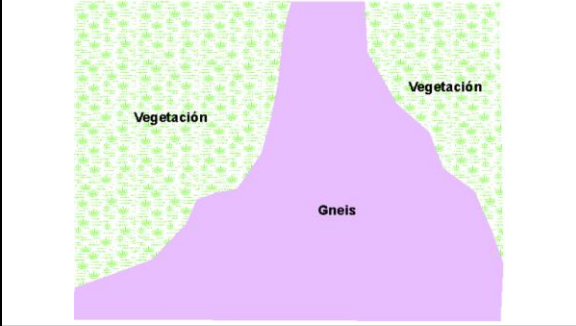
Ficha para descripción de afloramientos						
<i>Proyecto: Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la central hidroeléctrica de Sitanisagua</i>						
Código de afloramiento	AF-001		Sector referencial		Vía de tierra a Ventana 3	
Coordenada de ubicación UTM WGS84	X 722948		Y 9553224		Z 1091	
Tipo de Afloramiento	Artificial		Vegetación	Si		
Génesis	Residual: Saprolito de roca parental de Gneis		Clase Roca	Sedimentario		
Textura o matriz	Arenosa					
Grado de meteorización	Sana	Algo meteorizada	Moderadamente meteorizado	Muy meteorizada	Completamente meteorizado	Suelo residual
	()	()	()	()	()	(x)
Hidrogeología	Sin presencia de agua		Seco (con señales de agua)	Húmedo	Goteo	Flujo
	(x)		()	()	()	()
Foto			Esquema			
						
Tipo de estructura			Datos estructurales			
Geología regional	Unidad Sabanilla					
Descripción Litológica	El afloramiento está conformado por suelo residual de origen metamórfico cuya roca parental es Gneis y esquistos, presenta una tonalidad café-rojizo producto de la descomposición de los minerales y la roca. En el afloramiento se puede apreciar capas de suelo orgánico con un espesor promedio de 0.20 m					
Observaciones	Altura del afloramiento ≈ 4m y ancho de afloramiento ≈ 10m					


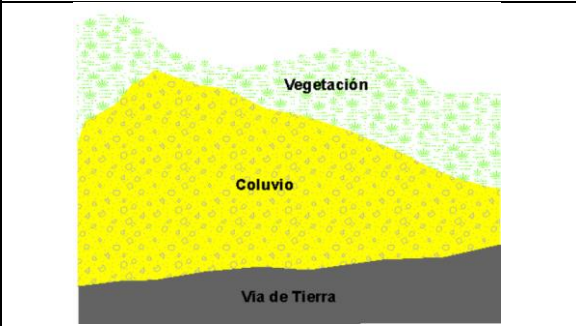
Ficha para descripción de afloramientos						
<i>Proyecto: Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la central hidroeléctrica de Sitanisagua</i>						
Código de afloramiento	AF-002		Sector referencial		Vía de tierra a Ventana 3	
Coordenada de ubicación UTM WGS84	X 722789		Y 9553251		Z 1105	
Tipo de Afloramiento	Natural		Vegetación	Si		
Génesis	Metamorfismo		Clase Roca	Metamórfica: Gneis		
Textura o matriz	Foliada					
Grado de meteorización	Sana	Algo meteorizada	Moderadamente meteorizado	Muy meteorizada	Completamente meteorizado	Suelo residual
	(X)	()	()	()	()	()
Hidrogeología	Sin presencia de agua		Seco (con señales de agua)	Húmedo	Goteo	Flujo
	()		()	()	()	(X)
Foto			Esquema			
						
Tipo de estructura	Foliaciones		Datos estructurales	Foliación: 111/79		
Geología regional	Unidad Sabanilla					
Descripción Litológica	El afloramiento está conformado por roca de Gneis originado por el metamorfismo regional característico de la, presenta una tonalidad oscura con bandamientos de coloraciones blanquesinas y pequeñas intrusiones de cuarzo. El afloramiento se encuentra entre abundante vegetación con un flujo de agua constante.					
Observaciones	La foliación se han tomado considerando la notación Dirección de buzamiento/Buzamiento. Altura de afloramiento ≈ 5m y Ancho de afloramiento ≈ 6.3 m					


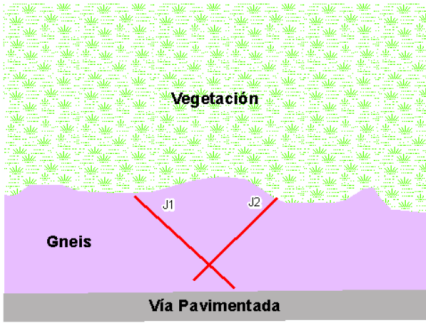
Ficha para descripción de afloramientos						
Proyecto: <i>Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la central hidroeléctrica de Sitanisagua</i>						
Código de afloramiento	AF-003		Sector referencial		Vía de tierra a Ventana 3	
Coordenada de ubicación UTM WGS84	X 722639		Y 9553257		Z 1119	
Tipo de Afloramiento	Natural		Vegetación	si		
Génesis	Metamorfismo		Clase Roca	Metamórfica: Gneis		
Textura o matriz	Foliada					
Grado de meteorización	Sana	Algo meteorizada	Moderadamente meteorizado	Muy meteorizada	Completamente meteorizado	Suelo residual
	()	(x)	()	()	()	()
Hidrogeología	Sin presencia de agua		Seco (con señales de agua)	Húmedo	Goteo	Flujo
	()		()	()	()	()
Foto			Esquema			
						
Tipo de estructura	Diaclasamiento y foliaciones		Datos estructurales	Junta 1: 310/49 Junta 2: 160/88 Junta 3: 230/24 Foliación: 323/54		
Geología regional	Unidad Sabanilla					
Descripción Litológica	El afloramiento está conformado por roca de Gneis originado por el metamorfismo regional característico de la unidad Sabanilla, presenta una tonalidad oscura con pequeñas intrusiones de cuarzo, algo meteorizada y poco fracturada. En la parte superior del afloramiento encontramos una capa de suelo orgánico de espesor aproximado de 0.15 m y se encuentra sobre un flujo de agua.					
Observaciones	Los datos estructurales de las diaclasas y foliaciones se han tomado considerando la notación Dirección de buzamiento/Buzamiento y las diaclasas se encuentran rellenas de material descompuesto. Altura de afloramiento = 4.5 m y Ancho del afloramiento = 7m					


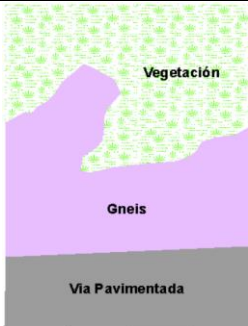
Ficha para descripción de afloramientos						
Proyecto: <i>Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la central hidroeléctrica de Sitanisagua</i>						
Código de afloramiento	AF-004		Sector referencial		Vía de tierra a Ventana 3	
Coordenada de ubicación UTM WGS84	X		Y		Z	
	722559		9553222		1119	
Tipo de Afloramiento	Natural		Vegetación	Si		
Génesis	Metamorfismo		Clase Roca	Metamórfica: Esquisto		
Textura o matriz	Foliada					
Grado de meteorización	Sana	Algo meteorizada	Moderadamente meteorizado	Muy meteorizada	Completamente meteorizado	Suelo residual
	()	()	(X)	()	()	()
Hidrogeología	Sin presencia de agua		Seco (con señales de agua)	Húmedo	Goteo	Flujo
	(X)		()	()	()	()
Foto			Esquema			
						
Tipo de estructura	Diaclasamiento y foliación		Datos estructurales	Junta 1: 300 / 22 Junta 2: 309 / 88 Junta 3: 209 / 78 Foliación: 321/84		
Geología regional	Unidad Sabanilla					
Descripción Litológica	El afloramiento está conformado por roca de esquisto originado por el metamorfismo regional característico de la unidad Sabanilla, presenta una tonalidad grisácea clara con presencia de micas, en un grado de meteorización algo Moderada y fracturada. En la parte superior e inferior del afloramiento encontramos una capa de suelo orgánico de espesor aproximado de 0.15 m.					
Observaciones	Los datos estructurales de las diaclasas y foliaciones se han tomado considerando la notación Dirección de buzamiento/Buzamiento y las diaclasas se encuentran rellenas de material descompuesto. Altura de afloramiento = 8 m y Ancho del afloramiento = 6m					


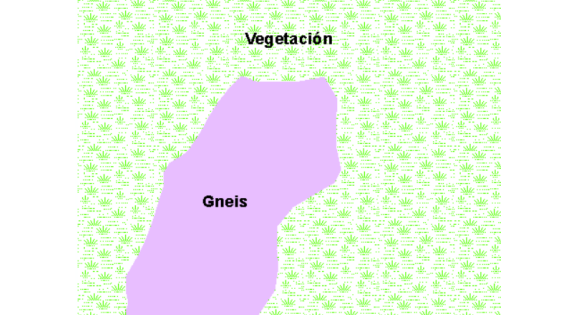
Ficha para descripción de afloramientos						
Proyecto: <i>Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la central hidroeléctrica de Sitanisagua</i>						
Código de afloramiento	AF-005		Sector referencial		Vía de tierra a Ventana 3	
Coordenada de ubicación UTM WGS84	X		Y		Z	
	722303		9553313		1138	
Tipo de Afloramiento	Natural		Vegetación	Si		
Génesis	Metamorfismo		Clase Roca	Sedimentaria: Coluvio		
Textura o matriz	Areno-limosa					
Grado de meteorización	Sana	Algo meteorizada	Moderadamente meteorizado	Muy meteorizada	Completamente meteorizado	Suelo residual
	()	()	()	()	()	(X)
Hidrogeología	Sin presencia de agua		Seco (con señales de agua)	Húmedo	Goteo	Flujo
	()		()	()	()	(x)
Foto			Esquema			
						
Tipo de estructura			Datos estructurales			
Geología regional	Unidad Sabanilla					
Descripción Litológica	El afloramiento está compuesto de material coluvial compuesto por cantos angulosos de roca metamórfica muy fracturada con una matriz limo arenosa. Este afloramiento encontramos una capa de suelo orgánico de espesor aproximado de 0.15m y en la parte inferior del afloramiento encontramos un flujo de agua o quebrada.					
Observaciones	Altura de afloramiento = 30 m y Ancho de afloramiento = 40 m					


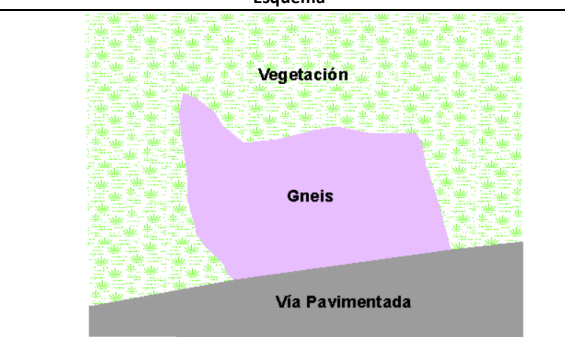
Ficha para descripción de afloramientos						
Proyecto: Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la central hidroeléctrica de Sitanisagua						
Código de afloramiento	AF-006		Sector referencial		Vía de tierra a Ventana 3	
Coordenada de ubicación UTM WGS84	X 722318		Y 9553324		Z 1153	
Tipo de Afloramiento	Natural		Vegetación	Si		
Génesis	Metamorfismo		Clase Roca	Metamórfica: Gneis		
Textura o matriz	Foliada					
Grado de meteorización	Sana	Algo meteorizada	Moderadamente meteorizado	Muy meteorizada	Completamente meteorizado	Suelo residual
	()	()	()	(X)	()	()
Hidrogeología	Sin presencia de agua		Seco (con señales de agua)	Húmedo	Goteo	Flujo
	()		()	()	()	(x)
Foto			Esquema			
						
Tipo de estructura	Foliaciones		Datos estructurales	Foliación: 279/74		
Geología regional	Unidad Sabanilla					
Descripción Litológica	El afloramiento está conformado por roca de gneis originado por el metamorfismo regional característico de la unidad Sabanilla, presenta una tonalidad oscura con presencia de intrusiones de cuarzo, muy meteorizada y fracturada. En la parte superior del afloramiento encontramos una capa de suelo orgánico de espesor aproximado de 0.15 m y se encuentra en un flujo de agua o quebrada.					
Observaciones	Los datos estructurales de las foliaciones se han tomado considerando la notación Dirección de buzamiento/Buzamiento. Altura del afloramiento = 2.3 m. y Ancho del afloramiento = 1.8 m.					


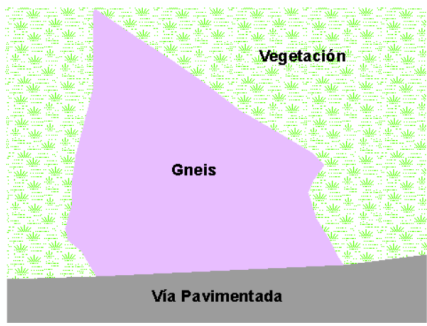
Ficha para descripción de afloramientos						
Proyecto: Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la central hidroeléctrica de Sitanisagua						
Código de afloramiento	AF-007		Sector referencial		Vía de tierra a Ventana 3	
Coordenada de ubicación UTM WGS84	X 721924		Y 9553641		Z 1141	
Tipo de Afloramiento	Natural		Vegetación	si		
Génesis	Metamorfismo		Clase Roca	Sedimentaria: Coluvio		
Textura o matriz	Areno-limosa					
Grado de meteorización	Sana	Algo meteorizada	Moderadamente meteorizado	Muy meteorizada	Completamente meteorizado	Suelo residual
	()	()	()	()	()	(X)
Hidrogeología	Sin presencia de agua		Seco (con señales de agua)	Húmedo	Goteo	Flujo
	()		()	()	()	(x)
Foto			Esquema			
						
Tipo de estructura			Datos estructurales			
Geología regional	Unidad Sabanilla					
Descripción Litológica	El afloramiento está compuesto de material coluvial compuesto por cantos angulosos con tamaños entre 3 a 30 cm de roca metamórfica muy fracturada con una matriz limo arenosa. Este afloramiento encontramos una capa de suelo orgánico de espesor aproximado de 0.15m y en la parte inferior del afloramiento se encuentra saturada, con presencia de flujos de agua.					
Observaciones	Altura de afloramiento = 40 m y Ancho de afloramiento = 60 m					


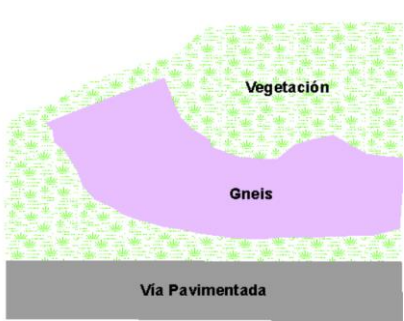
Ficha para descripción de afloramientos						
Proyecto: <i>Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la central hidroeléctrica del sitanisaagua</i>						
Código de afloramiento	AF-009		Sector referencial		Vía pavimentada a Ventana 3	
Coordenada de ubicación	X		Y		Z	
UTM WGS84	722421		9553495		1298.8	
Tipo de Afloramiento	Artificial: Corte de Vía		Vegetación	si		
Génesis	Metamorfismo		Clase Roca	Metamórfica: Gneis		
Textura o matriz	Foliada					
Grado de meteorización	Sana	Algo meteorizada	Moderadamente meteorizado	Muy meteorizada	Completamente meteorizado	Suelo residual
	()	()	()	(X)	()	()
Hidrogeología	Sin presencia de agua		Seco (con señales de agua)	Húmedo	Goteo	Flujo
	()		()	()	()	()
Foto			Esquema			
						
Tipo de estructura	Diaclasas y foliaciones		Datos estructurales	Junta 1: 249/49 Junta 2: 183/82 Foliación: 114/59		
Geología regional	Unidad Sabanilla					
Descripción Litológica	El afloramiento está conformado por roca de gneis originado por el metamorfismo regional característico de la unidad Sabanilla, presenta una tonalidad grisácea claro con bandeamientos de tonalidades oscuras, muy meteorizada y muy fracturada. En la parte superior del afloramiento se cuenta cobertura vegetal y encontramos una capa de suelo orgánico de espesor aproximado de 0.15 m.					
Observaciones	Los datos estructurales de las diaclasas y foliaciones se han tomado considerando la notación Dirección de buzamiento/Buzamiento, y las diaclasas se encuentran rellenas de material descompuesto.. Altura de afloramiento = 8.5 m y Ancho de afloramiento = 20 m					


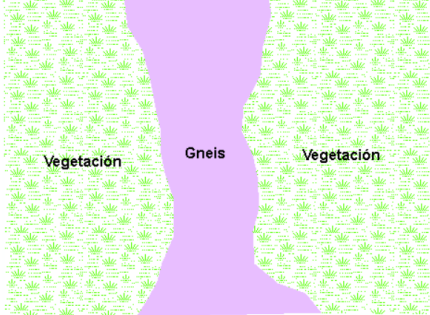
Ficha para descripción de afloramientos						
Proyecto: <i>Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la central hidroeléctrica del sitanisaagua</i>						
Código de afloramiento	AF-010		Sector referencial		Vía pavimentada a Ventana 3	
Coordenada de ubicación	X		Y		Z	
UTM WGS84	722308		9553603		1265	
Tipo de Afloramiento	Artificial		Vegetación	Si		
Génesis	Metamorfismo		Clase Roca	Metamórfica: Gneis		
Textura o matriz	Foliada					
Grado de meteorización	Sana	Algo meteorizada	Moderadamente meteorizado	Muy meteorizada	Completamente meteorizado	Suelo residual
	()	()	(x)	()	()	()
Hidrogeología	Sin presencia de agua		Seco (con señales de agua)	Húmedo	Goteo	Flujo
	(x)		()	()	()	()
Foto			Esquema			
						
Tipo de estructura	Foliación		Datos estructurales	Foliación: 165/75		
Geología regional	Unidad Sabanilla					
Descripción Litológica	El afloramiento está conformado por roca de gneis originado por el metamorfismo regional característico de la unidad Sabanilla, presenta una tonalidad grisácea claro con bandeamientos de tonalidades oscuras, moderadamente meteorizada y poco fracturada. En la parte superior del afloramiento se cuenta cobertura vegetal y encontramos una capa de suelo orgánico de espesor aproximado de 0.15 m.					
Observaciones	Los datos estructurales de las foliaciones se han tomado considerando la notación Dirección de buzamiento/Buzamiento. Altura de afloramiento = 8 m y Ancho de afloramiento = 14 m.					


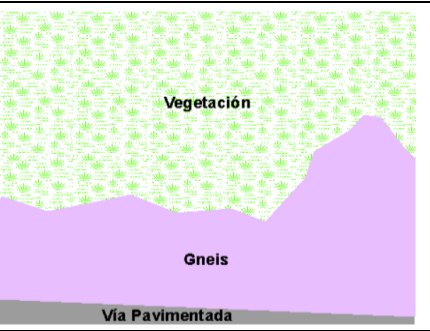
Ficha para descripción de afloramientos						
Proyecto: Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la central hidroeléctrica de Sitanisagua						
Código de afloramiento	AF-011		Sector referencial		Vía pavimentada a Ventana 3	
Coordenada de ubicación UTM WGS84	X 722703		Y 9553744		Z 1321	
Tipo de Afloramiento	Natural		Vegetación	Si		
Génesis	Metamorfismo		Clase Roca	Metamórfico: Gneis con intrusión de cuarzo		
Textura o matriz	Foliada					
Grado de meteorización	Sana	Algo meteorizada	Moderadamente meteorizado	Muy meteorizada	Completamente meteorizado	Suelo residual
	()	()	()	()	()	()
Hidrogeología	Sin presencia de agua		Seco (con señales de agua)	Húmedo	Goteo	Flujo
	()		()	()	()	()
Foto			Esquema			
						
Tipo de estructura	Foliación		Datos estructurales	Foliación: 152/23		
Geología regional	Unidad Sabanilla					
Descripción Litológica	El afloramiento está conformado por roca de gneis originado por el metamorfismo regional característico de la unidad Sabanilla, presenta una tonalidad grisácea oscura con bandeamientos de tonalidades blancas con intrusiones de cuarzo, roca sana y poco fracturada. En la parte superior del afloramiento se cuenta cobertura vegetal, encontramos una capa de suelo orgánico de espesor aproximado de 0.15 m y tenemos un flujo de agua o quebrada.					
Observaciones	Los datos estructurales de las foliaciones se han tomado considerando la notación Dirección de buzamiento/Buzamiento. Altura de afloramiento = 5.30 m y Ancho de afloramiento = 3.40 m.					


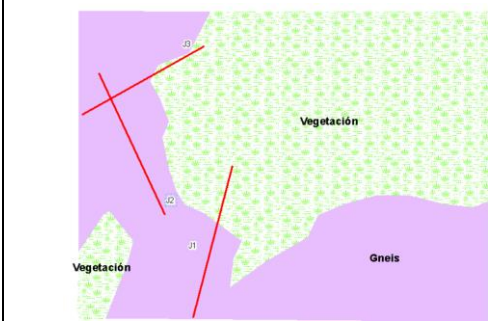
Ficha para descripción de afloramientos						
Proyecto: Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la central hidroeléctrica de Sitanisagua						
Código de afloramiento	AF-012		Sector referencial		Vía pavimentada a Ventana 3	
Coordenada de ubicación UTM WGS84	X 722858		Y 9553875		Z 1360	
Tipo de Afloramiento	Natural		Vegetación	Si		
Génesis	Metamorfismo		Clase Roca	Metamórfica: Gneis		
Textura o matriz	Foliada					
Grado de meteorización	Sana	Algo meteorizada	Moderadamente meteorizado	Muy meteorizada	Completamente meteorizado	Suelo residual
	()	()	(X)	()	()	()
Hidrogeología	Sin presencia de agua		Seco (con señales de agua)	Húmedo	Goteo	Flujo
	(X)		()	()	()	()
Foto			Esquema			
						
Tipo de estructura	Foliada		Datos estructurales	Foliación: 179/79		
Geología regional	Unidad Sabanilla					
Descripción Litológica	El afloramiento está conformado por roca de gneis originado por el metamorfismo regional característico de la unidad Sabanilla, presenta una tonalidad grisácea oscura y clara con bandeamientos de tonalidades oscuras, roca algo meteorizada. En la parte superior del afloramiento se cuenta cobertura vegetal, encontramos una capa de suelo orgánico de espesor aproximado de 0.15 m.					
Observaciones	Los datos estructurales de las foliaciones se han tomado considerando la notación Dirección de buzamiento/Buzamiento. Altura de afloramiento = 2.20 m y Ancho de afloramiento = 6.50 m.					



Ficha para descripción de afloramientos						
Proyecto: Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la central hidroeléctrica de Sitanisagua						
Código de afloramiento	AF-013		Sector referencial		Vía pavimentada a Ventana 3	
Coordenada de ubicación	X		Y		Z	
UTM WGS84	723040		9553990		1384	
Tipo de Afloramiento	Natural		Vegetación	Si		
Génesis	Metamorfismo		Clase Roca	Metamórfico: Gneis		
Textura o matriz	Foleado					
Grado de meteorización	Sana	Algo meteorizada	Moderadamente meteorizado	Muy meteorizada	Completamente meteorizado	Suelo residual
	()	()	(X)	()	()	()
Hidrogeología	Sin presencia de agua		Seco (con señales de agua)	Húmedo	Goteo	Flujo
	(X)		()	()	()	()
Foto			Esquema			
						
Tipo de estructura	Foliada		Datos estructurales	Fleocación: N42E / 49SE		
Geología regional	Unidad Sabanilla					
Descripción Litológica	El afloramiento está conformado por roca de gneis originado por el metamorfismo regional característico de la unidad Sabanilla, presenta una tonalidad grisácea oscura con bandeamientos de tonalidades oscuras y blancas, roca moderadamente meteorizada. En la parte superior del afloramiento se encuentra cobertura vegetal.					
Observaciones	Los datos estructurales de las foliaciones se han tomado considerando la notación Dirección de buzamiento/Buzamiento. Altura de afloramiento = 5.8 m y Ancho de afloramiento = 6.5 m.					


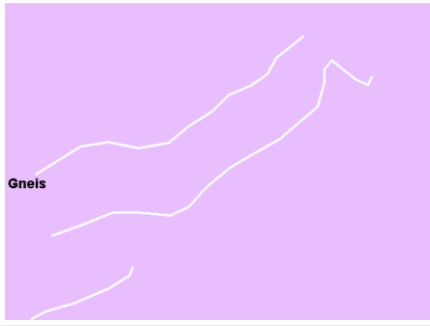

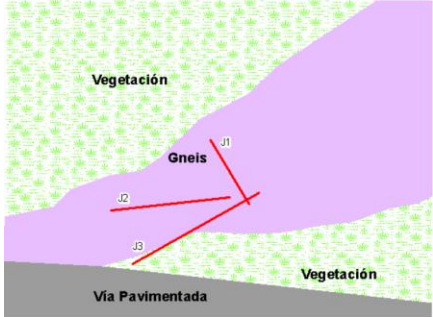
Ficha para descripción de afloramientos						
Proyecto: Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la central hidroeléctrica de Sitanisagua						
Código de afloramiento	AF-014		Sector referencial		Vía pavimentada a Ventana 3	
Coordenada de ubicación	X		Y		Z	
UTM WGS84	723207		9554083		1412	
Tipo de Afloramiento	Artificial		Vegetación	Si		
Génesis	Metamorfismo		Clase Roca	Metamórfica: Gneis		
Textura o matriz	Foliada		Gneis			
Grado de meteorización	Sana	Algo meteorizada	Moderadamente meteorizado	Muy meteorizada	Completamente meteorizado	Suelo residual
	()	()	()	(x)	()	()
Hidrogeología	Sin presencia de agua		Seco (con señales de agua)	Húmedo	Goteo	Flujo
	(x)		()	()	()	()
Foto			Esquema			
						
Tipo de estructura	Foliada		Datos estructurales	Foliación: 300/46		
Geología regional	Unidad Sabanilla					
Descripción Litológica	El afloramiento está conformado por roca de gneis originado por el metamorfismo regional característico de la unidad Sabanilla, presenta una tonalidad grisácea oscura con bandeamientos de tonalidades oscuras y blancas, roca muy meteorizada. En la parte superior del afloramiento se encuentra cobertura vegetal y con una capa de suelo orgánico aproximadamente 0.15 m y en la parte inferior se encuentra suelos orgánicos.					
Observaciones	Los datos estructurales de las foliaciones se han tomado considerando la notación Dirección de buzamiento/Buzamiento. Altura de afloramiento = 5.20 m y Ancho de afloramiento = 10.4 m.					


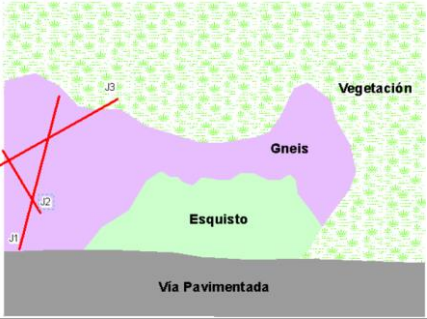
Ficha para descripción de afloramientos						
Proyecto: Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la central hidroeléctrica de Sitanisagua						
Código de afloramiento	AF-015		Sector referencial		Vía pavimentada a Ventana 4	
Coordenada de ubicación UTM WGS84	X 723429		Y 9554276		Z 1431	
Tipo de Afloramiento	Natural		Vegetación			
Génesis	Metamorfismo		Clase Roca	Gneis con intrusiones de cuarzo		
Textura o matriz	Foliada					
Grado de meteorización	Sana	Algo meteorizada	Moderadamente meteorizado	Muy meteorizada	Completamente meteorizado	Suelo residual
	(X)	()	()	()	()	()
Hidrogeología	Sin presencia de agua		Seco (con señales de agua)	Húmedo	Goteo	Flujo
	()		()	()	()	(X)
Foto			Esquema			
						
Tipo de estructura	Foliada		Datos estructurales	Foliación: 322/20		
Geología regional	Unidad Sabanilla					
Descripción Litológica	El afloramiento está conformado por roca de gneis originado por el metamorfismo regional característico de la unidad Sabanilla, presenta una tonalidad grisácea oscura con bandeamientos de tonalidades blancas con intrusiones de cuarzo, roca sana. En los costados del afloramiento se cuenta cobertura vegetal y tenemos un flujo de agua o quebrada.					
Observaciones	Los datos estructurales de las foliaciones se han tomado considerando la notación Dirección de buzamiento/Buzamiento. Altura de afloramiento = 30 m y Ancho de afloramiento = 5 m.					


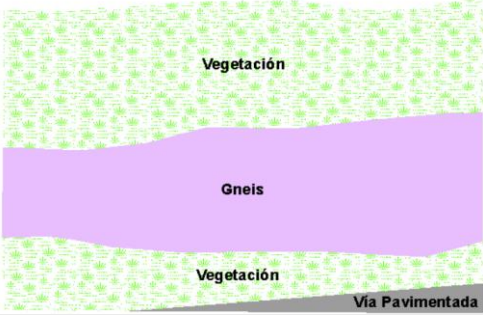
Ficha para descripción de afloramientos						
Proyecto: Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la central hidroeléctrica de Sitanisagua						
Código de afloramiento	AF-016		Sector referencial		Vía pavimentada a Ventana 4	
Coordenada de ubicación UTM WGS84	X 723644		Y 9554179		Z 1452	
Tipo de Afloramiento	Natural		Vegetación	Si		
Génesis	Metamorfismo		Clase Roca	Metamórfica: Gneis		
Textura o matriz	Foliada					
Grado de meteorización	Sana	Algo meteorizada	Moderadamente meteorizado	Muy meteorizada	Completamente meteorizado	Suelo residual
	()	()	()	()	(X)	()
Hidrogeología	Sin presencia de agua		Seco (con señales de agua)	Húmedo	Goteo	Flujo
	(X)		()	()	()	()
Foto			Esquema			
						
Tipo de estructura	Foliada		Datos estructurales	Foliación: 335/50		
Geología regional	Unidad Sabanilla					
Descripción Litológica	El afloramiento está conformado por roca de gneis originado por el metamorfismo regional característico de la unidad Sabanilla, presenta una tonalidad grisácea clara con bandeamientos de tonalidades oscuras y blancas, se encuentra completamente meteorizada. En la parte superior del afloramiento se encuentra cobertura vegetal y con una capa de suelo orgánico aproximadamente 0.15 m					
Observaciones	Los datos estructurales de las foliaciones se han tomado considerando la notación Dirección de buzamiento/Buzamiento. Altura de afloramiento = 3.20 m y Ancho de afloramiento = 10.4 m.					


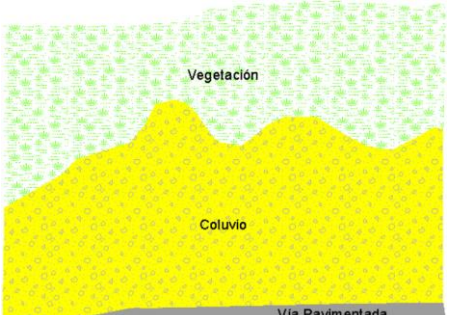
Ficha para descripción de afloramientos						
Proyecto: Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la central hidroeléctrica de Sitanisagua						
Código de afloramiento	AF-017		Sector referencial		Vía pavimentada a Ventana 4	
Coordenada de ubicación UTM WGS84	X 723853		Y 9554211		Z 1455	
Tipo de Afloramiento	Artificial: Corte de Vía		Vegetación	Si		
Génesis	Metamorfismo		Clase Roca	Metamórfica: Gneis		
Textura o matriz	Foliada					
Grado de meteorización	Sana	Algo meteorizada	Moderadamente meteorizado	Muy meteorizada	Completamente meteorizado	Suelo residual
	(X)	()	()	()	()	()
Hidrogeología	Sin presencia de agua		Seco (con señales de agua)	Húmedo	Goteo	Flujo
	(X)		(x)	()	()	()
Foto			Esquema			
						
Tipo de estructura	Foliada		Datos estructurales	Junta 1: 310/49 Junta 2: 160/88 Junta 3: 230/24 Foliación: 316/56		
Geología regional	Unidad Sabanilla					
Descripción Litológica	El afloramiento está conformado por roca de gneis originado por el metamorfismo regional característico de la unidad Sabanilla, presenta una tonalidad grisácea oscuro con bandeamientos de tonalidades blancas, se encuentra roca sana y poco fracturada. En la parte superior del afloramiento se encuentra cobertura vegetal y con una capa de suelo orgánico aproximadamente 0.15 m					
Observaciones	Los datos estructurales de las diaclasas y foliaciones se han tomado considerando la notación Dirección de buzamiento/Buzamiento, y las diaclasas se encuentran rellenas de material descompuesto. Altura de afloramiento = 7 m. y Ancho de afloramiento = 10 m.					


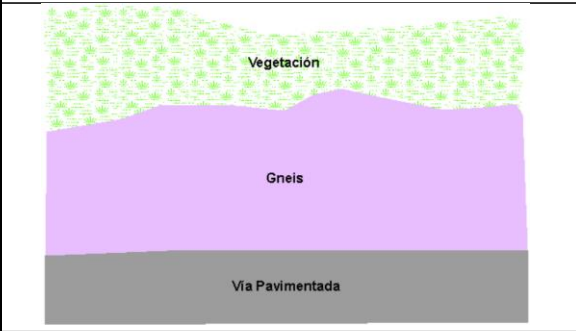

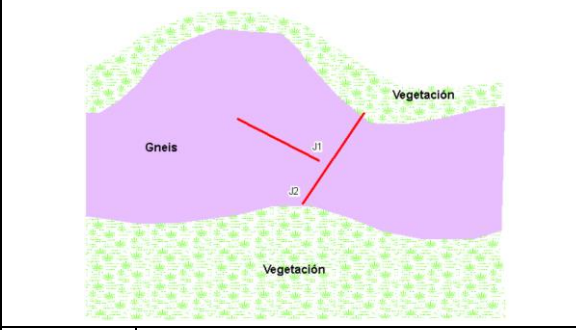
Ficha para descripción de afloramientos						
Proyecto: Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la central hidroeléctrica de Sitanisagua						
Código de afloramiento	AF-018		Sector referencial		Vía pavimentada a Ventana 4	
Coordenada de ubicación UTM WGS84	X 723883		Y 9554207		Z 1444	
Tipo de Afloramiento	Artificial: Corte de vía		Vegetación	Si		
Génesis	Metamorfismo		Clase Roca	Metamórfica: Gneis		
Textura o matriz	Foliada					
Grado de meteorización	Sana	Algo meteorizada	Moderadamente meteorizado	Muy meteorizada	Completamente meteorizado	Suelo residual
	(X)	()	()	()	()	()
Hidrogeología	Sin presencia de agua		Seco (con señales de agua)	Húmedo	Goteo	Flujo
	(x)		()	()	()	()
Foto			Esquema			
						
Tipo de estructura	Foliada		Datos estructurales	Foliación: N40E / 62NW		
Geología regional	Unidad Sabanilla					
Descripción Litológica	El afloramiento está conformado por roca de gneis originado por el metamorfismo regional característico de la unidad Sabanilla, presenta una tonalidad grisácea con bandeamientos de tonalidades blancas, se encuentra roca sana. El afloramiento tiene por zonas una capa de suelo orgánico aproximadamente 0.15 m					
Observaciones	Los datos estructurales de las foliaciones se han tomado considerando la notación Dirección de buzamiento/Buzamiento. Altura de afloramiento = 3 m. y Ancho de afloramiento = 2 m.					


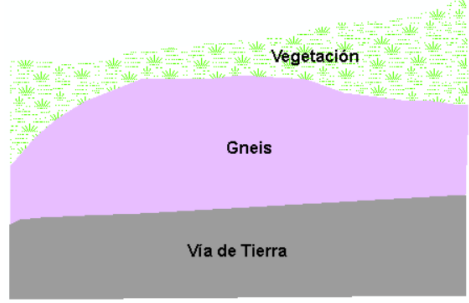
Ficha para descripción de afloramientos						
Proyecto: Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la central hidroeléctrica de Sitanisagua						
Código de afloramiento	AF-019		Sector referencial		Vía pavimentada a Ventana 4	
Coordenada de ubicación UTM WGS84	X 723897		Y 9554214		Z 1446	
Tipo de Afloramiento	Artificial: Corte de vía		Vegetación	Si		
Génesis	Metamorfismo		Clase Roca	Metamórfica: Gneis		
Textura o matriz	Foliada					
Grado de meteorización	Sana	Algo meteorizada	Moderadamente meteorizado	Muy meteorizada	Completamente meteorizado	Suelo residual
	(X)	()	()	()	()	()
Hidrogeología	Sin presencia de agua		Seco (con señales de agua)	Húmedo	Goteo	Flujo
	(x)		()	()	()	()
Foto			Esquema			
						
Tipo de estructura	Foliada		Datos estructurales	Foliación: N85E / 34 NW		
Geología regional	Unidad Sabanilla					
Descripción Litológica	El afloramiento está conformado por roca de gneis originado por el metamorfismo regional característico de la unidad Sabanilla, presenta una tonalidad grisácea con bandeamientos de tonalidades blancas, se encuentra roca sana.					
Observaciones	Los datos estructurales de las foliaciones se han tomado considerando la notación Dirección de buzamiento/Buzamiento. Altura de afloramiento = 1.5 m. y Ancho de afloramiento = 2 m.					
Ficha para descripción de afloramientos						
Proyecto: Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la central hidroeléctrica de Sitanisagua						
Código de afloramiento	AF-021		Sector referencial		Vía pavimentada a Ventana 4	
Coordenada de ubicación UTM WGS84	X 723931		Y 9554210		Z 1451	
Tipo de Afloramiento	Artificial: Corte de vía		Vegetación	Si		
Génesis	Metamorfismo		Clase Roca	Metamórfica: Gneis		
Textura o matriz	Foliada					
Grado de meteorización	Sana	Algo meteorizada	Moderadamente meteorizado	Muy meteorizada	Completamente meteorizado	Suelo residual
	()	()	(x)	()	()	()
Hidrogeología	Sin presencia de agua		Seco (con señales de agua)	Húmedo	Goteo	Flujo
	(x)		()	()	()	()
Foto			Esquema			
						
Tipo de estructura	Diaclasamiento y foliaciones		Datos estructurales	Junta 1: 165/88 Junta 2: 240/22 Junta 3: 320/53 Foliación Gneis: 331/84		
Geología regional	Unidad Sabanilla					
Descripción Litológica	El afloramiento está conformado por roca de gneis originado por el metamorfismo regional característico de la unidad Sabanilla, presenta una tonalidad grisácea oscuro con bandeamientos de tonalidades blancas, se encuentra roca moderadamente meteorizada y fracturada. En la parte superior e inferior del afloramiento se encuentra cobertura vegetal y con una capa de suelo orgánico aproximadamente 0.15 m					
Observaciones	Los datos estructurales de las diaclasas y foliaciones se han tomado considerando la notación Dirección de buzamiento/Buzamiento, las diaclasas se encuentran rellenas de material descompuesto. Altura de afloramiento = 30 m. y Ancho de afloramiento = 12 m.					



Ficha para descripción de afloramientos						
Proyecto: <i>Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la central hidroeléctrica de Sitanisagua</i>						
Código de afloramiento	AF-020		Sector referencial		Vía pavimentada a Ventana 4	
Coordenada de ubicación UTM WGS84	X		Y		Z	
	723906		9554214		1452	
Tipo de Afloramiento	Artificial: Corte de vía		Vegetación	Si		
Génesis	Metamorfismo		Clase Roca	Metamórfica: Gneis/esquisto		
Textura o matriz	Foliada					
Grado de meteorización	Sana	Algo meteorizada	Moderadamente meteorizado	Muy meteorizada	Completamente meteorizado	Suelo residual
	()	(X)	(X)	()	()	()
Hidrogeología	Sin presencia de agua		Seco (con señales de agua)	Húmedo	Goteo	Flujo
	(x)		()	()	()	()
Foto			Esquema			
						
Tipo de estructura	Zona de contacto y foliaciones		Datos estructurales	Contacto: 160/48 Junta 1: 310/49 Junta 2: 160/88 Junta 3: 230/24 Foliación Gneis: 141/64 Foliación Esquisto: 160/41		
Geología regional	Unidad Sabanilla					
Descripción Litológica	El afloramiento está conformado por roca de gneis y esquisto originado por el metamorfismo regional característico de la unidad Sabanilla, el gneis presenta una tonalidad grisácea con bandeamientos de tonalidades blancas, el esquisto presenta una tonalidad grisácea clara, las dos rocas se encuentran en un grado de algo a moderadamente meteorizado. En la parte superior e inferior del afloramiento se encontró una capa de suelo orgánico aproximadamente 0.15 m					
Observaciones	Los datos estructurales de las diaclasas, contactos y foliaciones se han tomado considerando la notación Dirección de buzamiento/Buzamiento, las diaclasas se encuentran rellenas de material descompuesto. Altura de afloramiento = 3 m. y Ancho de afloramiento = 6 m.					



Ficha para descripción de afloramientos						
Proyecto: Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la central hidroeléctrica de Sitanisagua						
Código de afloramiento	AF-022		Sector referencial		Vía pavimentada a Ventana 4	
Coordenada de ubicación	X		Y		Z	
UTM WGS84	724001		9553883		1475	
Tipo de Afloramiento	Artificial: Corte de vía		Vegetación	Si		
Génesis	Metamorfismo		Clase Roca	Metamórfica: Gneis		
Textura o matriz	Foliada					
Grado de meteorización	Sana	Algo meteorizada	Moderadamente meteorizado	Muy meteorizada	Completamente meteorizado	Suelo residual
	()	()	()	()	(X)	()
Hidrogeología	Sin presencia de agua		Seco (con señales de agua)	Húmedo	Goteo	Flujo
	()		(X)	()	()	()
Foto			Esquema			
						
Tipo de estructura	Foliada		Datos estructurales	Foliación: 213/63		
Geología regional	Unidad Sabanilla					
Descripción Litológica	El afloramiento está conformado por roca de gneis originado por el metamorfismo regional característico de la unidad Sabanilla, presenta una tonalidad grisácea clara con bandeamientos de tonalidades oscuras y blancas, se encuentra completamente meteorizada. En la parte superior e inferior del afloramiento se encuentra cobertura vegetal y con una capa de suelo orgánico aproximadamente 0.15 m					
Observaciones	Los datos estructurales de las foliaciones se han tomado considerando la notación Dirección de buzamiento/Buzamiento. Altura de afloramiento = 3.20 m y Ancho de afloramiento = 10.4 m.					


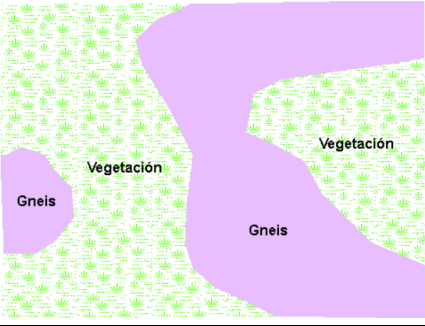
Ficha para descripción de afloramientos						
Proyecto: Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la central hidroeléctrica de Sitanisagua						
Código de afloramiento	AF-023		Sector referencial		Vía pavimentada a Ventana 4	
Coordenada de ubicación	X		Y		Z	
UTM WGS84	723972		9554082		1468	
Tipo de Afloramiento	Artificial		Vegetación	Si		
Génesis	Metamorfismo		Clase Roca	Sedimentaria: Coluvio		
Textura o matriz	Arena-limosa					
Grado de meteorización	Sana	Algo meteorizada	Moderadamente meteorizado	Muy meteorizada	Completamente meteorizado	Suelo residual
	()	()	()	()	()	(x)
Hidrogeología	Sin presencia de agua		Seco (con señales de agua)	Húmedo	Goteo	Flujo
	()		()	(x)	()	()
Foto			Esquema			
						
Tipo de estructura			Datos estructurales			
Geología regional	Unidad Sabanilla					
Descripción Litológica	El afloramiento está compuesto de material coluvial compuesto por cantos angulosos con tamaños entre 3 a 30 cm de roca metamórfica muy fracturada con una matriz limo arenosa. En la parte superior del afloramiento encontramos una capa de suelo orgánico de espesor aproximado de 0.15m.					
Observaciones	Altura de afloramiento = 4.6 m. y Ancho de afloramiento = 5.3 m.					


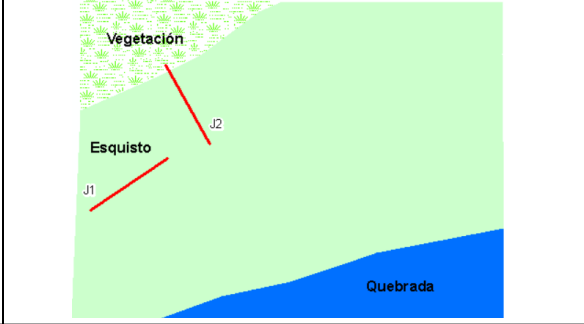
Ficha para descripción de afloramientos						
Proyecto: <i>Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la central hidroeléctrica de Sitanisagua</i>						
Código de afloramiento	AF-024		Sector referencial		Vía pavimentada a Ventana 4	
Coordenada de ubicación	X		Y		Z	
UTM WGS84	723975		9553750		1481	
Tipo de Afloramiento	Artificial: Corte de vía		Vegetación	Si		
Génesis	Metamorfismo		Clase Roca	Metamórfica: Gneis		
Textura o matriz	Foliada					
Grado de meteorización	Sana	Algo meteorizada	Moderadamente meteorizado	Muy meteorizada	Completamente meteorizado	Suelo residual
	()	()	()	(X)	()	()
Hidrogeología	Sin presencia de agua		Seco (con señales de agua)	Húmedo	Goteo	Flujo
	(X)		()	()	()	()
Foto			Esquema			
						
Tipo de estructura	Foliada		Datos estructurales	Foliación: 154/30		
Geología regional	Unidad Sabanilla					
Descripción Litológica	El afloramiento está conformado por roca de gneis originado por el metamorfismo regional característico de la unidad Sabanilla, presenta una tonalidad grisácea oscura con bandeamientos de tonalidades oscuras y blancas, se encuentra muy meteorizada. En la parte superior e inferior del afloramiento se encuentra cobertura vegetal y con una capa de suelo orgánico aproximadamente 0.15 m					
Observaciones	Los datos estructurales de las foliaciones se han tomado considerando la notación Dirección de buzamiento/Buzamiento. Altura de afloramiento = 3.20 m y Ancho de afloramiento = 8 m.					
Ficha para descripción de afloramientos						
Proyecto: <i>Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la central hidroeléctrica de Sitanisagua</i>						
Código de afloramiento	AF-025		Sector referencial		Ventana 4	
Coordenada de ubicación	X		Y		Z	
UTM WGS84	724056		9553341		1475	
Tipo de Afloramiento	Artificial: Corte de vía		Vegetación	Si		
Génesis	Metamorfismo		Clase Roca	Metamórfica: Gneis		
Textura o matriz	Foliada					
Grado de meteorización	Sana	Algo meteorizada	Moderadamente meteorizado	Muy meteorizada	Completamente meteorizado	Suelo residual
	()	()	(x)	()	()	()
Hidrogeología	Sin presencia de agua		Seco (con señales de agua)	Húmedo	Goteo	Flujo
	(x)		()	()	()	()
Foto			Esquema			
						
Tipo de estructura	Foliada		Datos estructurales	Junta 1: 314/53 Junta 2: 154/88 Foliación: 134/50		
Geología regional	Unidad Sabanilla					
Descripción Litológica	El afloramiento está conformado por roca de gneis originado por el metamorfismo regional característico de la unidad Sabanilla, presenta una tonalidad grisácea clara con bandeamientos de tonalidades oscuras y blancas, se encuentra moderadamente meteorizada. En la parte superior e inferior del afloramiento se encuentra cobertura vegetal y con una capa de suelo orgánico aproximadamente 0.15 m					
Observaciones	Los datos estructurales de las diaclasas y foliaciones se han tomado considerando la notación Dirección de buzamiento/Buzamiento, las diaclasas se encuentran rellenas de material descompuesto. Altura de afloramiento = 1.5 m. y Ancho de afloramiento = 3 m.					

Ficha para descripción de afloramientos						
Proyecto: Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la central hidroeléctrica de Sitanisagua						
Código de afloramiento	AF-026		Sector referencial		Ventana 4	
Coordenada de ubicación UTM WGS84	X		Y		Z	
	724093		9553341		1477	
Tipo de Afloramiento	Artificial: Corte de vía		Vegetación	Si		
Génesis	Metamorfismo		Clase Roca	Metamórfica: Gneis		
Textura o matriz	Foliada					
Grado de meteorización	Sana	Algo meteorizada	Moderadamente meteorizado	Muy meteorizada	Completamente meteorizado	Suelo residual
	()	()	(x)	()	()	()
Hidrogeología	Sin presencia de agua		Seco (con señales de agua)	Húmedo	Goteo	Flujo
	(x)		()	()	()	()
Foto			Esquema			
						
Tipo de estructura	Foliada		Datos estructurales	Foliación: 132/52		
Geología regional	Unidad Sabanilla					
Descripción Litológica	El afloramiento está conformado por roca de gneis originado por el metamorfismo regional característico de la unidad Sabanilla, presenta una tonalidad grisácea oscura con bandeamientos de tonalidades oscuras y blancas, se encuentra moderadamente meteorizada. En la parte superior e inferior del afloramiento se encuentra una capa de suelo orgánico aproximadamente 0.15 m					
Observaciones	Los datos estructurales de las foliaciones se han tomado considerando la notación Dirección de buzamiento/Buzamiento. Altura de afloramiento = 4 m. y Ancho de afloramiento = 15 m.					

Ficha para descripción de afloramientos						
Proyecto: Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la central hidroeléctrica de Sitanisagua						
Código de afloramiento	AF-027		Sector referencial		Vía pavimentada a Chimenea	
Coordenada de ubicación UTM WGS84	X		Y		Z	
	724092		9553489		1512	
Tipo de Afloramiento	Artificial: Corte de vía		Vegetación	Si		
Génesis	Metamorfismo		Clase Roca	Metamórfica: Gneis		
Textura o matriz	Foliada					
Grado de meteorización	Sana	Algo meteorizada	Moderadamente meteorizado	Muy meteorizada	Completamente meteorizado	Suelo residual
	()	()	(x)	()	()	()
Hidrogeología	Sin presencia de agua		Seco (con señales de agua)	Húmedo	Goteo	Flujo
	(x)		()	()	()	()
Foto			Esquema			
						
Tipo de estructura			Datos estructurales	170 / 22		
Geología regional	Unidad Sabanilla					
Descripción Litológica	El afloramiento está conformado por roca de gneis originado por el metamorfismo regional característico de la unidad Sabanilla, presenta una tonalidad grisácea clara con bandeamientos de tonalidades oscuras y blancas, se encuentra moderadamente meteorizada. En la parte superior e inferior del afloramiento se encuentra cobertura vegetal y con una capa de suelo orgánico aproximadamente 0.15 m					
Observaciones	Los datos estructurales de las foliaciones se han tomado considerando la notación Dirección de buzamiento/Buzamiento. Altura de afloramiento = 2.3 m. y Ancho de afloramiento = 5 m.					

Ficha para descripción de afloramientos						
<i>Proyecto: Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la central hidroeléctrica de Sitanisagua</i>						
Código de afloramiento	AF-028		Sector referencial		Vía pavimentada a Ventana 4	
Coordenada de ubicación	X		Y		Z	
UTM WGS84	723980		9553561		1502	
Tipo de Afloramiento	Artificial: Corte de vía		Vegetación	Si		
Génesis	Metamorfismo		Clase Roca	Metamórfica: Gneis		
Textura o matriz	Foliada					
Grado de meteorización	Sana	Algo meteorizada	Moderadamente meteorizado	Muy meteorizada	Completamente meteorizado	Suelo residual
	()	()	(x)	()	()	()
Hidrogeología	Sin presencia de agua		Seco (con señales de agua)	Húmedo	Goteo	Flujo
	()		(x)	()	()	()
Foto			Esquema			
						
Tipo de estructura			Datos estructurales	Foliación: 132 / 31		
Geología regional	Unidad Sabanilla					
Descripción Litológica	El afloramiento está conformado por roca de gneis originado por el metamorfismo regional característico de la unidad Sabanilla, presenta una tonalidad grisácea oscura con bandeamientos de tonalidades oscuras y blancas, se encuentra moderadamente meteorizada y con señales de humedad. En la parte superior e inferior del afloramiento se encuentra cobertura vegetal y con una capa de suelo orgánico aproximadamente 0.15 m					
Observaciones	Los datos estructurales de las foliaciones se han tomado considerando la notación Dirección de buzamiento/Buzamiento. Altura de afloramiento = 6 m. y Ancho de afloramiento = 4 m.					

Ficha para descripción de afloramientos						
<i>Proyecto: Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la central hidroeléctrica de Sitanisagua</i>						
Código de afloramiento	AF-029		Sector referencial		Quebrada en la zona de estudio	
Coordenada de ubicación	X		Y		Z	
UTM WGS84	723211		9553529		1137	
Tipo de Afloramiento	Natural		Vegetación	Si		
Génesis	Metamorfismo		Clase Roca	Metamórfica: Gneis		
Textura o matriz	Foliada					
Grado de meteorización	Sana	Algo meteorizada	Moderadamente meteorizado	Muy meteorizada	Completamente meteorizado	Suelo residual
	()	()	(x)	()	()	()
Hidrogeología	Sin presencia de agua		Seco (con señales de agua)	Húmedo	Goteo	Flujo
	()		()	()	()	(x)
Foto			Esquema			
						
Tipo de estructura	Foliada		Datos estructurales	Foliación: 100/57		
Geología regional	Unidad Sabanilla					
Descripción Litológica	El afloramiento está conformado por roca de gneis originado por el metamorfismo regional característico de la unidad Sabanilla, presenta una tonalidad grisácea oscura con bandeamientos de tonalidades oscuras y blancas, se encuentra moderadamente meteorizada y con señales de humedad. En la parte superior e inferior del afloramiento se encontro una capa de suelo orgánico aproximadamente 0.15 m. Se encontro en la rivera de la quebrada.					
Observaciones	Los datos estructurales de las foliaciones se han tomado considerando la notación Dirección de buzamiento/Buzamiento. Altura de afloramiento = 3 m. y Ancho de afloramiento = 1.5 m.					

Ficha para descripción de afloramientos						
Proyecto: Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la central hidroeléctrica de Sitanisagua						
Código de afloramiento	AF-030		Sector referencial		Quebrada en la zona de estudio	
Coordenada de ubicación	X		Y		Z	
UTM WGS84	723356		9553713		1163	
Tipo de Afloramiento	Natural		Vegetación	Si		
Génesis	Metamorfismo		Clase Roca	Metamórfica: Esquisto		
Textura o matriz	Foliada					
Grado de meteorización	Sana	Algo meteorizada	Moderadamente meteorizado	Muy meteorizada	Completamente meteorizado	Suelo residual
	()	()	()	(x)	()	()
Hidrogeología	Sin presencia de agua		Seco (con señales de agua)	Húmedo	Goteo	Flujo
	()		()	()	()	(x)
Foto			Esquema			
						
Tipo de estructura	Foliada		Datos estructurales	Junta 1: 278/24 Junta 2: 146/87 Foliación: 202/34		
Geología regional	Unidad Sabanilla					
Descripción Litológica	El afloramiento está conformado por roca de esquisto originado por el metamorfismo regional característico de la unidad Sabanilla, presenta una tonalidad grisasea clara con presencia de micas, muy meteorizada. En la parte superior del afloramiento encontramos una capa de suelo orgánico de espesor aproximado de 0.15 m. Este se encontro sobre la rivera izquierda de la quebrada.					
Observaciones	Los datos estructurales de las diaclasas y foliaciones se han tomado considerando la notación Dirección de buzamiento/Buzamiento y las diaclasas se encuentran rellenas de material descompuesto. Altura de afloramiento = 8 m y Ancho del afloramiento = 6m					

Anexo 2. Bitácoras de las líneas de tomografía eléctrica

BITACORA		Longitud	120m
Línea código	BV3-1	Dirección	SE-NW
Electrodos		Observación	
1	1-9	Escarpe deslizamiento	
1	9-11	Escarpe	
1	11-13	Escarpe	
1	13-15	Agrietamientos	
1	15-18	Berma	
1	18-19	Cuneta	
1	19-21	Pendiente	
2	1-3	Pendiente	
2	3-4	Berma	
2	4-5	Cuneta	
2	5-11	Pendiente	
2	11-12	Berma	
2	12-13	Cuneta	
2	13-18	Pendiente	
2	18-19	Cuneta	
2	19-21	Escarpe	

BITACORA		Longitud	120m
Línea código	BV3-2	Dirección	SE-NW
Electrodos		Observación	
1	1-14	Pendiente de escarpe	
1	14-16	Pendiente	
1	16-20	Berma con agrietamientos	
1	20-21	Cuneta	
2	1-5	Pendiente	
2	5-6	Cuneta	
2	6-12	Pendiente	
2	12-13	Cuneta	
2	13-19	Pendiente	
2	19-20	Cuneta	
2	20-21	Berma	

BITACORA		Longitud	120m
Línea código	BV3-4	Dirección	SE-NW
Electrodos		Observación	
1	1-21	Deslizamiento	
2	1-3	Pendiente	
2	3-4	Cuneta	
2	4-8	Pendiente	
2	8-9	Pequeño escarpe	
2	9-11	Pendiente y Berma	
2	11-12	Cuneta	
2	12-17	Pendiente	
2	17-18	Escarpe	
2	18-19	Berma	
2	19-20	Cuneta	
2	20-21	Pendiente y vereda	

BITACORA		Longitud	120m
Línea código	BV3-3	Dirección	SE-NW
Electrodos		Observación	
1	1-3	Pendiente rocosa fuertemente inclinada	
1	3-19	Pendiente y escarpe	
1	19-20	Cuneta y Berma	
1	20-21	Pendiente	
2	1-2	Pendiente	
2	2-3	Berma	
2	3-4	Cuneta y Berma	
2	4-10	Pendiente	
2	10-11	Berma	
2	11-12	Cuneta	
2	12-14	Pendiente con escarpe	
2	14-15	Muro de hormigón afectado	
2	16-17	Pendiente escarpe	
2	17-18	Berma y cuneta	
2	18-19	Cuneta y Berma	
2	19-21	Pendiente y filo de vía	

BITACORA			Longitud	BITACORA			Longitud
Línea código	BV4-1	Dirección	120m	Línea código	BV4-2	Dirección	120m
Electrodos	Observación			Electrodos	Observación		
1	1-5	Berma		1	1-5	Pendiente alado del escarpe	
1	5	Corona		1	5-6	Escarpe de corona	
1	6-8	Corona deslizamiento		1	6-9	Deslizamiento	
1	8-12	Deslizamiento		1	9-11	Salto de escarpe	
1	12-13	Detritos		1	11-14	Filo de escarpe	
1	12-18	Pendiente		1	14-21	Deslizamiento	
1	18-21	Posible deslizamiento		2	1-3	Deslizamiento	
2	8-1	Pendiente		2	3-4	Cuneta	
2	8-9	Cuneta		2	4-8	Berma	
2	9-11	Berma		2	8-17	Pendiente con detritos	
2	11-17	Pendiente con detritos		2	16-17	Posible muro de gaviones tumbado	
2	17-19	Muro de gaviones afectado por el deslizamiento		2	17-18	Cuneta	
2	19-20	Berma y red de drenaje		2	18-21	Berma	
2	20-21	Berma y vía					

BITACORA			Longitud	BITACORA			Longitud
Línea código	BV4-3	Dirección	120m	Línea código	BV4-4	Dirección	120m
Electrodos	Observación		E-W	Electrodos	Observación		E-W
1	1-6	Pendiente		1	1-21	Deslizamiento	
1	6-8	Deslizamiento y escarpe		2	1-13	Pendiente	
1	8-13	Deslizamiento		2	13-14	Cuneta	
1	13-15	Deslizamiento y afloramientos de macizo rocos		2	14-21	Pendiente abrupta rocosa	
1	15-16	Escarpe					
1	16-21	Escarpe y deslizamiento					
2	1-5	Escarpe des deslizamiento					
2	5-11	Pendiente que rodea la corona					
2	11-12	Cuneta					
2	12-21	Planicie sin mucha inclinación					

BITACORA		Longitud de Línea	120m
Línea código	BV4-5	Dirección de Línea	E-W
Electrodos	Observación		
1	1-4	Deslizamiento	
1	4-5	Pendiente	
1	5-6	Deslizamiento	
1	6-11	Deslizamiento cerca de muro de gaviones	
1	11-12	Detritos de rocas sueltas	
2	1-11	Pendiente	
2	11-12	Flanco	
2	12-21	Pendiente de Berma	

Anexo 3. Datos GPS de los electrodos de los perfiles eléctricos realizados en los dos sectores de estudio

Perfil V3-1					Perfil V3-2				
No.	Dist.	Cota	X	Y	No.	Dist.	Cota	X	Y
1	0	1393.00	723358.78	9554100.29	1	0.00	1402.99	723373.54	9554114.77
2	3	1395.00	723358.27	9554101.46	2	3.00	1403.90	723372.76	9554117.43
3	6	1397.00	723358.12	9554102.55	3	6.00	1404.67	723371.86	9554119.36
4	9	1399.00	723357.57	9554104.43	4	9.00	1406.82	723370.65	9554121.22
5	12	1401.00	723357.02	9554105.43	5	12.00	1407.73	723368.70	9554123.75
6	15	1403.00	723356.47	9554107.09	6	15.00	1408.08	723367.21	9554125.73
7	18	1405.00	723353.37	9554109.97	7	18.00	1409.67	723365.63	9554127.90
8	21	1407.00	723352.93	9554111.74	8	21.00	1411.55	723364.00	9554130.40
9	24	1409.00	723351.71	9554113.19	9	24.00	1413.76	723362.61	9554132.05
10	27	1411.00	723351.16	9554115.18	10	27.00	1414.06	723361.53	9554133.46
11	30	1413.00	723350.06	9554118.83	11	30.00	1415.50	723359.91	9554135.29
12	33	1414.00	723348.18	9554122.15	12	33.00	1416.03	723358.93	9554136.93
13	36	1416.00	723345.96	9554124.48	13	36.00	1417.87	723357.50	9554138.89
14	39	1417.00	723344.74	9554125.98	14	39.00	1419.05	723355.07	9554139.73
15	42	1418.00	723342.35	9554127.14	15	42.00	1420.75	723353.42	9554141.44
16	45	1418.00	723340.08	9554129.54	16	45.00	1421.16	723351.00	9554142.76
17	48	1418.00	723337.65	9554131.58	17	48.00	1421.16	723349.06	9554145.25
18	51	1418.00	723335.59	9554133.44	18	51.00	1421.16	723348.51	9554146.13
19	54	1418.00	723334.99	9554135.46	19	54.00	1421.16	723346.98	9554148.48
20	57	1420.00	723333.33	9554137.12	20	57.00	1421.16	723345.93	9554149.92
21	60	1422.00	723332.11	9554138.67	21	60.00	1422.27	723345.08	9554151.78
22	63	1424.00	723330.82	9554140.70	22	63.00	1424.32	723342.53	9554153.67
23	66	1426.00	723328.42	9554143.29	23	66.00	1425.68	723340.98	9554156.77
24	69	1428.00	723326.35	9554145.61	24	69.00	1426.05	723339.66	9554157.95
25	72	1428.00	723324.32	9554147.35	25	72.00	1428.05	723338.07	9554160.10
26	75	1428.00	723322.66	9554149.09	26	75.00	1429.61	723336.11	9554162.42
27	78	1430.00	723321.94	9554151.16	27	78.00	1429.61	723334.45	9554165.74
28	81	1432.00	723320.31	9554152.95	28	81.00	1430.09	723332.13	9554169.62
29	84	1434.00	723318.58	9554154.42	29	84.00	1432.28	723330.80	9554171.95
30	87	1436.00	723316.71	9554156.23	30	87.00	1433.52	723329.25	9554173.10
31	90	1438.00	723315.02	9554158.29	31	90.00	1434.70	723327.49	9554174.20
32	93	1440.00	723313.89	9554160.31	32	93.00	1435.85	723326.59	9554175.50
33	96	1440.00	723312.11	9554161.78	33	96.00	1436.63	723325.88	9554177.18
34	99	1440.00	723310.85	9554163.83	34	99.00	1436.63	723325.17	9554178.97
35	102	1442.00	723309.49	9554165.21	35	102.00	1438.42	723322.94	9554180.70
36	105	1444.00	723308.16	9554166.87	36	105.00	1439.72	723321.61	9554183.80
37	108	1446.00	723307.35	9554168.46	37	108.00	1440.49	723321.14	9554185.88
38	111	1448.00	723306.64	9554170.26	38	111.00	1442.21	723319.29	9554186.73
39	114	1449.00	723304.31	9554171.59	39	114.00	1444.05	723317.66	9554187.67
40	117	1450.00	723302.65	9554174.69	40	117.00	1445.47	723317.04	9554189.39
41	120	1452.00	723300.33	9554176.36	41	120.00	1446.47	723316.34	9554191.24
42	123	1453.00	723298.44	9554178.57	42	123.00	1447.00	723315.08	9554193.55

Perfil V3-3					Perfil V3-4				
No.	Dist.	Cota	X	Y	No.	Dist.	Cota	X	Y
1	0	1377	723399.29	9554129.58	1	0	1384	723404.32	9554146.82
2	3	1378	723397.02	9554132.91	2	3	1386	723401.55	9554150.14
3	6	1380	723395.03	9554136.34	3	6	1387	723400.11	9554151.36
4	9	1382	723393.86	9554139.01	4	9	1388	723398.90	9554154.13
5	12	1384	723392.64	9554141.55	5	12	1389	723396.90	9554156.46
6	15	1386	723391.25	9554144.32	6	15	1390	723395.35	9554159.56
7	18	1388	723390.37	9554146.53	7	18	1392	723394.71	9554162.08
8	21	1390	723389.19	9554148.79	8	21	1393	723393.70	9554163.66
9	24	1392	723387.72	9554150.86	9	24	1394	723391.93	9554166.31
10	27	1394	723386.08	9554153.18	10	27	1395	723391.34	9554167.93
11	30	1396	723384.45	9554155.42	11	30	1396	723390.72	9554169.97
12	33	1398	723382.90	9554157.76	12	33	1398	723389.40	9554172.31
13	36	1400	723381.42	9554159.65	13	36	1399	723388.07	9554175.50
14	39	1402	723379.86	9554161.55	14	39	1401	723386.15	9554178.52
15	42	1404	723378.26	9554163.36	15	42	1403	723385.08	9554180.49
16	45	1406	723376.60	9554165.47	16	45	1405	723383.67	9554182.92
17	48	1408	723375.03	9554167.86	17	48	1407	723383.35	9554185.87
18	51	1410	723373.11	9554169.99	18	51	1408	723382.01	9554187.96
19	54	1412	723370.73	9554172.49	19	54	1410	723381.17	9554188.97
20	57	1412	723369.60	9554175.05	20	57	1412	723380.46	9554189.66
21	60	1414	723367.89	9554177.61	21	60	1414	723379.84	9554190.41
22	63	1416	723366.72	9554178.84	22	63	1416	723378.91	9554190.87
23	66	1418	723365.01	9554180.56	23	66	1418	723378.00	9554191.42
24	69	1418	723363.91	9554181.37	24	69	1420	723376.75	9554192.75
25	72	1418.5	723362.15	9554183.08	25	72	1420	723375.87	9554194.20
26	75	1420	723360.91	9554184.51	26	75	1422	723375.22	9554195.96
27	78	1421	723359.88	9554187.42	27	78	1424	723374.65	9554198.14
28	81	1422	723358.71	9554189.46	28	81	1426	723374.24	9554200.04
29	84	1424	723358.18	9554191.47	29	84	1428	723373.47	9554202.68
30	87	1426	723356.63	9554193.49	30	87	1430	723372.13	9554204.38
31	90	1428	723355.15	9554195.69	31	90	1431	723370.67	9554206.03
32	93	1428	723354.00	9554197.78	32	93	1431	723369.38	9554206.69
33	96	1428	723353.12	9554200.17	33	96	1431	723368.28	9554208.96
34	99	1430	723352.70	9554201.98	34	99	1433	723367.09	9554210.29
35	102	1432	723351.22	9554204.72	35	102	1435	723365.68	9554212.16
36	105	1434	723350.14	9554206.08	36	105	1437	723364.31	9554213.99
37	108	1436	723348.39	9554208.13	37	108	1439	723363.60	9554215.55
38	111	1438	723346.53	9554210.98	38	111	1441	723362.63	9554217.92
39	114	1438	723345.52	9554212.22	39	114	1442	723360.82	9554220.01
40	117	1438	723343.80	9554213.56	40	117	1443	723359.50	9554222.25
41	120	1440	723342.47	9554215.05	41	120	1443	723357.68	9554224.98
42	123	1442	723341.10	9554216.72	42	123	1445	723356.64	9554226.75

Perfil V4-1					Perfil V4-2				
No.	Dist.	Cota	X	Y	No.	Dist.	Cota	X	Y
1	0	1426.12	724111.26	9553330.69	1	0	1425.74	724078.13	9553316.17
2	3	1426.20	724110.36	9553326.93	2	3	1424.01	724077.32	9553314.96
3	6	1426.30	724109.69	9553324.17	3	6	1422.43	724076.34	9553313.30
4	9	1426.40	724109.02	9553322.29	4	9	1420.46	724074.11	9553311.09
5	12	1426.50	724108.22	9553319.41	5	12	1419.67	724074.00	9553308.33
6	15	1426.05	724107.20	9553316.81	6	15	1417.88	724073.77	9553307.11
7	18	1424.64	724106.55	9553313.78	7	18	1415.65	724072.10	9553304.68
8	21	1422.08	724106.26	9553312.19	8	21	1414.36	724069.43	9553301.92
9	24	1420.08	724105.69	9553310.04	9	24	1413.30	724068.65	9553300.38
10	27	1418.62	724104.05	9553307.72	10	27	1412.12	724067.08	9553299.10
11	30	1416.55	724103.10	9553306.19	11	30	1411.08	724065.31	9553297.40
12	33	1414.53	724101.87	9553305.16	12	33	1410.84	724063.19	9553295.30
13	36	1412.51	724101.97	9553303.89	13	36	1409.10	724060.96	9553293.21
14	39	1411.22	724100.97	9553301.29	14	39	1408.34	724059.73	9553290.22
15	42	1409.65	724099.96	9553297.75	15	42	1407.56	724058.06	9553288.79
16	45	1407.74	724099.07	9553295.43	16	45	1406.34	724056.28	9553287.58
17	48	1406.02	724098.51	9553293.22	17	48	1405.34	724055.39	9553285.92
18	51	1405.45	724096.50	9553290.57	18	51	1404.34	724053.83	9553284.04
19	54	1403.36	724095.38	9553287.92	19	54	1403.34	724052.16	9553280.84
20	57	1401.91	724095.60	9553286.59	20	57	1402.34	724050.27	9553279.19
21	60	1399.53	724094.93	9553284.49	21	60	1400.34	724049.26	9553276.64
22	63	1397.91	724094.03	9553281.40	22	63	1399.35	724047.92	9553273.55
23	66	1395.46	724093.91	9553278.41	23	66	1397.21	724048.69	9553269.24
24	69	1393.15	724093.28	9553276.68	24	69	1396.39	724048.46	9553266.36
25	72	1391.43	724092.42	9553274.59	25	72	1396.66	724047.23	9553262.49
26	75	1389.69	724091.57	9553272.89	26	75	1396.88	724046.00	9553260.06
27	78	1387.24	724091.31	9553271.34	27	78	1396.84	724044.77	9553257.19
28	81	1385.24	724090.67	9553269.46	28	81	1396.84	724043.43	9553254.54
29	84	1383.24	724089.55	9553265.15	29	84	1396.84	724042.64	9553251.33
30	87	1383.24	724088.88	9553262.72	30	87	1395.84	724042.53	9553250.01
31	90	1383.24	724090.24	9553260.92	31	90	1394.84	724041.30	9553247.35
32	93	1383.24	724089.22	9553259.27	32	93	1393.84	724040.74	9553244.59
33	96	1381.21	724087.87	9553258.19	33	96	1392.84	724040.07	9553241.61
34	99	1379.23	724086.97	9553256.20	34	99	1390.84	724039.95	9553239.06
35	102	1377.28	724086.89	9553254.47	35	102	1388.84	724040.05	9553236.85
36	105	1375.25	724086.68	9553252.44	36	105	1386.84	724039.38	9553233.98
37	108	1374.20	724086.14	9553250.14	37	108	1384.43	724038.60	9553231.65
38	111	1372.26	724085.60	9553247.62	38	111	1382.01	724037.92	9553229.11
39	114	1370.26	724085.29	9553244.12	39	114	1381.04	724035.70	9553226.80
40	117	1370.26	724085.19	9553241.22	40	117	1380.12	724037.02	9553224.03
41	120	1370.83	724084.99	9553239.28	41	120	1380.77	724036.68	9553221.59
42	123	1371.08	724085.04	9553237.62	42	123	1380.86	724035.90	9553218.61

Perfil V4-3					Perfil V4-4				
No.	Dist.	Cota	X	Y	No.	Dist.	Cota	X	Y
1	0	1411.15772	724140.73	9553299.87	1	0	1380.147	724121.83	9553250.36
2	3	1411.15772	724138.51	9553300.53	2	3	1381.147	724119.28	9553252.36
3	6	1411.15772	724134.07	9553300.44	3	6	1381.250	724117.51	9553253.69
4	9	1411.15772	724131.65	9553301.35	4	9	1380.147	724116.52	9553256.79
5	12	1411.15772	724129.07	9553302.88	5	12	1380.147	724113.75	9553258.68
6	15	1411.15772	724126.52	9553302.56	6	15	1380.147	724111.64	9553260.56
7	18	1411.03638	724124.19	9553303.00	7	18	1380.147	724107.65	9553261.79
8	21	1410.41126	724120.30	9553303.68	8	21	1380.147	724106.20	9553261.90
9	24	1410.09399	724116.08	9553302.58	9	24	1380.147	724103.65	9553262.79
10	27	1409.73938	724113.86	9553303.03	10	27	1380.147	724101.66	9553264.57
11	30	1409.73938	724110.63	9553302.26	11	30	1381.147	724098.21	9553265.79
12	33	1409.73938	724107.96	9553302.61	12	33	1382.147	724095.44	9553266.46
13	36	1409.73938	724104.97	9553303.05	13	36	1381.147	724092.44	9553266.91
14	39	1409.73938	724101.97	9553301.40	14	39	1382.147	724089.67	9553267.81
15	42	1409.73938	724099.19	9553299.64	15	42	1383.147	724087.34	9553268.70
16	45	1409.73938	724096.75	9553301.41	16	45	1383.628	724084.78	9553268.04
17	48	1409.73938	724093.42	9553302.20	17	48	1382.814	724082.01	9553268.60
18	51	1409.73938	724090.42	9553301.43	18	51	1383.225	724079.01	9553268.72
19	54	1410.15601	724087.09	9553302.87	19	54	1384.244	724076.78	9553268.28
20	57	1411.91345	724084.54	9553303.32	20	57	1384.449	724073.90	9553268.62
21	60	1411.52161	724081.87	9553303.11	21	60	1385.167	724071.45	9553268.74
22	63	1410.9447	724078.76	9553303.78	22	63	1386.147	724068.24	9553269.74
23	66	1409.9447	724076.10	9553304.56	23	66	1386.838	724066.46	9553270.30
24	69	1410.19666	724072.65	9553304.79	24	69	1386.754	724065.02	9553270.41
25	72	1409.09558	724069.77	9553304.13	25	72	1386.810	724061.24	9553270.42
26	75	1410.61804	724066.65	9553303.37	26	75	1388.302	724057.80	9553272.09
27	78	1409.61804	724063.32	9553302.93	27	78	1387.416	724053.80	9553271.32
28	81	1409.61804	724060.76	9553301.28	28	81	1388.069	724051.02	9553271.11
29	84	1409.61804	724057.88	9553302.84	29	84	1388.069	724048.36	9553271.45
30	87	1410.61804	724054.99	9553301.18	30	87	1388.069	724046.25	9553272.67
31	90	1409.61804	724052.43	9553300.86	31	90	1388.069	724044.47	9553272.01
32	93	1408.61804	724049.65	9553300.31	32	93	1389.069	724042.25	9553271.80
33	96	1407.61804	724047.99	9553300.43	33	96	1390.924	724039.26	9553274.35
34	99	1406.61804	724045.65	9553300.65	34	99	1388.606	724036.70	9553274.57
35	102	1405.2793	724042.65	9553300.11	35	102	1390.232	724033.59	9553272.15
36	105	1406.48303	724039.99	9553300.12	36	105	1391.232	724030.70	9553273.93
37	108	1407.73486	724036.77	9553300.46	37	108	1391.232	724028.26	9553274.37
38	111	1406.72559	724035.10	9553299.13	38	111	1392.232	724025.93	9553274.82
39	114	1407.83752	724031.88	9553298.26	39	114	1392.232	724023.94	9553277.15
40	117	1408.16419	724029.77	9553298.48	40	117	1392.232	724018.94	9553278.38
41	120	1407.18274	724027.66	9553299.04	41	120	1391.382	724018.51	9553282.03
42	123	1407.18274	724023.99	9553298.83	42	123	1391.382	724015.96	9553283.25

Perfil V4-5				
No.	Dist.	Cota	X	Y
1	0	1369.78	724115.69	9553234.89
2	3	1369.63	724113.36	9553235.89
3	6	1369.46	724110.81	9553237.56
4	9	1369.46	724109.34	9553238.86
5	12	1369.46	724108.37	9553240.44
6	15	1369.46	724105.71	9553241.55
7	18	1369.46	724102.38	9553243.22
8	21	1369.46	724099.83	9553244.78
9	24	1369.46	724097.50	9553245.33
10	27	1369.46	724094.39	9553246.01
11	30	1370.46	724091.50	9553247.34
12	33	1370.46	724088.96	9553247.64
13	36	1370.46	724087.06	9553246.69
14	39	1370.46	724082.95	9553248.25
15	42	1371.46	724080.87	9553248.94
16	45	1371.46	724078.29	9553249.81
17	48	1371.63	724075.24	9553250.29
18	51	1371.05	724073.07	9553247.94
19	54	1372.63	724069.18	9553247.40
20	57	1373.35	724066.59	9553246.61
21	60	1373.35	724064.18	9553245.86
22	63	1373.35	724061.62	9553244.98
23	66	1373.35	724058.34	9553243.66
24	69	1373.35	724055.39	9553241.90
25	72	1373.35	724052.50	9553241.46
26	75	1375.85	724049.17	9553241.36
27	78	1375.85	724046.73	9553241.04
28	81	1375.85	724044.06	9553240.49
29	84	1375.85	724041.73	9553241.38
30	87	1376.63	724038.52	9553244.60
31	90	1376.63	724036.41	9553243.61
32	93	1375.85	724034.74	9553243.83
33	96	1375.85	724033.08	9553245.72
34	99	1375.85	724029.31	9553247.60
35	102	1375.85	724026.42	9553249.16
36	105	1375.85	724023.87	9553250.27
37	108	1375.85	724022.43	9553251.16
38	111	1375.85	724018.21	9553252.94
39	114	1375.85	724015.44	9553254.39
40	117	1375.85	724014.67	9553257.37
41	120	1376.46	724012.23	9553258.71
42	123	1376.98	724008.68	9553261.26

Anexo 4. Formulario de caracterización de deslizamientos de Ventana 3 y Ventana 4.

INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS										
ENCUESTADOR: <u>Miller Fabricio Biquez</u>		FECHA: <u>10/2/2023</u>		INSTITUCIÓN: _____ UNL _____		CODIGO: <u>V3</u>				
SECTOR: <u>Ventana 3, H. Delshamsigum, Zamora</u>		PROYECCIÓN: <u>WGS84 - 17</u>		FOTO N°/Año/Escala/Editor: _____						
COORDENADAS: <u>X = 723362 Y = 9554150</u>		MAPA N°/Año/Escala/Editor: _____								
REFERENCIA GEOGRÁFICA: <u>TRANSVERSAL SUR E50 KM 35</u>										
ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO					LITOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA					
FECHAS DE OCURRENCIA		ESTADO		ESTILO		DISTRIBUCIÓN		DESCRIPCIÓN		
Ultimo movimiento	DD/ MM/ AA/	<input checked="" type="checkbox"/> Activo		<input checked="" type="checkbox"/> Unico		<input checked="" type="checkbox"/> Retrogresivo		La litología corresponde a un suelo con coloración café-rojizo amarillento acompañado fragmentos de roca de materiales de escombros, bloques de roca, chastos y gujaritos con un matriz limo arenosa con poco porcentaje de arcilla, por la composición de los materiales el deslizamiento se ha producido por la sobrecarga en el talud y la saturación del mismo, así mismo los bloques de roca sufre al pie del talud aumenta la inestabilidad del mismo.		
Anteriores	_____	<input type="checkbox"/> Reactivado		<input type="checkbox"/> Sucesivo		<input type="checkbox"/> Progresivo				
Edad (años)	_____	<input type="checkbox"/> Latente		<input type="checkbox"/> Multiple		<input type="checkbox"/> Enanchandose				
					<input type="checkbox"/> Confinado		<input type="checkbox"/> Enjambre			
TIPO DE MOVIMIENTO		MATERIAL			ORIGEN DEL SUELO		OTRAS CARACTERÍSTICAS			
C L A S I F I C A C I O N	1 2	1 2	%	HUMEDAD DEL SUELO		ORIGEN DEL SUELO		<input checked="" type="checkbox"/> Movimiento canalizado <input type="checkbox"/> Movimiento no canalizado <input type="checkbox"/> Licuación		
	<input type="checkbox"/> Caída	<input checked="" type="checkbox"/> Roca	<input type="checkbox"/> 30	<input type="checkbox"/> Seco	<input checked="" type="checkbox"/> Residual					
	<input type="checkbox"/> Volcamiento	<input checked="" type="checkbox"/> Suelo	<input type="checkbox"/> 30	<input type="checkbox"/> Lig. Humedo	<input type="checkbox"/> Sedimentario					
	<input type="checkbox"/> Deslizamiento rotacional	<input checked="" type="checkbox"/> Detrito	<input type="checkbox"/> 40	<input type="checkbox"/> Humedo	<input checked="" type="checkbox"/> Coluvial					
	<input checked="" type="checkbox"/> Deslizamiento traslacional	SUELOS INGENIERIA			<input type="checkbox"/> Muy humedo	<input type="checkbox"/> Volcánico				
	<input type="checkbox"/> Propagación lateral	<input type="checkbox"/> Bloques		<input type="checkbox"/> Mojado	Tipo de suelo sedimentario*					
	<input checked="" type="checkbox"/> Reptación	<input type="checkbox"/> Cantos								
	<input type="checkbox"/> Colapso	<input type="checkbox"/> Gravas								
	<input type="checkbox"/> Flujó	<input checked="" type="checkbox"/> Arena	<input type="checkbox"/> 35							
		<input checked="" type="checkbox"/> Limo	<input type="checkbox"/> 35							
	<input type="checkbox"/> Arcilla									
	<input checked="" type="checkbox"/> M. Organic	<input type="checkbox"/> 30								
CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO										
Sistema de clasificación: <u>Varnes, 1978</u>										
NOMBRE DEL MOVIMIENTO: <u>Deslizamiento traslacional</u>										
MORFOMETRÍA										
GENERAL				DIMENSIONES				DEFORMACIÓN DEL TERRENO		
Diferencia de altura corona a punta (m)		<u>100.9</u>		Ancho de la masa desplazada Wd (m)		<u>139.9</u>		Modo		
Longitud horizontal corona a punta (m)		<u>162.5</u>		Ancho de la superficie de ruptura Wr (m)		<u>137.7</u>		Severidad		
Pendiente de ladera en post-falla (°)		<u>67.0</u>		Volumen inicial (m³)		<u>123825.68</u>		<input type="checkbox"/> Ondulación		
Pendiente de ladera en PRE-falla (°)		<u>65.0</u>		Volumen desplazado (m³)		<u>133000.9</u>		<input checked="" type="checkbox"/> Escalónamiento		
Dirección del movimiento (°)		<u>N-S</u>		Área inicial (m²)		<u>11256.88</u>		<input type="checkbox"/> Otros		
Azimut del talud (°)		<u>N 194°</u>		Área total afectada (m²)		<u>13300.09</u>		<input checked="" type="checkbox"/> Leve		
								<input type="checkbox"/> Media		
								<input checked="" type="checkbox"/> Pronunciada		
								<input type="checkbox"/> Severa		
								<input type="checkbox"/> Muy severa		
COBERTURA Y USO DEL SUELO										
C					D					
<input checked="" type="checkbox"/> Material plástico débil					Movimiento tectónico					
<input type="checkbox"/> Material sensible					<input checked="" type="checkbox"/> Lluvias					
<input type="checkbox"/> Material colapsable					Evacuación de la pata del talud					
<input checked="" type="checkbox"/> Material meteorizado					Carga en la corona del talud					
<input type="checkbox"/> Material fallado por corte					Irigación					
<input checked="" type="checkbox"/> Material fisurado o agrietado					Mantenimiento deficiente sistema de drenaje					
<input type="checkbox"/> Orientación desfavorable de discontinuidades					Escapes de agua de tuberías					
<input checked="" type="checkbox"/> Contraste en permeabilidad de materiales					Deforestación o ausencia de vegetación					
<input type="checkbox"/> Contraste de rigidez de materiales					<input checked="" type="checkbox"/> Disposición deficiente de esteriles/escombros					
<input type="checkbox"/> Meteorización por expansión/contracción					<input checked="" type="checkbox"/> Vibración artificial (trafico, explosiones, hincado)					
C: Condicionante					D: Detonante					
Tipo de Cobertura		%		Tipo uso		%				
<input checked="" type="checkbox"/> Veget. Herbacea		<u>35</u>		<input type="checkbox"/> Ganadería						
<input type="checkbox"/> Bosque/Selva				<input type="checkbox"/> Área protegida						
<input checked="" type="checkbox"/> Matorrales		<u>25</u>		<input type="checkbox"/> Agrícola						
<input type="checkbox"/> Cuerpo agua				<input type="checkbox"/> Recreación						
<input type="checkbox"/> Cultivo				<input type="checkbox"/> Zona arqueológica						
<input checked="" type="checkbox"/> Construcciones		<u>40</u>		<input checked="" type="checkbox"/> Zona industrial		<u>80</u>				
<input type="checkbox"/> Sin cobertura				<input type="checkbox"/> Vivienda						
				<input checked="" type="checkbox"/> Vías		<u>20</u>				
Población: Número de muertos _____, Número de heridos _____, Número de damnificados _____ Infraestructura: Tipo _____, Intensidad y cantidad _____, Valor S _____ Actividades económicas: Tipo _____, Intensidad y calidad _____, Valor S _____ Daños ambientales: Tipo _____, Intensidad y cantidad _____, Valor S _____										
Convención para intensidad de daño: DL: Daño leve, DM: Daño moderado, DS: Daño severo, DT: Destrucción total, NC: No cuantificable Nota: Este movimiento se ha generado en un área no consolidada, por lo que no se han desarrollado pérdidas económicas ni afectaciones a las actividades económicas ni la población.										
ESQUEMA EN PLATA					PERFIL					
FOTOGRAFÍAS										

INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS			
ENCUESTADOR: <u>Miller Biquez</u>	FECHA: <u>10/2/2023</u>	INSTITUCIÓN: <u>UNL</u>	CODIGO: <u>V4</u>
SECTOR: <u>CARRIGAN NORTE</u>	PROYECCIÓN: <u>WGS84-17</u>	FOTO: N°/Año/Escala/Editor	
COORDENADAS: <u>X=724104 Y=955323</u>	MAPA: N°/Año/Escala/Editor		
REFERENCIA GEOGRÁFICA: <u>TRANSVERSAL SUR E50 KM 35</u>			

ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO		DISTRIBUCION		LITOLOGIA Y ESTRATIGRAFIA
FECHAS DE OCURRENCIA	ESTADO	ESTILO	DISTRIBUCION	DESCRIPCION
Ultimo movimiento: DD/ MM/ AA/	<input checked="" type="checkbox"/> Activo <input type="checkbox"/> Reactivado <input type="checkbox"/> Latente <input type="checkbox"/> Estabilizado <input type="checkbox"/> Relicto	<input type="checkbox"/> Unico <input type="checkbox"/> Sucesivo <input type="checkbox"/> Multiple	<input type="checkbox"/> Retrogresivo <input checked="" type="checkbox"/> Progresivo <input type="checkbox"/> Ensanchandose <input type="checkbox"/> Confinado <input type="checkbox"/> Enjambre	Roca metamorfa del Triacico de la Formacion Sahamilla (TfLs) compuesta por migmatitas, paragneis y esquistos micaceos. Sobre la zona yacen rocas fragmentadas de gneis, y es acompañado por suelos residuales limo arenosos, con poca plasticidad. Las rocas fragmentadas de gneis corresponden a que la zona fue utilizada como escombrera en la etapa de construcción del tunel de capatación de la Central Hidroeléctrica Delsitanagua.

TIPO DE MOVIMIENTO	MATERIAL		OTRAS CARACTERISTICAS																																																											
	HUMEDAD DEL SUELO	ORIGEN DEL SUELO																																																												
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>1</td><td>2</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table>	1	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>%</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>Roca</td><td>30</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>Suelo</td><td>30</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>Detrito</td><td>40</td></tr> </table>	1	2	%	<input checked="" type="checkbox"/>	Roca	30	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelo	30	<input checked="" type="checkbox"/>	Detrito	40	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Seco</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Lig. Humedo</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Humedo</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>Muy humedo</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Mojado</td></tr> </table>	<input type="checkbox"/>	Seco	<input type="checkbox"/>	Lig. Humedo	<input type="checkbox"/>	Humedo	<input checked="" type="checkbox"/>	Muy humedo	<input type="checkbox"/>	Mojado	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>Residual</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Sedimentario</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>Coluvial</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Volcánico</td></tr> </table>	<input checked="" type="checkbox"/>	Residual	<input type="checkbox"/>	Sedimentario	<input checked="" type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Volcánico	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>Movimiento canalizado</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Movimiento no canalizado</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Licucción</td></tr> </table>	<input checked="" type="checkbox"/>	Movimiento canalizado	<input type="checkbox"/>	Movimiento no canalizado	<input type="checkbox"/>	Licucción
1	2																																																													
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																													
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																													
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																													
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																													
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																													
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																													
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																													
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																													
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																													
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																													
1	2	%																																																												
<input checked="" type="checkbox"/>	Roca	30																																																												
<input checked="" type="checkbox"/>	Suelo	30																																																												
<input checked="" type="checkbox"/>	Detrito	40																																																												
<input type="checkbox"/>	Seco																																																													
<input type="checkbox"/>	Lig. Humedo																																																													
<input type="checkbox"/>	Humedo																																																													
<input checked="" type="checkbox"/>	Muy humedo																																																													
<input type="checkbox"/>	Mojado																																																													
<input checked="" type="checkbox"/>	Residual																																																													
<input type="checkbox"/>	Sedimentario																																																													
<input checked="" type="checkbox"/>	Coluvial																																																													
<input type="checkbox"/>	Volcánico																																																													
<input checked="" type="checkbox"/>	Movimiento canalizado																																																													
<input type="checkbox"/>	Movimiento no canalizado																																																													
<input type="checkbox"/>	Licucción																																																													
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Bloques</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Cantos</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Gravas</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>Arena</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>Limo</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>Arcilla</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>M. Organic</td></tr> </table>		<input type="checkbox"/>	Bloques	<input type="checkbox"/>	Cantos	<input type="checkbox"/>	Gravas	<input checked="" type="checkbox"/>	Arena	<input checked="" type="checkbox"/>	Limo	<input checked="" type="checkbox"/>	Arcilla	<input checked="" type="checkbox"/>	M. Organic	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Clasificación del movimiento</td></tr> <tr><td colspan="2">Sistema de clasificación: <u>Varnes, 1978</u></td></tr> <tr><td colspan="2">Nombre del movimiento: <u>Deslizamiento Rotacional</u></td></tr> </table>			<input type="checkbox"/>	Clasificación del movimiento	Sistema de clasificación: <u>Varnes, 1978</u>		Nombre del movimiento: <u>Deslizamiento Rotacional</u>																																							
<input type="checkbox"/>	Bloques																																																													
<input type="checkbox"/>	Cantos																																																													
<input type="checkbox"/>	Gravas																																																													
<input checked="" type="checkbox"/>	Arena																																																													
<input checked="" type="checkbox"/>	Limo																																																													
<input checked="" type="checkbox"/>	Arcilla																																																													
<input checked="" type="checkbox"/>	M. Organic																																																													
<input type="checkbox"/>	Clasificación del movimiento																																																													
Sistema de clasificación: <u>Varnes, 1978</u>																																																														
Nombre del movimiento: <u>Deslizamiento Rotacional</u>																																																														

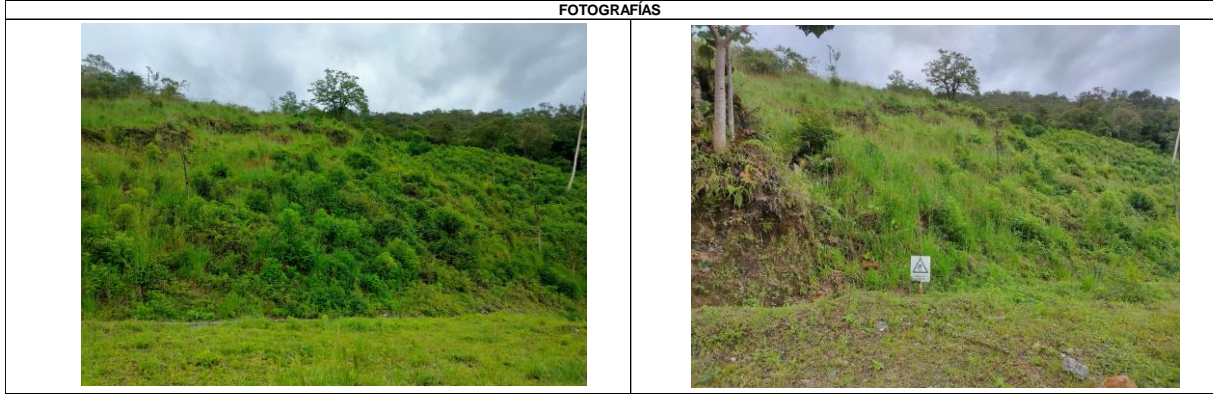
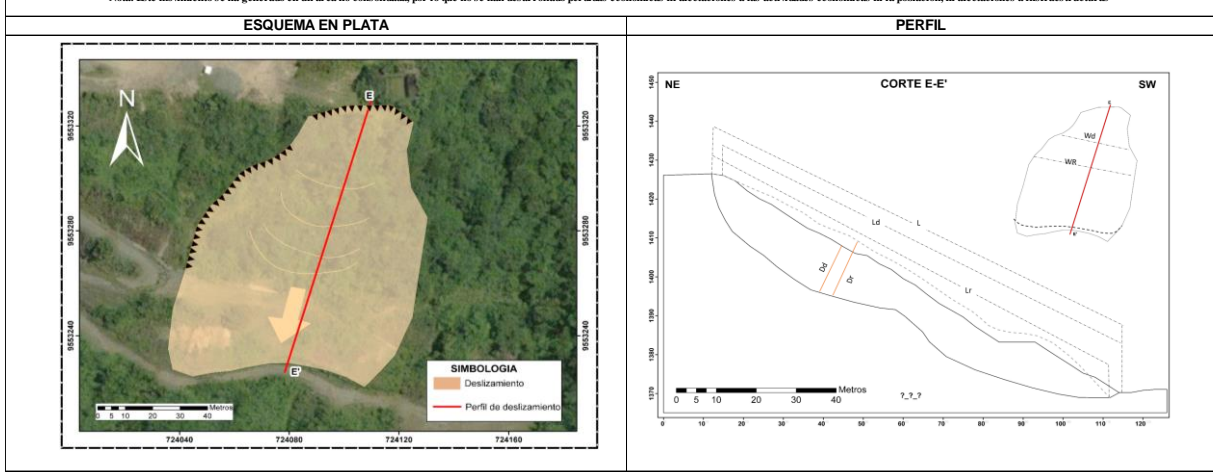
GENERAL		DIMENSIONES		DEFORMACION DEL TERRENO	
Diferencia de altura corona a punta (m)	<u>47.5</u>	Ancho de la masa desplazada Wd (m)	<u>73.0</u>	Modo	Severidad
Longitud horizontal corona a punta (m)	<u>122.5</u>	Ancho de la superficie de ruptura Wr (m)	<u>56.5</u>	<input checked="" type="checkbox"/> Ondulación	<input type="checkbox"/> Leve
Pendiente de ladera en post-falla (°)	<u>27.0</u>	Longitud de la masa desplazada Ll (m)	<u>101.5</u>	<input checked="" type="checkbox"/> Escalonnemento	<input type="checkbox"/> Media
Pendiente de ladera en PRE-falla (°)	<u>25.0</u>	Longitud de la superficie de ruptura Lr (m)	<u>195.3</u>	<input type="checkbox"/> Otros	<input checked="" type="checkbox"/> Pronunciada
Dirección del movimiento (°)	<u>NE-SW</u>	Espesor de la masa desplazada Dd (m)	<u>12.0</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Severa
Azimuth del talud (°)	<u>32.0</u>	Profundidad de superficie de ruptura Dr (m)	<u>13.0</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Muy severa
	Orientación	Longitud total L(m)	<u>122.5</u>		

CAUSAS	MORFOMETRIA		COBERTURA Y USO DEL SUELO	
	C	D	Tipo de Cobertura	Tipo uso
<input checked="" type="checkbox"/> Material plástico debil	<input type="checkbox"/>	Movimiento tectónico	<input checked="" type="checkbox"/> Veget. Herbacea	<input type="checkbox"/> Ganadería
<input type="checkbox"/> Material sensible	<input checked="" type="checkbox"/>	Lluvias	<input type="checkbox"/> Bosque/Seva	<input type="checkbox"/> Area protegida
<input type="checkbox"/> Material colapsible	<input type="checkbox"/>	Excavación de la pata del talud	<input checked="" type="checkbox"/> Matocales	<input type="checkbox"/> Agrícola
<input checked="" type="checkbox"/> Material meteorizado	<input checked="" type="checkbox"/>	Carga en la corona del talud	<input type="checkbox"/> Cuerpo agua	<input type="checkbox"/> Recreación
<input type="checkbox"/> Material fallado por corte	<input type="checkbox"/>	Irrigación	<input type="checkbox"/> Cultivo	<input type="checkbox"/> Zona arqueológica
<input checked="" type="checkbox"/> Material fisurado o agrietado	<input checked="" type="checkbox"/>	Mantenimiento deficiente sistema de drenaje	<input checked="" type="checkbox"/> Construcciones	<input checked="" type="checkbox"/> Zona industrial
<input type="checkbox"/> Orientación desfavorable de discontinuidades	<input type="checkbox"/>	Escapes de agua de tuberías	<input type="checkbox"/> Sin cobertura	<input type="checkbox"/> Vivienda
<input checked="" type="checkbox"/> Contraste en permeabilidad de materiales	<input checked="" type="checkbox"/>	Deforestación o ausencia de vegetación		<input checked="" type="checkbox"/> Vías
<input checked="" type="checkbox"/> Contraste de rigidez de materiales	<input checked="" type="checkbox"/>	Disposición deficiente de estenques/escombreros		
<input type="checkbox"/> Meteorización por expansión/contracción	<input checked="" type="checkbox"/>	Vibración artificial (trafico, explosiones, hincado)		

DAÑOS	Población		Infraestructura				Actividades económicas				Daños ambientales			
	Número de muertos	Número de heridos	Tipo	Unidad de medida	Intensidad y cantidad	Valor \$	Tipo	Unidad de medida	Intensidad y calidad	Valor \$	Tipo	Unidad de medida	Intensidad y calidad	Valor \$
	0	0			DL DM DS DT			DL DM DS DT					DL DM DS DT	
	0	0												
	0													

Convención para intensidad de daño DL: Daño leve DM: Daño moderado DS: Daño severo DT: Destrucción total NC: No cuantificable

Nota: Este movimiento se ha generado en un área no consolidada, por lo que no se han desarrollado pérdidas económicas ni afectaciones a las actividades económicas ni a las infraestructuras



- Anexo 5.** Mapa de Geología Regional
- Anexo 6.** Mapa litológico del área de estudio
- Anexo 7.** Perfiles Geológicos del Área de Estudio
- Anexo 8.** Litología Superficial de Ventana 3 y Ventana 4

(Ubicados en el Cd-R Nro. 1)

Anexo 9. Certificado de traducción del resumen



**FINE-TUNED ENGLISH
LANGUAGE INSTITUTE**

Líderes en la Enseñanza del Inglés

Ing. María Belén Novillo Sánchez.

ENGLISH TEACHER- FINE TUNED ENGLISH CIA LTDA.

CERTIFICA:

Que el documento aquí compuesto es fiel traducción del idioma español al idioma inglés del resumen de tesis **Uso de geofísica en la caracterización de movimientos en masa de los taludes en ventana 3 y 4 de la Central Hidroeléctrica DELSITANISAGUA** autoría de **Miller Fabricio Iñiguez Banegas** con número de cédula **1104771561**, egresado de la carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial de la Universidad Nacional de Loja.

Lo certifico en honor a la verdad y autorizo al interesado hacer uso del presente en lo que a sus intereses convenga.

Loja, 22 de agosto del 2023

Ing. María Belén Novillo Sánchez.

ENGLISH TEACHER- FINE TUNED ENGLISH CIA LTDA.

Matriz - Loja: Macará 205-51 entre Rocafuerte y Miguel Riofrío - Teléfono: 072578899
Zamora: García Moreno y Pasaje 12 de Febrero - Teléfono: 072608169
Yantzaza: Jorge Mosquera y Luis Bastidas - Edificio Sindicato de Choferes - Teléfono: 072301329

www.fte.edu.ec