

**SUBSECRETARÍA DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN Y ANÁLISIS DE
RIESGOS**

DIRECCIÓN DE ANÁLISIS DE RIESGOS

INFORME N°. SNGRE-IASR-08-2021-036

PARA: Lic. Walter Narváez Mancero
GAD Municipal Chunchi

Mgs. Juan Pablo Cruz Carrillo
GAD Provincial Chimborazo

Sra. María José Pontón
Gobernadora de Chimborazo

ASUNTO: Análisis y actualización de las zonas de susceptibilidad a deslizamientos del sector de La Armenia

FECHA: 16 de julio de 2020

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	3
1.1.	Antecedentes	3
1.2.	Objetivo General	4
2.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO	4
3.	GEOLOGÍA DEL SECTOR	5
4.	ANÁLISIS DE MOVIMIENTOS EN MASA	6
4.1	INSPECCIÓN ACTUAL	7
4.2	LEVANTAMIENTO DE LÍNEAS GEOFÍSICAS.....	10
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	15
6.	OBSERVACIONES EN EL SECTOR CHANCHÁN.....	18
7.	CONCLUSIONES	19
8.	RECOMENDACIONES	21
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	24
10.	FIRMAS DE RESPONSABILIDAD.....	25

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Mediante memorando Nro. SNGRE-CZ3GR-2021-0031-M, con fecha 27 de enero de 2021, la Econ. Laura Díaz Velasco, remite la solicitud del Sr. Walter Narváez, Alcalde del cantón Chunchi, al Mgs. Rommel Salazar Cedeño, Director General del Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE), en el cual requiere la evaluación geofísica de los sectores La Armenia y Cullpa. No obstante, el 20 de enero de 2021 ocurrió un pequeño deslizamiento en el sector La Armenia en el que lamentablemente falleció 1 persona. Por tal motivo, se activó el COE Cantonal de Chunchi, en donde el SNGRE presentó un análisis preliminar del área de potencial afectación, por lo que, una de las medidas adoptadas por las autoridades fue la evacuación de las personas que habitaban en las zonas expuestas en el sector de La Armenia.

El 12 de febrero de 2021 aproximadamente a las 08:00, debido a los factores hidrometeorológicos y antrópicos del sector La Armenia, se produjo un deslizamiento de gran magnitud, que provocó el represamiento en el Río Picay afluente del río Chanchán, afectando infraestructura cercana a los cauces y destruyendo el poblado Chanchán; además fueron afectas 20 casas en la zona de La Armenia.

Mediante Oficio Nro. SNGRE-SNGRE-2021-0280-O, con fecha 03 de marzo de 2021, el Mgs. Rommel Salazar Cedeño, Director General del Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE), remite a autoridades locales el informe técnico N°. SNGRE-IASR-08-2021-020, mismo que describe características de las amenazas, así como conclusiones y recomendaciones para la mitigación del evento adverso.

Mediante Oficio Nro. SNGRE-SNGRE-2021-0507-O, con fecha 07 de abril de 2021, el Mgs. Rommel Salazar Cedeño, Director General del Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE), remite a autoridades locales el informe técnico N°. SNGRE-IASR-08-2021-029, mismo que describe características de las amenazas en los sectores evaluados, así como conclusiones y recomendaciones.

Mediante memorando Nro. SNGRE-CZ3GR-2021-0186-M, con fecha 27 de junio de 2021, la Econ. Ana Moreano M., remite informe N°. SNGRE-IASR-03-2021-036, de la inspección de campo en las zonas que han presentado nuevas grietas en el sector del deslizamiento, en atención a la solicitud del Sr. Walter Narváez, Alcalde del cantón Chunchi. Por tal motivo, funcionarios de oficina matriz realizaron un nuevo levantamiento geofísico en el sector de La Armenia en el período comprendido entre el 28 de junio y el 2 de julio de 2021.

En este contexto, el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE) como ente rector de la Gestión de Riesgos a nivel Nacional a través de su Subsecretaría de Gestión de la Información y Análisis de Riesgos (SGIAR) ha venido fortaleciendo los procesos de la gestión de riesgos desde la fase de prevención, respuesta y recuperación en los sectores afectados por el deslizamiento ocurrido el 12 de febrero de 2021.

1.2. Objetivo General

Identificar los sectores potencialmente inestables asociados a movimientos en masa en el sector de La Armenia, empleando información levantada en campo con la finalidad de orientar y la gestión del riesgo territorial, que sirva como insumo para el ordenamiento territorial.

2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se encuentra ubicada sobre el Valle Interandino, en la provincia de Chimborazo cantón Chunchi, específicamente en el sector conocido como La Armenia.

PROVINCIA: CHIMBORAZO	
CANTÓN: CHUNCHI	
PARROQUIA: CHUNCHI	
NOMBRE DEL SITIO: LA ARMENIA (entre el sector La Gallera y La Piscina de Oxidación)	
DATOS EN WGS84 -17SUR	
X:	729477
Y:	9746840
EXISTE UNIDAD DE GESTIÓN DE RIESGOS EN EL CANTÓN: Sí	



Figura 1: Ubicación del área de estudio en el sector La Armenia, cantón Chunchi, provincia de Chimborazo.

3. GEOLOGÍA DEL SECTOR

El levantamiento geológico ejecutado por el Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE), indica que el sustrato litológico donde se asienta el cantón Chunchi, está constituido por rocas volcánicas, depósitos piroclásticos y rocas volcano-sedimentarias, correspondientes con edades miocénicas a cuaternarias.

El área de estudio se ubica a una distancia aproximada de 3.9 km de la falla Guamote, misma que presenta una dirección general de N 50° E, con un sentido de movimiento de componente dextral; se la puede seguir claramente por una distancia de 50 km, desde Guamote hasta Alausí (Egüez, A., E., Alvarado, A., Yepes, H., Machette, M., Costa, C., & Dart, R., 2013)

Litológicamente, comprende las siguientes Unidades:

UNIDAD PUÑAY

La Unidad Puñay está compuesta de lavas andesíticas, brechas, areniscas volcánicas y niveles de arcillas púrpuras, sin embargo considerando la naturaleza químicas de las rocas y la alteración predominante, se incluyen lavas y brechas de composición riolítica en su mayoría que se encuentran expuestas en el sector de Laguna Cubillín – Loma Chaquiscocha dispuestas en capas pseudoestratificadas con una leve inclinación hacia el noroeste, incluyendo niveles de ignimbritas y lavas de composición andesítica. En algunos sectores las rocas sedimentarias están bien estratificadas con rumbos variables NE-SO y E-O con ángulos de inclinación moderados.

FORMACIÓN CISARÁN

La Formación Cisarán está constituida por el Miembro Tixán, Miembro Gonzol y el Miembro Cobshe. Dentro del área de estudio aflora únicamente los miembros Tixán y Gonzol.

MIEMBRO TIXÁN (MCSAA)

Está compuesto predominantemente por rocas volcánicas que consisten de lavas y brechas subordinadas de composición andesítica a dacítica.

MIEMBRO GONZOL

Consiste predominantemente de rocas volcanoclásticas que incluyen niveles de brechas gruesas, areniscas tobáceas, lutitas, tobas retrabajadas y rocas piroclásticas con estratificación subhorizontal (Dunkley y Gaibor, 1997). La mayor parte de afloramientos se encuentran meteorizados y deleznales que se desprenden fácilmente del macizo por efectos del viento y la gravedad (Pilatasig y otros, 2010) y están expuestos en la carretera La Moya – Alausí – Tixán.

DEPÓSITO COLUVIAL

Los depósitos coluviales fueron definidos por (Dunkley Gaibor, 1997) y consisten de cenizas (Cangahua) expuestas al oeste de los Galtes y la ceniza volcánica color gris que ocurre al sur de Cebadas, así como las capas pseudoestratificadas de ceniza volcánica retrabajada intercalada con lentes de depósitos aluviales constituidos principalmente de clastos bien redondeados de rocas de origen volcánico.

4. ANÁLISIS DE MOVIMIENTOS EN MASA

El estudio realizado por el Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE), detalla las zonas de susceptibilidad a movimientos en masa. El deslizamiento ocurrido el 12 de febrero de 2021 coincide con la categoría Alta y muy alta, las mismas que presentaban condiciones de inestabilidad en aquella época cuando se levantó el estudio en el año 2013 debido a que existía la presencia de movimientos en masa de tipo rotacional y complejo (Compuesto), con superficies de ruptura moderadamente profundas, actualmente activos y de velocidad moderada a lenta. (INIGEMM, 2013)

Tal como se detalla en el Anexo 1, existe una zonificación que detalla actividades que se realizan por categoría, las cuales se mencionan a continuación:

CATEGORIA ALTA

Sobre estas zonas se desarrollan actividades agrícolas de ciclo corto, pastos naturales, cultivados, bosques naturales, vegetación arbustiva y páramo. Se pueden esperar movimientos en masa con volúmenes mayores a 10^6 m^3 e impactos de movimientos en masa cuando la zona esté limitando con zonas de susceptibilidad muy alta. Es factible el desarrollo de obras de infraestructura posterior a un estudio de estabilidad de taludes y su mantenimiento con el diseño de medidas preventivas, correctivas y de control (INIGEMM, 2013).

CATEGORIA MUY ALTA

Predominan cultivos de ciclo corto, zonas de pastos cultivados y pastos naturales, además con zonas erosionadas que no tienen ningún uso. Se esperan movimientos en masa con volúmenes mayores a $6 \times 10^6 \text{ m}^3$. No se recomienda el desarrollo de obras de infraestructura en esta zona, especialmente en los sitios con deslizamientos activos, así como los movimientos en masa inactivos. Para garantizar la estabilidad de estas obras se requiere de medidas especiales, generalmente muy costosas (INIGEM, 2013).

Cabe mencionar, que el análisis detalla la zonificación de la susceptibilidad a movimientos en masa realizado en el 2013 debe considerarse como un insumo referencial y no como un valor absoluto, ya que la geodinámica de la amenaza es variable y debe ser actualizada en base a la dinámica ambiental del sector.

Por parte del Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE), se han realizado varios análisis técnicos en el área del sector la Armenia y Cullpa, tal como se detalla a continuación:

- Informe Técnico N°. SNGRE-IASR-08-2021-020, donde se detalla que el deslizamiento tuvo un área aproximada de 115, 35 hectáreas y un volumen desplazado estimado de 30 millones de metros cúbicos. En el área cercana al evento, se identificaron escarpes principales, secundarios y grietas, factores condicionantes que permitieron delimitar sectores cercanos al evento que podrían ser susceptibles a deslizamientos.
- Informe Técnico N°.SNGRE-IASR-08-2021-029, evalúan las características geofísicas de los materiales del subsuelo en los sectores La Armenia, La Cullpa, Balcón Andino y Nueva Primavera del cantón Chunchi, provincia de Chimborazo, utilizando tomografías de resistividad eléctrica (ERT).

4.1 INSPECCIÓN ACTUAL

Durante la inspección de campo realizada entre el 28 de junio y el 2 de julio del 2021, se observó el estado y las condiciones actuales en las que se encuentran las nuevas grietas (área de inspección en el sector La Gallera y piscina de oxidación) en el sector de La Armenia, mismas que se detallan en la figura 2 y tabla 1.



Figura 2: Ubicación de los lugares donde se evidenció nuevas grietas en el sector La Armenia.

Tabla 1.- Descripción de las Grietas en el sector La Armenia.

GRIETAS INSPECCIONADAS	SECTOR	COORDENADAS E/N	OBSERVACIÓN
G1	Piscina de Oxidación	730258/ 9747051	Formación de grietas de tracción con espesores de 6,30 mm (rumbo N 59°E) y espesores de 132 mm (rumbo N 57°E).
G2	La Gallera	729852/9747405	Formación de grietas de tracción con una longitud aproximada de 59 metros, con espesores de 7 a 10 mm (rumbo N50°W).
G3	La Gallera	729796/9747283	Formación de grietas de tracción con una longitud aproximada de 110 metros, con espesores de 7 a 10 mm (rumbo S20°W).
G4	La Gallera	729814/9747349	Formación de grietas de tracción con una longitud aproximada de 25 metros, un espesor promedio aproximado de 7 a 10 mm (rumbo N45°W).

A. GRIETAS G1, SECTOR PISCINA DE OXIDACIÓN

La piscina de oxidación del GAD Municipal de Chunchi (fuera de funcionamiento) se encuentra en el sector de La Armenia, aproximadamente a 120 metros del deslizamiento ocurrido el 12 de febrero de 2021, en el sector se evidenció la formación de grietas generadas por efectos de esfuerzos de tracción con espesores de 6,30 mm (rumbo N 59°E) y espesores de 132 mm (rumbo N 57°E). Ver fotografía 1 y figura 2.



Fotografía 1. Imágenes de grietas G1 en sector circundante a la piscina de oxidación.

B. GRIETAS DEL ÁREA DE INSPECCIÓN EN EL SECTOR LA GALLERA.

1.- GRIETAS G2 EN EL SECTOR LA GALLERA.

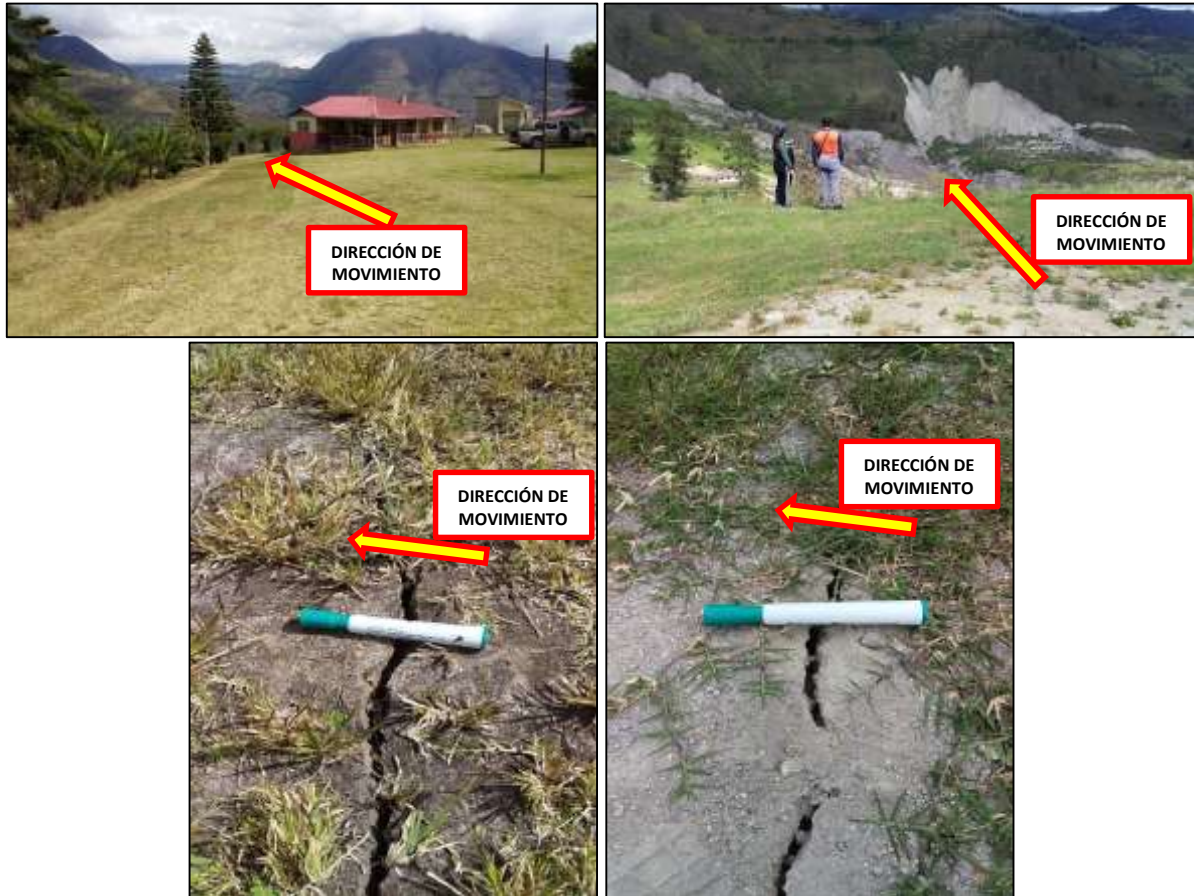
El sector inspeccionado se encuentra en el sector de La Armenia, aproximadamente a 250 metros del deslizamiento ocurrido el 12 de febrero de 2021, en el sector se evidenció que existen grietas producidas por efectos de esfuerzos de tracción con una longitud aproximada de 59 metros, un espesor promedio aproximado de 7 a 10 mm (rumbo N50°W). Ver fotografía 2 y figura 2.



Fotografía 2. Imágenes de grietas G2 en el sector La Gallera.

2.- GRIETAS G3, EN SECTOR LA GALLERA

El sector inspeccionado se encuentra en el sector de La Armenia, aproximadamente a 100 metros del deslizamiento ocurrido el 12 de febrero de 2021, en el sector se evidenció que existen grietas producidas por efectos de esfuerzos de tracción con una longitud aproximada de 110 metros, un espesor promedio aproximado de 7 a 10 mm (rumbo S20°W). Ver fotografía 3 y figura 2.



Fotografía 3. Imágenes de grietas G3 en el sector La Gallera.

3.- GRIETAS G4 EN SECTOR LA GALLERA.

El sector inspeccionado se encuentra en el sector de La Armenia, aproximadamente a 180 metros del deslizamiento ocurrido el 12 de febrero de 2021, en el sector se evidenció que existen grietas producidas por efectos de esfuerzos de tracción con una longitud aproximada de 25 metros, un espesor aproximado de 7 a 10 mm (rumbo N45°W). Ver fotografía 4 y figura 2.



Fotografía 4. Imágenes de grietas G4 en el sector La Gallera.

4.2 LEVANTAMIENTO DE LÍNEAS GEOFÍSICAS

Para el levantamiento y caracterización geoelectrica del subsuelo se empleó el método eléctrico (tomografías de resistividad eléctrica), el cual consiste en establecer las curvas de variaciones de la resistividad con la profundidad del terreno a través de medidas en la superficie (Astier, 1975), estas mediciones fueron realizadas con un resistivímetro de subsuelo ABEM Terrameter LS 3000.

Durante la campaña de campo realizada en el período comprendido entre el 28 de junio al 02 de julio, por parte de los técnicos del SNGRE, se levantaron 4 líneas georeferenciadas de investigación geofísica en el sector de La Armenia (ERT - La Armenia 1, ERT - La Armenia 2, ERT - La Armenia 3, y, ERT - La Armenia 4), realizadas entre La Gallera y la Piscina de Oxidación, las mismas que complementan las campañas realizadas anteriormente. (Ver Tabla 2, Figura 3).

De acuerdo al objetivo de este análisis se determinaron longitudes AB que varían desde 123 m hasta 385 m obteniendo una longitud total de 913 metros de líneas geofísicas levantadas, alcanzando profundidades de investigación que varían desde 40 metros hasta 77 metros (ver tabla 2).

Tabla 2.- Características geométricas de las líneas de prospección geofísica.

ERT	Coordenadas X/Y (Inicio)	Coordenadas X/Y (Final)	Longitud AB (m)	Orientación de la línea	ERROR RMS (%)
ERT- La Armenia 1	729974.96/ 9747369.748	729868.335/ 9747311.572	123	NE (A)- SW(B)	3.08
ERT- La Armenia 2	729806.587/ 9747310.369	730150.079/ 9747135.501	385	NW (A)- SE(B)	3.7
ERT- La Armenia 3	729565.453/ 9747345.024	729686.916/ 9747175.672	205	SE (A)- NW(B)	2.8
ERT- La Armenia 4	729888.828/ 9747422.889	729736.869/ 9747293.043	200	NE (A)- SW(B)	1.7

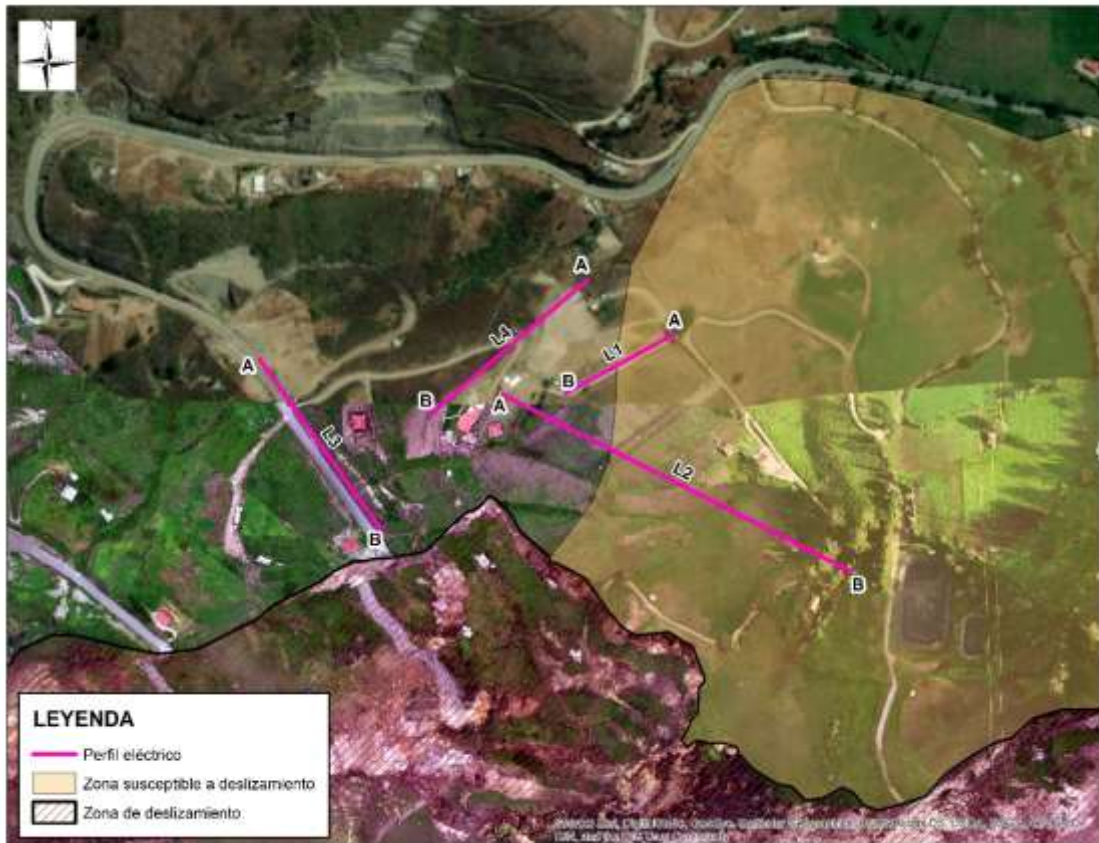


Figura 3: Ubicación de líneas geofísicas levantadas en la campaña 3

ERT- LA ARMENIA 1

La prospección geofísica de esta sección, se realizó entre las coordenadas 729974.96/9747369.748. La Línea AB presenta 123 m de longitud y alcanzó una profundidad promedio de 41 metros. Para la caracterización del subsuelo se seleccionó el método de arreglo

“Gradiente” el cual representó con mayor precisión las características del terreno observadas en superficie. (Ver Figura 4)

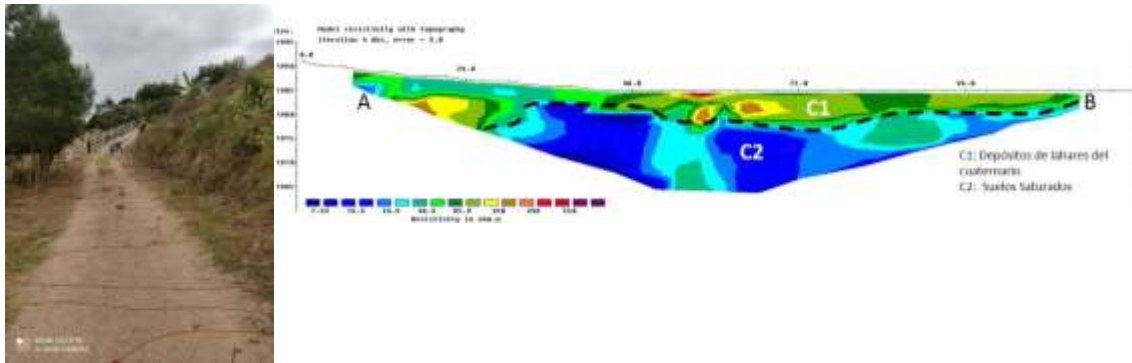


Figura 4. ERT – La Armenia 1, aplicado el método gradiente

Entre las cotas de elevación 1.980 y 1990 m.s.n.m., se encuentra la capa (C1), donde se evidencia contraste en sus lecturas de resistividad, las cuales pueden estar asociadas a materiales depositados de forma caótica producto de movimientos en masa ocurridos anteriormente en el sitio, donde los valores de resistividad están en el rango de 46 a 550 Ω .m., lo cual indica la presencia de depósitos coluviales antiguos o suelos residuales semi-compactos con medio o alto contenido de humedad, con un espesor aproximado de 10 metros.

En la capa siguiente (C2) se aprecia, desde la cota de elevación 1983 hasta 1965 m.s.n.m., que se encuentra a una profundidad de 18 metros, debido a que los valores de resistividad están en el rango de 7 a 24 Ω .m, identificada como materiales poco cohesivos que podrían representar depósitos de arcillas o limos con un alto contenido de agua, este material no se encuentra compacto, porque contiene un alto porcentaje de sedimentos. Estos sedimentos pueden provenir de deposición por flujos de deslizamientos y fragmentos rocosos desprendidos en la parte alta de la zona de depresión entre colinas y depositados por gravedad. (Figura 4)

ERT- LA ARMENIA 2

La prospección geofísica de esta sección, se realizó entre las coordenadas 729806.587/9747310.369, con una longitud AB de 385 m de longitud y una profundidad promedio de 77 metros. Para la caracterización del subsuelo se seleccionó el método Wenner el cual representó con mayor precisión las características del terreno observadas en superficie, (Ver Figura 5).

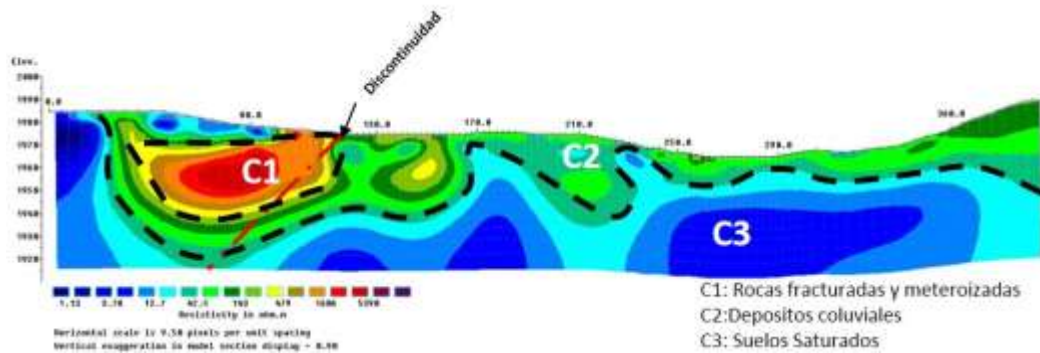


Figura 5. ERT – La Armenia 2, aplicado el método Wenner

La capa (C1) en este perfil presenta un rango de resistividades que se asigna al basamento rocoso no es continuo entre las capas geoelectricas, corresponde a los materiales con mayor resistividad en los sectores evaluados. En este sentido, a largo del perfil se observan anomalías aisladas con valores de resistividad eléctrica altos entre 42.5 Ohm hasta 5390 Ohm, es interpretado como materiales compactos generalmente rocas entre mediana y baja meteorización, se encuentra aflorando en la superficie y se extiende hasta 40 metros de profundidad. En efecto, las condiciones topográficas y geomorfológicas del terreno, más las condiciones geomecánicas de rocas a través de planos de discontinuidades, permiten que se produzcan filtraciones a niveles de depósitos de materiales volcánicos más profundos acumulándose entre capas de sedimentos granulares, limitados en profundidad por sedimentos cohesivos de paleo-suelos residuales.

En la capa (C2), corresponde a depósitos coluvio-aluvial en zona de un deslizamiento antiguo depositado en una ladera cóncava, que se evidencia en la superficie y se proyecta hasta 65 metros de profundidad, los valores de resistividad están en el orden de 42.5 a 143 Ohm, se evidencia filtraciones de agua debido a los rasgos de resistividades bajos en varios tramos del perfil eléctrico que llegan a profundidades aproximadamente de 5 m, los efectos geológicos de estos niveles de suelos saturados pueden provocar subsidencia antropogénica o asentamiento diferencial, así como agrietamientos en suelos blandos.

Mientras la capa (C3), son suelos arcillosos que corresponden a un lahar volcánico que contienen niveles de material depositados por volcanes cercanos, los mismos que se han meteorizado y que actualmente están saturados debido a grietas que permiten filtraciones de aguas superficiales. (Figura 5)

ERT- LA ARMENIA 3

La prospección geofísica de esta sección, se realizó entre las coordenadas 729565.453/ 9747345.024 y alcanzó una profundidad promedio de 41 metros. Para la caracterización del subsuelo se seleccionó el método de arreglo de Schlumberger el cual representó con mayor precisión las características del terreno observadas en superficie, (Ver Figura 6).

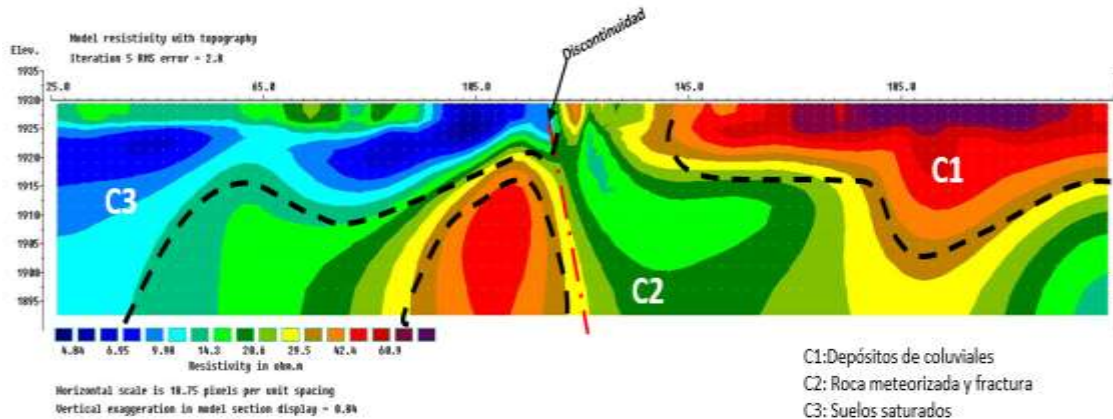


Figura 6. ERT – La Armenia 3, aplicado el método Schlumberger

En la capa (C1), se evidencia entre la cota de elevación 1930 y 1905 m.s.n.m, material depositado por antiguos lahares volcánicos, los valores de resistividad van entre 42,4 hasta 60.9 Ohm, mismos que se encuentran hasta 20 metros de profundidad.

La capa (C2), se encuentra en la cota de elevación 1930 y 1895 m.s.n.m, este material es depósito de gravas, limos y arenas, los valores de resistividad son de 14.3 hasta 29.5 Ohm, estos valores se los asocia con materiales semi-compactos productos de rocas muy meteorizadas.

Adicionalmente en esta capa se observa una discontinuidad que se proyecta desde la superficie hasta 35 metros de profundidad, esta estructura corta los materiales depositados y también permite probablemente las filtraciones de agua que erosionan el sustrato llevándolo al punto de inestabilidad.

La capa (C3), está conformada por depósitos de materiales finos como cenizas volcánicas con un nivel alto de saturación, se puede observar a lo largo de la vía como se encuentran depositados los materiales y que en algunos tramos del perfil tienden a estar cubiertos por material reciente de los volcanes activos como el Sangay. (Figura 6)

ERT- LA ARMENIA 4

La prospección geofísica de esta sección, se realizó entre las coordenadas 729888.828/ 9747422.889 tiene 200 m de longitud y alcanzó una profundidad promedio de 40 metros. Para la caracterización del subsuelo se seleccionó el método de arreglo de Slumberger el cual representó con mayor precisión las características del terreno observadas en superficie, (Ver Figura 7).

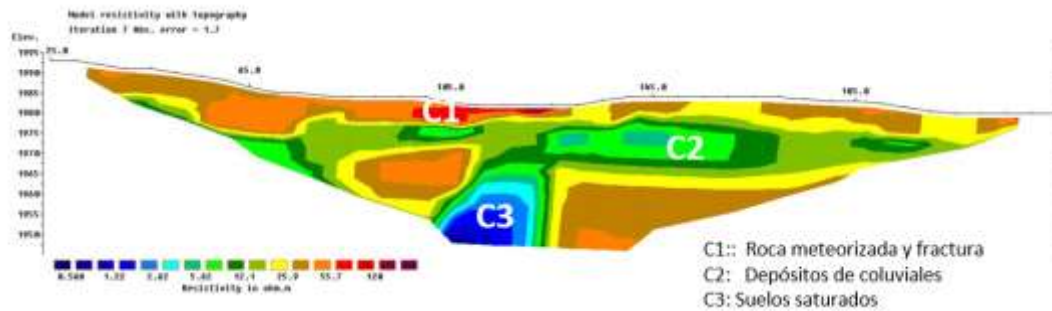


Figura 7. ERT – La Armenia 4, aplicado el método Slumberger, la fotografía corresponde al sector donde se realizó el ensayo.

La capa (C1), está conformada por materiales de resistividades altas, que son asociados a depósito de rocas producto de deslizamientos antiguos. Estos están aflorando en la superficie del camino.

La capa (C2) son suelo más inestable y susceptible a saturación, se encuentra entre 10 a 15 m de profundidad, delineados desde las secciones de tomografía, por paleo-canales donde los valores de resistividad están en el orden de 5.68 a 12.1 $\Omega.m.$, son depósitos de antiguos coluviales que contienen niveles sedimentarios saturados desde filtraciones de aguas de escorrentías.

En la capa (C3), en la cota de elevación 1965 y 1950 m.s.n.m. se localizan a una profundidad de 20 metros valores de resistividad que van desde 0.5 a 2.62 $\Omega.m$, estos valores son confrontables con los niveles de meteorización y alteración de las rocas, donde los menores valores son asociados a suelos duros residuales. (Figura 7)

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

De acuerdo a la inspección visual en superficie de las grietas encontradas y en función a la información levantada mediante investigación geofísica, se interpreta la existencia de una posible inestabilidad del terreno por encontrarse muy cercanas a la zona susceptible a deslizamientos, la cual fue generada anteriormente con el equipo técnico del Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE) y el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE), la misma que comprende un área aproximada de 55,21 ha en La Armenia. (Fig. 8) y 55.67 ha en el sector la Cullpa (Fig. 9). (Ver Anexo 3).

Las características de las grietas en el terreno (espesor, profundidad, longitud, dirección), así como la información levantada mediante geofísica, indican que existen movimientos internos y externos paulatinos que generan grietas de tracción debido a que se encuentran muy cercanos a los escarpes principales del deslizamiento ocurrido en el sector de La Armenia. Debido a esto, se ha considerado la ampliación del polígono de “Zonas susceptibles a deslizamiento”, basándonos en evidencias de la formación de nuevas grietas, las características del suelo y la descripción geológica proporcionada por el Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE), considerando un área aproximada de 87,09 ha. (Fig. 8).

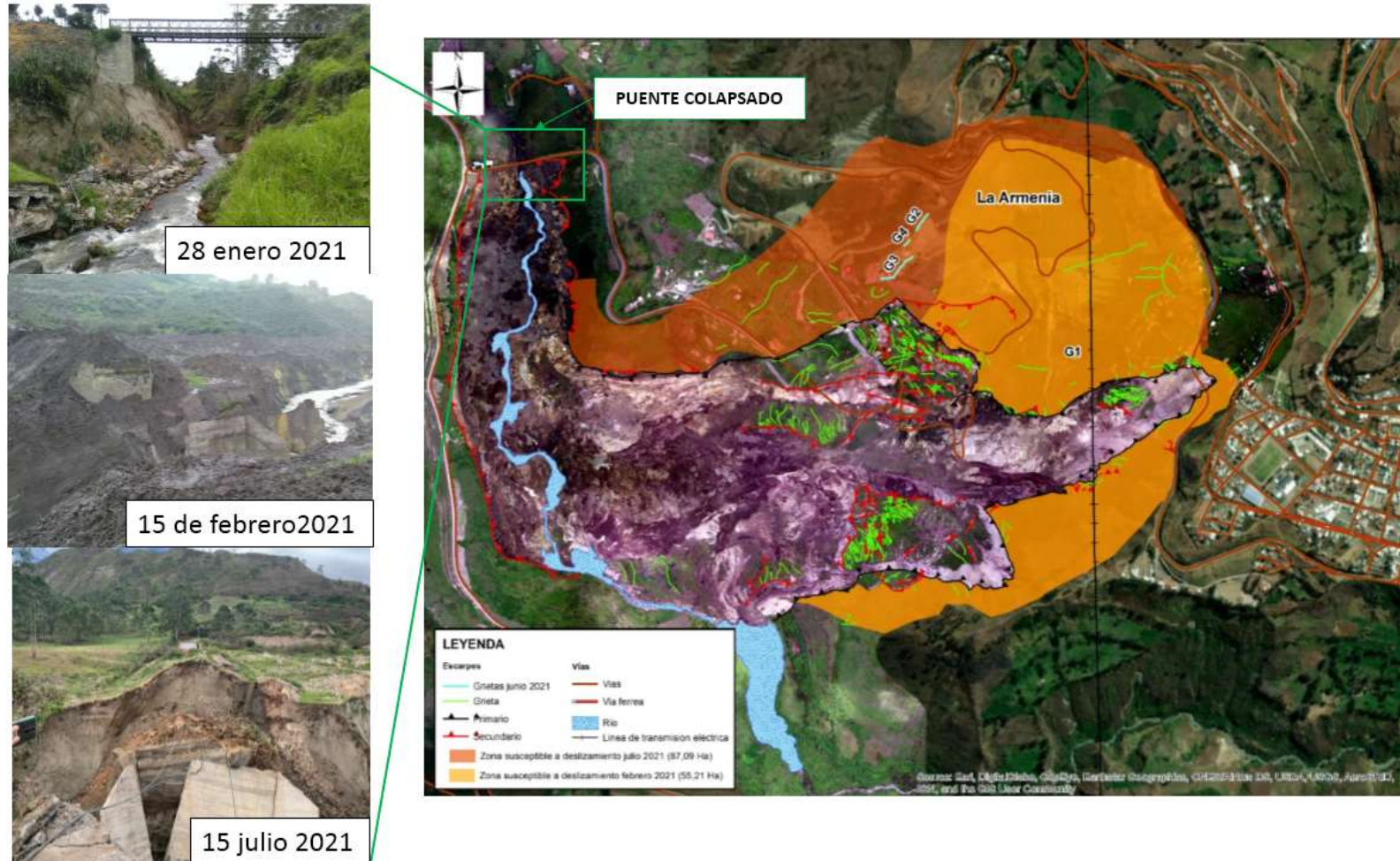


Figura 8: Mapa de ubicación con las zona susceptible a movimientos en masa en el sector La Armenia.

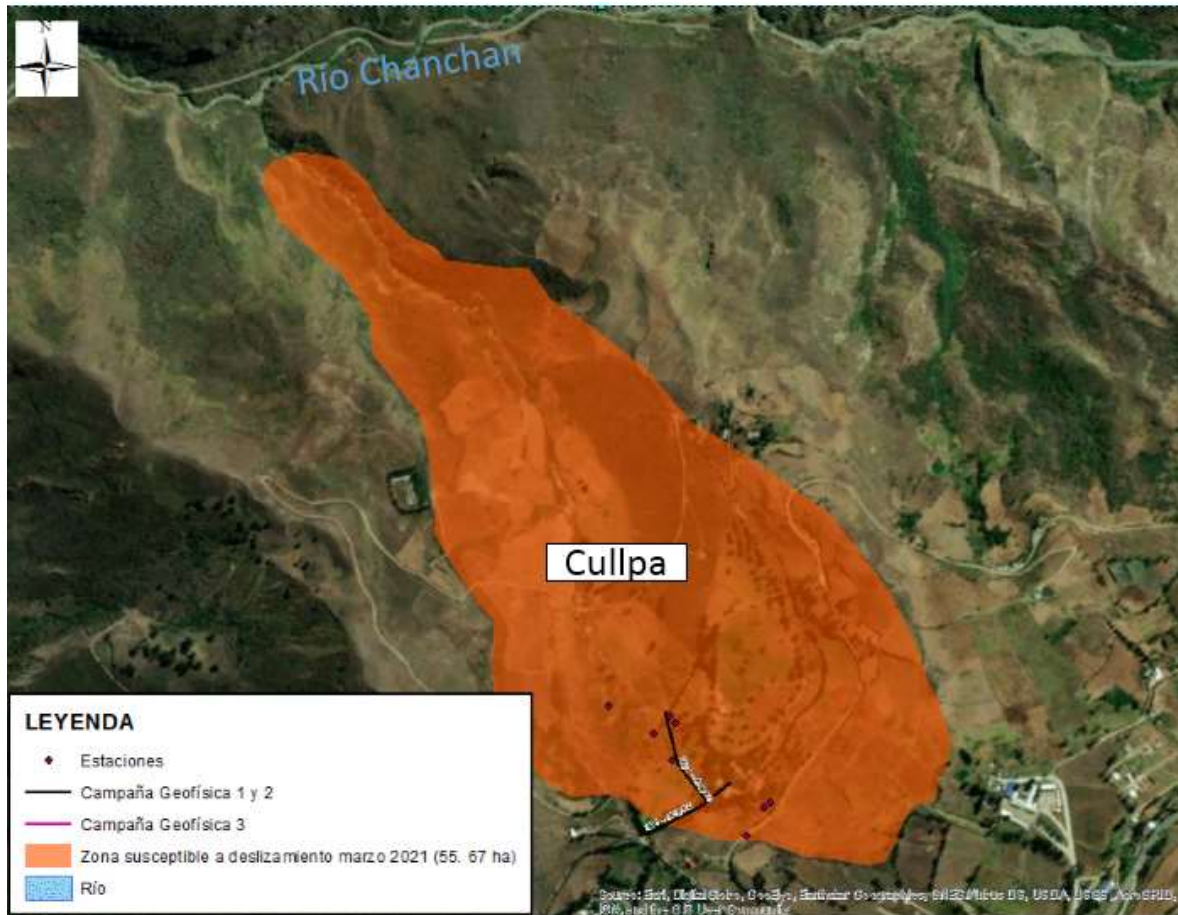


Figura 9: Mapa de ubicación con las zonas susceptibles a movimientos en masa en el sector La Culla.

En la actualidad se evidencia que el suelo está perdiendo humedad disminuyendo su volumen, ya sea por condiciones climáticas y/o escurrimiento natural. Así mismo, en el informe del Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE) realizado en el mes de marzo de 2021, se han identificado zonas inestables en los sectores La Armenia y la Cullpa. El área delimitada como zona susceptible a deslizamientos concuerda con la litología (derrumbe) descrita en el mapa geológico levantado en el mes de febrero de 2021. (Ver Anexo 2)

Cabe mencionar, que esta última inspección técnica no se levantó información en el sector la Cullpa; sin embargo existe la delimitación del polígono de zona susceptible a movimientos en masa de ese sitio, el cual debe ser considerado para control y monitoreo. La inspección técnica realizada en el sector de Cullpa por el IIGE, permitió identificar zonas potencialmente inestables que se evidenciaron con la presencia de escarpe principal y grietas en el terreno, ver figura 9. Además, esta comunidad está sentada sobre rocas de origen volcánico y depósitos coluviales, litologías sobre las cuales se realizó la determinación de las características geológicas y su relación con la generación de movimientos en masa. (Figura 10)



Figura 10. Vista panorámica de la carretera en el sector de Cullpa. (IIGE, febrero 2021)

6. OBSERVACIONES EN EL SECTOR CHANCHÁN

En la actualidad, la comunidad ha construido un puente de madera con una longitud de aproximadamente 18 m en la confluencia de los ríos Chanchán y Guataxi. Se puede observar que se redujo la sección hidráulica del cauce con rocas que sirven como apoyo para los estribos del puente, el mismo que se construyó sin ninguna consideración técnica, la altura entre el puente y el espejo de agua del río es aproximadamente 3 m.

En caso de tener un ligero incremento de caudales por escorrentía (etapa invernal), podría ocasionar la erosión del material fino que soporta las rocas que sirven como apoyo para los estribos del puente y colapsar. Se estima de forma preliminar que al producirse un nuevo flujo de lodo estos cauces se llenarían afectando al sector e interrumpiendo la comunicación vial por este sector.

El puente de madera se construyó con el objetivo de que pueda circular en una dirección solamente un vehículo (tipo camioneta), y se colocó una protección de seguridad con un candado para restringir el acceso de vehículos de mediana capacidad o pesados, lastimosamente no se cumple con el objetivo de seguridad ya que, se pudo observar el paso por el puente de un vehículo de mediana capacidad. Ver fotografía 5.



Fotografía 5. A) Puente implementado de manera antitécnica; B) Estribo derecho del puente sobre un relleno de lodo; C) Construcción de apoyos simples sobre las rocas, D) Vehículo de carga no permitido para el uso del puente.

7. CONCLUSIONES

- La evaluación realizada identifica que existen varios factores que contribuyen a la generación de movimientos en masa, tales como, fallas regionales y locales, pendientes elevadas, alta tasa de deforestación, inadecuado manejo del recurso del agua, sin embargo el principal factor lo constituye la concentración e infiltración de aguas meteóricas, evidenciadas en la alta densidad de acequias, drenajes internos, aparición de ojos de agua, lo cual ha generado, en algunos casos, afectación en las viviendas y formación de grietas que se observan en viviendas y en predios del sector.
- La piscina de oxidación del GAD Municipal de Chunchi se encuentra dentro del polígono considerado como una zona susceptible a deslizamientos. En terreno circundante se evidenció la formación de nuevas grietas producidas por efectos de esfuerzos de

tracción, convirtiéndose en señal premonitoria, de que en el sector, se está produciendo deformación del terreno, pudiendo ocasionar deslizamientos (movimientos en masa).

- El terreno en La Armenia y Cullpa, corresponden a depósitos sedimentarios de origen volcánicos poco compactos, que corresponden a suelos gruesos de estructura homogénea, secos y húmedos (en sectores puntuales saturados), no plásticos de nula dilatación, cuyos clastos o fragmentos de rocas presentan geometría angular, mismos que se incluyen en una matriz firme a rígida. (IIGE, 2021)
- En el trabajo de campo, se observó grietas cercanas a las cunetas artesanales, mismas que sirven para direccionar las filtraciones de agua en la superficie del terreno, esta evidencia concuerda con los datos obtenidos en la tomografía eléctrica, lo cual incrementan la tasa de deformación del suelo por saturación y subsidencia, dando origen a procesos de inestabilidad del terreno.
- Los ensayos de prospección geofísica a través del tomógrafo ABEM Terrameter LS 3000, permitió obtener información del subsuelo. En el perfil eléctrico (**ERT- La Armenia 1**) indica materiales depositados de forma caótica producto de movimientos en masa ocurridos anteriormente en el sitio, donde los valores de resistividad están en el rango de 46 a 550 Ω .m., lo cual indica la presencia de depósitos coluviales antiguos o suelos residuales semi-compactos con medio o alto contenido de humedad, con un espesor aproximado de 10 metros.
- La geofísica evidencia filtraciones de agua debido a los rasgos de resistividades bajas en varios tramos del perfil eléctrico (**ERT- La Armenia 2**) que llegan a profundidades aproximadamente de 5 m, los efectos geológicos de estos niveles de suelos saturados pueden provocar subsidencia antropogénica o asentamiento diferencial, así como agrietamientos en suelos blandos.
- En el perfil eléctrico (**ERT- La Armenia 3**) se observa una discontinuidad que se proyecta desde la superficie hasta 35 metros de profundidad, esta estructura corta los materiales depositados y también permite probablemente las filtraciones de agua que erosionan el sustrato llevándolo al punto de inestabilidad.
- En el perfil eléctrico (**ERT- La Armenia 4**) indica una capa de suelo más inestable y susceptible a saturación se encuentra entre 10 a 15 m de profundidad, delineados desde las secciones de tomografía, por paleo-canales donde los valores de resistividad están en el orden de 5.68 a 12.1 Ω .m., son depósitos antiguos coluviales contienen niveles sedimentarios saturados desde filtraciones de aguas de escorrentías.
- Según la inspección del IIGE en el mes de febrero, el deslizamiento en el sector de Cullpa, corresponde a un evento de tipo rotacional semisuperficial, que involucra suelo y saprolito producto meteorización de un macizo rocoso volcánico con cobertura piroclástica. Se estima que el área total del deslizamiento es de 25 800 m² con un volumen de material desplazado de aproximadamente 206 400 m³.

- Además, el IIGE en el mes de febrero 2021, indica que se contempla como el principal factor desencadenante para la generación de movimientos en masa, la concentración e infiltración de aguas meteóricas; evidenciadas en la alta densidad de drenajes internos, afloramiento de ojos de agua e incluso la reptación de suelos, lo cual ha generado, en algunos casos, afectación en las estructuras de las viviendas y grietas de tracción que se observan en las vías circundantes.
- Las características de las grietas en el terreno (espesor, profundidad, longitud, dirección), así como la información levantada mediante prospección geofísica, indican que existen movimientos paulatinos generando grietas de tracción debido a que se encuentran muy cercanos al escarpe del principal deslizamiento ocurrido en el sector de La Armenia. Se ha considerado la ampliación del polígono, basándonos en evidencias de las grietas, las características del suelo y la geología proporcionada por el Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE), alcanzando un área aproximada de 87,09 ha.
- El puente de madera en la confluencia de los ríos Chanchán y Guataxí fue construido de manera antitécnica, se redujo la sección hidráulica del cauce con rocas para construir los estribos del puente y los apoyos o bases del puente que se sostienen de manera precaria con caña y madera, al tener un incremento del caudal podría ocasionar la erosión de las bases del puente y colapsar.
- Mediante informe técnico de la Coordinación Zonal 3, detalla la inspección en el sitio de La Armenia, donde se evidenció 5 viviendas que se encuentran dentro del polígono de susceptibilidad a deslizamiento actualizado, cuyas familias se encuentran evacuadas en la actualidad.

8. RECOMENDACIONES

En virtud de lo antes expuesto, se recomienda las siguientes acciones con el fin de reducir el riesgo de movimientos de masa:

RECOMENDACIÓN	CONSIDERACIONES	RESPONSABLE
Plan de investigación y monitoreo (inclinómetro y extensómetro) para el cantón Chunchi.	<ul style="list-style-type: none"> • Cuantificar el desarrollo de las deformaciones en el suelo del cantón Chunchi con la adecuada anticipación para poder tomar las decisiones que correspondan en un tiempo que sea pertinente. 	GAD M CHUNCHI
Susceptibilidad de erosión en el pie del talud deslizado (sector La Armenia el 12 de febrero de 2021) por las aguas del río Guataxi y posible nuevo flujo de lodos	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar estudios para implementar obras de prevención que eviten que el material transportado por la fuerza del deslizamiento que se deposite en el pie del talud y genera erosión debido a la fuerza de las aguas del río Guataxi y quite todo el apoyo actual al talud y provoque un nuevo deslizamiento en el sector. 	GAD M CHUNCHI (Área Urbana), GAD P CHIMBORAZO (Área Rural)

en la parte baja de la cuenca del Chanchan.	<ul style="list-style-type: none"> Realizar estudios para implementar obras de prevención en los lugares donde existe agrietamientos de zonas colindantes con el área de influencia, para prevenir un nuevo deslizamiento de material compuesto por grandes bloques de roca, material orgánico y arcilloso y agua con fatales consecuencias para los habitantes y poblaciones que se encuentran ubicadas en la parte baja de la cuenca del Chanchán como es el caso de Huigra. 	
Plan de intervención en los canales de riego.	<ul style="list-style-type: none"> Realizar un recorrido de todo el sector con el objetivo de identificar zonas con deterioro en las tuberías y canales de conducción de agua para verificar su estado y de ser el caso realizar las reparaciones necesarias para evitar futuras afectaciones en el sector 	GAD M CHUNCHI (Área Urbana), GAD P CHIMBORAZO (Área Rural)
Implementar una propuesta del sistema de auscultación del terreno en los sectores de La Armenia y Cullpa	<ul style="list-style-type: none"> Ejecutar trabajos de vigilancia y monitoreo del comportamiento del terreno, obteniendo datos cuantitativos y cualitativos que servirán en la oportuna toma de decisiones para beneficio de la población y diseño de obras de mitigación. 	GAD M CHUNCHI (Área Urbana), GAD P CHIMBORAZO (Área Rural)
Realizar el análisis de amenaza sísmica del sitio	<ul style="list-style-type: none"> Identificando la predicción cuantitativa de la intensidad del sismo en el cantón Chunchi, para su consideración en el diseño de obras civiles de mitigación, en el sector de La Armenia y Cullpa, contemplando que este cantón se encuentra en la zona sísmica IV, cuyo valor de factor Z es de 0.35 y con un alto peligro sísmico. 	GAD M CHUNCHI (Área Urbana), GAD P CHIMBORAZO (Área Rural)
Socialización a la comunidad sobre el área de susceptibilidad deslizamientos.	<ul style="list-style-type: none"> Realizar un levantamiento y un control de las personas que visitan sus viviendas y/o terrenos durante el día en las zonas susceptibles a deslizamientos. Verificar la población que se localiza en los polígonos de susceptibilidad (La Armenia y Cullpa) 	GAD M CHUNCHI
Plan de Ordenamiento Territorial.	<ul style="list-style-type: none"> Realizar una zonificación territorial con base al estudio realizado por el IIGE donde se detalla la susceptibilidad a movimientos en masa 	GAD M CHUNCHI (Área Urbana), GAD P

	<p>elaborada en el año 2013, y el polígono de susceptibilidad a deslizamiento, que sirva como principal insumo para tomar acciones para la planificación territorial. De acuerdo a la Ley Organica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestion de Suelo (LOOTUGS), en el artículo 11 cita: “Alcance del componente de ordenamiento territorial.- Además de lo previsto en el Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas y otras disposiciones legales, la planificación del ordenamiento territorial de los Gobiernos Autónomos Descentralizados observarán , en el marco de sus competencias, los siguientes criterios: (...) 3. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados municipales y metropolitanos, de acuerdo con lo determinado en esta Ley, clasificarán todo el suelo cantonal o distrital, en urbano y rural y definirán el uso y la gestión del suelo. Además, identificarán los riesgos naturales y antrópicos de ámbito cantonal o distrital, fomentarán la calidad ambiental, la seguridad, la cohesión social y la accesibilidad del medio urbano y rural, y establecerán las debidas garantías para la movilidad y el acceso a los servicios básicos y a los espacios públicos de toda la población.”</p> <ul style="list-style-type: none"> • En base a los informes técnicos realizados por el SNGRE e IIGE, se recomienda que el GAD de Chunchi realice la zonificación de riesgos de acuerdo a lo dispuesto en el PDyOT con la finalidad de identificar los proyectos y recursos destinados para la reducción del riesgo de territorio. 	<p>CHIMBORAZO (Área Rural)</p>
<p>Restringir el paso vehicular en el puente de madera construido en la</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La Ley Orgánica del Sistema Nacional de Infraestructura Vial del Transporte Terrestre 	<p>GAD P CHIMBORAZO</p>

<p>confluencia de los ríos Chanchán y Guataxí.</p>	<p>establece el régimen jurídico para la planificación, diseño, ejecución, construcción, mantenimiento, regulación y control de la infraestructura del transporte terrestre y sus servicios complementarios, cuya rectoría está a cargo del ministerio rector encargado de la competencia de vialidad, sin perjuicio de las competencias de los Gobiernos Autónomos Descentralizados.</p> <ul style="list-style-type: none"> Realizar un análisis técnico para verificar si el lugar donde se encuentra actualmente el puente presenta las consideraciones adecuadas para la colocación de un puente Bailey (puente portátil y prefabricado), caso contrario se deberá realizar un recorrido en el sector con el objetivo de identificar un lugar donde se pueda implementar la colocación de un puente Bailey como medida emergente. 	<p>(Área Rural), MTO.</p>
--	--	-------------------------------

9. BIBLIOGRAFÍA

Astier, J. L. (1975). Geofísica Aplicada a la Hidrogeología. Madrid: Paraninfo.

Flores, L., & Alcalá, J. (2010). Manual de Procedimientos Analíticos. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.

García Rodríguez, M. (2012). Biología y geología. National Distance Education University, 1-25.

Haak, V., & Hutton, V. (1986). Electrical resistivity in continental lower crust. Geological Society, 35-49.

Hispagua. (24 de Agosto de 2020). Hispagua Sistema Español de Información sobre el Agua. Obtenido de <http://hispagua.cedex.es/datos/hidrogeologia#:~:text=SIA-,ACU%C3%8DFEROS,una%20extensi%C3%B3n%20y%20espesor%20considerables>.

Montaño, J., Collazo, M., Martínez, S., & Guerequiz, R. (2000). Caracterización Hidrogeológica de Sistemas Fisurados Punta Espinillo (URUGUAY). Montevideo: 1st. Joint World Congress on Groundwater.

Orellana, E. (1972). Prospección eléctrica en corriente continua. Madrid: Paraninfo.

Quintana, A. (2013). Aplicación de la Tomografía Eléctrica en la Caracterización del Deslizamiento de Doña Mencía. Granada: Universidad de Granada.

Salgado, J., Contreras, E., & De la O, M. (2002). Aplicaciones de la tomografía geoelectrica 2d al estudio del subsuelo. TEMAS de ciencia y tecnología, 11-16.

SNGRE, Febrero 2021. Informe N°. SNGRE-IASR-08-2021-020. Informe técnico del movimiento en masa en el sector La Armenia del Cantón Chunchi, Provincia Chimborazo

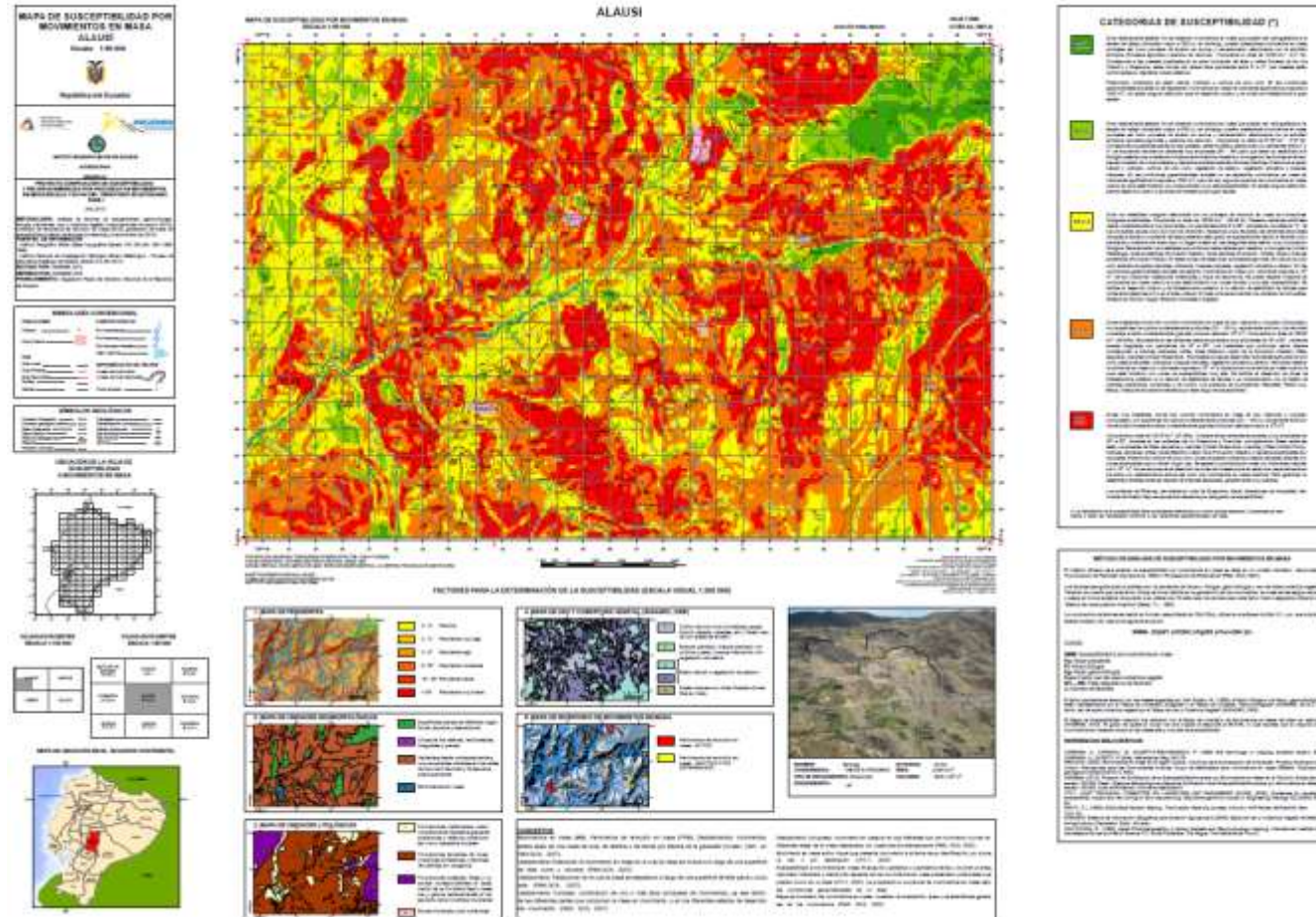
SNGRE, Abril 2021. Informe N°. SNGRE-IASR-08-2021-029. Interpretación de tomografías eléctricas de los sectores susceptibles debido al deslizamiento de La armenia, Chunchi, Chimborazo.

SNGRE, Junio 2021. Informe N°. SNGRE-IASR-03-2021-036. Informe de inspección técnica a sectores de La Armenia ante un deslizamiento ocurrido el día 12 de febrero de 2021, el proceso de remoción continúa, se han reportado grietas en varios sectores.

10. FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

Elaborado por:	Elaborado por:	Elaborado por:
Nombre: Ing. Jhoyzett Mendoza G.	Nombre: Ing. Iván Albarracín	Nombre: Ing. María F. Quiñonez
Cargo: Analista de Riesgos	Cargo: Analista de Riesgos	Cargo: Analista de Riesgos
Revisado por:	Aprobado por:	
Nombre: MGs. Gabriela Solis G.	Nombre: Ing. Carlos Mestanza C.	
Cargo: Directora de Análisis de Riesgos (E)	Cargo: Subsecretario SGIAR (E)	

ANEXO 1: Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, elaborado por el IIGE



ANEXO 3: Mapa de la zona susceptible a deslizamiento en el Sector La Armenia y la Cullpa.

