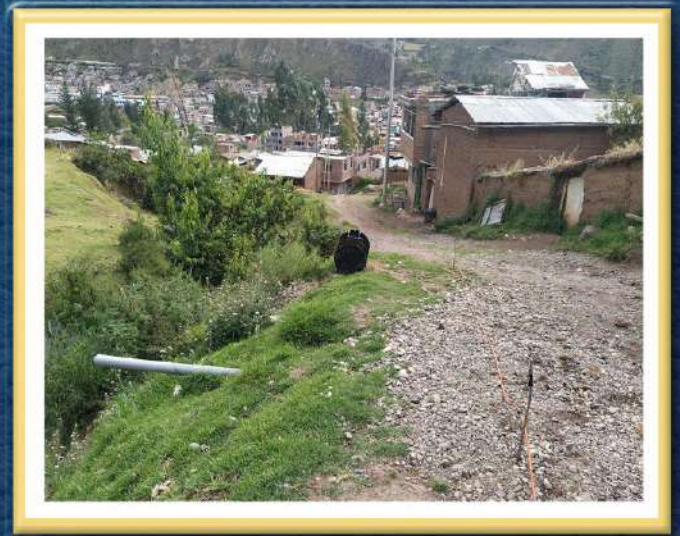


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7288**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR HUNDIMIENTO EN EL BARRIO DE MIRAFLORES

Departamento Huancavelica  
Provincia Angaraes  
Distrito Lircay



AGOSTO  
2022

**EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR HUNDIMIENTO EN EL BARRIO DE  
MIRAFLORES.  
(Distrito Lircay, provincia Angaraes, departamento Huancavelica)**

Elaborado por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET

Equipo de investigación:

Ángel Gonzalo Luna Guillén  
Walter Pari Pinto  
Guisela Choquenaira Garate

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). Evaluación de peligros geológicos por hundimiento en el barrio Miraflores. Distrito Lircay, provincia Angaraes, departamento Huancavelica. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7288, 59 p.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN .....</b>	<b>4</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>6</b>
1.1. Objetivos del estudio.....	6
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores .....	6
1.3. Aspectos generales .....	8
1.3.1. Ubicación .....	8
1.3.2. Accesibilidad.....	10
1.3.3. Clima .....	10
<b>2. DEFINICIONES.....</b>	<b>11</b>
<b>3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....</b>	<b>14</b>
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	14
3.1.1. Formación Chambará (Ts-ch).....	14
3.1.2. Depósito coluvio-deluvial (Qh-cd).....	16
3.1.3. Depósito proluvial (Qh-pl).....	16
3.1.4. Depósito aluvial (Qh-al) .....	18
<b>4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS .....</b>	<b>19</b>
4.1. Pendientes del terreno.....	19
4.2. Unidades geomorfológicas .....	22
4.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	22
4.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional.....	22
<b>5. PELIGROS GEOLÓGICOS .....</b>	<b>23</b>
5.1. Otros peligros geológicos .....	23
5.1.1. Hundimiento del 18 de mayo del 2022 .....	23
5.1.2. Prospección geofísica en el barrio de Miraflores.....	27
5.1.3. Antecedentes históricos de hundimientos .....	43
5.1.4. Daños en viviendas por hundimientos.....	46
5.2. Factores condicionantes .....	49
5.3. Factores desencadenantes.....	49
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>50</b>
<b>7. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>52</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>54</b>

## RESUMEN

El presente informe técnico, es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por hundimientos, realizado en el barrio Miraflores, ubicado en la margen derecha del río Sicra, ladera oeste del cerro Latapuquio, en la jurisdicción del distrito de Lircay, provincia de Angaraes y departamento de Huancavelica. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

La localidad de Lircay presenta antecedentes de hundimientos correspondientes a subsidencias súbitas y formación de dolinas por posibles disoluciones kársticas del substrato rocoso en profundidad. El último de estos se registró el 08 de abril del 2022 a las 18 horas, en el barrio Miraflores lo que motivó la solicitud y elaboración del presente informe técnico.

Superficialmente, en el barrio de Miraflores se observan afloramientos de calizas, intercalados con niveles de margas y areniscas (cerro Latapuquio), según el mapa geológico a escala 1:50 000, elaborado por Fernández (2003), estas corresponden al Grupo Pucará y Formación Chambará. Localmente, estos afloramientos se observan medianamente fracturados y con grados de meteorización de moderado a alto. Además, la ladera oeste del cerro Latapuquio, también muestra depósitos coluvio-deluviales y proluviales entreverados, conformados por fragmentos de rocas, gravas y gravillas con diámetros de hasta 50 cm, englobados en una matriz limo-arcillosa plástica.

Geomorfológicamente, el barrio Miraflores se asienta sobre una vertiente aluvio-torrencial, adosado a la ladera oeste del cerro Latapuquio, la cual está disectada por la “quebrada Miraflores”. En la ladera oeste del cerro se aprecia una vertiente coluvio-deluvial con rangos de pendiente “muy escarpada” ( $>45^\circ$ ), que descienden a rangos de pendiente moderada ( $5^\circ$ - $15^\circ$ ) en la vertiente aluvio torrencial, manteniendo un constante promedio de  $9^\circ$  hasta el Río Sicra (terrazza aluvial).

Para caracterizar el substrato rocoso en el barrio Miraflores y poder determinar las causas del hundimiento, se realizaron 4 líneas de tomografía eléctrica (arreglo dipolo-dipolo) alcanzando una profundidad de hasta 50 m, la línea LT3 se realizó paralela a la quebrada Miraflores, mientras que las otras tres (LT1, LT2 y LT4), se realizaron de manera perpendicular a esta y cruzando las calles del barrio Miraflores, siendo la más cercana al hundimiento ( $\sim 1$  m) la línea LT1.

La subsidencia del barrio Miraflores estaría relacionado a una zona de debilidad con resistividades bajas (2-30 ohm /m), ubicada a 20 m de profundidad con dimensiones de: altura 10 m y ancho 42 m, registradas por la línea LT1, y las líneas paralelas LT2 y LT4. Esta zona puede corresponder a un proceso de formación de dolinas antiguas rellenas por material detrítico (depósitos aluviales y coluvio-deluviales), sobre los que se asentaron las viviendas rústicas del barrio de Miraflores. El peso de las viviendas aunados a la saturación del terreno por aguas de escorrentía, precipitación pluvial y aguas de uso doméstico, pudieron incrementar los procesos de karstificación en profundidad y pérdida de cohesión del material detrítico superior, generando el colapso abrupto de una cavidad subterránea que se reflejó en superficie.

Uniendo las zonas de similar debilidad (resistividades bajas) a la identificada por la línea LT1 y relacionada al hundimiento del mes de abril del 2022, en las líneas LT2, LT3 y LT4, se generó un mapa de probabilidad de ocurrencia de subsidencias en el barrio Miraflores, dando como resultado valores altos de probabilidad de nuevas subsidencias ubicadas en 03 puntos: el primero al norte del hundimiento (donde podrían verse afectadas de 1 a 18 viviendas); el segundo en un radio de 45 m alrededor del último hundimiento del barrio de Miraflores (donde

podrían verse afectadas de 1 a 39 viviendas) y el tercero en el extremo sur del barrio Miraflores donde también se tiene registro de un hundimiento en el sector denominado Pucallacta donde podrían verse afectadas de 1 a 8 viviendas.

Los factores que condicionan los procesos de hundimiento y el consiguiente desarrollo de dolinas son muy variados. Desde el punto de vista de su origen pueden dividirse en tres grupos: factores físicos (relacionados con las características de los materiales implicados), hidrológicos (relacionados con la circulación y química del agua subterránea) y antrópicos (actividades humanas que modifican el entorno).

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas en el barrio Miraflores, se le considera de **Peligro Alto** a la ocurrencia de hundimientos, poniendo en peligro alrededor de por lo menos 59 viviendas ubicadas en los extremos norte, centro (hundimiento abril del 2022) y sur (sector Pucallacta), del barrio Miraflores.

Se recomienda reubicar las viviendas del barrio Miraflores; Además, las áreas en las que históricamente se ha comprobado la existencia de dolinas activas (hundimientos) deberían ser en principio excluidas de la consideración de suelo urbanizable.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico (movimientos en masa) en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo los oficios N° 244-2022.MPAL-ALC, de la Municipalidad provincial de Angaraes y el oficio N° 177 – 2022/GOB.REG.HVCA/GR del Gobierno Regional de Huancavelica, donde solicita la inspección de peligros geológicos en el barrio de Miraflores del distrito de Lircay, provincia de Angaraes, departamento de Huancavelica, específicamente por la ocurrencia de un peligro geológico de tipo hundimiento acontecido el 08 de abril del 2022 a las 18 horas, lo que provocó el colapso de parte de una vivienda rustica. La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet, designa a los Ingenieros Angel Gonzalo Luna Guillen, Walter Pari Pinto y Guisela Choquenaira Garate, realizar la evaluación de peligros geológicos y trabajos geofísicos, los cuales se llevaron a cabo el 18 de mayo de 2022, en coordinación con el Gobierno regional de Huancavelica.

La evaluación técnica, se realizó con la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo, puntos de control GPS, fotografías terrestres y aéreas con dron, así como la cartografía geológica y geodinámica, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe, se pone a consideración de la Municipalidad regional de Huancavelica, y entidades encargadas de la gestión del riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la evaluación y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

### 1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos que puedan suscitarse en el sector del Barrio de Miraflores.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos en el barrio de Miraflores.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos por movimientos en masa identificados en la etapa de campo.

### 1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional en los alrededores del sector de evaluación se tienen:

- A) En el Boletín de revisión y actualización del cuadrángulo de Huancavelica, hoja 26 n-II (Fernández et al 2003), menciona que en la zona se encuentran afloramientos del Grupo Pucará, especialmente calizas grises, que cambian de coloraciones claras a oscuras en estratos gruesos. Cubiertos por depósitos cuaternarios de la Formación Chambará.
- B) Informe técnico A6535 – Ingemmet - Inspección de Peligros Geológicos por movimientos en masa en la provincia de Angaraes, sectores Lircay, Ocopa-Pongos, Antaparco y Huanchuy (Medina & Luque, 2010), Este informe técnico identifica la ocurrencia de 05 hundimientos en el barrio de Pueblo Nuevo, ubicado en la margen

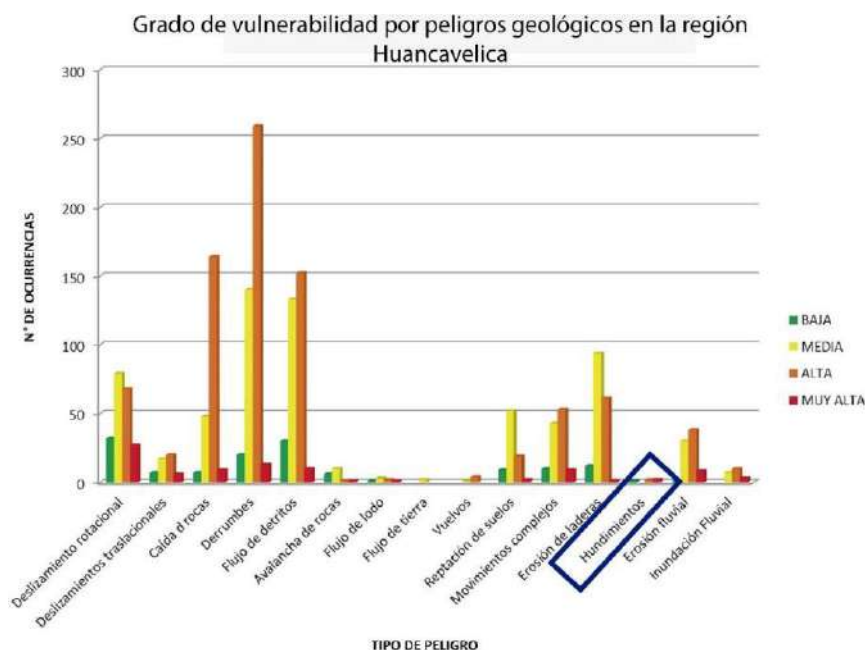
derecha del río Sicra en el distrito de Lircay (cuadro 1). Este informe sirve de referencia para afirmar que el hundimiento ocurrido en el barrio Miraflores no es el primero identificado en el distrito de Lircay y que existen antecedentes de por lo menos otros 5 hundimientos.

**Cuadro 1.** Hundimientos en el distrito de Lircay identificados en el informe técnico A6535

Lugar referencial	Tipo de peligro	Actividad
Pasaje Deporte	Hundimiento	Antiguo
Avenida Centenario	Hundimiento	Antiguo
Campus de las Universidad	Hundimiento	Antiguo
Jirón Cahuide	Hundimiento	Activo
A 200 m de la quebrada Piscopampa (margen derecha)	Hundimiento	Activo

Dentro de las causas para la ocurrencia de estos hundimientos, se señala a la naturaleza incompetente del suelo, el material de remoción antiguo acumulado, la precipitación pluvial intensa, la infiltración de agua y posible formación de cavernas por disolución de los carbonatos.

C) En el Boletín N°69, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Peligro Geológico en la Región Huancavelica” (Vílchez et al 2019), en el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa (1: 250 000), muestra una zona de susceptibilidad alta a muy alta en el sector de Barrio de Miraflores. De igual manera registra la ocurrencia 05 hundimientos en el departamento de Huancavelica, relacionados a rocas carbonatadas (calizas), siendo el principal el ocurrido en el sector de Osnomojopata, en el distrito de Huancavelica. Si bien es cierto del total de peligros (1740) registrados en el departamento de Huancavelica los hundimientos representan solo el 0.29 % (5 hundimientos), estos presentan rangos bajos, altos e inclusive muy altos de vulnerabilidad, es decir estos producen o pueden producir directamente daños materiales a viviendas, áreas pobladas, servicios básicos, pérdidas de vida, damnificados y pérdidas de áreas agrícolas, (figura 1).



**Figura 1.** Peligros geológicos registrados en el departamento de Huancavelica, observe la ocurrencia de 5 hundimientos. (Vílchez et al 2019).

### 1.3. Aspectos generales

#### 1.3.1. Ubicación

El barrio de Miraflores se ubica en el extremo este de la ciudad de Lircay, en la ladera oeste del cerro Latapuquio, margen derecha de los ríos Opamayo y Sicra que se unen en el extremo norte del Lircay, referencialmente también podemos indicar que el área de inspección se sitúa en la margen derecha de una quebrada que localmente llamaremos “Quebrada Miraflores”.

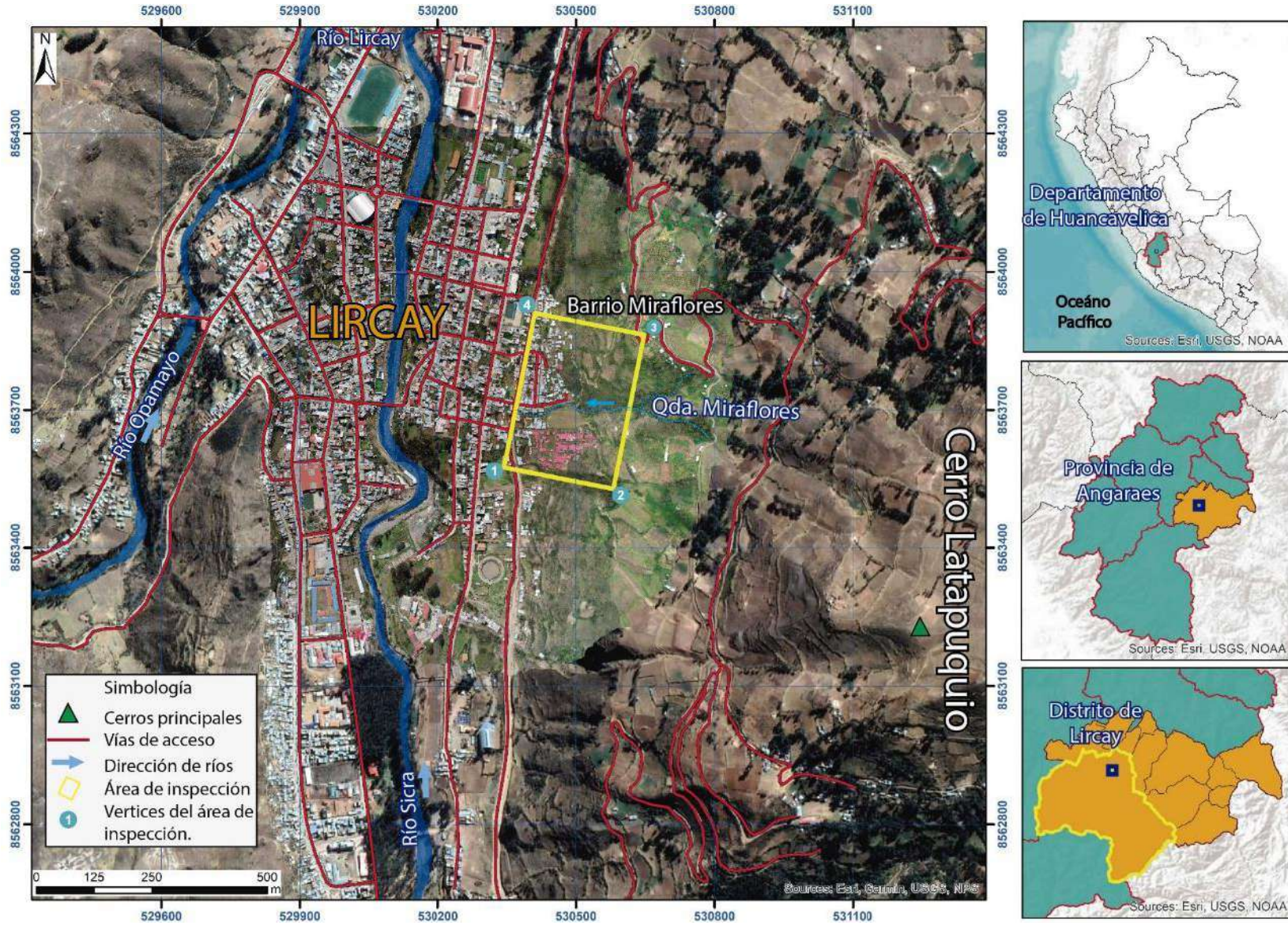
Políticamente, pertenece al distrito de Lircay, provincia de Angaraes y departamento de Huancavelica.

Las coordenadas del área de estudio se detallan en el cuadro siguiente y se muestran en la figura 2:

**Cuadro 1.** Coordenadas del área de estudio del Barrio Miraflores

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	530343.40 m E	8563568.58 m S	12°59'36.53"S	74°43'12.70"O
2	530579.52 m E	8563524.39 m S	12°59'37.96"S	74°43'4.86"O
3	530647.67 m E	8563865.29 m S	12°59'26.86"S	74°43'2.61"O
4	530408.24 m E	8563911.02 m S	12°59'25.38"S	74°43'10.56"O
<b>COORDENADA CENTRAL</b>				
cc	530433.05 m E	8563734.98 m S	12°59'31.11"S	74°43'9.73"O





**Figura 2.** Mapa de ubicación política del barrio Miraflores, distrito de Lircay, provincia de Angaraes, departamento de Huancavelica.

### 1.3.2. Accesibilidad

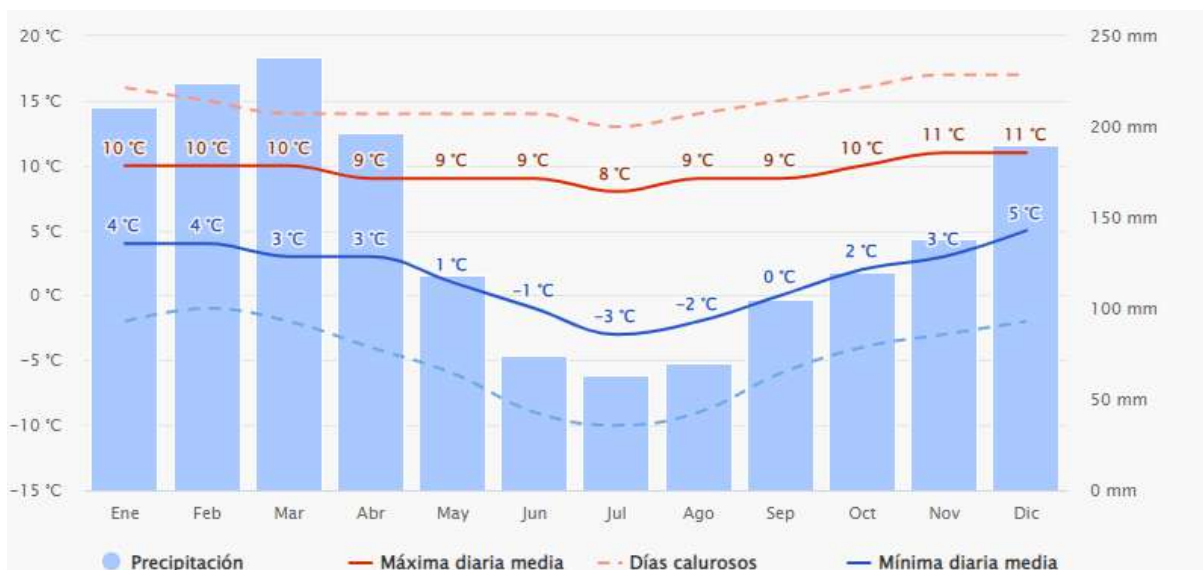
El acceso se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Lima, a través de vías asfaltadas, trochas carrozables y caminos vecinales, siguiendo la ruta y accesos del cuadro 2.

**Cuadro 2.** Rutas y accesos a la zona de evaluación

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Chincha Alta	Vía asfaltada	205	3 h
Chincha Alta - Huancavelica	Vía asfaltada	224	5 h
Huancavelica – Lircay	Vía asfaltada	74	1 h 32 min

### 1.3.3. Clima

El departamento de Huancavelica presenta climas variados a consecuencia de su heterogeneidad fisiográfica. Las precipitaciones también muestran una marcada diferencia en función de la vertiente en la que se registran las mediciones; el promedio general de precipitaciones en la zona suroeste de la región, en la vertiente occidental se encuentra por debajo de los 300 mm al año; mientras que, en la vertiente oriental andina, en la zona noreste, el promedio de precipitación es de 600 mm al año (Vílchez et al.,2019).



**Figura 3.** Precipitaciones según registros satelitales awhere, en el sector Huancavelica, Lircay.

**Fuente:** <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/7407143>

En cuanto a la cantidad de lluvia y temperatura local, según fuente de datos meteorológicos y pronóstico del tiempo del servicio de aWhere (que analiza los datos de 2 millones de estaciones meteorológicas virtuales en todo el mundo, combinándolos con datos rasters y de satélite), la precipitación acumulada registrada en el último periodo 2021-2022, fue de 245 mm en el mes de marzo. Mientras que las temperaturas oscilaron en rangos de 5° y 10°C.

Este tipo de precipitaciones puede conllevar a la saturación de suelos, y posteriores movimientos en masa.

## 2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos, para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres. Todas estas denominaciones tienen como base el libro: "Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas" desarrollado en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

- Activo:** Movimiento en masa que actualmente se está moviendo, bien sea de manera continua o intermitente.
- Aluvial:** Génesis de la forma de un terreno o depósito de material debida a la acción de las corrientes naturales de agua.
- Arcilla:** Suelo para ingeniería con tamaño de partículas menores a 2 micras (0,002 mm) que contienen minerales arcillosos. Las arcillas y suelos arcillosos se caracterizan por presentar cohesión y plasticidad. En este tipo de suelos es muy importante el efecto del agua sobre su comportamiento.
- Buzamiento:** Ángulo que forma la recta de máxima pendiente de un plano con respecto a la horizontal y puede variar entre 0° y 90°.
- Caída:** Movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera. El material se desplaza por el aire, golpeando, rebotando o rodando (Varnes, 1978). Se clasifican en caídas de rocas, suelos y derrumbes.
- Caída de rocas:** Tipo de caída producido cuando se separa una masa o fragmento de roca y el desplazamiento es a través del aire o caída libre, a saltos o rodando.
- Caliza:** La caliza es una roca sedimentaria compuesta mayoritariamente por carbonato de calcio, en general calcita, aunque frecuentemente presenta trazas de magnesita y otros carbonatos <https://stonecenter.cl/que-es-una-caliza/>.
- Coluvio-deluvial:** Forma de terreno o depósito formado por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial (material con poco transporte), los cuales se encuentran interestratificados y por lo general no es posible diferenciarlos.
- Deslizamiento:** Movimiento ladera debajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla (Cruden y Varnes, 1996). Según la forma de la superficie de falla se clasifican en traslacionales (superficie de falla plana u ondulada) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava).
- Deluvial:** Terreno constituido por enormes depósitos de materiales que fueron transportados por grandes corrientes de agua.

- Factor condicionante:** Se refiere al factor natural o antrópico que condiciona o contribuye a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituye el evento detonante del movimiento.
- Factor detonante:** Acción o evento natural o antrópico, que es la causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar, por ejemplo, los terremotos, la lluvia, la excavación del pie de una ladera, la sobrecarga de una ladera, entre otros.
- Formación geológica:** Unidad litoestratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por presentar propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.
- Fractura:** Estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan. Los rangos de fracturamiento rocoso, dependiendo del espaciamiento entre las fracturas, pueden ser: maciza, poco fracturada, medianamente fracturada, muy fracturada y fragmentada.
- Hundimiento:** Desplazamiento vertical brusco de una masa de suelo o roca debido en muchas ocasiones a la falla estructural de la bóveda de una cavidad subterránea. Suelen estar asociados a procesos de disolución de rocas carbonatadas o a la minería subterránea.
- Marga** Tipo de roca sedimentaria compuesta principalmente de caliza y arcilla, con predominio, por lo general, de la caliza, lo que le confiere un color blanquecino con tonos que pueden variar bastante de acuerdo con las distintas proporciones y composiciones de los minerales principales.
- Meteorización:** Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes. Los rangos de meteorización se clasifican en: roca fresca, ligeramente meteorizada, moderadamente meteorizada, altamente meteorizada, completamente meteorizada y suelo residual.
- Peligro o amenaza geológica:** Proceso o fenómeno geológico que podría ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.
- Susceptibilidad:** La susceptibilidad está definida como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico, expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos son intrínsecos (la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo,

el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno) y los detonantes o disparadores de estos eventos son la sismicidad y la precipitación pluvial.

**Talud:**

Superficie artificial inclinada de un terreno que se forma al cortar una ladera, o al construir obras como por ejemplo un terraplén.

**Zona crítica:**

Zona o área con peligros potenciales de acuerdo con la vulnerabilidad asociada (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia, en algunos casos, entre periódica y excepcional. Pueden presentarse durante la ocurrencia de lluvias excepcionales y puede ser necesario considerarlas dentro de los planes o políticas nacionales, regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres.

### 3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico, se desarrolló en base al boletín de revisión y actualización del cuadrángulo de Huancavelica hoja 26 n-II, de la serie A: "Carta Geológica Nacional", elaborado a escala 1:50 000 (Fernández et al.,2003), complementándose con observaciones de campo.

#### 3.1. Unidades litoestratigráficas

De manera general el área de estudio se encuentra sobre rocas de origen sedimentario del Grupo Pucará, específicamente de la Formación Chambará, las cuales a su vez se encuentran cubiertos por depósitos cuaternarios semi-consolidados a sueltos.

A continuación, se describe brevemente la composición y características litológicas de los depósitos y formaciones identificadas en los trabajos de campo (Anexo 1-mapa 1)

##### 3.1.1. Formación Chambará (Ts-ch)

Litológicamente, se caracteriza por presentar en la parte inferior calizas grises, esporádicamente a veces con chert intercaladas con areniscas cuarzosas verdosas; en algunos casos en la parte inferior se intercalan secuencias compuestas por coladas volcánicas (basaltos y andesitas), areniscas cuarzo-feldespáticas y limoarcillitas rojas. Hacia la parte media y superior se tiene calizas grises intercaladas con dolomitas y limoarcillitas grises. (Fernández et al.,2003).

Localmente, en ambos márgenes de la quebrada Miraflores afloran calizas y margas intercaladas con niveles de areniscas, con estratificación pseudoparalela, grado de fracturamiento F3 (Medianamente Fracturadas) y grado de meteorización moderada a alta (cuadros 3 y 4)(figura 4)

**Cuadro 3.** Grado de fracturamiento de rocas (ISRM,1981), de calizas y areniscas de la Fm.Chambará

Intensidad de fracturamiento				CODIGO
NOMBRE	Distancia entre fracturas	Estado	Descripcion	
F1	> 3 m.	Maciza	Fracturas espaciadas entre si (mas de 3)	
F2	3 - 1 m.	Poco Fracturada	Fracturadas espaciadas a veces no distinguibles	
F3	1.0 - 0.3 m.	Medianamente Fracturada	Espaciamiento regular entre fracturas	<b>X</b>
F4	0.30 - 0.05 m.	Muy Fracturada	Fracturas muy proximas entre si. Se separan en bloques tabulares	
F5	< 0.05 m.	Fragmentada	La roca se muestra astillosa y se separan lascas con facilidad	

**Cuadro 4.** Grado de meteorización de rocas (ISRM,1981). de calizas y areniscas de la Fm.Chambará

Grado de alteración				
A1	Roca fresca	No hay signos visibles de meteorización , ligera decoración		-
A2	Ligeramente meteorizada	Decoloración en la roca y en superficie de discontinuidades (fracturas)		< 10%
A3	Moderadamente meteorizada	Menos de la mitad del material rocoso esta descompuesto o desintegrado a suelo		10-50 % <b>X</b>
A4	Altamente meteorizada	Mas del 50% esta descompuesta y/o desintegrada a suelo, roca fresca o descolorida esta presente como testigos discontinuos.		50-90 % <b>X</b>
A5	Completamente meteorizada	Todo el material rocoso esta descompuesto y/o meteorizado. La estructura original del macizo rocoso esta aun en parte intacta.		> 90 %
A6	Suelo residual	T odo el material rocoso esta convertido en suelo. La estructura y textura están destruidos.		100 %



**Figura 4.** Afloramientos de calizas intercalados con areniscas de la Formación Chambará, en la margen izquierda de la quebrada Miraflores.

En el área de inspección también se observan margas; (figura 5). Estos afloramientos se observan mayoritariamente en el corte de talud del sector de Pucallacta (margen izquierda de la quebrada Miraflores), 150 m al SE, de la coordenada principal donde se suscitó el hundimiento el pasado 18 de abril del 2022.



**Figura 5.** Afloramientos de margas, localizadas a 150 m al SE, de la coordenada principal donde se suscitó el hundimiento el pasado 18 de mayo del 2022.

Estas rocas presentan un grado de fracturamiento entre los rangos de Muy fracturada (F3) y fragmentada (F4); además se observa un grado de meteorización alto a completo (Cuadros 5 y 6).

**Cuadro 5.** Grado de fracturamiento de rocas (ISRM,1981).de margas de la Fm. Chambará

Intensidad de fracturamiento				CODIGO
NOMBRE	Distancia entre fracturas	Estado	Descripcion	
F1	> 3 m.	Maciza	Fracturas espaciadas entre si (mas de 3)	
F2	3 - 1 m.	Poco Fracturada	Fracturadas espaciadas a veces no distinguibles	
F3	1.0 - 0.3 m.	Medianamente Fracturada	Espaciamiento regular entre fracturas	
F4	0.30 - 0.05 m.	Muy Fracturada	Fracturas muy proximas entre si. Se separan en bloques tabulares	<b>X</b>
F5	< 0.05 m.	Fragmentada	La roca se muestra astillosa y se separan lascas con facilidad	<b>X</b>

**Cuadro 6.** Grado de meteorización de rocas (ISRM,1981).de margas de la Fm. Chambará

Grado de alteración					
A1	Roca fresca	No hay signos visibles de meteorización , ligera decoración		-	
A2	Ligeramente meteorizada	Decoloración en la roca y en superficie de discontinuidades (fracturas)		< 10%	
A3	Moderadamente meteorizada	Menos de la mitad del material rocoso esta descompuesto o desintegrado a suelo		10-50 %	
A4	Altamente meteorizada	Mas del 50% esta descompuesta y/o desintegrada a suelo, roca fresca o descolorida esta presente como testigos discontinuos.		50-90 %	<b>X</b>
A5	Completamente meteorizada	Todo el material rocoso esta descompuesto y/o meteorizado. La estructura original del macizo rocoso esta aun en parte intacta.		> 90 %	<b>X</b>
A6	Suelo residual	Todo el material rocoso esta convertido en suelo. La estructura y textura están destruidos.		100 %	

### 3.1.2. Depósito coluvio-deluvial (Qh-cd)

Estos depósitos están constituidos por la intercalación de depósitos de origen coluvial (caídas de rocas y derrumbes) y deluvial (procesos de erosión con bajo transporte), que se encuentran entrecruzados haciendo difícil separar uno del otro, estos se presentan adosados a la ladera oeste del cerro Latapuquio, cubriendo el substrato rocoso (Fm. Chambará) y otros depósitos cuaternarios (depósitos proluviales), y sobre parte de estos se asienta el barrio Miraflores (figura 6), dentro de los depósitos coluvio-deluviales se observan bloques de hasta 50 cm de diámetro, gravas y gravillas envueltos en una matriz limo arcillosa plástica poco consolidada.

### 3.1.3. Depósito proluvial (Qh-pl)

Conforman conos y abanicos de diferentes dimensiones en función a su dinámica y capacidad de transporte de ríos o quebradas. Se confunden con las terrazas aluviales o se interdigitan con estas. A diferencia de los aluviales los depósitos son mal clasificados; presentan fragmentos rocosos heterométricos (cantos, bolos, bloques, etc.), con relleno fino arenoso-arcilloso, depositado en el fondo de valles tributarios y conos deyección en la confluencia con el río. Puede presentar cierta estratificación, que representa la ocurrencia de varios flujos de detritos a través del tiempo, los materiales que conforman estas capas pueden ser gruesos y finos, dependiendo de la intensidad de la precipitación pluvial que los originó y la disposición de material suelto en la cuenca donde se originan (Vílchez et al.,2020).

En este caso la quebrada Miraflores y otras adyacentes han formado vertientes aluvio-torrenciales con fragmentos de roca de calizas y areniscas, con diámetros entre 0.5 cm a 1.5 m (figuras 7 y 8), envueltos en una matriz areno-limosa, medianamente plástica y suelta. Estos se observan entrecruzados con depósitos coluvio-deluviales y en ambos márgenes de la quebrada Miraflores.

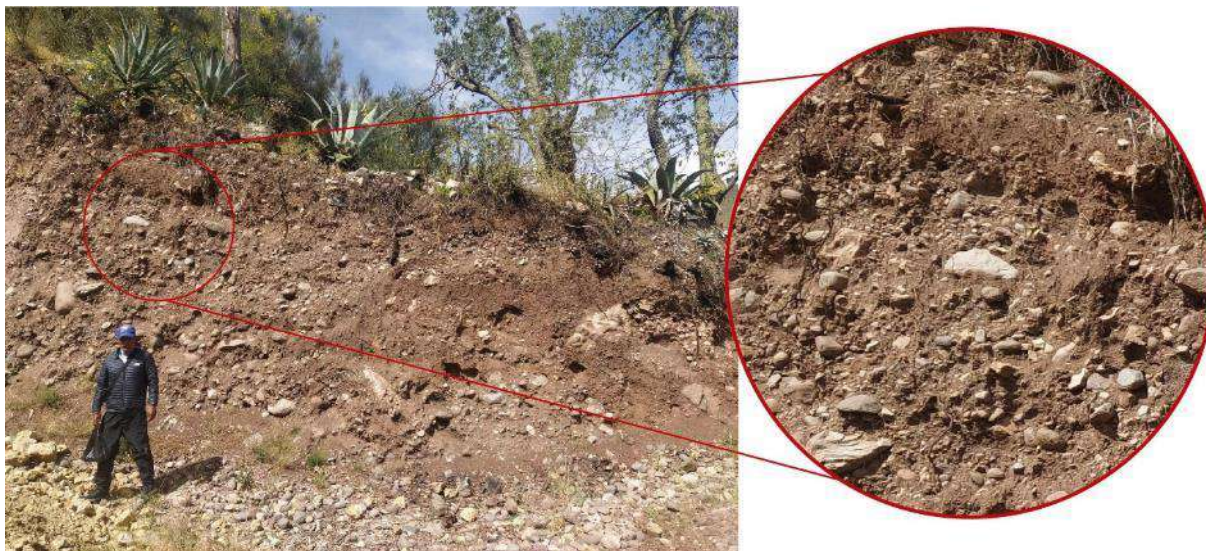




**Figura 6.** Depósitos coluvio-deluviales, adosados a la ladera oeste del cerro Latapuquio, obsérvese la mezcla de materiales finos (limos y arcillas), con bloques de hasta 50 cm de diámetro de rocas caliza.



**Figura 7.** Depósitos aluviales y coluvio deluviales, en las márgenes de la quebrada Miraflores.



**Figura 8.** Depósitos coluvio-deluviales en la vertiente oeste del cerro Latapuquio en el sector denominado Pucallacta.



**Figura 9.** Obsérvese, depósitos proluviales (Qh-pl) y coluvio-deluviales (Qh-cd), entreverados y depositados en la ladera oeste del cerro Latapuquio, por donde desciende la quebrada Miraflores, en la parte superior se aprecian afloramientos de calizas, areniscas y margas correspondientes a la Formación Chambará (Ts-ch).

#### 3.1.4. Depósito aluvial (Qh-al)

Los depósitos aluviales conforman llanuras antiguas y/o niveles de terrazas adyacentes al valle de los ríos Opamayo y Sicra. Están compuestos por una mezcla heterogénea de bolones,

gravas y arenas redondeadas a subredondeadas, limos y arcillas; tienen regular a buena selección, presentándose estratos diferenciados que evidencian la actividad dinámica fluvial, es sobre estos que se asientan parte de la ciudad de Lircay (figura 10)



**Figura 10.** Fotografía tomada desde la parte superior de la quebrada Miraflores, obsérvese afloramientos de rocas de la Formación Chambará (Ts-ch) en la parte superior de la quebrada, cubierta por depósitos coluvio-deluviales (Qh-cd) y proluviales (Qh-pl). Al fondo se observan depósitos aluviales en el valle del río Sicra, donde se asienta gran parte de Lircay.

## 4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

### 4.1. Pendientes del terreno

La pendiente es uno de los principales factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa (formadores de las geoformas de carácter depositacional o agradacional), ya que determinan la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (Sánchez, 2002); por lo cual es un parámetro que actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa

El barrio de Miraflores se ubica sobre la ladera oeste del cerro Latapuquio, con pendientes antropogenizadas de 10° en promedio (figura 11). La calle de acceso al Barrio Miraflores y el cauce de la quebrada del mismo nombre muestran pendientes promedio de 15° y 20°. (figuras 12 y 13), lo que demuestra que el barrio Miraflores fue intervenido antrópicamente, modificando la pendiente original de la ladera para favorecer la construcción de las viviendas. (anexo 1 - mapa 2).

En general, la ladera oeste del cerro Latapuquio presenta pendientes promedio de 45°, que descienden a 9° en el sector de Miraflores y Lircay hasta llegar al río Sicra (figura 11). En ambos márgenes de la quebrada Miraflores también se observan pendientes escarpadas de hasta 85° (figura 12).

Depósito	Leyenda	Descripción
Depósitos coluvio-deluviales		Bloques, Gravas y gravillas en matriz limo-arenosa
Alternancia de depósitos proluviales y coluviodeluviales		Arcillas con contenido de humedad
Depósitos aluviales		Gravas y gravillas en matriz limo-arcilloso
Depósitos aluviales		Gravas aluviales
Margas		Margas saturadas
Afloramiento rocoso meteorizado		Calizas meteorizadas y fracturadas
Substrato rocosos		Calizas

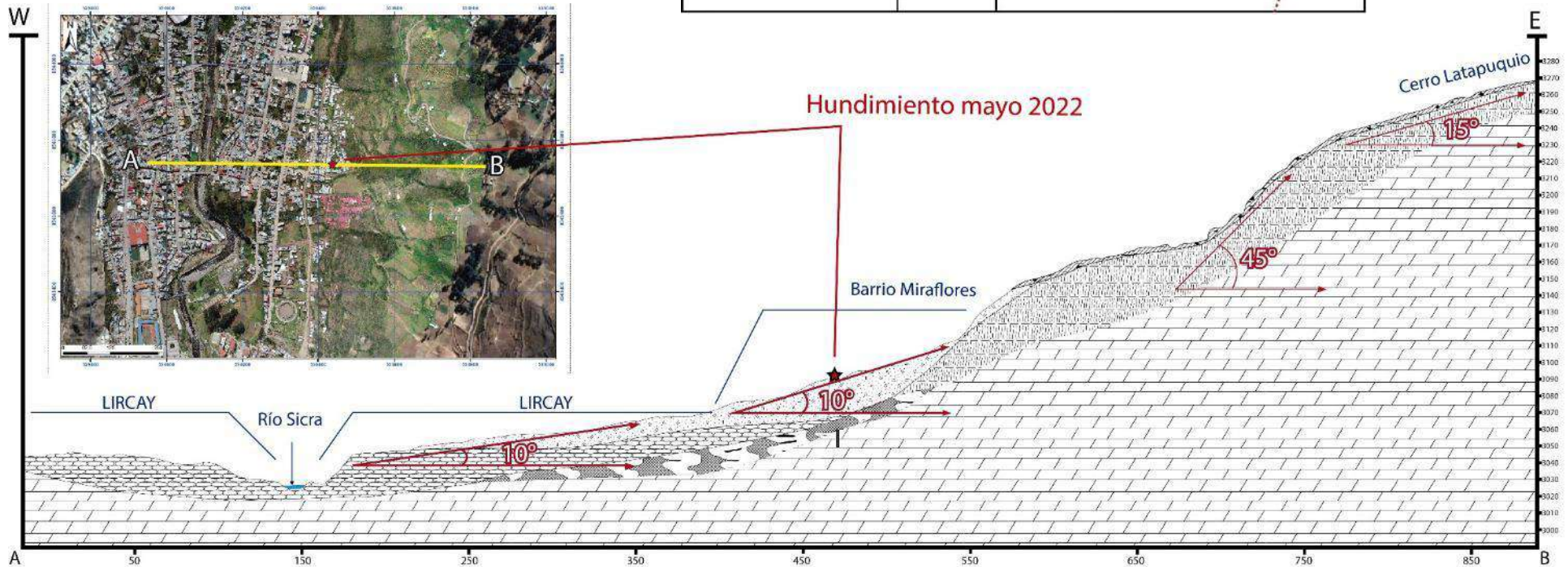


Figura 11. Pendientes promedio en la ladera Oeste del cerro Latapuquio.



**Figura 12.** Pendientes promedio en las márgenes de la quebrada Miraflores



**Figura 13.** Pendiente de la calle de acceso al Barrio Miraflores, margen derecha de la quebrada Miraflores.

## 4.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual; en base a aspectos del relieve en relación con la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez et al., 2019).

En general el Barrio Miraflores se encuentra sobre una vertiente aluvio-torrencial. Adosado a ladera oeste de una montaña modelada en roca sedimentaria, intercalada con vertientes coluvio-deluviales (Anexo 1 – mapa 3).

Dentro de las unidades geomorfológicas aquí se tienen:

### 4.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Están representadas por las formas de terreno resultados del efecto progresivo de procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

**Subunidad de montaña en roca sedimentaria (RM-rs):** Esta subunidad está conformada por secuencias sedimentarias representadas por calizas y areniscas de la Formación Chambará, las laderas de esta montaña presentan mayoritariamente pendientes muy escarpadas (>45°) disectadas por torrenteras y quebradas, como es el caso de la quebrada Miraflores.

### 4.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional

**Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd):** Unidad formada por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial, se encuentran interestratificados y no es posible separarlos como unidades individuales; estos se encuentran adosados a las laderas del cerro Latapuquio, por su configuración geomorfológica estos depósitos son susceptibles a presentar procesos de reptación de suelos, y deslizamientos.

**Vertiente o piedemonte proluvial (V-pl):** Unidad formada por la acumulación de materiales de arrastre desde la quebrada Miraflores, se puede observar que eventos de erosión relacionados a activaciones de quebrada han formado abanicos proluviales que han cubierto parte de la ladera del cerro Latapuquio.

**Terraza aluvial (T-al):** Se presenta en ambos márgenes de los ríos Sicra y Opamayo. Está compuesta por fragmentos rocosos heterogéneos (cantos, gravas, arenas, etc.), transportados por la corriente de los ríos a grandes distancias. Configuran planicies de pendientes suaves y moderadas (1°- 15°), sobre las cuales se desarrolló la ciudad de Lircay.

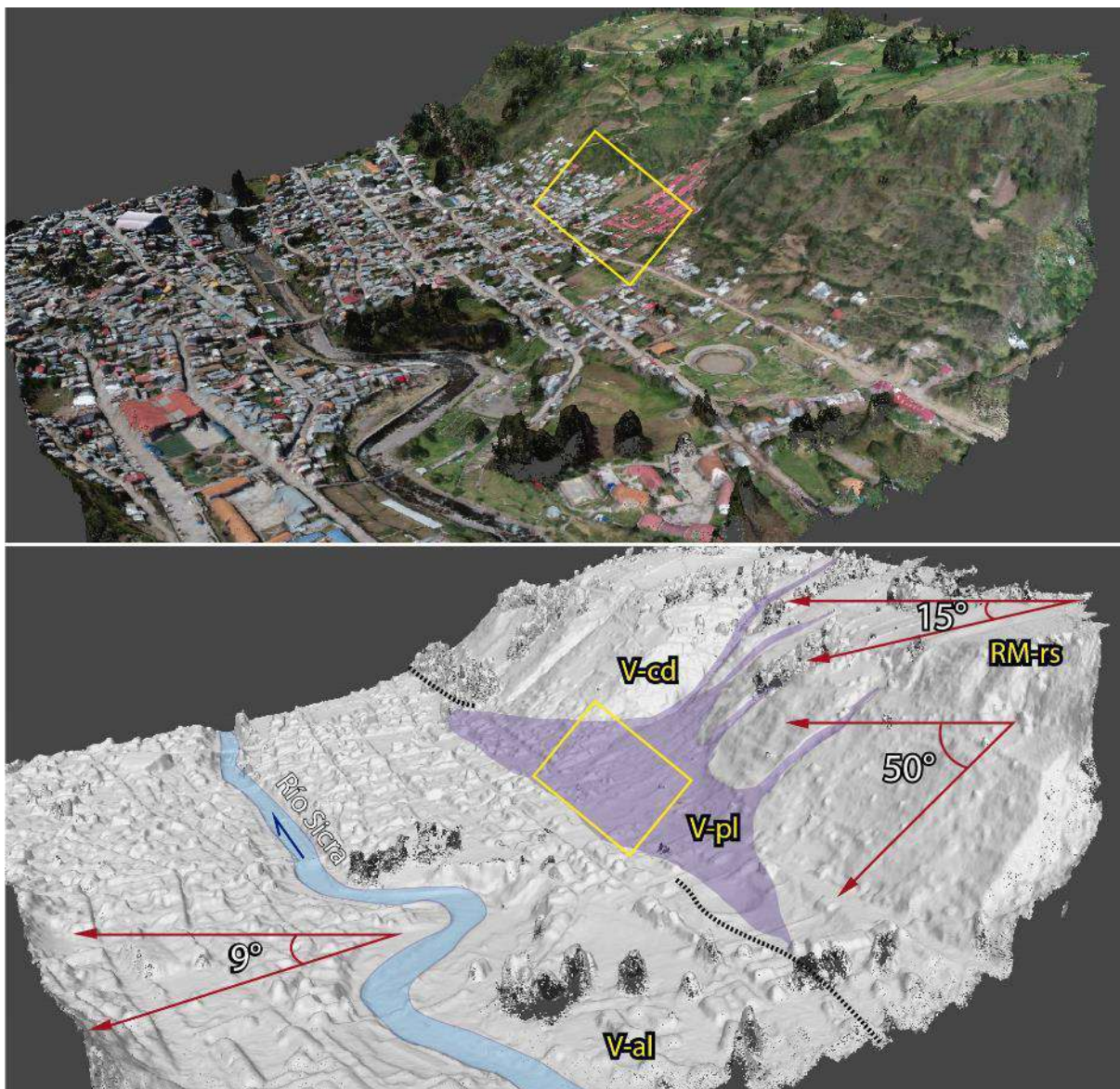


Figura 14. Viviendas del sector Miraflores asentadas sobre la vertiente coluvio-deluvial.

## 5. PELIGROS GEOLÓGICOS

El distrito de Lircay presenta antecedentes de ocurrencia de hundimientos, estos se consideran peligros geológicos usualmente condicionados, por el colapso subterráneo de una cavidad, y suelen estar asociados a proceso de disolución de rocas carbonatadas (anexo 1 – mapa 4).

### 5.1. Otros peligros geológicos

Dentro de la clasificación de peligros geológicos los hundimientos se enmarcan en la casilla de: “Otros peligros geológicos”.

#### 5.1.1. Hundimiento del 18 de mayo del 2022

Según los antecedentes descritos por la municipalidad provincial de Angaraes, el 08 de abril del 2022, aproximadamente a las 18 hrs, se produjo un hundimiento en el barrio Miraflores, con las siguientes dimensiones: 8 m de profundidad y 9 m de diámetro, produciendo el colapso parcial de una (01) vivienda de dos pisos de material rustico.

La inspección de campo permitió reconocer un hundimiento cuyas medidas con distanciómetro laser son: profundidad de 6 m y diámetro de 8 m, en las coordenadas medias UTM, WGS 84, 18s: Este: 530440 m; Norte: 8563734 m, ubicado en el barrio Miraflores.

En el perfil de la cavidad se puede observar que en superficie se presentan suelos antrópicos (rellenos), de coloraciones oscuras sobre las cuales se han hecho las construcciones de viviendas rusticas (barrio Miraflores), debajo de estos se observan suelos coluvio-deluviales de 1 m de profundidad que cubren suelos limo-arcillosos con fragmentos de roca, posiblemente mezcla de depósitos proluviales y coluvio-deluviales (figura 15).



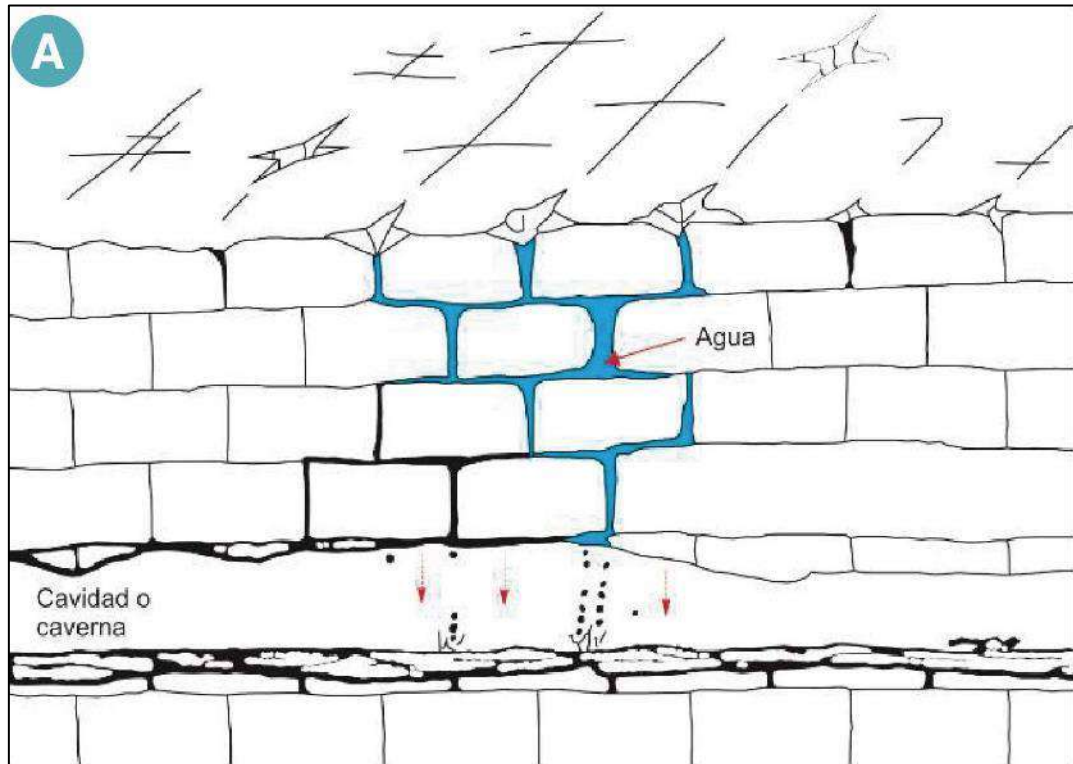
**Figura 15.** Hundimiento en el Barrio de Miraflores.

Dentro de las múltiples interpretaciones que se le puede asignar al fenómeno, y según las observaciones de campo se propone la siguiente:

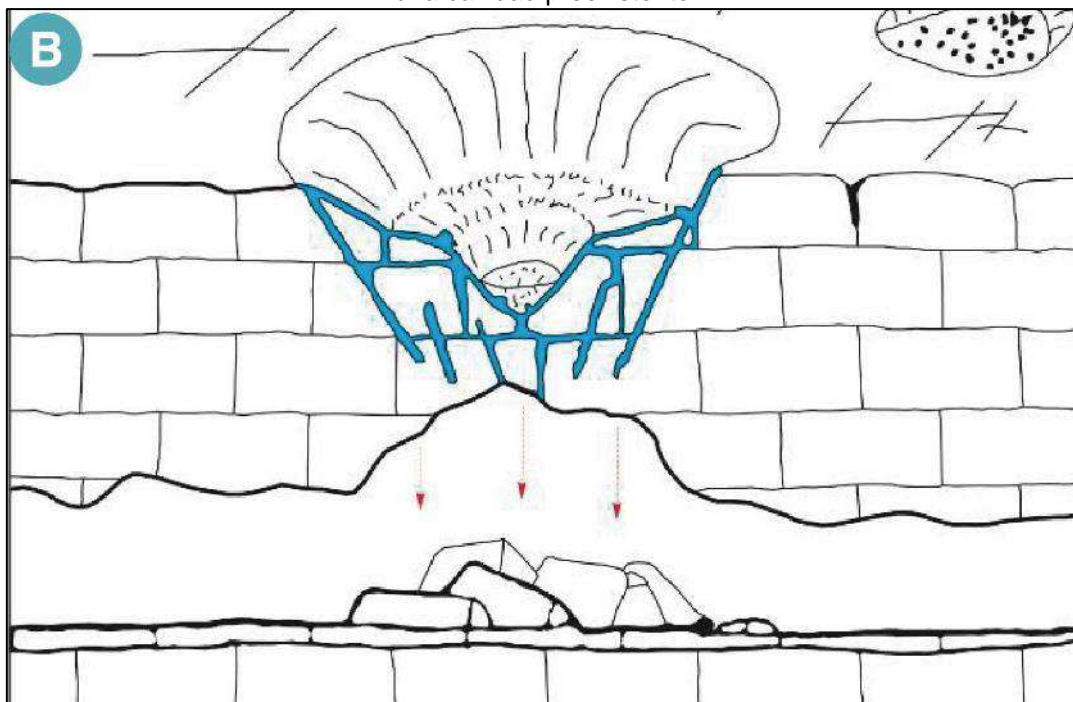
1. El substrato rocoso donde se ubica Lircay y el barrio Miraflores corresponden a rocas calcáreas como: calizas y margas estratificadas y fracturadas por donde infiltró e infiltra agua que disuelve la roca (formando una posible cavidad o conectando con una cavidad preexistente), ver figura 16.
2. Mientras la cavidad progresa generando conductos kársticos y una bóveda en su techo, la disolución de rocas calcáreas continúa en la superficie (figura 17).
3. Procesos proluviales y coluvio deluviales pudieron cubrir los procesos kársticos superficiales (figura 18).



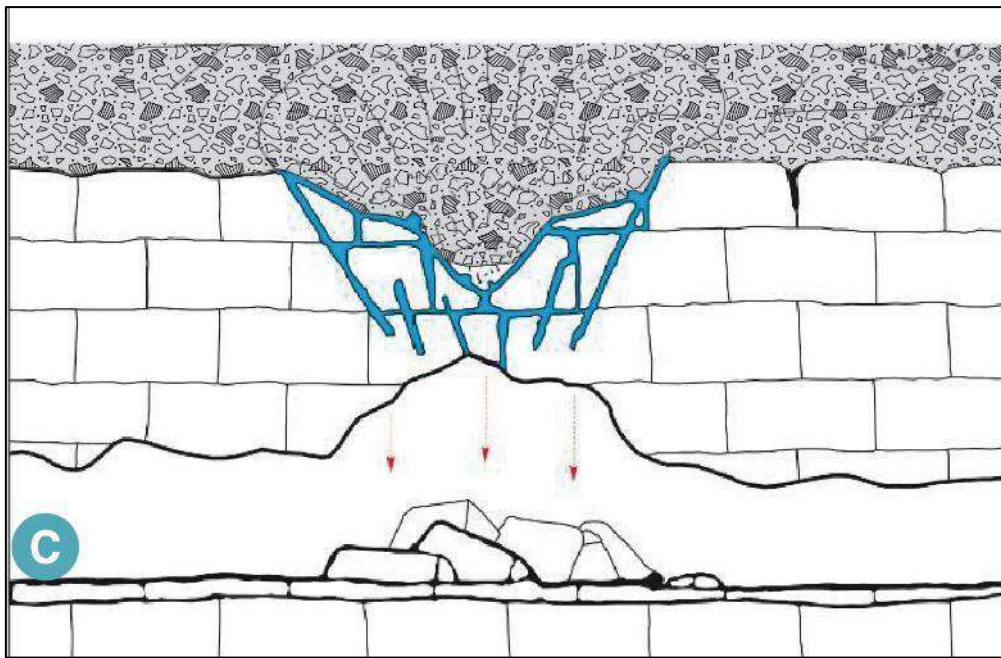
4. Las viviendas (barrio Miraflores) se asentaron sobre depósitos cuaternarios, que cubrieron calizas con procesos de disolución (dolinas antiguas) mediante la infiltración de aguas superficiales y aguas subterráneas. Las aguas servidas (aguas de uso doméstico), favorecieron la infiltración de aguas, saturando el suelo e incrementando procesos de disolución kárstica (figura 19).



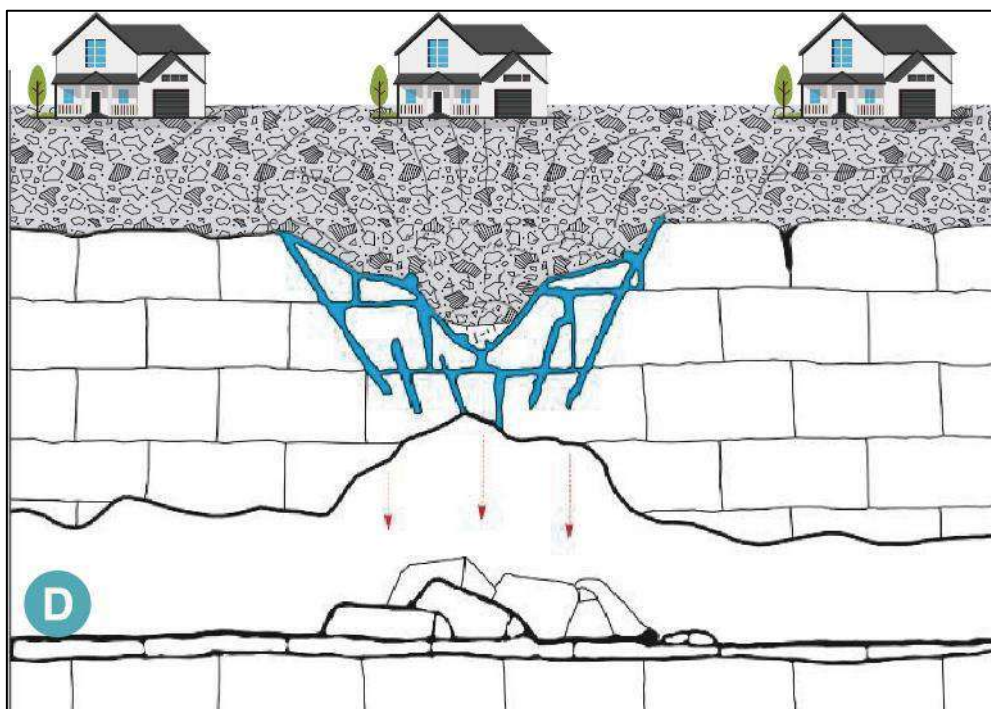
**Figura 16.** Substrato calcáreo fracturado, con agua que se infiltra y disuelve la roca en la vertical de una cavidad preexistente.



**Figura 17.** En el techo de la cavidad se origina una bóveda, por desprendimientos, mientras progresa la disolución en superficie

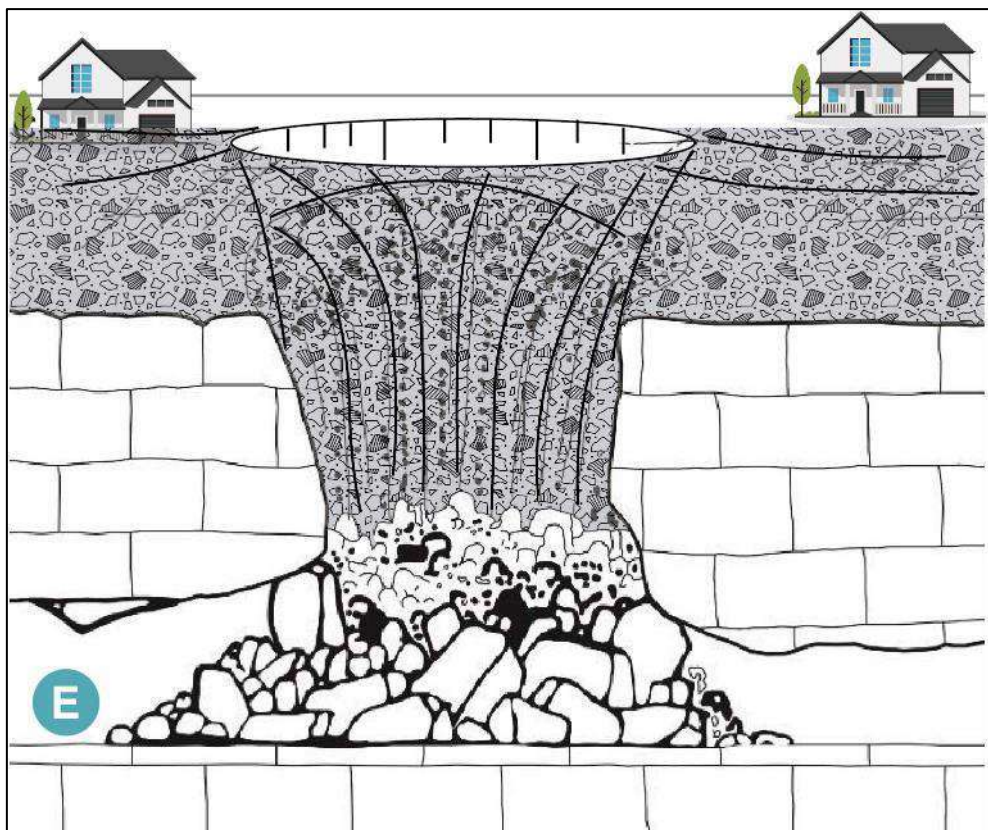


**Figura 18.** Depósitos cuaternarios cubren procesos de disolución.



**Figura 19.** Viviendas se asientan sobre depósitos cuaternarios que cubren procesos de disolución calcárea.

5. Finalmente, el peso del material detrítico (depósitos coluvio-deluviales, proluviales y rellenos antrópicos) aunados a la infiltración de aguas antrópicas (provenientes de desagües y aguas domésticas), aguas de escorrentía superficial (lluvias) y cursos subterráneos, provocaron que la roca suprayacente (calizas y margas), superen su límite de capacidad de carga, originando una dolina de hundimiento (figura 20).



**Figura 20.** Sobrepasado el límite de la capacidad de carga de la roca suprayacente, se produce el colapso que origina la dolina de hundimiento.

### 5.1.2. Prospección geofísica en el barrio de Miraflores

Para obtener mayores alcances del substrato rocoso donde se suscitó el hundimiento se realizaron 04 líneas geofísicas con un arreglo “dipolo-dipolo”, donde las varillas metálicas (electrodos), fueron separadas cada 5 m, cubriendo linealmente una longitud aproximada de 240 m (líneas LT1, LT2 y LT3), y aproximadamente 120 m en la línea LT4 (figura 21).

Simbología	Tipo de arreglo	Dirección	Longitud	Profundidad
● (rojo)	Dipolo-Dipolo	SE-NW	240 m	50 m
▲ (rojo)		SE-NW	240 m	50 m
● (naranja)		SW-NE	240 m	50 m
■ (púrpura)		NE-SW	120 m	25 m

**Figura 21.** Leyenda de las líneas geofísicas de arreglo: dipolo-dipolo, realizadas en los alrededores del barrio Miraflores.

La ubicación de cada una de las varillas metálicas que conformaron las líneas geofísicas se representa en la figura 22, cabe resaltar que la forma de las líneas geofísicas se acomodó de la mejor manera posible al terreno y geometría actual de la zona urbanizada, la ubicación geográfica de cada una de las varillas se describe en los cuadros 7 al 10 y en la figura 22.

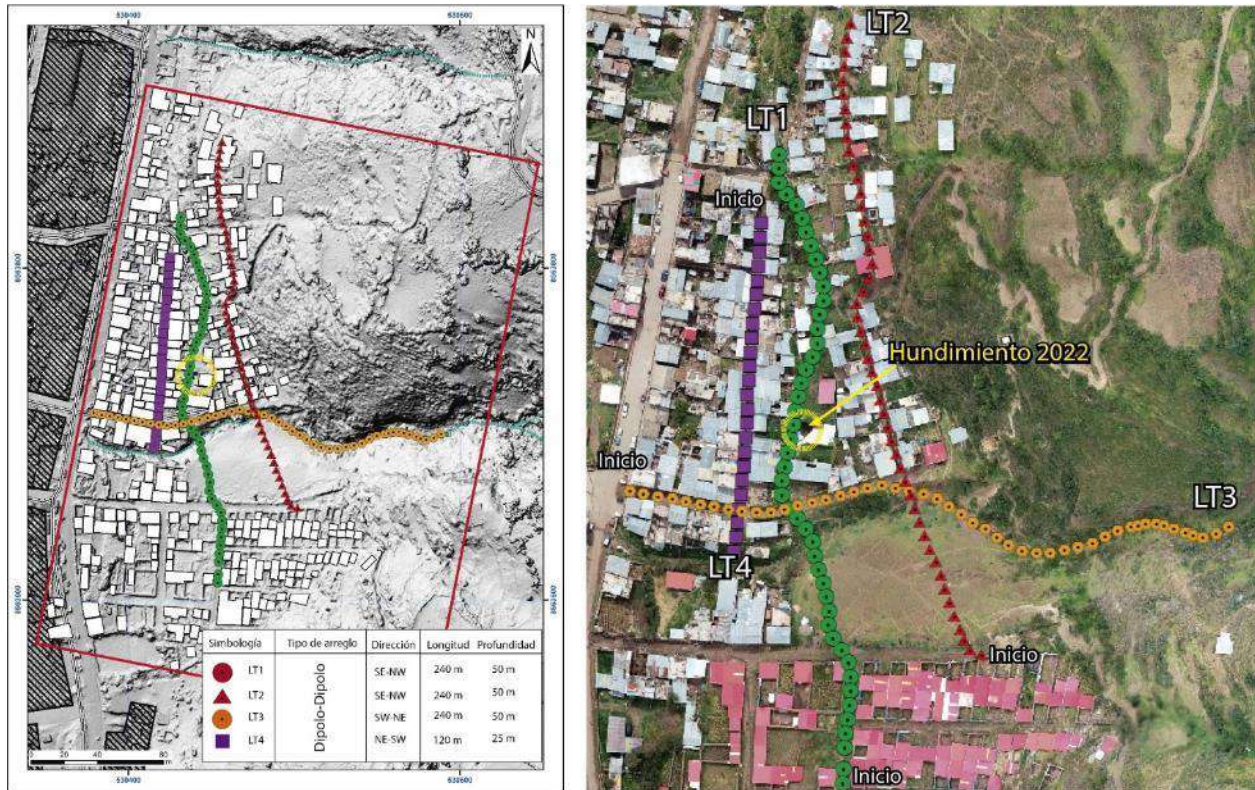


Figura 22. Líneas geofísicas de arreglo: dipolo-dipolo, realizadas en los alrededores del barrio Miraflores.

**Cuadro 7.** Ubicación UTM de las varillas de la Línea geofísica LT1.

Línea (LT1)	Número de varilla	X (m)	Y (m)	Línea	Número de varilla	X (m)	Y (m)
1	1	530431.4	8563830.5	1	25	530433.3	8563721.2
1	2	530431.4	8563830.5	1	26	530432.5	8563716.3
1	3	530431.5	8563825.5	1	27	530432.4	8563711.3
1	4	530431.4	8563820.5	1	28	530434.0	8563706.5
1	5	530434.1	8563816.3	1	29	530437.7	8563703.2
1	6	530437.6	8563812.7	1	30	530440.9	8563699.4
1	7	530439.5	8563808.1	1	31	530443.3	8563695.0
1	8	530441.0	8563803.3	1	32	530443.9	8563690.0
1	9	530442.6	8563798.6	1	33	530445.3	8563685.2
1	10	530444.3	8563793.9	1	34	530447.1	8563680.6
1	11	530445.7	8563789.1	1	35	530448.1	8563675.7
1	12	530447.1	8563784.3	1	36	530449.1	8563670.8
1	13	530446.9	8563779.3	1	37	530448.7	8563665.8
1	14	530445.8	8563774.4	1	38	530450.3	8563661.1
1	15	530445.1	8563769.4	1	39	530453.3	8563657.0
1	16	530444.9	8563764.4	1	40	530455.9	8563652.8
1	17	530443.4	8563759.7	1	41	530456.5	8563647.8
1	18	530440.9	8563755.3	1	42	530456.4	8563642.8
1	19	530439.3	8563750.6	1	43	530455.9	8563637.8
1	20	530438.1	8563745.7	1	44	530455.4	8563632.9

1	21	530437.2	8563740.8	1	45	530454.9	8563627.9
1	22	530436.4	8563735.9	1	46	530454.5	8563622.9
1	23	530435.5	8563730.9	1	47	530454.2	8563615.4
1	24	530434.5	8563726.1	1	48	530453.8	8563610.4

**Cuadro 8.** Ubicación UTM de las varillas de la Línea geofísica LT2.

Línea (LT2)	Número de varilla	X (m)	Y (m)	Línea	Número de varilla	X (m)	Y (m)
2	1	530502.0	8563655.6	2	25	530461.7	8563763.9
2	2	530498.0	8563657.1	2	26	530459.7	8563768.5
2	3	530495.9	8563660.6	2	27	530458.7	8563773.4
2	4	530494.6	8563664.4	2	28	530458.5	8563778.4
2	5	530492.7	8563669.0	2	29	530461.0	8563782.7
2	6	530491.1	8563673.7	2	30	530462.9	8563787.3
2	7	530489.1	8563678.3	2	31	530463.8	8563792.3
2	8	530487.7	8563683.2	2	32	530463.0	8563797.2
2	9	530486.1	8563687.9	2	33	530462.1	8563802.1
2	10	530484.2	8563692.5	2	34	530461.1	8563807.0
2	11	530482.2	8563697.1	2	35	530460.3	8563811.9
2	12	530480.5	8563701.8	2	36	530459.7	8563816.9
2	13	530478.8	8563706.5	2	37	530458.8	8563821.8
2	14	530477.3	8563711.3	2	38	530457.1	8563826.5
2	15	530475.5	8563715.9	2	39	530455.6	8563831.3
2	16	530473.7	8563720.6	2	40	530455.2	8563836.3
2	17	530472.5	8563725.4	2	41	530454.6	8563841.2
2	18	530470.7	8563730.1	2	42	530454.3	8563846.2
2	19	530469.4	8563734.9	2	43	530453.8	8563851.2
2	20	530468.1	8563739.8	2	44	530453.8	8563856.2
2	21	530466.7	8563744.6	2	45	530454.1	8563861.2
2	22	530465.6	8563749.4	2	46	530454.5	8563866.2
2	23	530463.9	8563754.2	2	47	530455.2	8563871.1
2	24	530462.7	8563759.0	2	48	530456.4	8563876.0

**Cuadro 9.** Ubicación UTM de las varillas de la Línea geofísica LT3.

Línea (LT3)	Número de varilla	X (m)	Y (m)	Línea	Número de varilla	X (m)	Y (m)
3	1	530588.8	8563700.1	3	25	530490.7	8563707.1
3	2	530584.4	8563697.7	3	26	530486.5	8563709.8
3	3	530579.6	8563696.3	3	27	530481.8	8563711.6
3	4	530576.1	8563697.1	3	28	530476.9	8563712.6
3	5	530573.6	8563698.2	3	29	530472.0	8563713.6
3	6	530569.6	8563699.5	3	30	530467.1	8563714.7
3	7	530565.9	8563700.5	3	31	530462.2	8563713.5
3	8	530563.3	8563701.1	3	32	530457.4	8563712.3
3	9	530559.7	8563701.1	3	33	530452.6	8563710.9

3	10	530557.0	8563700.4	3	34	530447.8	8563709.6
3	11	530554.7	8563700.0	3	35	530442.9	8563708.5
3	12	530549.8	8563698.8	3	36	530437.9	8563707.6
3	13	530545.3	8563696.6	3	37	530433.2	8563706.1
3	14	530540.9	8563694.3	3	38	530428.3	8563705.1
3	15	530536.1	8563693.0	3	39	530423.3	8563705.1
3	16	530531.2	8563692.0	3	40	530418.3	8563705.5
3	17	530526.3	8563691.1	3	41	530413.4	8563706.3
3	18	530521.3	8563691.0	3	42	530408.4	8563707.2
3	19	530516.3	8563691.8	3	43	530403.5	8563708.0
3	20	530511.7	8563693.7	3	44	530398.6	8563708.9
3	21	530507.6	8563696.5	3	45	530393.7	8563709.9
3	22	530503.4	8563699.3	3	46	530388.8	8563710.7
3	23	530499.0	8563701.5	3	47	530383.8	8563711.5
3	24	530495.0	8563704.6	3	48	530379.0	8563712.7

**Cuadro 10.** Ubicación UTM de las varillas de la Línea geofísica LT4.

Línea (LT4)	Número de varilla	X (m)	Y (m)	Línea	Número de varilla	X (m)	Y (m)
4	1	530415.4	8563691.4	4	13	530420.6	8563751.1
4	2	530416.1	8563696.4	4	14	530420.8	8563756.1
4	3	530416.7	8563701.3	4	15	530421.1	8563761.1
4	4	530417.2	8563706.3	4	16	530421.5	8563766.1
4	5	530417.9	8563711.3	4	17	530422.0	8563771.2
4	6	530418.3	8563716.2	4	18	530422.6	8563776.2
4	7	530418.8	8563721.2	4	19	530423.2	8563781.2
4	8	530419.2	8563726.2	4	20	530423.6	8563786.2
4	9	530419.5	8563731.2	4	21	530423.8	8563791.2
4	10	530419.9	8563736.2	4	22	530424.3	8563796.1
4	11	530420.2	8563741.2	4	23	530424.6	8563801.1
4	12	530420.0	8563746.2	4	24	530424.9	8563806.3

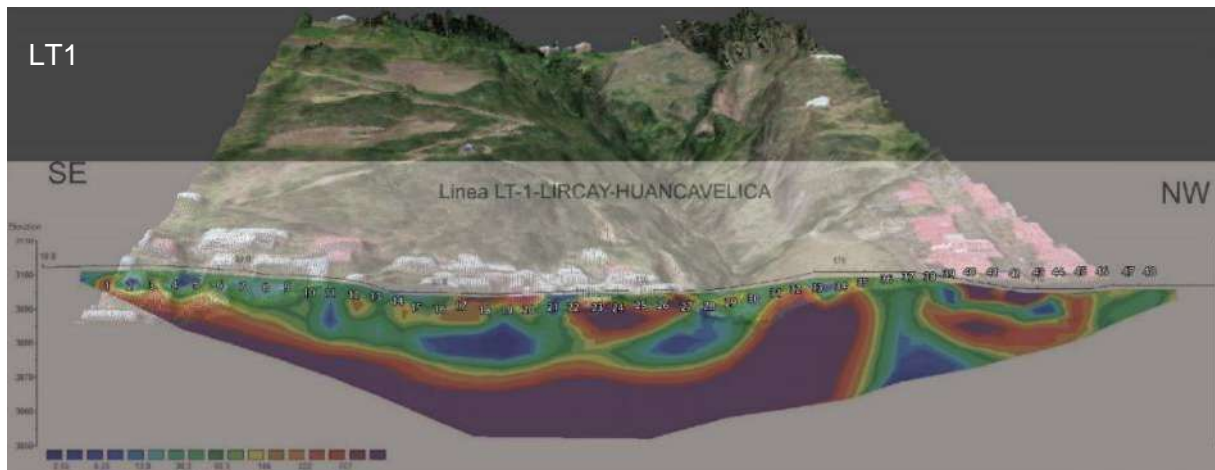
### Interpretación geofísica de la Línea LT1

La línea LT1 se encuentra entre las líneas LT2 y LT3, esta pasa a 1 m aproximadamente del hundimiento (entre las varillas 21 y 24) en el barrio de Miraflores (figura 23 - 26), esta línea geofísica alcanzó una profundidad de aprox. 50 m.

Para la interpretación geofísica de resistividades se tomó en cuenta el libro de: Parasnis & Orellana. 1970, "Principios de geofísica aplicada" y otras tablas de interpretación geofísica, las cuales fueron relacionadas con la naturaleza de los afloramientos rocosos reconocidos en superficie, así como los depósitos cuaternarios presentes en el barrio Miraflores (figura 26).



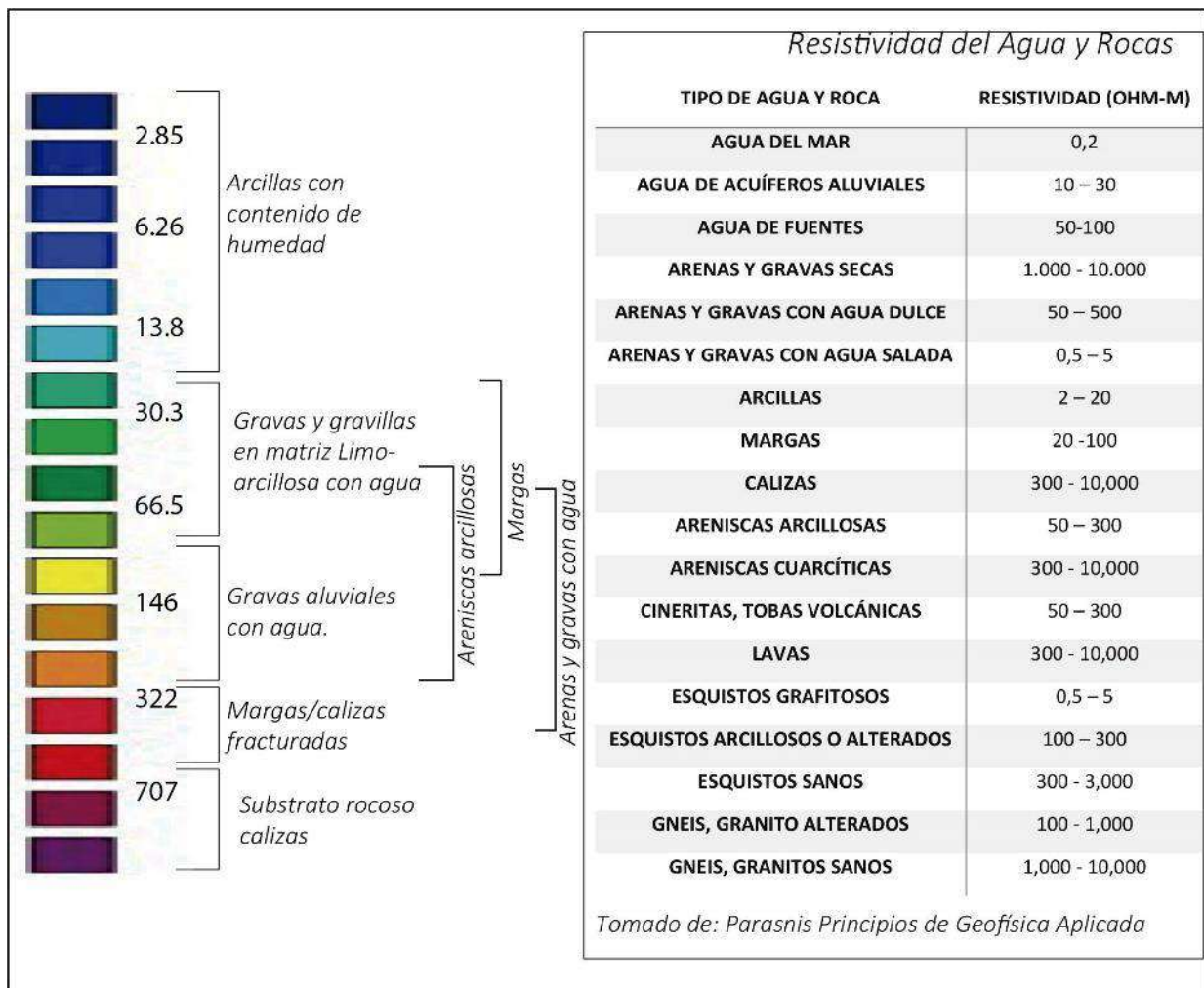
**Figura 23** Tendido de la línea LT1, a 1 m del hundimiento en el barrio de Miraflores.



**Figura 24.** Resistividades en la línea LT1.



**Figura 25.** El Hundimiento se encuentra entre las varillas 21 y 24



**Figura 26.** Interpretación geofísica de las resistividades (Ohm/m), de las líneas geofísicas en el barrio Miraflores.

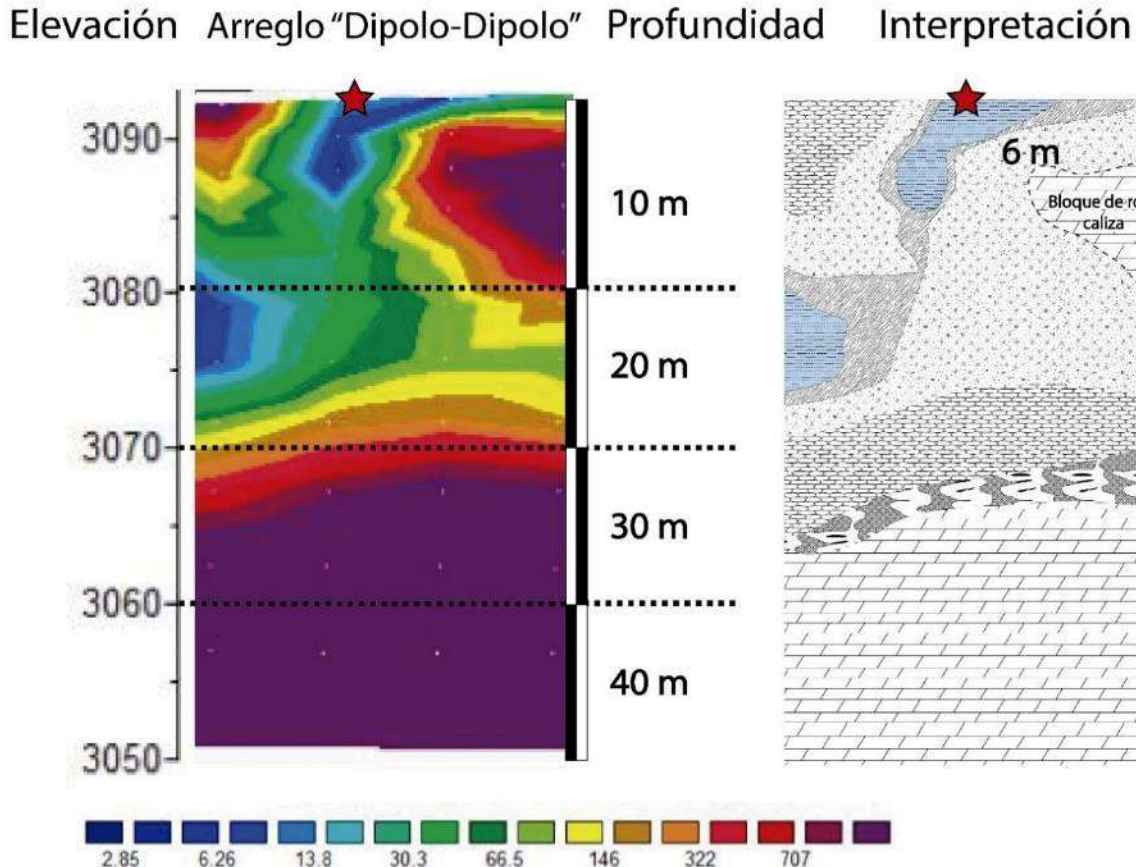
Interpretativamente se puede inferir que las coloraciones moradas (resistividades > a 700 ohm/m) corresponden al substrato rocoso, conformado por calizas de la Formación Chambará, sobre estas se presentan las coloraciones rojizas (resistividades entre 320 y 700 ohm/m), correspondientes a posibles margas y calizas fracturadas, sobre las cuales se han depositados gravas aluviales con presencia de agua, por las resistividades también se podría asumir que estas estén intercaladas con areniscas arcillosas (100-320 ohm/m), posteriormente sobre estas se presentarían gravas y gravillas en matriz limo-arcillosa con contenido de agua, intercalado con bloques de margas (30-100 ohm/m), finalmente todos estas secuencias estarían cubiertas por arcillas con alto contenido de humedad y bajas resistividades (2-30 ohm/m), estas bajas resistividades también estarían relacionadas a subsidencias antiguas donde el material detrítico presenta poca cohesión y alta saturación.

En general, los procesos de disolución y creación de cavidades suelen darse a corto o medio plazo, a colapsos bruscos, mientras que el arrastre de materiales granulares suele propiciar la subsidencia lenta. Sin embargo, en una misma dolina pueden coexistir ambos tipos de mecanismos en un momento dado, actuando cada uno a una profundidad distinta. En este sentido, caben muchas combinaciones posibles, según cuál sea el mecanismo en profundidad, según si el movimiento se ha transmitido o no a la superficie y, de haberlo hecho, si se ha transmitido por el mismo o por distinto mecanismo.

La línea geofísica LT1, muestra un área de baja resistividad (2.85 - 13.8 ohm/m), correspondiente al lugar del hundimiento (representado por una estrella de color rojo en las



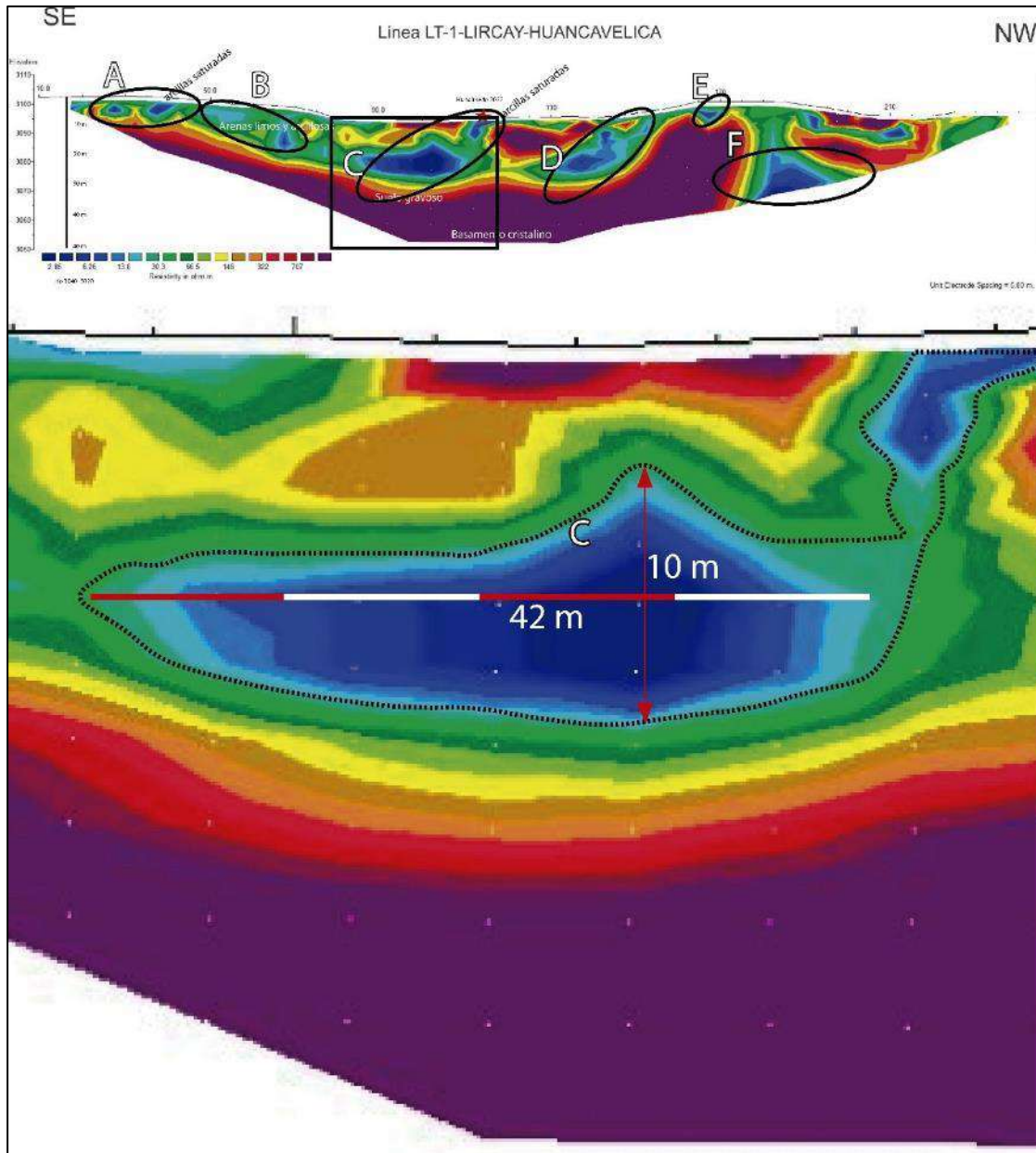
figuras 27 y 28), esta área de resistividad baja parece conectar con otra área de similar resistividad, describiendo la posible existencia de una cavidad mayor cubierta por material detrítico saturado con dimensiones de: altura 10 m, ancho 42 m y a una profundidad de 20 m (figura 28).



**Figura 27.** Interpretación geofísica de la línea LT1, por debajo del hundimiento del barrio Miraflores, la estrella roja representa el lugar de ocurrencia.

Combinando la línea geofísica con las unidades litoestratigráficas aflorantes y las unidades geomorfológicas presentes en el barrio de Miraflores se elaboró el perfil topográfico 1 (figura 29), en este perfil interpretativo podemos observar que:

1. El substrato rocoso sobre el que se asienta Lircay (ambos márgenes del río Sicra) corresponde a rocas calcáreas (calizas) con resistividades altas. En la parte alta del cerro Latapuquio se presentan afloramientos de estos con alto grado de meteorización y fracturamiento.
2. Sobre el substrato rocoso se presentan margas y/o calizas karstificadas con contenido de agua (posible zona de debilidad y/o cavidad kárstica preexistente), también cabe la posibilidad de que las cavernas de disolución kárstica se encuentren aún más profundas.
3. El valle fluvial del río Sicra generó depósitos aluviales conformados por gravas, gravillas, arenas y limos que cubrieron el substrato rocoso.
4. Sobre los depósitos aluviales y en la vertiente oeste del cerro Latapuquio se depositaron detritos coluvio-deluviales y proluviales entreveradamente, estos juntos con las gravas aluviales se encuentran estrechamente relacionados con las cavidades kársticas de la zona calcárea y margosa (substrato rocoso), por ello cualquier cambio en estos (procesos de karstificación, interconexión de cavidades o subsidencias de domos de cavidades) se refleja en la superficie como hundimientos.



**Figura 28.** Medidas de las zonas de menor resistividad en la línea geofísica LT1

Similar a la zona de debilidad (resistividades bajas) identificada debajo del hundimiento de mayo de 2022, se identificaron otras 5 en la línea LT1, haciendo un total de 6 (cuadro 11 y figura 30).

**Cuadro 11.** Zonas de debilidad identificadas en la línea geofísica Lt1

Zona de debilidad	Ubicación referencial entre los electrodos
A	4 y 8
B	11 y 13
C	16 y 24
D	25 y 30
E	32 y 33
F	34 y 38

Depósito	Leyenda	Descripción
Depósitos coluvio-deluviales		Bloques, Gravas y gravillas en matriz limo-arenosa
Alternancia de depósitos proluviales y coluviodeluviales		Arcillas con contenido de humedad
Depósitos aluviales		Gravas y gravillas en matriz limo-arcilloso
Margas		Gravas aluviales
Afloramiento rocoso meteorizado		Margas saturadas
Substrato rocosos		Calizas meteorizadas y fracturadas
		Calizas

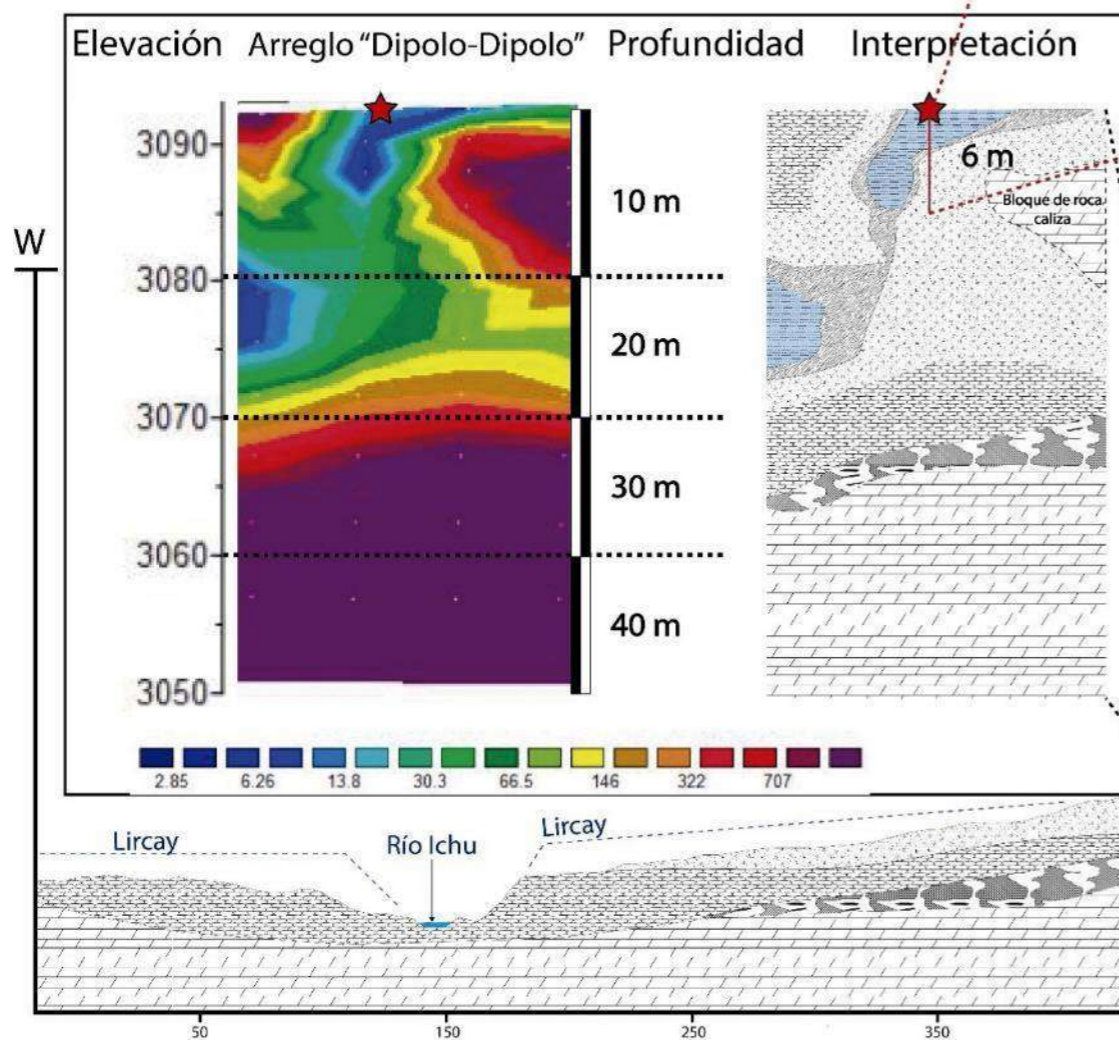
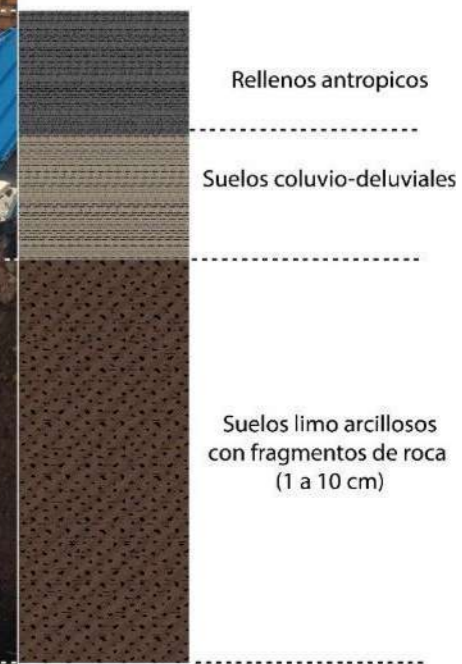
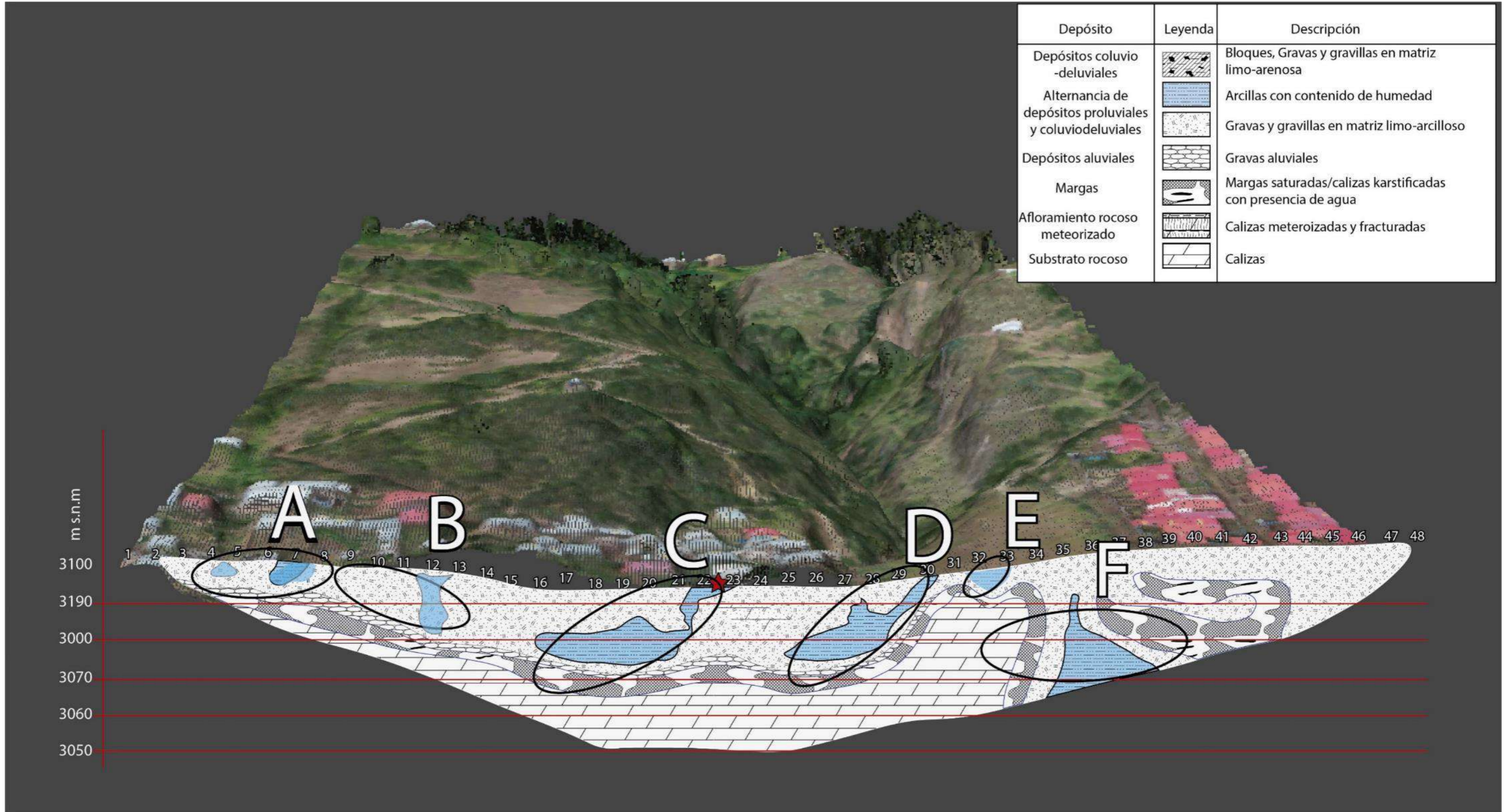


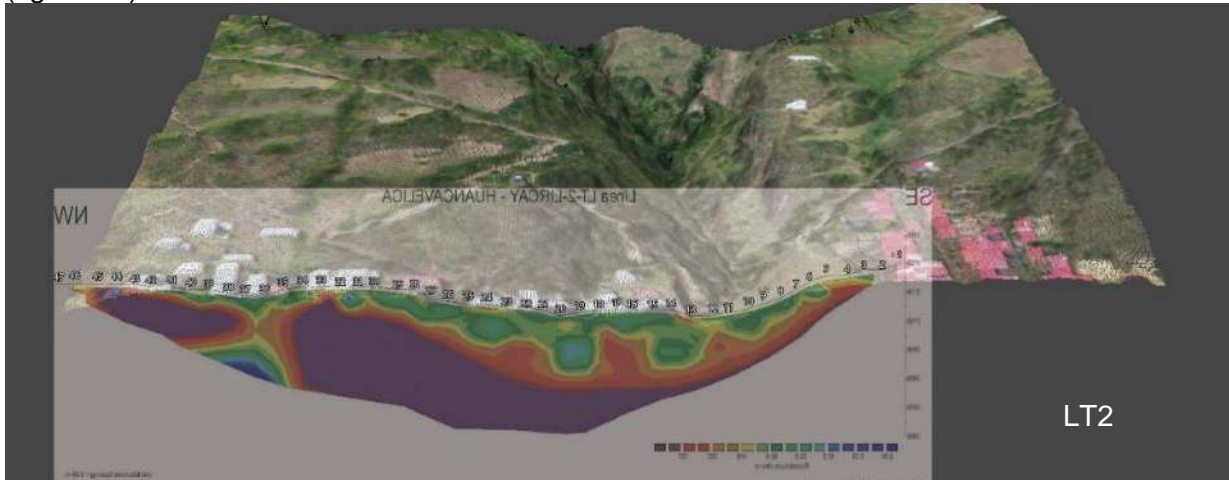
Figura 29. Perfil topográfico 1.



**Figura 30.** Interpretación litológica de la línea geofísica LT1, muestra 6 zonas de debilidad (resistividades entre 2 y 30 ohm/m), correspondientes a posibles asociaciones de depósitos cuaternarios con cavernas kársticas profundas

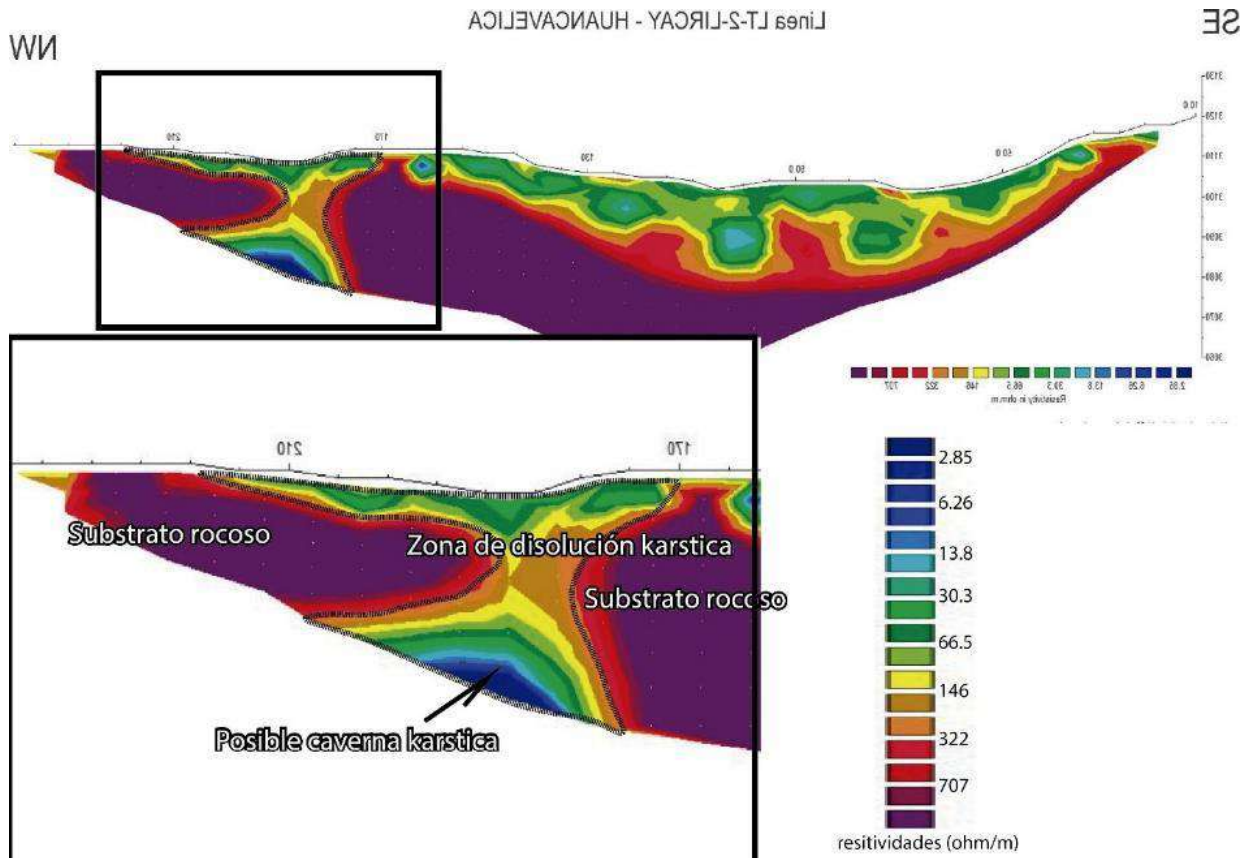
**Interpretación geofísica de la Línea LT2**

La línea LT2, se ubicó de manera que pudiera estar pseudoparalela a la línea LT1, a 32 m hacia el este, en la calle inmediatamente superior a la calle del hundimiento de abril del 2022 (figura 31)



**Figura 31.** Resistividades en la línea LT2.

Esta línea geofísica muestra una evidente anomalía entre las varillas 34 y 39, en esta se puede observar que el substrato rocoso no tiene continuidad (resistencia >700 ohm/m) en profundidad y por el contrario se presentan resistividades bajas de hasta 2.85 ohm/m. Interpretativamente esto puede deberse a una posible disolución kárstica que dividió al substrato rocoso (figura 32), dejando una posible cavidad con contenido de agua (resistividades bajas de 2.85 ohm/m), cubierta por depósitos cuaternarios (resistividades de 30.3 y 146 ohm/m).



**Figura 32.** Muestra una separación por posible disolución kárstica en el substrato rocoso

Además de ello la línea geofísica LT2, muestra un total de 03 zonas de debilidad con resistividades bajas asociadas a posibles conductos kársticos rellenos y/o niveles detríticos finos con presencia de agua (cuadro 12 y figura 33).

**Cuadro 12.** Zonas de debilidad identificadas en la línea geofísica LT2

Zona de debilidad	Ubicación referencial entre los electrodos
<b>A</b>	34 y39
<b>B</b>	32 y31
<b>C</b>	18 y 25

De estos la zona debilidad C tendría conexión con la zona de debilidad C de la línea LT2, esto se infiere por su ubicación y proximidad.

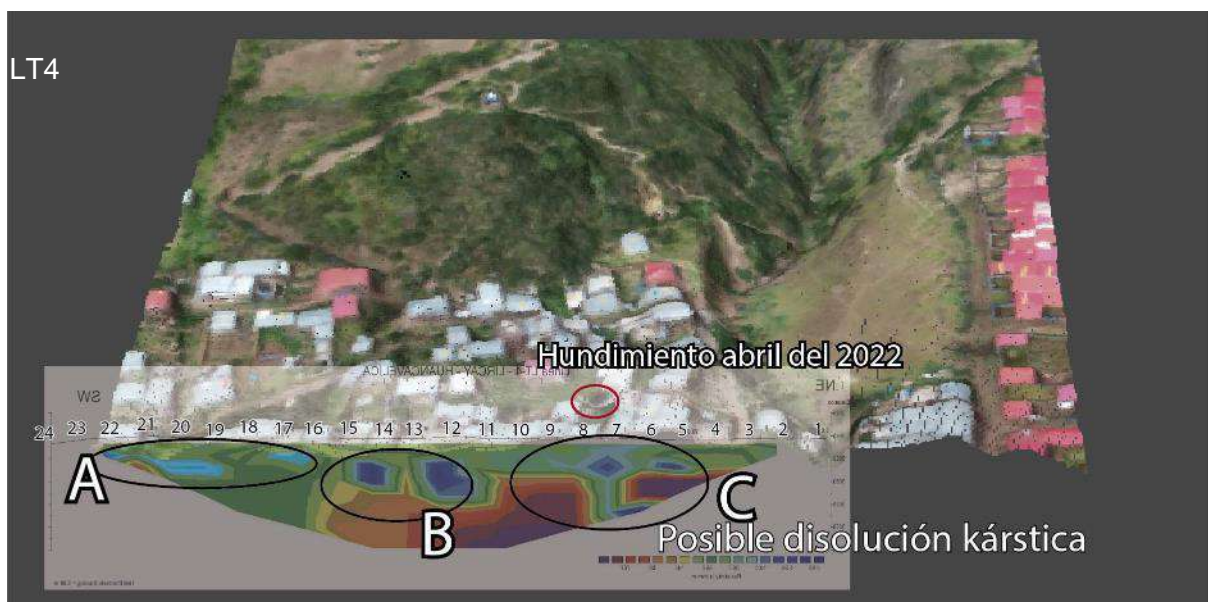
**Interpretación geofísica de la Línea LT4**

La línea LT4 se realizó buscando el paralelismo opuesto a la línea LT1 a 23 m al oeste de esta, por lo reducido de las calles solo se pudo plantar 24 varillas alcanzando una profundidad máxima de 25 m.

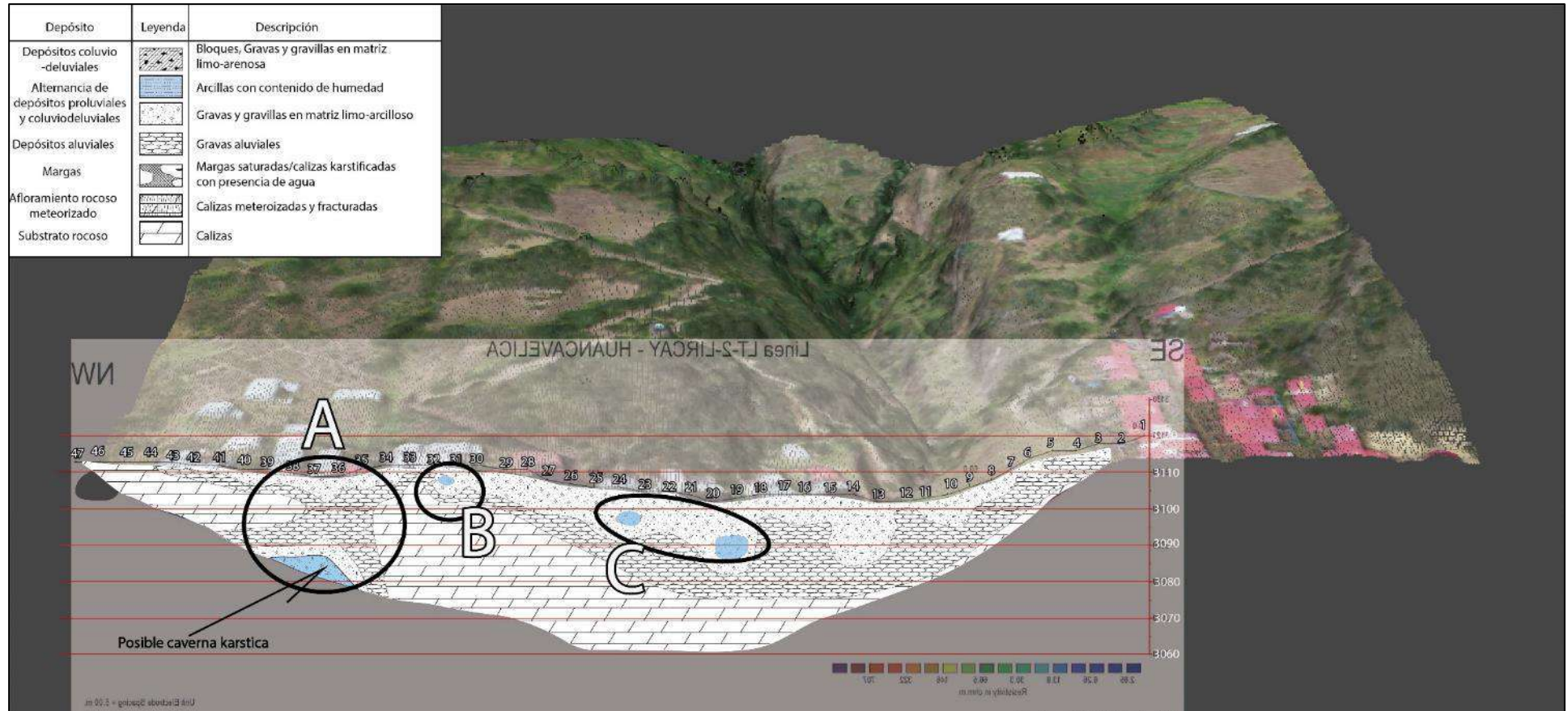
Las zonas de menor resistividad eléctrica marcan valores entre 2.8 y 13.8 ohm/m correspondiente a áreas con alta saturación y/o hundimientos antiguos, sin embargo; la zona C ubicada entre las varillas 10 y 5 (cuadro 13), muestra una posible disolución kárstica rellena por material detrítico saturado, estas varillas se encuentran próximas al hundimiento ocurrido en abril del 2022 (figura 33).

**Cuadro 13.** Zonas de debilidad identificadas en la línea geofísica LT4.

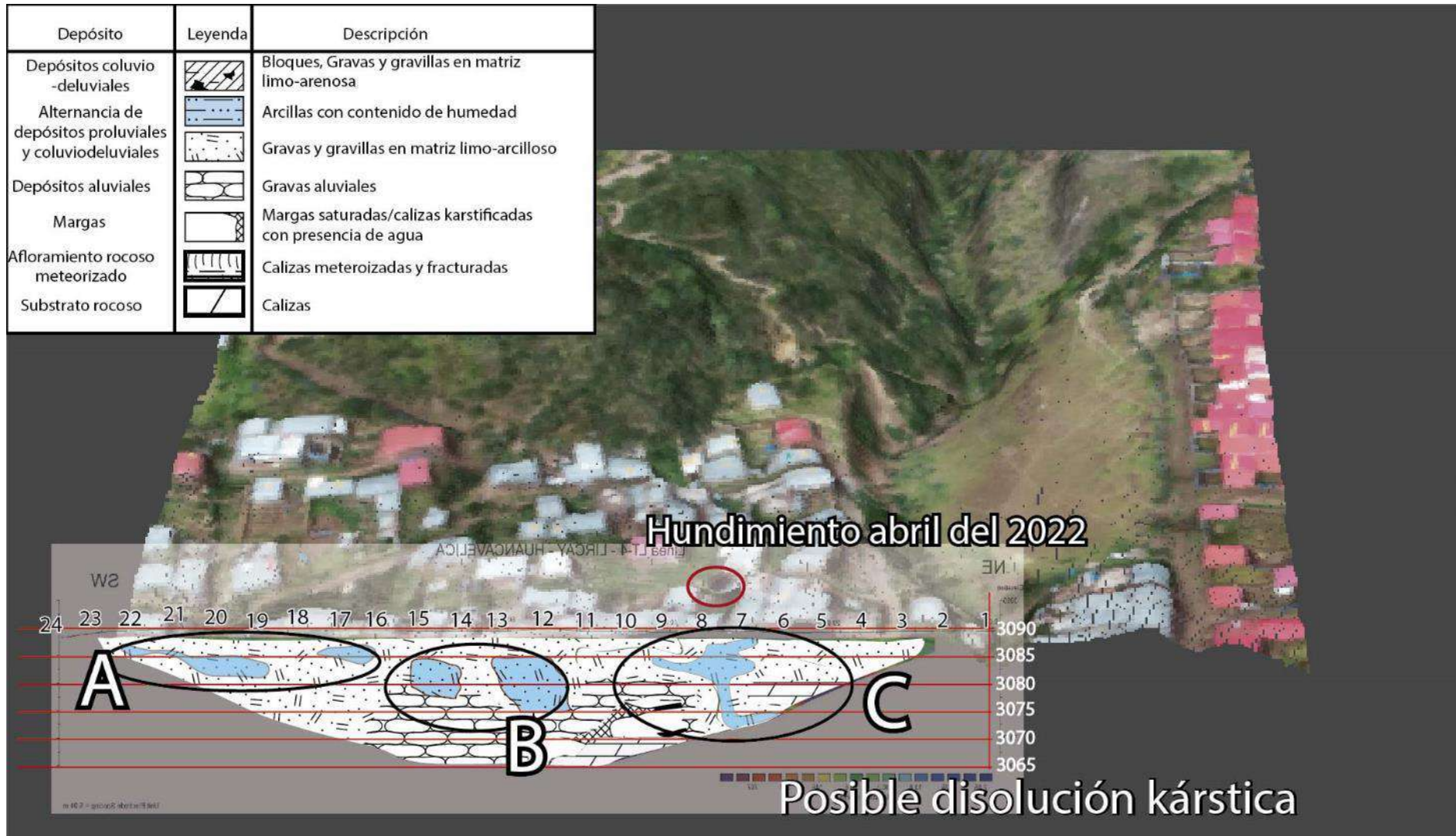
Zona de debilidad	Ubicación referencial entre los electrodos
<b>A</b>	16 y 22
<b>B</b>	15 y12
<b>C</b>	10 y 5



**Figura 33.** Resistividades en la línea LT4.



**Figura 34.** Interpretación litológica de la línea geofísica LT2, muestra 3 zonas de debilidad (resistividades entre 2 y 30 ohm/m), correspondientes a posibles asociaciones de depósitos cuaternarios con cavernas kársticas profundas y/o aguas subterráneas en depósitos cuaternarios.



**Figura 34.** Interpretación litológica de la línea geofísica LT4, muestra 3 zonas de debilidad (resistividades entre 2 y 30 ohm/m), correspondientes a posibles asociaciones de depósitos cuaternarios con cavernas kársticas profundas y/o aguas subterráneas en depósitos cuaternarios



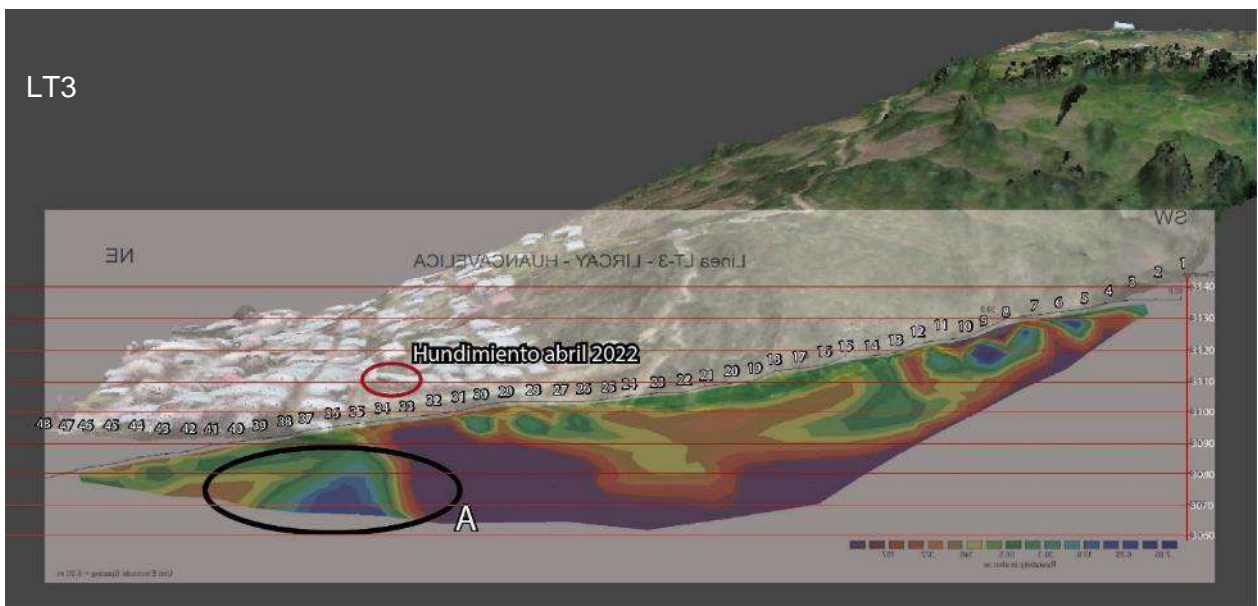
### Interpretación geofísica de la Línea LT3

La línea geofísica LT3, se realizó paralela a la quebrada Miraflores y de manera perpendicular a las líneas LT1, LT2 y LT4.

En esta se puede observar un área de debilidad (zona A) entre las varillas 33 y 39 (resistividades de 2.8 a 13 ohm/m), que se encuentra a 20 m de la superficie y cenitalmente a 33 m del hundimiento de abril del 2022, este puede estar relacionado a una cavidad kárstica con contenido de agua y/o material detrítico saturado, que haya rellenado cavidades antiguas. Según los pobladores del barrio de Miraflores las aguas de la quebrada Miraflores (en épocas de avenidas), suelen perderse en el terreno cercano a este punto, por ende este sector correspondería a un pequeño sumidero.

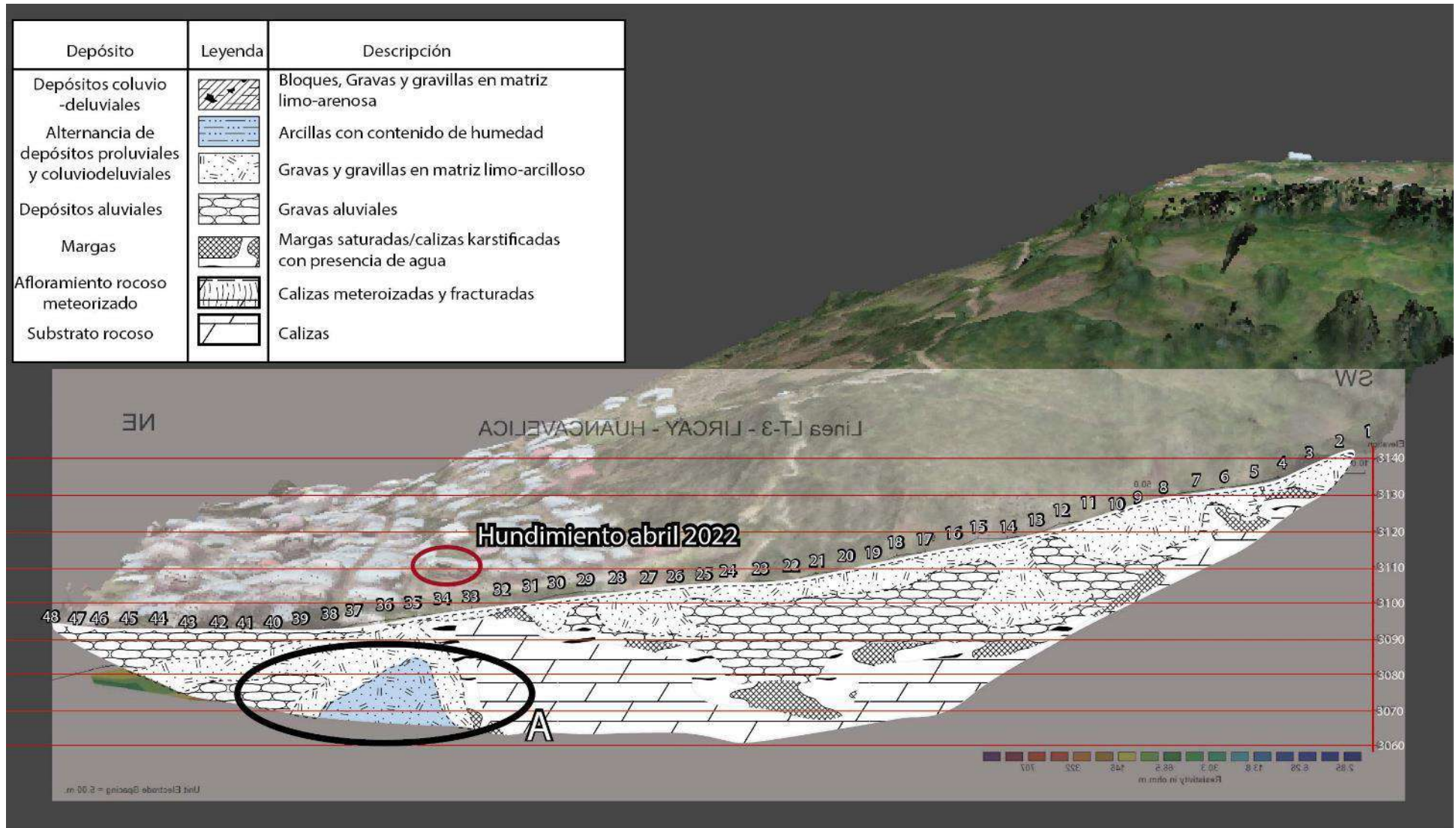
**Cuadro 14** Zonas de debilidad identificadas en la línea geofísica LT3.

Zona de debilidad	Ubicación referencial entre los electrodos
<b>A</b>	33 y 39

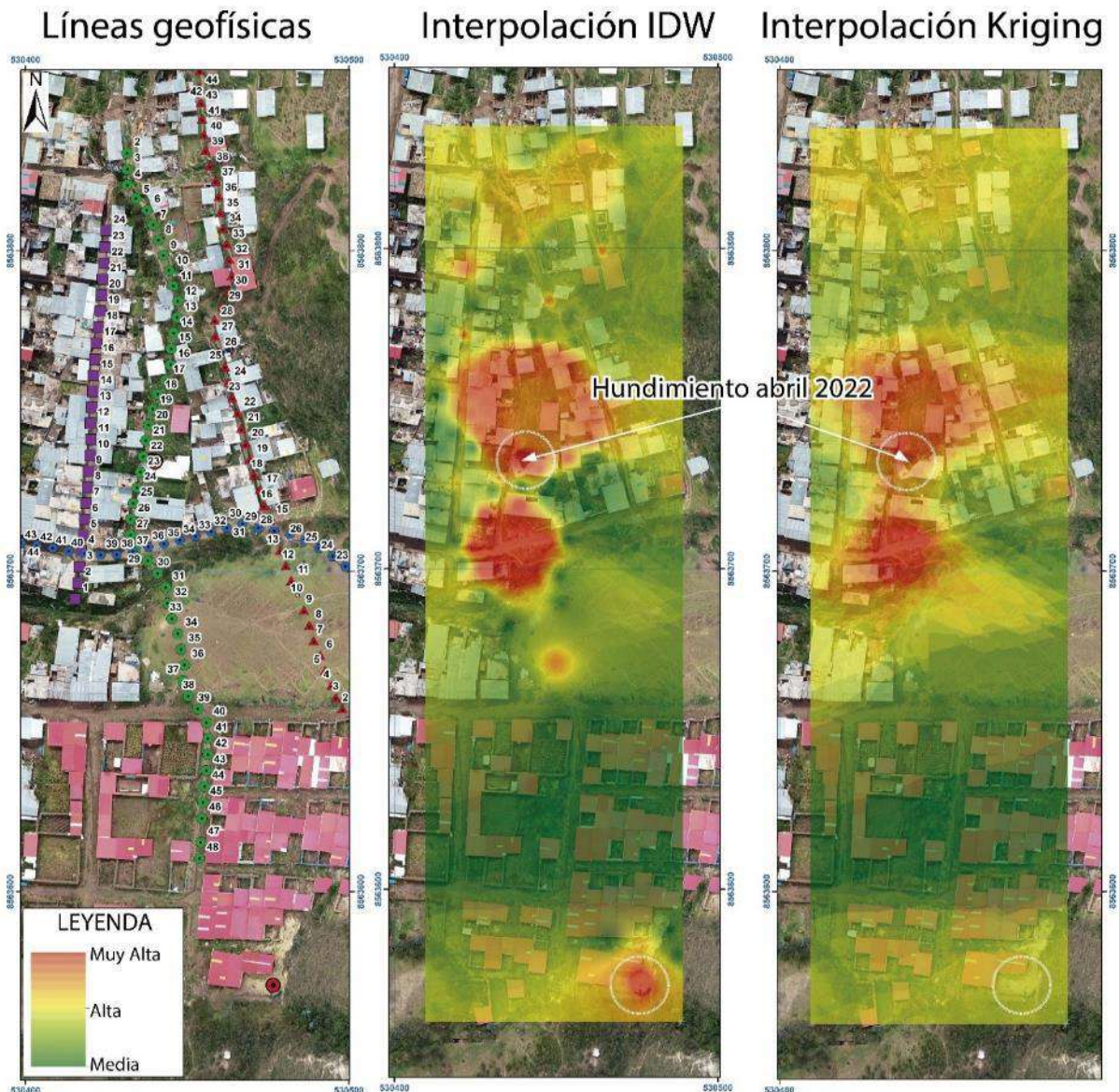


**Figura 35.** Resistividades en la línea LT3A (a lo largo de la quebrada Miraflores).

Si interpolamos los valores de resistividades bajas reconocidas en el subsuelo (con características similares a la zona de hundimiento del 2022) por las líneas LT1, 2,3 y 4, y las interpolamos en superficie con métodos Kriging e IDW, podemos observar que el barrio Miraflores se encuentra en áreas de Media, alta y muy alta probabilidad de ocurrencia de hundimientos (figura 37).



**Figura 36.** Interpretación litológica de la línea geofísica LT3, muestra 1 zona de debilidad (resistividades entre 2 y 30 ohm/m), correspondientes a posibles asociaciones de depósitos cuaternarios con cavernas kársticas profundas y/o aguas subterráneas en depósitos cuaternarios



**Figura 37.** Interpolación IDW y Kriging de las áreas con menor resistividad subterránea representadas en superficie. Muestra zonas probables de hundimientos en el barrio Miraflores.

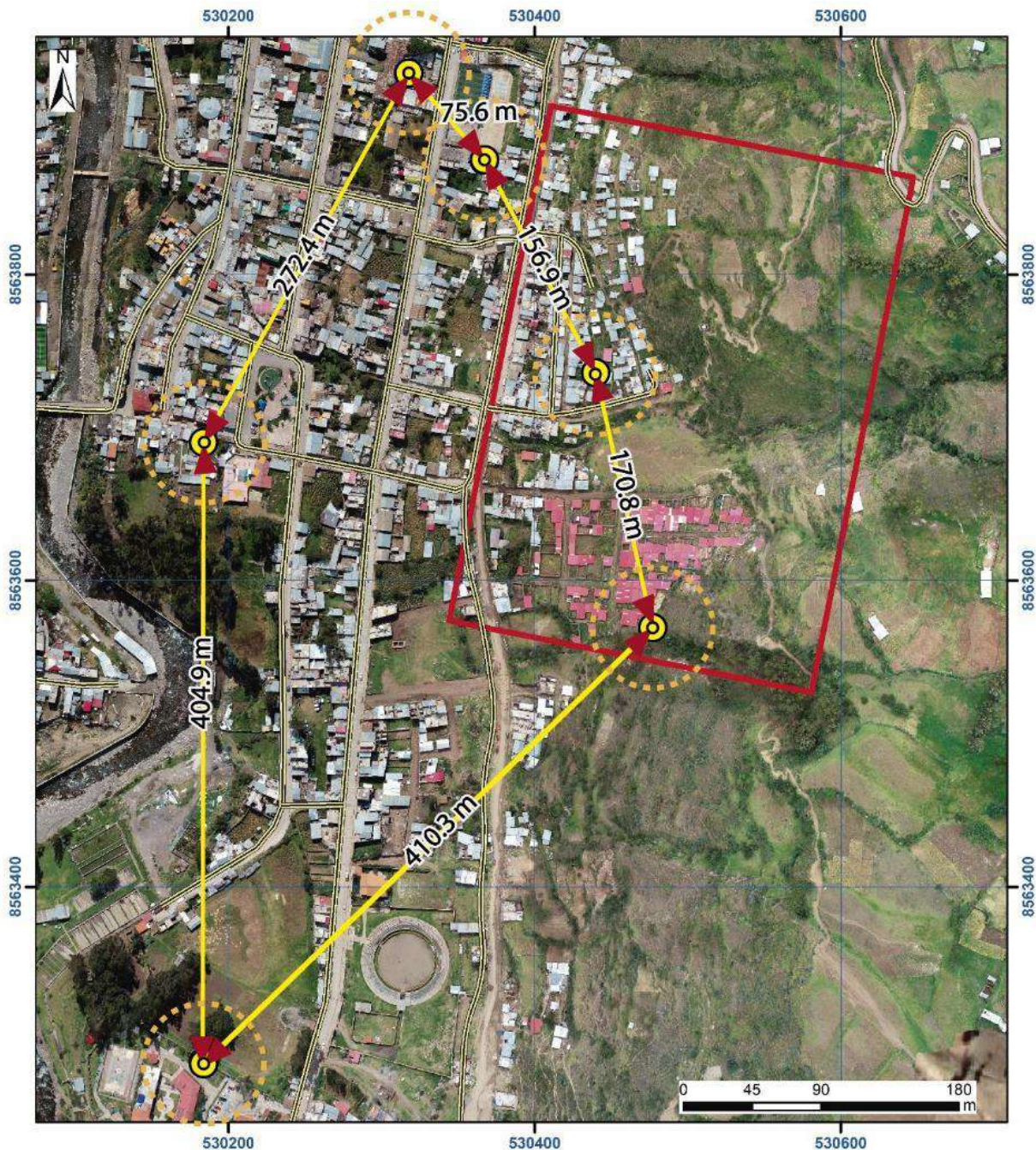
### 5.1.3. Antecedentes históricos de hundimientos

Lircay presenta antecedentes de hundimientos y entre los registrados por la municipalidad distrital, incluido el ocurrido en abril del 2022 en el barrio Miraflores, se han contabilizado un total de 6 (figuras 38-39 y cuadro 15)

**Cuadro 15.** Hundimientos reportados en Lircay.

ID	SECTOR	Este (m)	Norte (m)
1	Hundimiento Barrio Miraflores (2022).	530440	8563734
2	Hundimiento en el sector de Pucallacta.	530476	8563570
3	Hundimiento cerca al parque Santa Rosa.	530184	8563690
4	Hundimiento en vivienda.	530366	8563873
5	Hundimiento en los terrenos de la Universidad.	530182	8563286
6	Hundimiento cerca de la iglesia.	530318	8563931

Estos hundimientos se registraron en la margen derecha del río Sicra, la distancia perimétrica máxima entre los puntos de hundimiento es de 410.3 m y la mínima es de 75.6 m. Por su ubicación y proximidad se podría inferir que están relacionados a un sistema de disolución kárstica mayor, para corroborar ello es necesario realizar prospecciones geofísicas (SEV y trabajos de refracción sísmica) a lo largo de las calles de Lircay y cercanos a los hundimientos.



**Figura 38.** Distanciamiento entre hundimientos en Lircay, margen derecha del río Sicra.

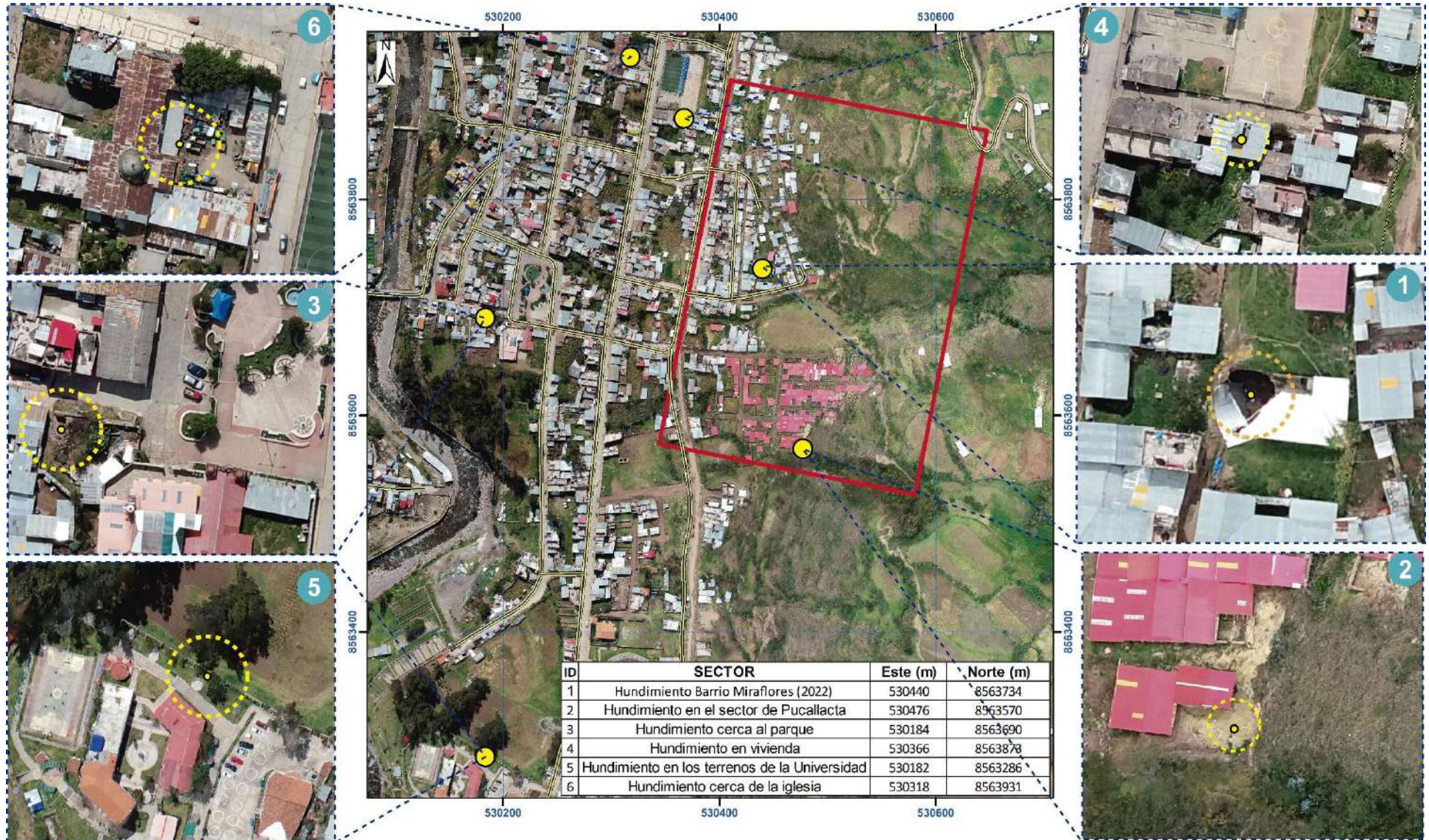


Figura 39. Ubicación de hundimientos en Lircay, margen derecha del río Sicra.

#### 5.1.4. Daños en viviendas por hundimientos.

El principal daño registrado es el de la vivienda parcialmente colapsada por el hundimiento de abril de 2022 en el barrio Miraflores, sin embargo, si observamos el mapa de distribución probabilística de hundimientos (figura 37), realizado en base a la información geofísica obtenida en campo veremos que los barrios Miraflores y Pucallacta se encuentra en áreas de alta probabilidad a la ocurrencia de hundimientos (figura 40), siendo las principales afectaciones:

**Afectación 1:** Al sur del barrio Miraflores se registraron zonas de debilidad en el subsuelo (líneas geofísicas LT1 y LT2), un hundimiento súbito en esta área afectaría de 1 a por lo menos 18 viviendas de material rustico.

**Afectación 2:** En un diámetro de 45 m del hundimiento del barrio de Miraflores se identificaron zonas de debilidad (Líneas LT1, LT2 y LT3), hundimientos súbitos en este sector afectarían de 1 a 39 viviendas aproximadamente, además el hundimiento del barrio Miraflores puede continuar activo generando la erosión y caída de sus paredes verticalizadas.

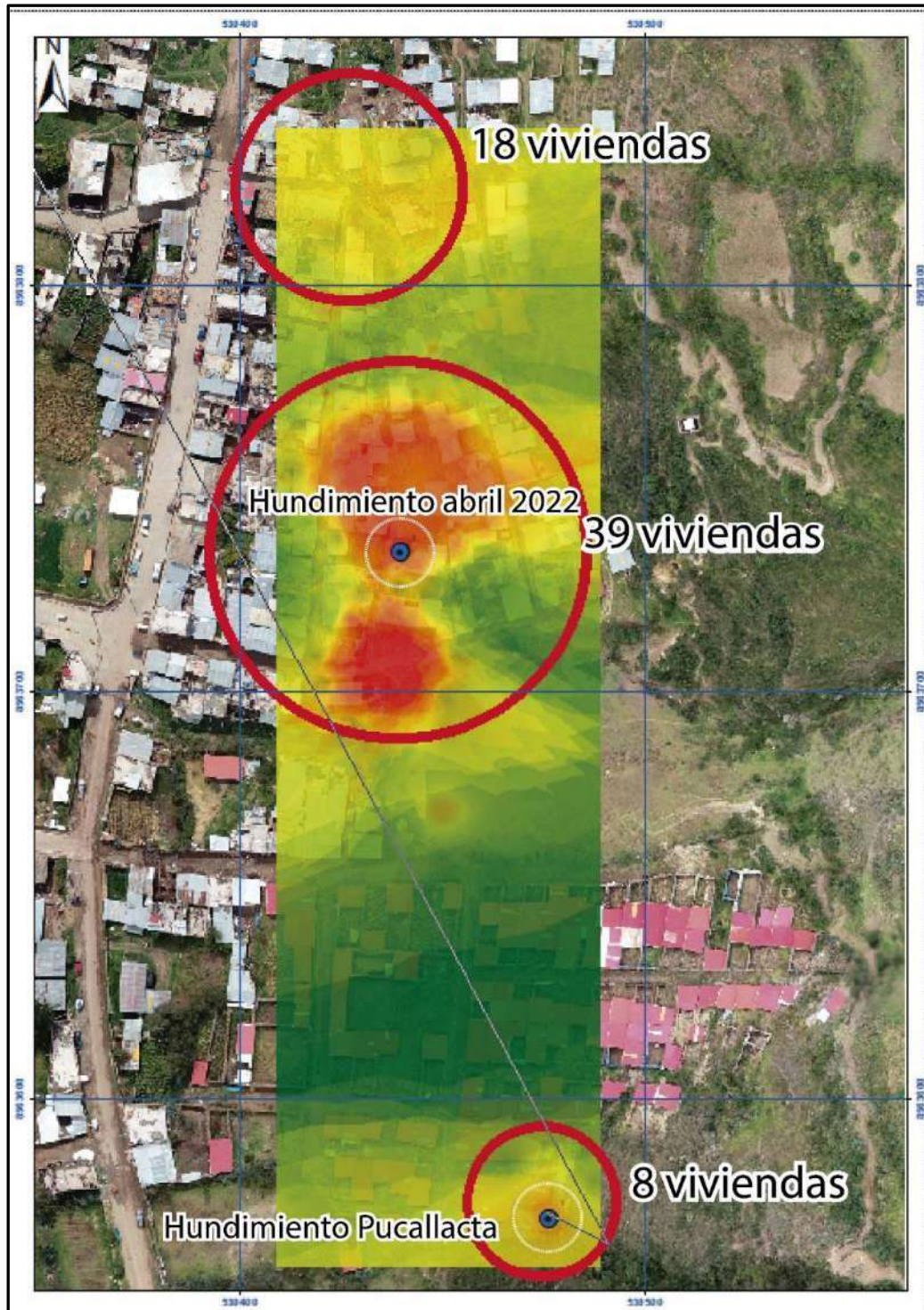
**Afectación 3:** Al sur del barrio Miraflores en el sector conocido como Pucallacta, donde también se registró un hundimiento, se pueden suscitar nuevos hundimientos súbitos en un diámetro de 15 m, afectando de 1 a 8 viviendas aproximadamente, se debe monitorear el hundimiento de Pucallacta (actualmente relleno), para observar si sigue presentando subsidencias.

Además, por las características y antecedentes de Lircay es posible que se presenten nuevos hundimientos, no solo en el barrio Miraflores, si no a nivel ciudad (Lircay).

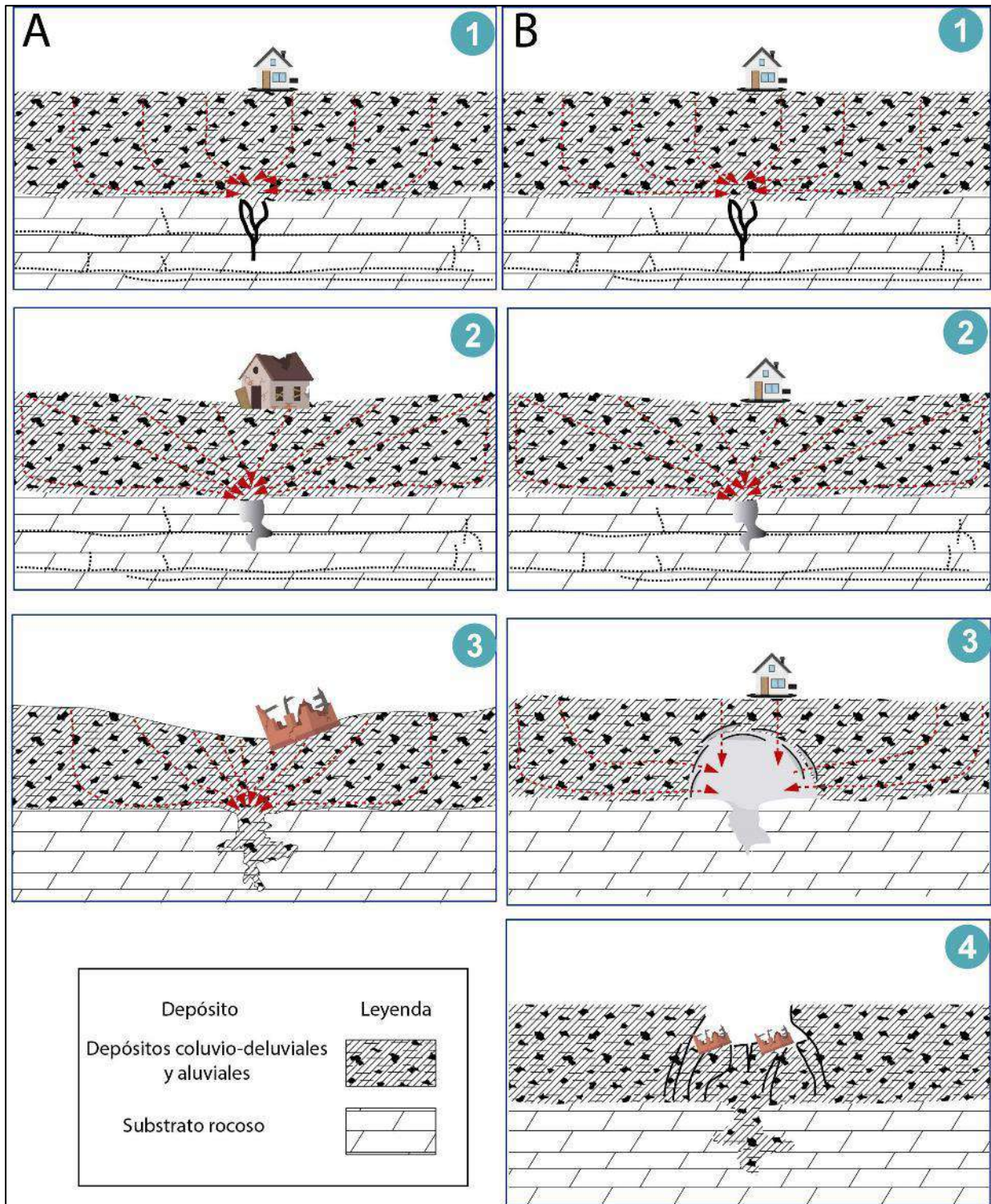
El agua que se filtra en la cubierta aluvial, coluvio deluvial o proluvial (en general, de permeabilidad elevada) suele quedar retenida al alcanzar el substrato rocoso, si éste contiene fisuras, el agua percola por ellas. La trayectoria de flujo se concentra hacia esos puntos, el proceso de disolución se acelera y las fisuras comienzan a ensancharse. El material de la cobertera puede ser arrastrado y evacuado a través de las cavidades y conductos incipientes, formándose en aquellas cavidades secundarias por proceso de formación de dolinas. Sobre unas u otras cavidades el material de la cobertera tiende a inestabilizarse y, en función de sus características mecánicas, podrá sufrir o no subsidencia y hacerlo según dos pautas principales:

**Manera 1 (COBERTURA DETRITICA SIN COHESIÓN):** Las disoluciones kársticas activas se dan de manera progresiva en el tiempo, estas pueden formar nuevas cavidades o conectar con cavidades preexistentes, entonces a medida que se expanden, el material granular es arrastrado continuamente hacia el conducto, que de ese modo nunca llega a quedar vacío. La superficie del terreno va hundiéndose de forma suave y continúa formando dolinas en embudo y dolinas en cubeta (figura 44 A).

**Manera 2 (COBERTURA DETRITICA CON COHESIÓN):** En este caso el material situado inmediatamente por encima de la cavidad permite que ésta pueda mantenerse y agrandarse durante un tiempo. La cavidad produce una desviación de las trayectorias de tensiones, que se curvan y convergen en sus hastiales. Cuando éstos comienzan a soportar mayor tensión de la que pueden resistir, se producen fracturas de tracción con esa misma geometría en bóveda, que dan lugar al desprendimiento de lajas y al ensanchamiento de la cavidad. Finalmente, el techo cede y se produce un colapso repentino el mismo que puede propagarse hasta la propia superficie dando lugar a una *dolina en ventana*, con paredes escarpadas. (Caso del hundimiento del barrio de Miraflores). Ver figura 41 B.



**Figura 40.** Posibles afectaciones identificadas en el barrio Miraflores a partir de sondeos geofísicos.



**Figura 41.** Posibles formas de ocurrencia de subsidencias.



## 5.2. Factores condicionantes

Los factores que parecen condicionar los procesos de hundimiento y el consiguiente desarrollo de dolinas son muy variados. Desde el punto de vista de su origen pueden dividirse en tres grupos: factores físicos (relacionados con las características de los materiales implicados), hidrológicos (relacionados con la circulación y química de las aguas subterráneas) y antrópicos (actividades humanas que modifican el entorno).

### Factor físico

- El espesor de la cubierta cuaternaria que se superpone al material de karst, favorece que la cavidad creada en él llegue a manifestarse en superficie.
- La composición y características geotécnicas de la cubierta cuaternaria (cohesión, textura porosa, ángulo de fricción, etc.) determinan que el agua pueda penetrar hasta los niveles karstificables y que su resistencia ante el colapso sea mayor o menor.
- La fracturación favorece la circulación de agua y crea una porosidad secundaria permitiendo que el agua subterránea pueda alcanzar las capas karstificables con más facilidad.

### Factor Hidrogeológico

- La posibilidad de disolver las rocas cálcareas y la velocidad con la que esta pase depende de la cantidad de agua que circule y de su poder de disolución. Por tanto, los factores de tipo hidrogeológico juegan un papel importante en el desarrollo de las dolinas. Muchos autores consideran que un elevado gradiente hidráulico e importantes variaciones estacionales del nivel freático coadyuvan al desarrollo de este proceso (Deveughele y Useglio, 1979; Palmquist, 1979; Lamoreaux y Newton, 1986; Dougherty y Perlow, 1988; Yuan, 1988).
- Una baja profundidad del nivel freático facilita también el desarrollo de los colapsos, ya que cuanto menor es el espesor de materiales secos, menor es también la resistencia del material superior y, además, la presencia de un importante espesor saturado implica una mayor posibilidad para arrastrar los materiales no cohesivos.

### Factor Antrópico

- Según la declaración de los pobladores, las viviendas del barrio Miraflores no poseen sistemas de desagüe, por ende, la mayoría de las aguas servidas se derivan directamente al terreno, favoreciendo la infiltración de aguas y saturación del terreno. Esto incrementa la pérdida de cohesión de los suelos y las disoluciones kársticas en profundidad.

## 5.3. Factores desencadenantes

Algunos autores indican que son especialmente frecuentes los colapsos después de haberse producido precipitaciones muy intensas en periodos de tiempo muy cortos, por favorecer la infiltración rápida y posterior disolución kárstica,

## 6. CONCLUSIONES

1. Litológicamente, en el barrio Miraflores afloran calizas, intercaladas con niveles de margas y areniscas de la Formación Chambará, medianamente fracturadas y con grados de meteorización moderada a alta, estos se encuentran cubiertos por depósitos cuaternarios de origen proluvial y coluvio-deluvial.
2. En superficie se observa que las viviendas rústicas del barrio Miraflores, fueron construidas sobre rellenos antrópicos (de por lo menos 50 cm) que a su vez cubrieron la alternancia de depósitos coluvio-deluviales y proluviales conformados por matriz limo-arcillosa plástica que, envuelve fragmentos de rocas, gravas y gravillas con diámetros de hasta 50 cm.
3. En base a las resistividades de tomografía eléctrica (arreglo dipolo-dipolo) de 4 líneas geofísicas, se interpretó la posibilidad de que el substrato rocoso debajo del barrio de Miraflores este conformado por calizas y margas de mayor fracturamiento (posible zona con proceso de karstificación), que a su vez fueron cubiertos por depósitos aluviales, proluviales y coluvio-deluviales.
4. Geomorfológicamente, el barrio Miraflores, se encuentra sobre una vertiente proluvial, en la margen derecha del río Sicra, y margen izquierda de la quebrada Miraflores este último disecta la ladera oeste del cerro Latapuquio. En cuanto a las pendientes la vertiente oeste del cerro presenta pendientes escarpadas ( $>45^\circ$ ), que descienden hasta pendientes moderadas ( $5^\circ-15^\circ$ ) en la vertiente proluvial.
5. El 08 de abril a las 18:00 hrs, en el barrio Miraflores se suscitó un hundimiento, con una profundidad de 6 m y diámetro de 8 m en las coordenadas medias UTM, WGS 84, 18s: Este: 530440 m; Norte: 8563734 m ubicado en el barrio Miraflores. Según la tomografía eléctrica, este estaría relacionado a una zona de debilidad (cavidad kárstica y/o material detrítico fino y saturado, que relleno una cavidad preexistente con resistividades entre 2.85 a 13.8 ohm/m), con dimensiones de: altura 10 m, ancho de 42 m y a una profundidad de 20 m desde la superficie.
6. En total se realizaron 4 tomografías eléctricas en el barrio Miraflores 03 paralelas (LT1, LT2 y LT3) y una perpendicular a estas (LT4), buscando zonas de resistividades bajas como la marcada en el hundimiento de Miraflores. Así se concluyó que el barrio Miraflores presenta alta probabilidad a la ocurrencia de nuevos hundimientos.
7. Lircay posee antecedentes de subsidencias en otros 5 puntos, de la margen derecha del río Sicra haciendo un total de 6, la distancia perítrica máxima entre estos puntos es de 410.3 m y la distancia mínima es de 75.6 m, por lo que se infiere que podrían estar relacionados a cavidades kársticas interconectadas en profundidad.
8. Por las características litológicas y antecedentes se determinó que en el barrio Miraflores y Lircay se pueden suscitar hundimientos de 2 tipos:
  - El primero corresponde a hundimientos progresivos donde el material detrítico (sin cohesión) se mueve progresivamente junto con los cambios subterráneos (disoluciones kársticas), generando en superficie hundimientos someros y lentos.
  - El segundo corresponde a hundimientos repentinos (caso del barrio Miraflores), donde el material detrítico (con mayor grado de cohesión), no muestra cambios

en superficie por disoluciones kársticas en profundidad, favoreciendo la formación de cavernas y oquedades, que, al colapsar, arrastran el material detrítico generando una dolina esporádica en superficie.

9. Los factores que parecen condicionar los procesos de hundimiento y el consiguiente desarrollo de dolinas son muy variados. Desde el punto de vista de su origen pueden dividirse en tres grupos: factores físicos (relacionados con las características de los materiales implicados), hidrológicos (relacionados con la circulación y quimismo del agua subterránea) y antrópicos (actividades humanas que modifican el entorno).
10. Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas en el barrio Miraflores se le considera de **Peligro Alto** a la ocurrencia de hundimientos, teniendo como elementos vulnerables 59 viviendas ubicadas en los extremos sur, centro (hundimiento abril del 2022) y norte (sector Pucallacta), del barrio Miraflores.

## 7. RECOMENDACIONES

1. Considerar la reubicación de las viviendas del barrio Miraflores de las zonas marcadas con alta probabilidad de ocurrencia de hundimientos.
2. El hundimiento del barrio de Miraflores debe ser tratado de manera geotécnica teniendo en cuenta que:
  - El relleno de la dolina debe ser realizado con material detrítico cohesivo e impermeable con la finalidad de aumentar la resistencia del subsuelo y evitar la infiltración de aguas por este.
  - Si es posible la zona de hundimiento debería ser tratado con técnicas constructivas que busquen apoyar las estructuras sobre porciones de terreno firme, bien fuera de los márgenes de la dolina (haciendo un efecto puente sobre ella) o bien en niveles del subsuelo por debajo de aquellos que se ven afectados por la karstificación. En el primer caso, la solución extrema es una cimentación de losa continua, con un tamaño superior al diámetro de la dolina.
3. En el barrio de Miraflores y Lircay se debe continuar con trabajos geofísicos de mayor planeamiento (tomografías eléctricas, sísmica de refracción, sísmica, etc.), teniendo en cuenta todas las subsidencias registradas en la margen derecha del río Sicra y/ o cualquier otra cercana. El objetivo será caracterizar a detalle y con mayor profundidad el comportamiento kárstico del substrato rocoso.
4. Las áreas en las que históricamente se ha comprobado la existencia de dolinas activas (hundimientos) deberían ser en principio excluidas de la consideración de suelo urbanizable.
5. Si se presenta la necesidad real de edificar obras públicas como carreteras y vías en el distrito de Lircay, deben extremarse las precauciones, realizando estudios geológicos, geofísicos y geotécnicos adecuados para descartar posibles subsidencias cercanas a las obras, en cualquier caso, adoptar las soluciones constructivas que minimicen los riesgos.
6. Como medida adicional, es conveniente la instalación de dispositivos para monitorizar de forma continua la subsidencia del suelo o las deformaciones de las estructuras a nivel Lircay y en el barrio Miraflores.
7. Realizar un control constante y exhaustivo de las zonas marcadas con alta probabilidad de ocurrencia de hundimientos en el barrio Miraflores, con la finalidad de prevenir subsidencias en el subsuelo y salvaguardar la vida de las personas.
8. Evitar la saturación de los suelos, prohibiendo cualquier actividad agrícola y/o similar en los terrenos del barrio de Miraflores, de igual manera las personas no deben verter aguas de uso doméstico al suelo, para ello las autoridades en función debieron construir sistemas de desagüe adecuados.
9. Implementar sistemas de drenajes impermeabilizados que recolecten las aguas de lluvias en el barrio Miraflores, para evitar la infiltración de aguas al suelo (que incrementan los procesos de disolución kárstica), estas pueden derivar las agua a la quebrada Miraflores (que también deberá ser necesariamente impermeabilizada) para finalmente ser enviadas al río Sicra.

10. Hay que tener siempre en cuenta que el fenómeno kárstico es un proceso que evoluciona con el tiempo, por lo que una zona calificada actualmente como de riesgo bajo puede incrementar su peligrosidad en el futuro o viceversa. Los factores que intervienen en tal evolución son impredecibles en la mayor parte de los casos, y probablemente dependerán de actividades antrópicas tales como las prácticas de regadío, bombeo, movimiento de tierras, etc.
11. Realizar estudios de evaluación de riesgos (EVAR) por parte de las autoridades locales, a fin de evaluar los elementos expuestos en el barrio Miraflores y el distrito de Lircay frente a hundimientos.

Nota: Todas las medidas estructurales deben ser diseñadas y supervisadas por especialistas teniendo en cuenta estudios geotécnicos, hidrológicos, hidrogeológicos y de factibilidad que determinen las medidas exactas y ubicación final de los mismos.



Ing. Guisela Choquenaira Garate



Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL  
Director  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico  
INGEMMET

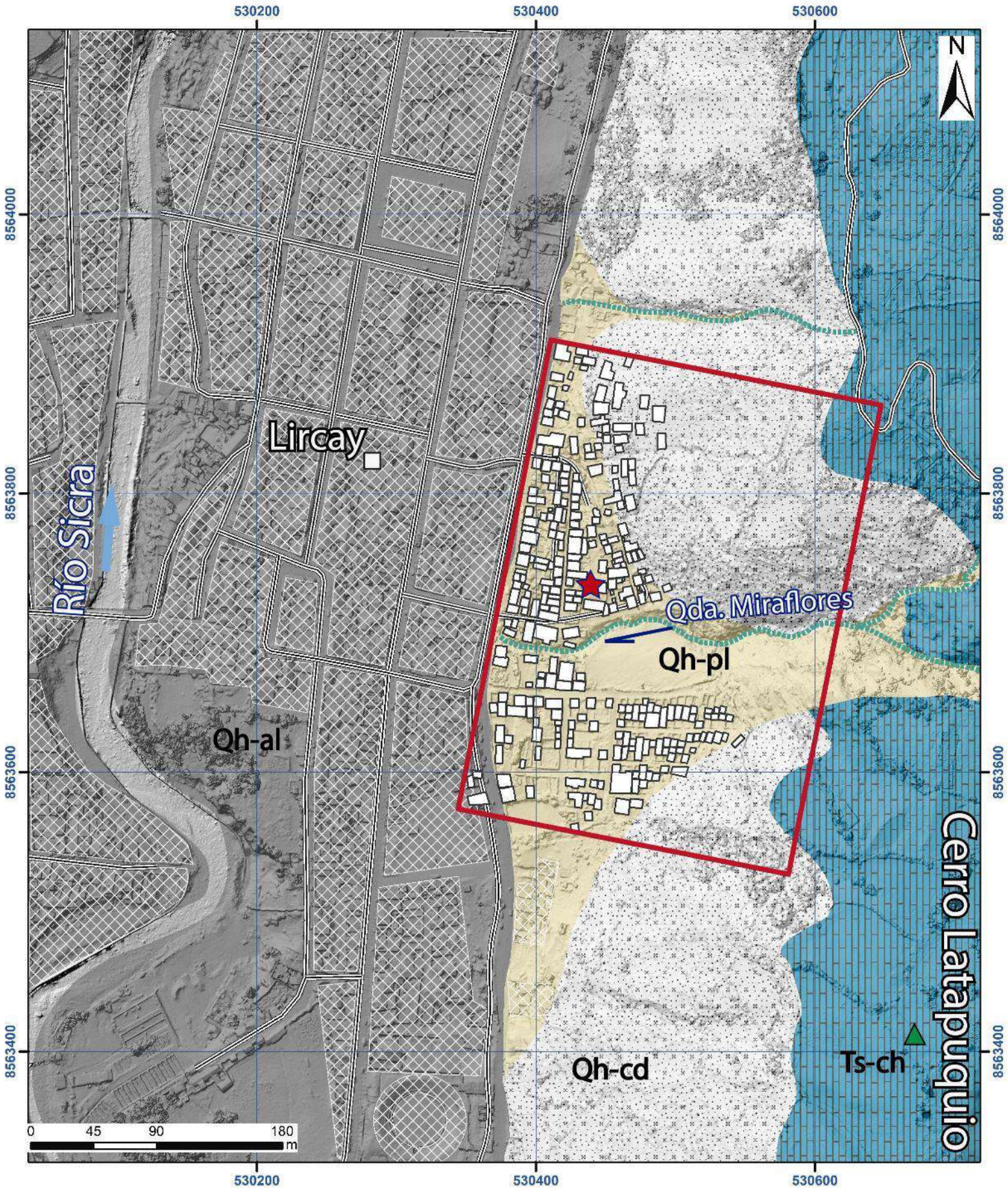
## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Arlegui, L.E. y Simón, J.L. (2000). Fracturación campos de esfuerzos en el Cuaternario del sector central de la Cuenca del Ebro (NE España). Cuaternario y Geomorfología, 11-20.
- Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1996) - Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- Deveughele, M. y Usseglio, J.M. (1979) Cartographie des zones exposées aux risques liés aux dissolutions de la fraction gypseuse du marno-calcaire de Saint-Ouen dans les 19ème et 20ème arrondissements de la ville de Paris. Bulletin de l'Association Internationale de Geologie de l'Ingenieur n° 19, pp. 121-125.
- Fernández et al., (2003) Revisión y actualización del cuadrángulo de Huancavelica (26-n). Escala 1:50 000 <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2118>
- Fuente de Datos Meteorológicos y Pronostico del tiempo del Servicio de Awhere. (2021). Disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/7508240>.
- LAMOREAUX, P. E. y NEWTON, J. G. (1986) Catastrophic subsidence: Environmental hazard, Shelby County, Alabama. Environ. Geol. Water Sci., vol. 8, pp. 25-40.
- Medina & Luque (2010) Inspección técnica de peligros geológicos por movimientos en masa en la provincia de Angaraes: sectores Lircay, Ocopa-Pongos, Antaparco y Huanchuy <https://hdl.handle.net/20.500.12544/1903>
- NEWTON, J.G. y TANNER, J.M. (1987) Case histories of induced sinkholes in the easter United States. 2nd Multidisciplinary Conference on sinkholes and the Environmental impacts of karst, pp. 15-23. Orlando.
- Parasnis & Orellana. 1970, "Principios de geofísica aplicada" <https://www.worldcat.org/title/principios-de-geofisica-aplicada/oclc/633483393>
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicación Geológica Multinacional, 4. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>
- PALMQUIST, R. (1979) Geologic controls on doline characteristics in mantled karst.Z. Geomorph. N.F. Suppl. Bd. 32, pp. 90-106.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2010a) – Guía climática turística (en línea). Lima: SENAMHI, 216 p. (consulta: 03 junio 2015). Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>.
- Suárez, J. (1996) - Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Bucaramanga: Instituto de Investigación sobre Erosión y Deslizamientos, 282 p

- Varnes, J. (1978) - Slope movements types and processes. In: SCHUSTER, L. & KRIZEK, J. Ed, Landslides analysis and control. Washington D.C. National Academy Press Transportation Research Board Special Report 176, p.
- Vílchez, M.; Ochoa, M. & Pari, W. (2019). Peligro geológico en la región Huancavelica. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 69, 225 p., 9 mapas <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2479>
- YUAN, D. (1988) Environmental and engineering problems of karts geology in China Environ. Geol. Water Sci., vol. 12, pp. 79-87.

## ANEXO 1: MAPAS





ERA	Litoestratigrafía	Leyenda
Cenozoico	Depósito	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: #f4b084; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> Qh-pl  <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: #444; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> Qh-al  <div style="width: 20px; height: 10px; background: repeating-linear-gradient(45deg, transparent, transparent 2px, black 2px, black 4px); border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> Qh-cd </div>
		<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: #00a0c0; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> Ts-ch </div>
	Meozoico	Gpo. Pucará Fm. Chamará

Simbología
<span style="border: 2px solid red; width: 20px; height: 10px; display: inline-block;"></span> Área de inspección (Barrio Miraflores)
<span style="color: blue; font-size: 2em;">↙</span> Dirección de cursos de agua
<span style="color: red; font-size: 2em;">★</span> Hundimiento 2022
<span style="border-bottom: 1px solid gray; width: 20px; display: inline-block;"></span> Calles de Lircay
<span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid gray; margin-right: 2px;"></span> <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid gray; margin-right: 2px;"></span> Viviendas Barrio Miraflores



**SECTOR ENERGÍA Y MINAS**  
**INGEMMET**  
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

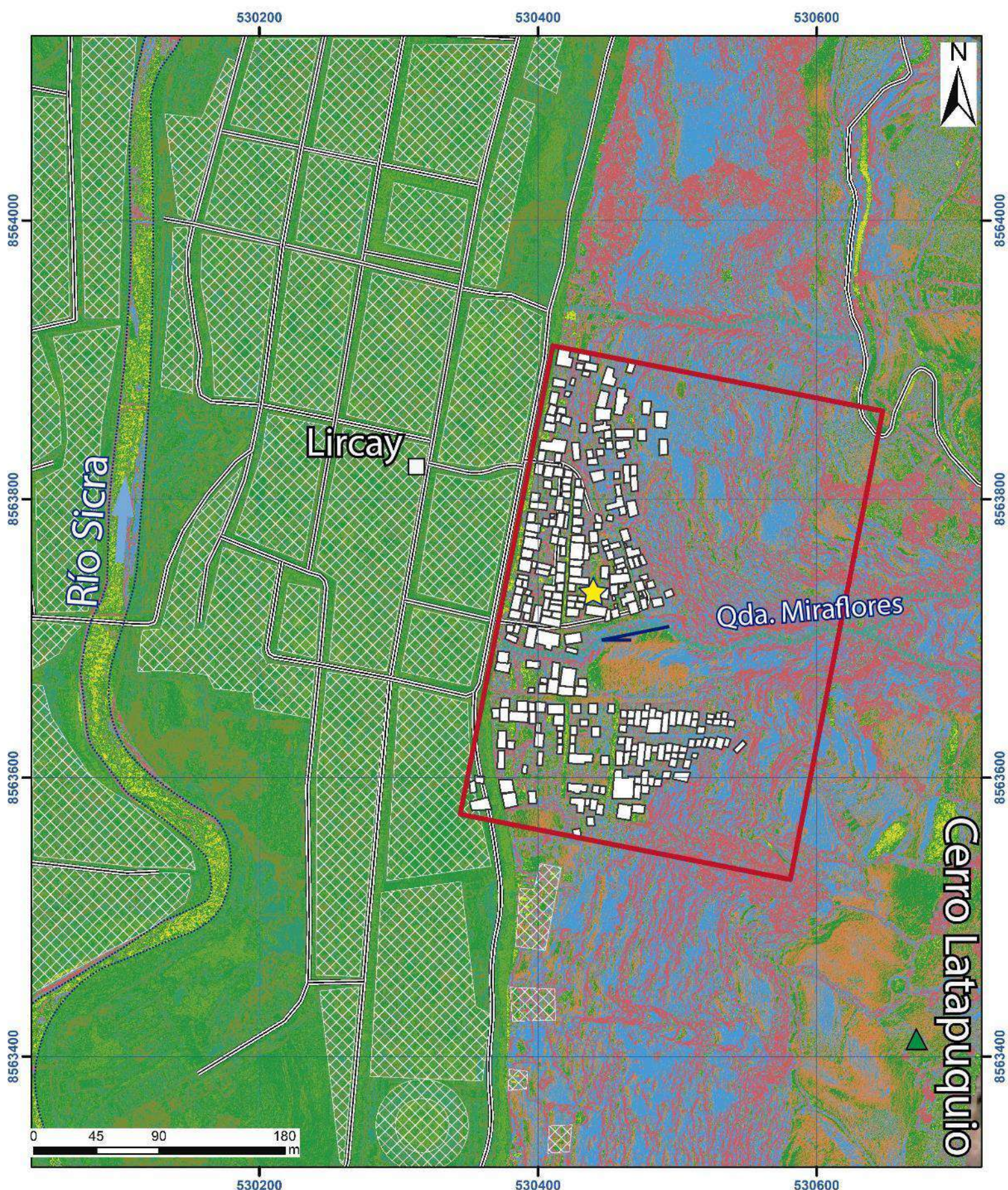
**DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO**

ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS A NIVEL NACIONAL  
 REGIÓN HUANCAYELICA  
 PROVINCIA ANGAERAS  
 DISTRITO LIRCAY

**MAPA GEOLÓGICO EN EL BARRIO MIRAFLORES**

Escala: 1/3500 escala de impresión A3    Elaborado por: G. Luna    **MAPA 01**

Proyección: UTM Zona 18 Sur    Datum: WGS 84    Impreso: 2022  
 Versión digital 2022



Leyenda	
Rango	Superficie Topográfica
0° - 1°	Terreno llano
1° - 5°	Terreno inclinado con pendiente suave
5° - 15°	Pendiente moderada
15° - 25°	Pendiente fuerte
25° - 45°	Pendiente muy fuerte o escarpada
>45°	terreno muy escarpado

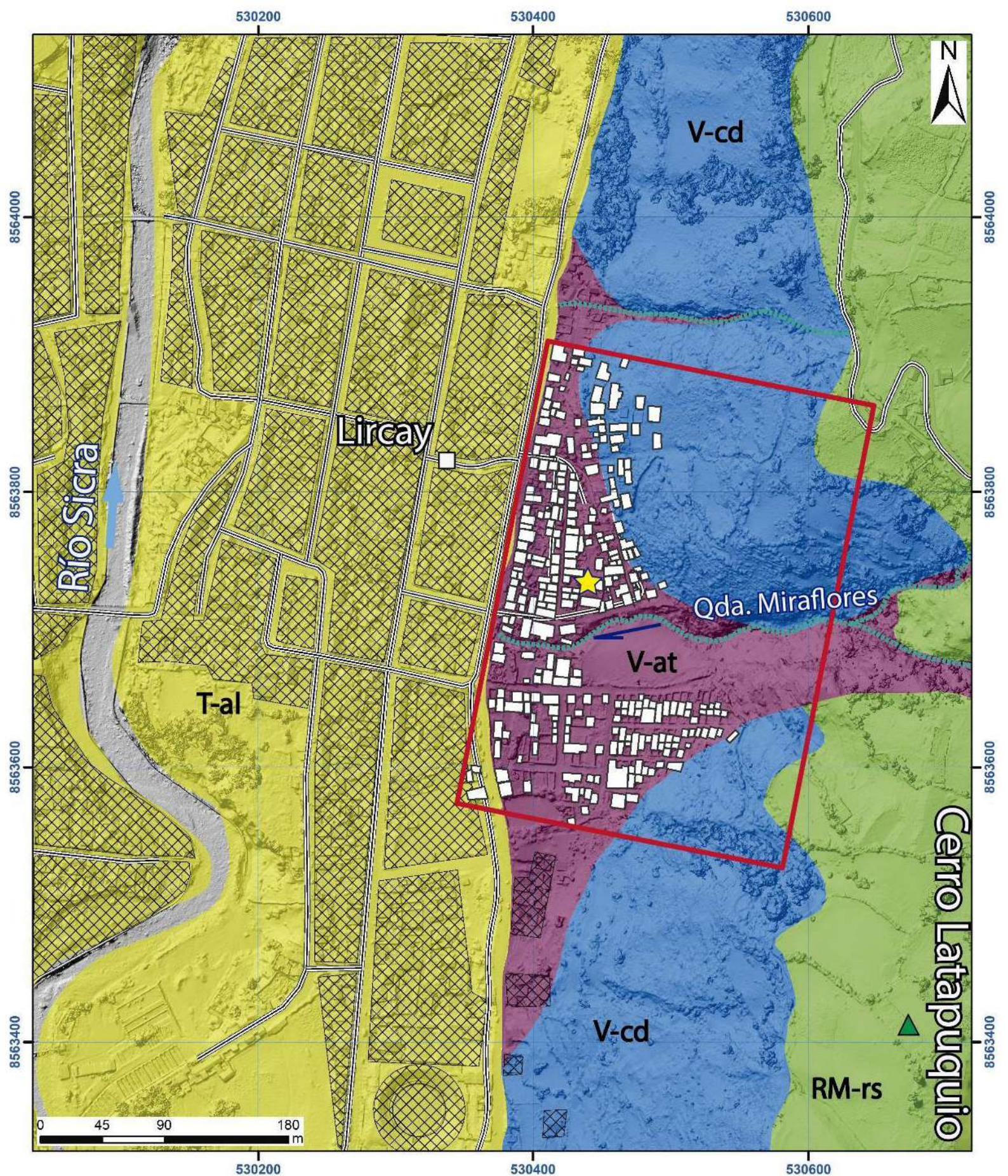
Simbología	
	Área de inspección (Barrio Miraflores)
	Dirección de cursos de agua
	Hundimiento 2022
	Calles de Lircay
	Viviendas Barrio Miraflores

  
**INGEMMET**  
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO  
**DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO**  
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL  
 REGIÓN HUANCÁVELICA  
 PROVINCIA ANGARAES  
 DISTRITO LIRCAY

---

**MAPA DE PENDIENTES EN EL BARRIO MIRAFLORES**

Escala: 1/3500 escala de impresión A3    Elaborado por: G.Luna    **MAPA 02**  
 Proyección: UTM Zona 18 Sur    Datum: WGS 84  
 Versión digital 2022    Impreso: 2022



UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS		
UNIDAD	SUBUNIDAD	LEYENDA
MONTAÑA	En roca sedimentaria	RM-rs
PIEDEMONTE	Coluvio-deluvial	V-cd
	Aluvio-torrencial	V-at
PLANICIE	Terraza aluvial	T-al

Simbología	
	Área de inspección (Barrio Miraflores)
	Dirección de cursos de agua
	Hundimiento 2022
	Calles de Lircay
	Viviendas Barrio Miraflores

**INGEMMET**
  
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
  
**DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO**

ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL  
 REGIÓN HUANCAYELICA  
 PROVINCIA ANGARAES  
 DISTRITO LIRCAY

**MAPA GEOMORFOLÓGICO EN EL BARRIO MIRAFLORES**

Escala: 1/3500 escala de impresión A3	Elaborado por: G. Luna	MAPA
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	03
Versión digital 2022	Impreso: 2022	



**Simbología**

- Área de inspección (Barrio Miraflores)
- ↗ Dirección de cursos de agua
- ★ Hundimiento 2022
- Calles de Lircay
- Viviendas Barrio Miraflores

Tipo de peligro		Leyenda
Otros peligros geológicos	<span style="color: red; font-size: 1.5em;">★</span>	Hundimientos

**INGEMMET**  
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO  
 DIRECCION DE GEOLOGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLOGICO  
 ACT. 11- EVALUACION DE PELIGROS GEOLOGICOS A NIVEL NACIONAL  
 REGION HUANCAYELICA  
 PROVINCIA ANGAJARA  
 DISTRITO LIRCAY

**MAPA DE HUNDIMIENTOS EN LIRCAY**

Escala: 1/800 escala de Impresión A3    Elaborado por: G. Luna    **MAPA 04**  
 Proyección: UTM Zone 18 Sur    Datum: WGS 84  
 Versión digital: 2022    Impreso: 2022

ID	SECTOR	Este (m)	Norte (m)
1	Hundimiento Barrio Miraflores (2022)	530440	8563734
2	Hundimiento en el sector de Pucallacta	530476	8563570
3	Hundimiento cerca al parque	530184	8563690
4	Hundimiento en vivienda	530366	8563873
5	Hundimiento en los terrenos de la Universidad	530182	8563286
6	Hundimiento cerca de la iglesia	530318	8563931