

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7625

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR SUBSIDENCIAS EN EL JIRÓN SUCRE

Departamento: Ayacucho
Provincia: Huamanga
Distrito: Ayacucho



MAYO
2025

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR SUBSIDENCIAS EN EL JIRÓN SUCRE

Distrito Ayacucho, Provincia Huamanga, Departamento Ayacucho.



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

Equipo Técnico:

Angel Gonzalo Luna Guillen

Segundo Alfonso Núñez Juárez

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2025) - *Evaluación de peligros geológicos por subsidencias en el jirón Sucre, distrito Ayacucho, provincia Huamanga, departamento Ayacucho*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N°A7625, 33 p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Objetivos del estudio	4
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	5
1.3. Aspectos generales.....	8
1.3.1. Ubicación.....	8
1.3.2. Población.....	10
1.3.3. Accesibilidad.....	10
1.3.4. Clima	10
2. DEFINICIONES	13
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	14
3.1. Unidades litoestratigráficas	15
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	16
4.1. Pendientes del terreno	16
4.2. Unidades geomorfológicas.....	17
5. OTROS PELIGROS GEOLÓGICOS	18
5.1. Subsidencias	18
5.2. Factores condicionantes.....	25
5.3. Factores desencadenantes.....	26
6. CONCLUSIONES.....	27
7. RECOMENDACIONES.....	28
8. BIBLIOGRAFÍA.....	29
ANEXO 1: MAPAS.....	30

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos en el jirón Sucre, distrito Ayacucho, provincia Huamanga y departamento Ayacucho. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología en los tres niveles de gobierno.

La calle Sucre, ubicada en el centro urbano de la ciudad de Ayacucho, se sitúa dentro de la Cuenca Interandina de Ayacucho, flanqueada por la Cordillera Oriental y Cordillera Occidental. Esta ubicación le otorga un relieve moderadamente accidentado, aunque en el área específica de estudio predomina una topografía suavizada como resultado de modificaciones antrópicas destinadas a facilitar la urbanización.

Según el Mapa Geomorfológico de Ayacucho (Vílchez et al., 2019), la zona corresponde a una superficie de flujo piroclástico disectado o erosionado, sobre la cual se han depositado materiales aluviales. A escala local, el terreno ha sido modificado a una lomada antrópica, producto de rellenos no controlados usados para nivelar la calle y construcción de viviendas e infraestructura urbana. Esta alteración ha afectado las propiedades geotécnicas del terreno. Las pendientes del terreno y el análisis del modelo digital de elevación (MDE) de alta resolución (0.25 cm), obtenido mediante drones, indica que el sector presenta pendientes suaves, entre 1° y 5°, alineadas con el trazado urbano. Sin embargo, estas pendientes ocultan una inestabilidad subyacente, ya que la saturación del subsuelo y la baja capacidad de drenaje natural, asociadas a los materiales piroclásticos y aluviales finos, limitan la estabilidad geotécnica del área.

En cuanto a la geología del subsuelo, los perfiles eléctricos evidencian la presencia predominante de materiales finos como limos y arcillas plásticas, altamente susceptibles a la retención de humedad y con baja capacidad portante. Estos suelos se encuentran en estado saturado, lo cual incrementa su potencial de generar asentamientos diferenciales y procesos de subsidencia.

El análisis geofísico, mediante el método de tomografía eléctrica con arreglo dipolo-dipolo, ha permitido caracterizar el subsuelo hasta una profundidad aproximada de 25 m. Los resultados muestran zonas con resistividades inferiores a 15 $\Omega \cdot m$, asociadas a rellenos antrópicos y suelos con napa freática somera, lo que confirma un elevado grado de saturación. Estas condiciones favorecen el desarrollo de presiones de poro elevadas, disminución de la resistencia al corte y, en consecuencia, inestabilidad estructural en edificaciones construidas sin cimentación profunda o adecuada.

Tomando en cuenta las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámica actual, se determina que la calle de Jr. Sucre y alrededores, se encuentra en **Peligro Alto a subsidencias**, por la saturación del terreno.

Se recomienda mejorar el drenaje superficial y subterráneo para evitar la acumulación de agua en el subsuelo, controlar filtraciones de redes de agua potable y desagüe, emplear sistemas de cimentación profunda en futuras construcciones, y realizar compactación técnica de rellenos. En viviendas con agrietamientos, se sugiere una evaluación estructural detallada, reforzar o reponer cimientos según el grado de afectación y monitorear posibles asentamientos diferenciales mediante estudios geotécnicos adicionales.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) el “Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 16)”, 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 la solicitud del Gobierno regional de Ayacucho, según Oficio N° 15-2025-GRA/SIREDECI-ST y de la municipalidad provincial de Huamanga según oficio N° 048-2025-MPH-A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el jirón Sucre con énfasis a subsidencias.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los ingenieros geólogos Angel Gonzalo Luna Guillen y Segundo Alfonso Núñez Juárez, para realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva, en el sector mencionado, el 12 de marzo del 2025. Los trabajos de campo se realizaron en coordinación con los representantes de la Municipalidad provincial de Huamanga y la Subgerencia de Riesgo de Desastres de dicha municipalidad y autoridades locales.

La evaluación técnica se realizó en tres etapas: i) Etapa de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del Ingemmet; ii) Etapa de campo a través de la observación, toma de datos (sobrevuelos drone, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; iii) Etapa final de gabinete, donde se realizó el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad provincial de Huamanga e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – Sinagerd, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - Cenepred, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664. 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) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa en el jirón Sucre, distrito de Huamanga.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes de la ocurrencia de peligros geológicos.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del Ingemmet, que incluyen sectores aledaños a las zonas de evaluación (informes técnicos) y otros estudios regionales relacionados a temas de geología y geodinámica externa (boletines), así como reportes que señalan la existencia de movimiento en masa en el sector de estudio, de los cuales destacan los siguientes:

- A) El Boletín N° 70, Serie C, "Peligro geológico en la región Ayacucho" (Vílchez et al., 2019), estudio elaborado que tiene como objetivo proporcionar información detallada sobre los peligros geológicos en la región de Ayacucho. Este documento ofrece mapas de susceptibilidad a movimientos en masa, identificando áreas con diferentes niveles de riesgo. Según el mapa de susceptibilidad presentado en el boletín, la calle Sucre de la ciudad de Ayacucho se encuentra en una zona clasificada con susceptibilidad baja a muy baja a movimientos en masa. Esto indica que la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos, huaicos u otros fenómenos geológicos similares en esta área es reducida.
- B) El Boletín N° 61, Serie A, "Geología del cuadrángulo de Ayacucho" (Morche et al., 1995), estudio que proporciona una descripción detallada de la geología del cuadrángulo de Ayacucho. Este documento abarca aspectos como la estratigrafía, la geología estructural y la tectónica de la zona. En la ciudad de Ayacucho, cerca del centro, específicamente en el jirón Sucre, afloran principalmente formaciones sedimentarias y volcánicas. Entre ellas, destaca la Formación Ayacucho, compuesta por conglomerados y areniscas tobáceas, así como la Formación Huanta, que se caracteriza por calizas y lutitas. Además, existen depósitos volcánicos asociados a tobas y lavas andesíticas que se encuentran distribuidos en la zona, reflejando la actividad volcánica en el área. Estas formaciones están cubiertas en algunas zonas por depósitos aluviales recientes (figura 2).
- C) Según información consultada en el registro de Geocatmin en 2025, en los alrededores de la ciudad de Ayacucho, se han identificado peligros históricos como flujos de detritos y carcavamientos. Sin embargo, no se han encontrado antecedentes de subsidencias o fenómenos similares al objeto de estudio en la actualidad (figura 1).

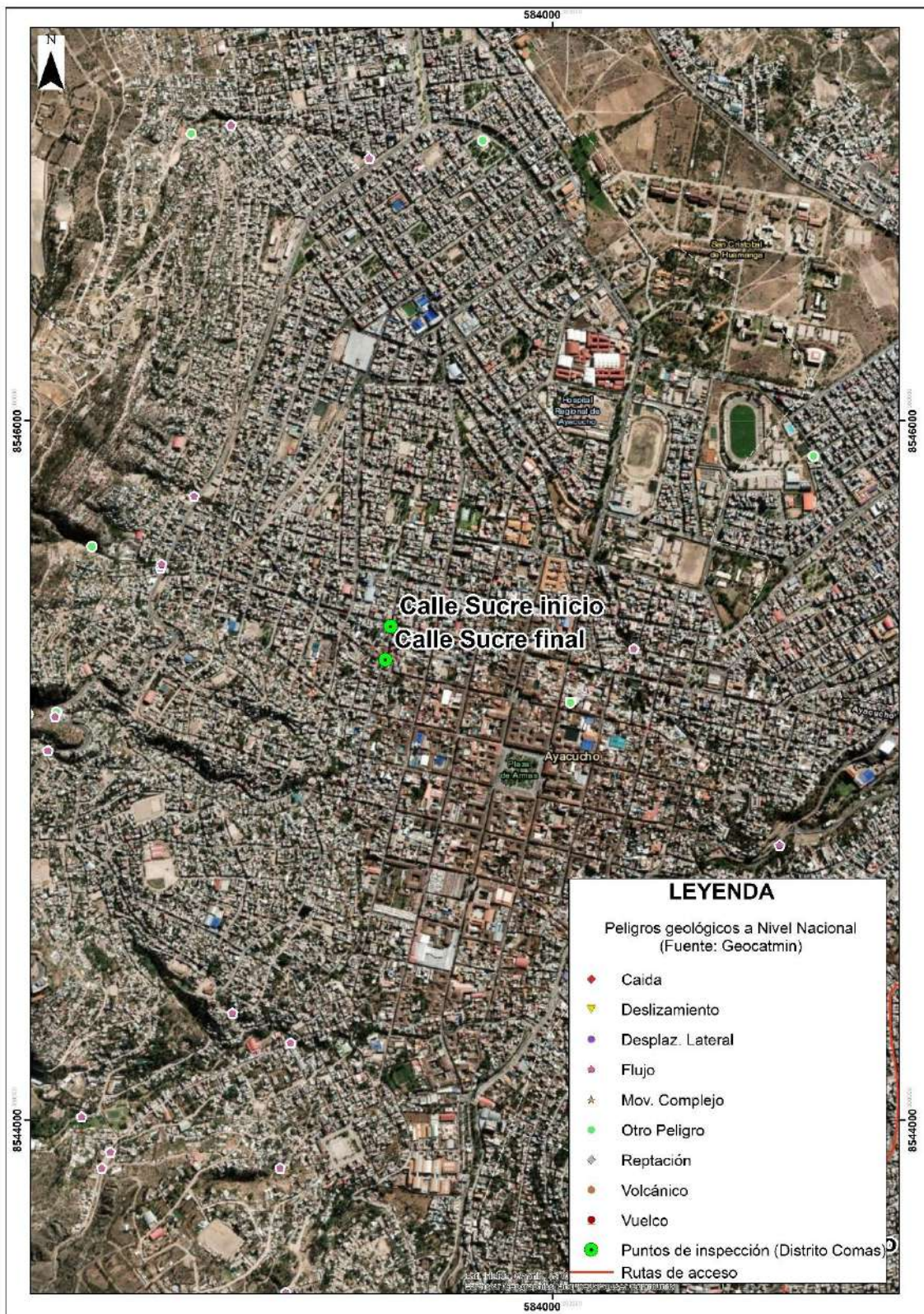
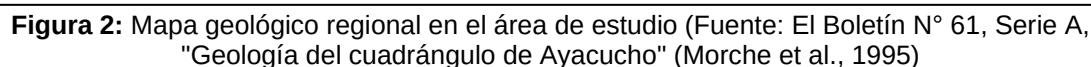


Figura 1: Peligros geológicos históricos en los alrededores de la zona de estudio (Fuente: Geocatmin, 2025)



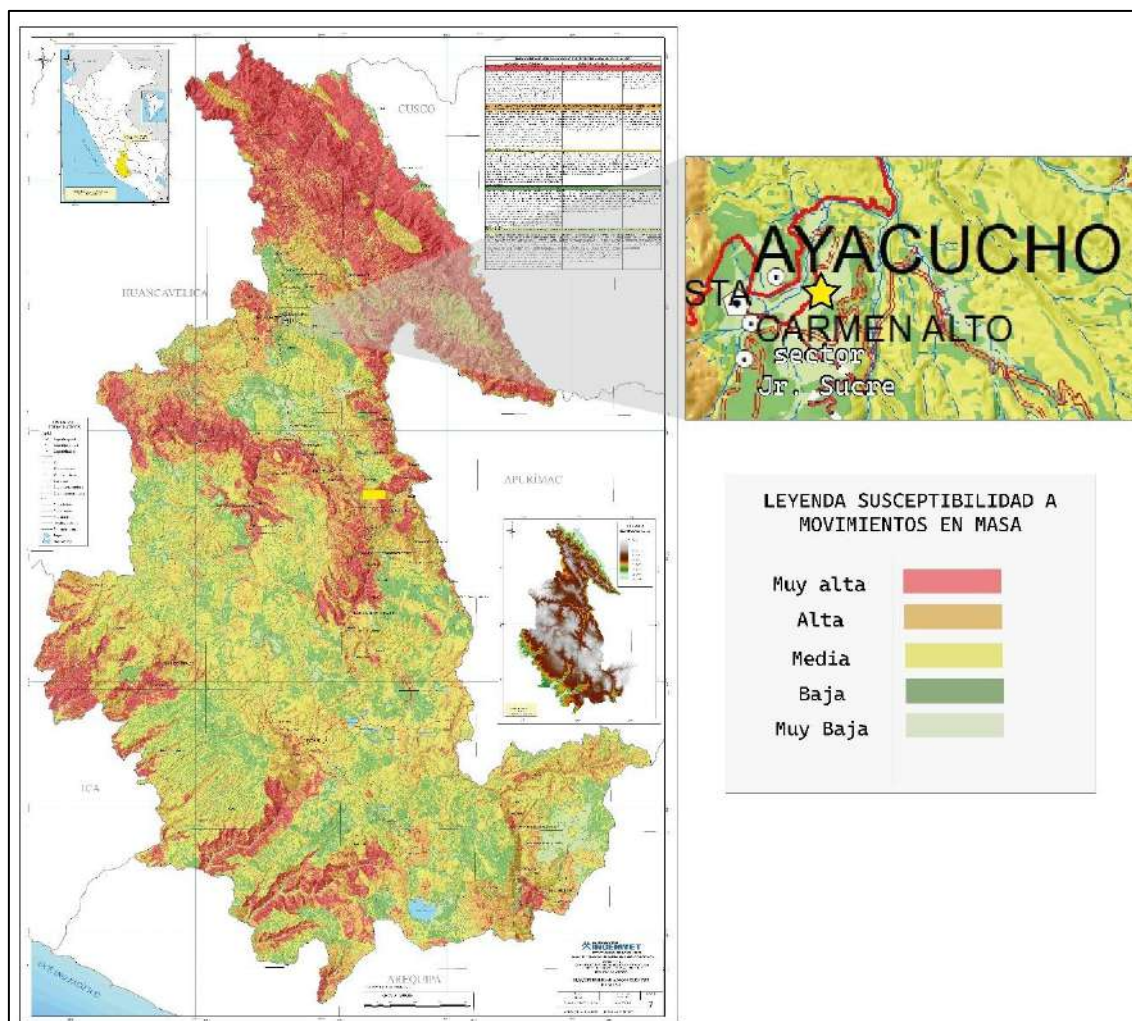


Figura 3: Susceptibilidad en el área de estudio a movimientos en masa (Fuente: Vílchez et al., 2019).

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El Jirón Sucre se ubica en el centro histórico de la ciudad de Ayacucho, en la provincia de Huamanga, departamento Ayacucho, Perú. Es una de las principales calles de la ciudad y se encuentra en el área de mayor actividad comercial y administrativa. Este jirón atraviesa importantes puntos de la ciudad, cercanos a plazas históricas, como la Plaza de Armas de Ayacucho, y está rodeado por edificaciones coloniales que reflejan la arquitectura típica de la región. Además, está bien conectado con otras calles principales y es un eje vital para el tránsito en el centro de la ciudad.

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio delimitada por 4 vértices.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Sur	Latitud	Longitud
A	583523.16 m E	8545421.38 m S	-13.156574°	-74.229320°
B	583509.29 m E	8545316.13 m S	-13.157526°	-74.229445°

C	583544.71 m E	8545308.84 m S	-13.157591°	-74.229118°
D	583556.74 m E	8545413.98 m S	-13.156640°	-74.229010°
Coordenada central del área de evaluación				
CC	583531.55 m E	8545365.61 m S	-13.157078°	-74.229241°

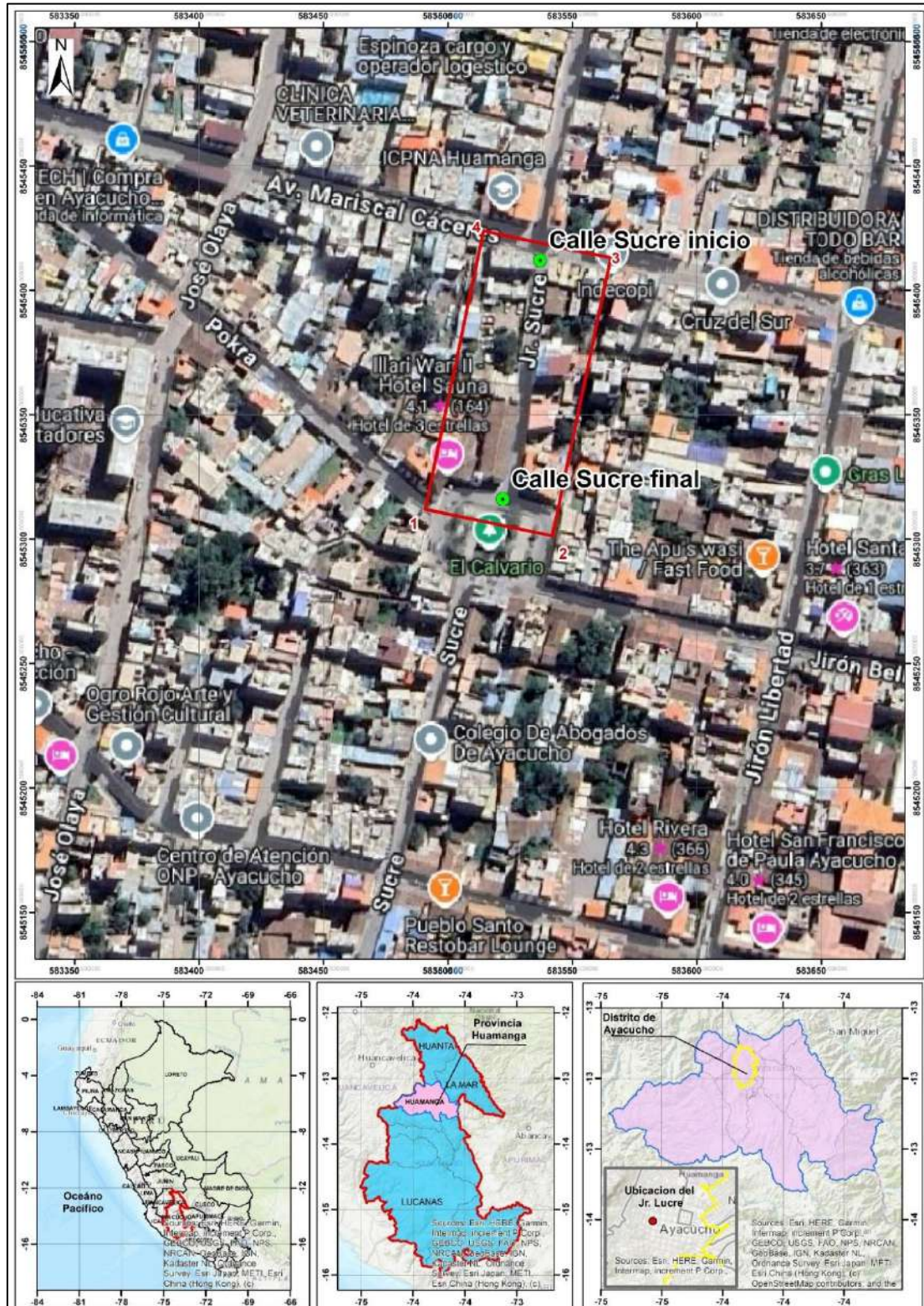


Figura 3: Ubicación del área de estudio en la calle Sucre.

1.3.2. Población

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), en el Censo Nacional de Población y Vivienda 2017, el Departamento de Ayacucho tenía una población total de 616,176 habitantes.

En cuanto al Jirón Sucre, ubicado en el centro histórico de la ciudad de Ayacucho, no se dispone de datos específicos sobre el número exacto de viviendas en esta calle.

Con la ayuda de un sobrevuelo realizado con dron, se pudo contar alrededor de 18 construcciones independientes a ambos lados de la calle Sucre y el callejón paralelo a esta.

Además de las viviendas, se observa la iglesia Compañía de Jesús, que es una de las más representativas de la ciudad y se encuentra muy cerca del Jirón Sucre. Esta fue construida en el siglo XVII.

1.3.3. Accesibilidad

El acceso se realizó por vía terrestre desde la sede central de Ingemmet en Lima, mediante la siguiente ruta (tabla 2):

Tabla 2. Ruta de acceso

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Cañete – Ayacucho	Asfaltada/Trocha carrozable	550	09 horas 30 min

1.3.4. Clima

Con base en la información obtenida del análisis satelital disponible en la plataforma EOS Crop Monitoring (<https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/10036911>), correspondiente al periodo comprendido entre enero de 2023 y marzo de 2025, se ha identificado un comportamiento climático cíclico caracterizado por dos estaciones bien diferenciadas: una temporada de lluvias y una temporada seca.

Durante la temporada de lluvias, que se extiende aproximadamente desde los meses de enero hasta mayo, se registran precipitaciones significativas, alcanzando picos de hasta 31 mm diarios en determinados eventos. Posteriormente, se presenta un periodo seco desde junio hasta septiembre, en el cual las precipitaciones disminuyen drásticamente, aunque se han observado lluvias esporádicas y aisladas en este intervalo. A partir de octubre, las lluvias comienzan a incrementarse progresivamente, consolidándose nuevamente la temporada húmeda hacia finales de año e inicios del siguiente. Este patrón se repite anualmente, con lluvias máximas diarias de hasta 30 mm durante el inicio del nuevo ciclo en el año siguiente.

En cuanto al comportamiento térmico de la ciudad de Ayacucho, se evidencia que las temperaturas máximas se mantienen relativamente constantes durante todo el año, con valores que oscilan entre los 23 °C y 25 °C. No obstante, las temperaturas mínimas presentan una mayor variabilidad estacional. Los valores más bajos se registran durante los meses de junio y julio, cuando la temperatura desciende hasta aproximadamente 8 °C, configurando la época más fría del año. Por el contrario, los meses con temperaturas mínimas más elevadas corresponden a noviembre y diciembre, alcanzando promedios cercanos a los 11 °C.

Este comportamiento climático, caracterizado por una marcada estacionalidad en las precipitaciones y oscilaciones térmicas moderadas, debe ser considerado en el análisis de estabilidad de suelos y diseño de obras civiles en la zona, ya que la humedad estacional influye directamente en la resistencia de los materiales del subsuelo (figura 4)

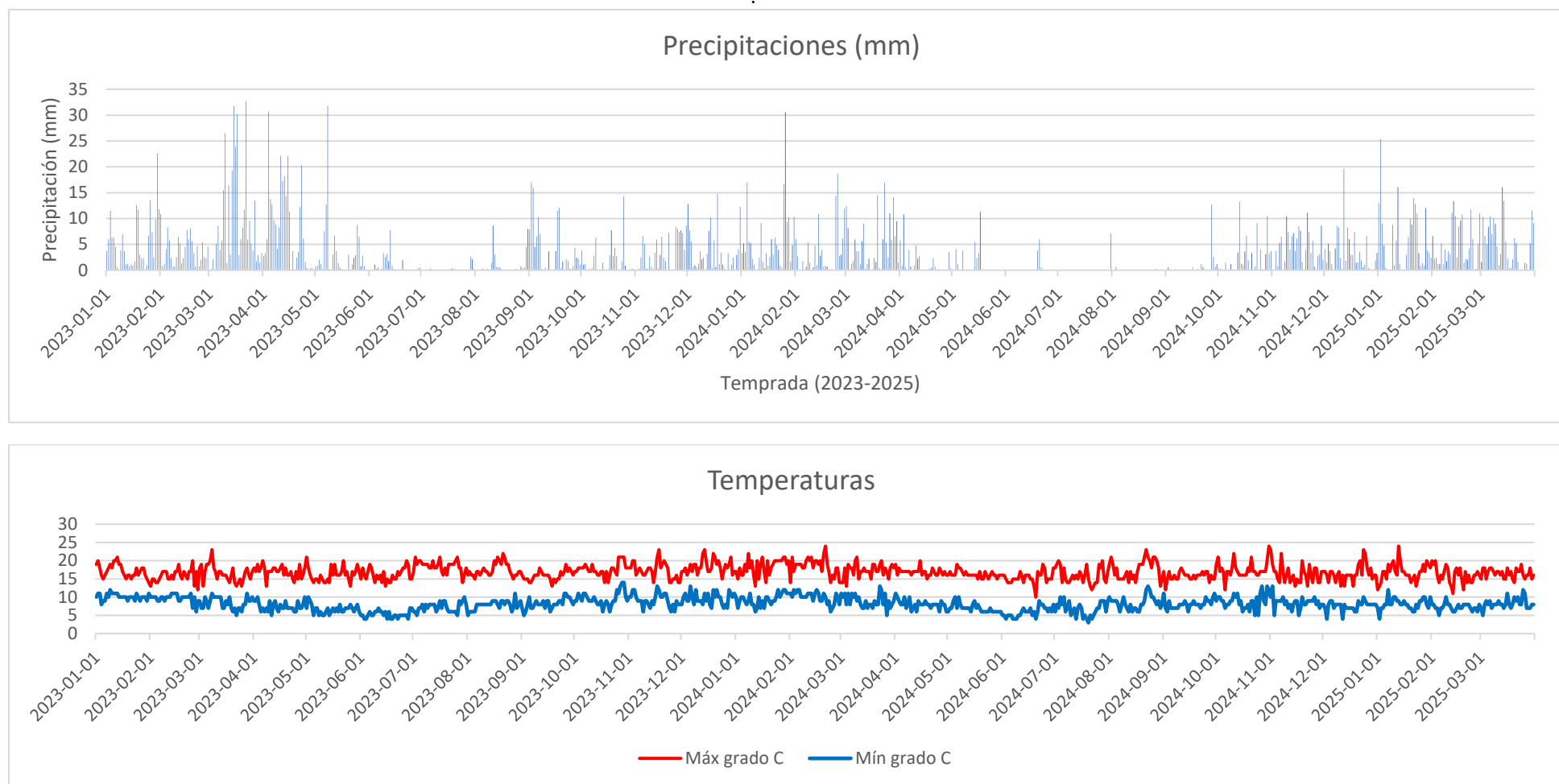


Figura 4: Precipitaciones máximas diarias en mm, distribuidas a lo largo del periodo 2022-2024. La figura permite analizar la frecuencia de las anomalías en las precipitaciones pluviales que inducen al desarrollo de la erosión del suelo y las temperaturas mínimas y máximas. Fuente: Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/10036911>.

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; es por ese motivo, considerando como base el libro de “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” del Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), se desarrolla algunas definiciones:

ACTIVIDAD: La actividad de un movimiento en masa se refiere a tres aspectos generales del desplazamiento en el tiempo de la masa de material involucrado: el estado, la distribución y el estilo de la actividad. El primero describe la regularidad o irregularidad temporal del desplazamiento; el segundo describe las partes o sectores de la masa que se encuentran en movimiento; y el tercero indica la manera como los diferentes movimientos dentro de la masa contribuyen al movimiento total. El estado de actividad de un movimiento en masa puede ser: activo, reactivado, suspendido, inactivo latente, inactivo abandonado, inactivo estabilizado e inactivo relicto (WP/WLI, 1993).

ACTIVO: Movimiento en masa que actualmente se está moviendo, bien sea de manera continua o intermitente.

AGRIETAMIENTO: Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

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.

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: Corresponde a una estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan.

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 (Hauser, 2000).

SUBSIDENCIA: es el hundimiento o descenso progresivo del terreno, generalmente de forma lenta y extendida, causado por procesos naturales o actividades humanas. Entre sus principales causas se encuentran la extracción excesiva de agua subterránea, petróleo o gas, así como la compactación de sedimentos blandos o la disolución de materiales solubles en el subsuelo. A diferencia de los hundimientos repentinos, la subsidencia suele afectar grandes áreas y puede generar daños estructurales en edificaciones, infraestructuras y ecosistemas a lo largo del tiempo.

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.

MOVIMIENTO EN MASA: Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. Los tipos más frecuentes son: caídas, deslizamientos, flujos, vuelcos, expansiones laterales, reptación de suelos, entre otros. Existen movimientos extremadamente rápidos (más de 5 m por segundo) como avalanchas y/o deslizamientos, hasta extremadamente lentos (menos de 16 mm por año) a imperceptibles como la reptación de suelos.

PELIGROS GEOLÓGICOS: Son procesos o fenómenos geológicos que podrían ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud. Daños a la propiedad, pérdida de medios de sustento y servicios, trastornos sociales y económicos o daños materiales. Pueden originarse al interior (endógenos) o en la superficie de la tierra (exógenos). Al grupo de endógenos pertenecen los terremotos, tsunamis, actividad y emisiones volcánicas; en los exógenos se agrupan los movimientos en masa (deslizamientos, aludes, desprendimientos de rocas, derrumbes, avalanchas, aluviones, huaicos, flujos de lodo, hundimientos, entre otros), erosión e inundaciones.

SUSCEPTIBILIDAD: Está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada o hallarse bajo la influencia de un proceso de movimientos en masa determinado.

ZONA CRÍTICA: Lugar con un alto potencial de ocurrencia (periódica o excepcional) de uno o más peligros geológicos que pueden ser desencadenados principalmente por lluvias o sismos y generar daños en los elementos expuestos.

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Para describir geológicamente el área del centro de Ayacucho y el Jirón Sucre desde una perspectiva más técnica, se debe considerar la geología de la Sierra Central del Perú, que está dominada por procesos tectónicos, sedimentarios, y en algunos casos volcánicos. En este contexto, uno de los aspectos más relevantes a nivel geológico son las formaciones cuaternarias, ya que las capas de sedimentos depositados durante este periodo son muy importantes para entender la evolución reciente del paisaje y la actividad humana (rellenos antrópicos).

3.1. Unidades litoestratigráficas

El Jirón Sucre se encuentra sobre suelos antropogénicos modificados por la construcción de calles, que consisten principalmente en arenas, limos y fragmentos de rocas volcánicas. Estos materiales fueron probablemente colocados como relleno para nivelar y estabilizar el terreno antes de la pavimentación. La humedad media en el terreno y la presencia de fragmentos rocosos reflejan los esfuerzos de ingeniería para proporcionar estabilidad a la zona, pero el análisis geotécnico más profundo será fundamental para entender completamente el comportamiento a largo plazo de estos suelos modificados.



Figura 5: Suelos antrópicos en el área de estudio.

Si recurrimos a la interpretación geofísica en el área de estudio veremos la presencia de distintos materiales distribuidos en profundidad según sus valores de resistividad. Los valores más bajos ($<5 \text{ ohm}\cdot\text{m}$) corresponden a suelos muy blandos y saturados, posiblemente rellenos antrópicos o zonas de napa freática somera. Entre 5 y $15 \text{ ohm}\cdot\text{m}$ se identifican limos y arcillas plásticas saturadas, mientras que de 15 a $40 \text{ ohm}\cdot\text{m}$ predominan suelos intermedios como arcillas arenosas o arenas parcialmente saturadas. En el rango de 40 a $90 \text{ ohm}\cdot\text{m}$, los materiales son más densos, como gravas húmedas o roca muy alterada. Valores entre 90 y $180 \text{ ohm}\cdot\text{m}$ indican suelos gruesos compactos o roca medianamente meteorizada, y de 180 a $350 \text{ ohm}\cdot\text{m}$ se interpreta la presencia de roca poco meteorizada, seca y más competente. Finalmente, resistividades mayores a $350 \text{ ohm}\cdot\text{m}$ evidencian la existencia de roca fresca o masiva, probablemente el basamento.

Tabla 4. Descripción de las unidades litoestratigráficas en el área de estudio

INTERVALO (ohm-m)	INTERPRETACIÓN	DETALLE LITOLÓGICO/GEOTECNICO
<5	Suelo blando orgánico muy saturado	Relleno antrópico, arcilla orgánica, zonas de napa freática
5-15	Suelo fino saturado	Limos, arcillas plásticas con alta humedad
15-40	Suelo intermedio con humedad variable	Arcillas arenosas, arenas con finos saturadas parcialmente
40-90	Material granular húmedo o roca muy alterada	Gravas arcillosas, arenas limpias con humedad, roca arcillosa alterada
90-180	Material granular seco o roca medianamente meteorizada	Grava limpia compactada, roca moderadamente meteorizada
180-350	Roca poco meteorizada o seca	Andesita, lutita o arenisca compacta, con fracturas secas
>350	Roca muy competente, masiva y seca	Basamento rocoso, andesita o diorita fresca, sin meteorización

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

La pendiente del terreno es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa, actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

En el anexo 1: Mapa 02, se presenta el mapa de pendientes elaborado en base a información del modelo de elevación digital del terreno (DTM) de 0.15 m de resolución, obtenido de sobrevuelos de dron.

El área de estudio presenta pendientes menores a 5°, lo cual se debe principalmente a las construcciones antrópicas vinculadas al trazado de las calles. El modelo digital de elevación (MDE) y su correspondiente mapa de pendientes muestran ciertas irregularidades producto de su alta resolución. Sin embargo, los perfiles A, B y C — correspondientes también a las líneas geofísicas de tomografía eléctrica— reflejan de manera más precisa las variaciones del terreno.

El Perfil 1, correspondiente a la calle Sucre, presenta pendientes que varían entre 1° y 4° en dirección hacia el parque. La Línea 2, ubicada en la Av. Cáceres, evidencia una pendiente promedio de 5°, mientras que la calle no asfaltada paralela a la Línea 1 muestra pendientes promedio de aproximadamente 4° (figuras 6 y 7).



Figura 6: Ubicación de las líneas de perfil para análisis de pendientes.

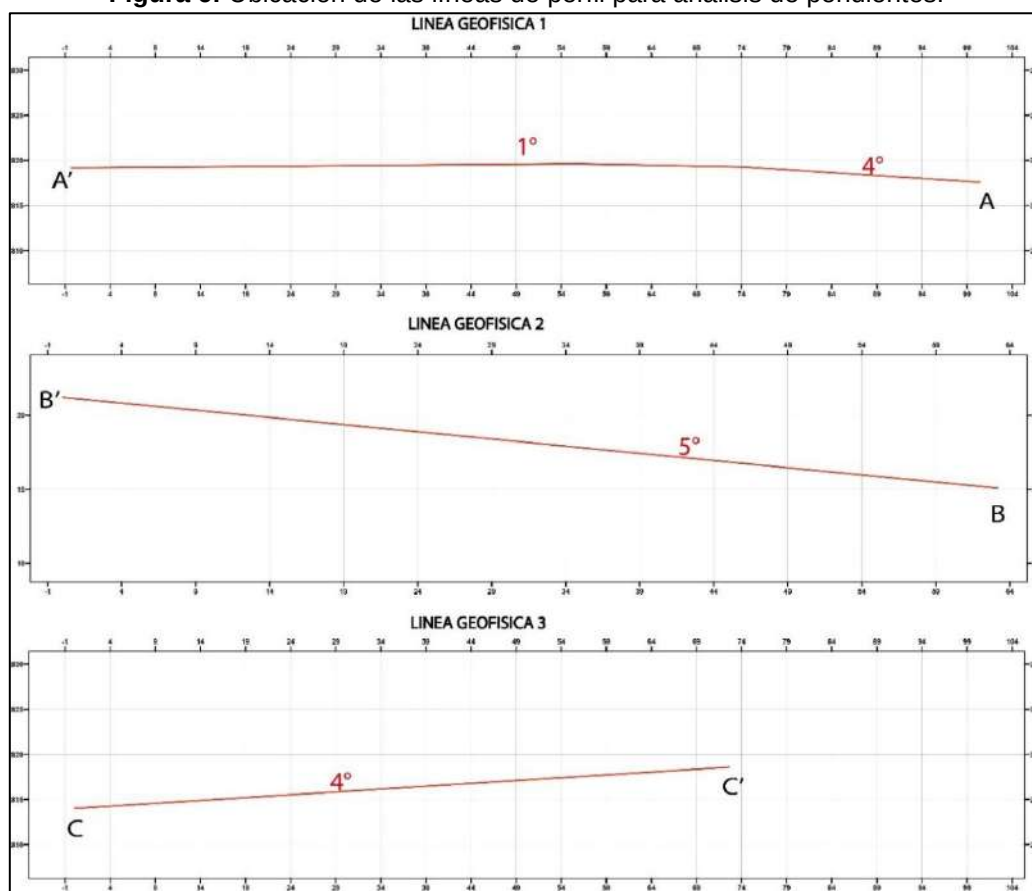


Figura 7: Perfiles A, B y C correspondientes al área de estudio.

4.2. Unidades geomorfológicas

Geomorfológicamente, la ciudad de Ayacucho se sitúa en la Cuenca Interandina de Ayacucho, flanqueada por los macizos de Razuhilca (Cordillera Oriental) y Vinchos (Cordillera Occidental). Esta ubicación le confiere un relieve accidentado, con altitudes promedio alrededor de los 2,750 m s.n.m.

Tomando como referencia el Mapa Geomorfológico de Ayacucho (Vílchez et al., 2019), el área de estudio correspondiente al Jr. Sucre donde se sitúa sobre una superficie de flujo piroclástico disectado o erosionado, caracterizada por la presencia de depósitos aluviales. En una escala más local, esta zona corresponde a una lomada antrópica, conformada mediante procesos de relleno artificial con el objetivo de homogenizar el terreno y facilitar la pavimentación de la calle, así como la construcción de infraestructura urbana.

5. OTROS PELIGROS GEOLÓGICOS

5.1. Subsidiencias

El análisis del perfil de tomografía eléctrica en la calle Sucre evidencia un subsuelo conformado mayoritariamente por suelos blandos y saturados, con resistividades inferiores a $15 \Omega \cdot m$ (figuras 8 a la 10), correspondientes a rellenos antrópicos, limos y arcillas plásticas con alta humedad. Estas condiciones, sumadas a la construcción sobre terrenos artificialmente nivelados sin consolidación adecuada, favorecen asentamientos diferenciales. Además, geomorfológicamente, el área presenta una tendencia natural a la saturación debido a su topografía suave, baja capacidad de drenaje y la presencia de materiales piroclásticos erosionados con depósitos aluviales finos, factores que en conjunto explican la inestabilidad del terreno.

Las grietas reportadas en las viviendas coinciden temporalmente con la filtración de una tubería de aproximadamente 1 pulgada, que habría estado perdiendo agua durante unas 5 horas continuas (información empírica de pobladores). Aunque el volumen total de agua no sería elevado, la condición previa de saturación del suelo (identificada en el perfil eléctrico y apoyada por la baja resistividad) favorece un escenario donde incluso una filtración puntual puede desestabilizar los materiales finos, sobre todo si estos presentan baja permeabilidad, como las arcillas plásticas.

Es probable que el agua se haya acumulado en sectores localizados, generando un aumento súbito en la presión intersticial (presión de poros), lo cual disminuye la resistencia al corte del suelo y puede inducir movimientos diferenciales o asentamientos súbitos. Estas deformaciones se reflejan en agrietamientos estructurales, especialmente en viviendas construidas sobre cimientos superficiales o sin un adecuado confinamiento del terreno.

Tabla 5. Interpretación del comportamiento litológico inferido de la tomografía eléctrica frente a la saturación del material.

INTERVALO (ohm-m)	INTERPRETACIÓN	DETALLE LITOLÓGICO/ GEOTÉCNICO	COMPORTAMIENTO FRENTE A SATURACIÓN DE AGUA Y HUNDIMIENTOS
<5	Suelo blando orgánico muy saturado	Relleno antrópico, arcilla orgánica, zonas de napa freática.	Alta susceptibilidad. Suelos muy blandos que se deforman con facilidad; propensos a asentamientos y colapsos diferenciales.
5-15	Suelo fino saturado	Limos, arcillas plásticas con alta humedad.	Muy vulnerable. Retienen agua, presentan baja permeabilidad y se expanden o colapsan con cambios de humedad.
15-40	Suelo intermedio con humedad variable	Arcillas arenosas, arenas con finos saturadas parcialmente.	Moderada a alta. Dependiendo de su compactación, pueden asentarse si aumenta la humedad.
40-90	Material granular húmedo o roca muy alterada	Gravas arcillosas, arenas limpias con humedad, roca arcillosa alterada.	Estabilidad intermedia. Buena capacidad de drenaje, pero sensibles si están mal confinados o mal compactados.
90-180	Material granular seco o roca medianamente meteorizada	Grava compactada, roca moderadamente meteorizada.	Baja susceptibilidad. Generalmente estables, pero pueden ser vulnerables si presentan fracturas conectadas a infiltración.
180-350	Roca poco meteorizada o seca	Andesita, lutita o arenisca compacta, con fracturas secas.	Estables. Poca deformación frente a la humedad; riesgo bajo de hundimiento.
>350	Roca muy competente, masiva y seca	Basamento rocoso, andesita o diorita fresca, sin meteorización.	Muy estables. No se ven afectados por la saturación. Comportamiento estructural ideal.

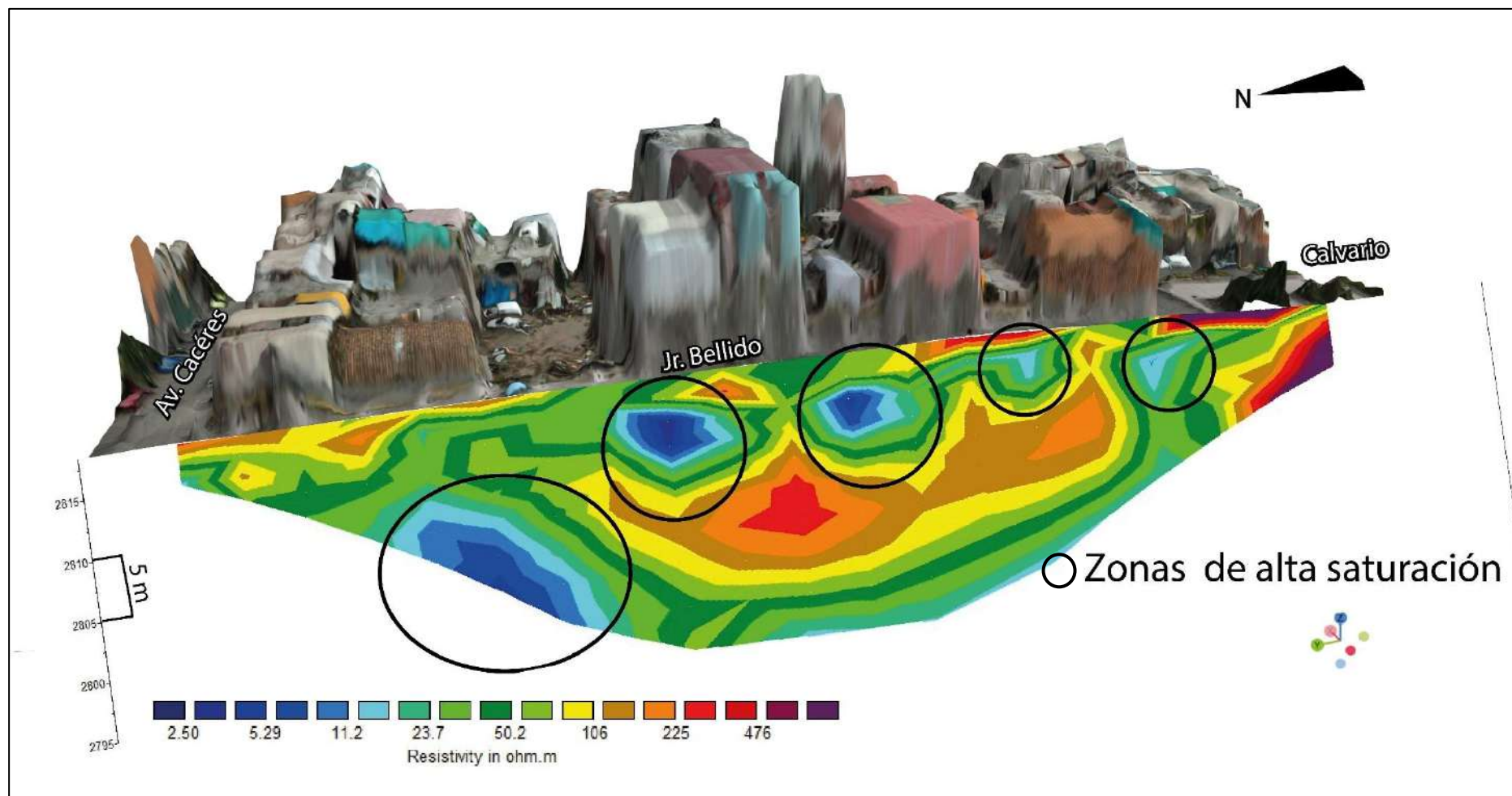


Figura 8: Perfil tomográfico LINEA 1, método dipolo dipolo, en la calle Sucre, señala en las zonas de alta saturación en círculos negros.

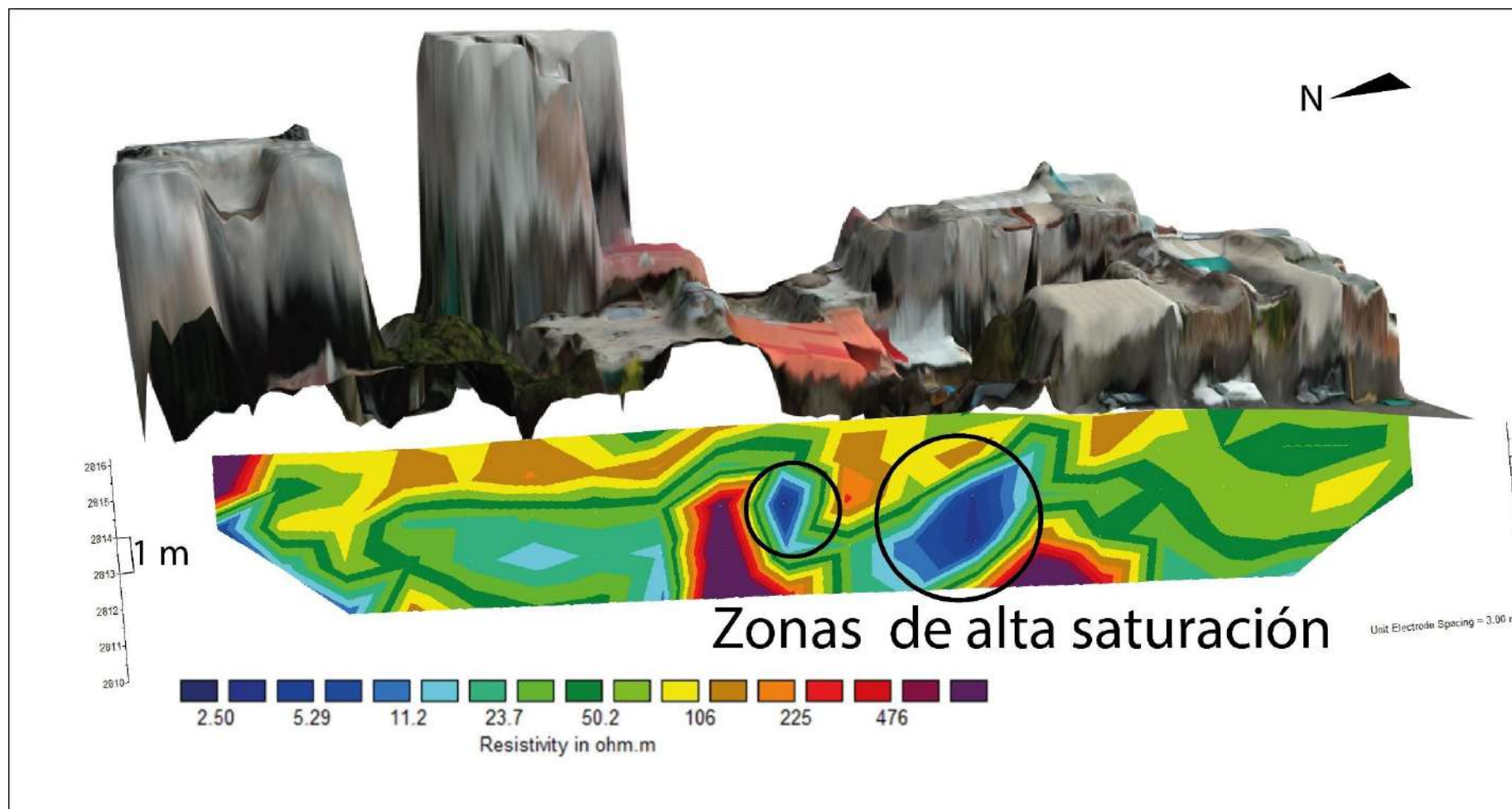


Figura 9: Perfil tomográfico LINEA 2, método dipolo dipolo, en la calle paralela a la calle Sucre, señala en las zonas de alta saturación en círculos negros.

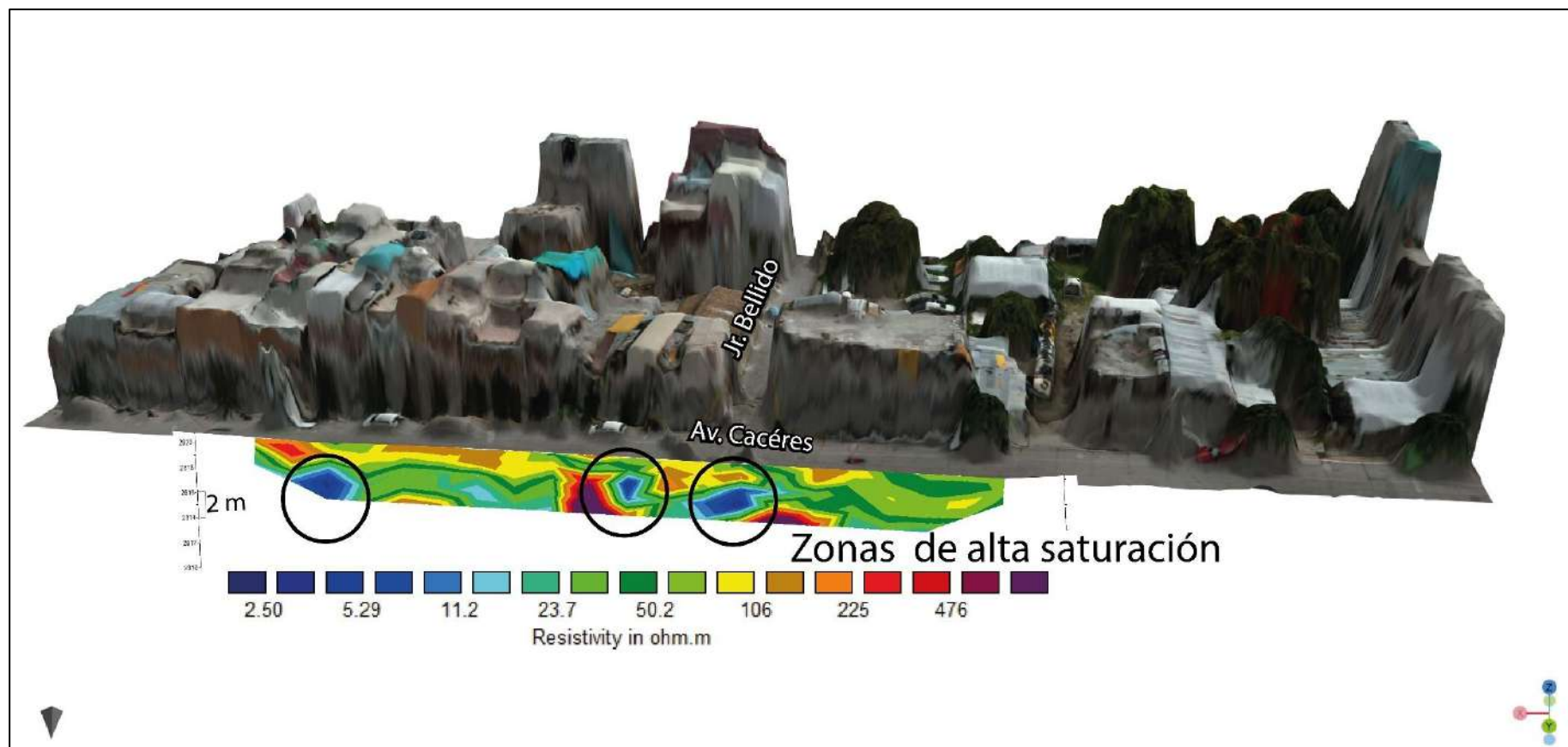


Figura 10: Perfil tomográfico LINEA 3, método dipolo dipolo, en la calle Av. Cáceres, señala en las zonas de alta saturación en círculos negros.

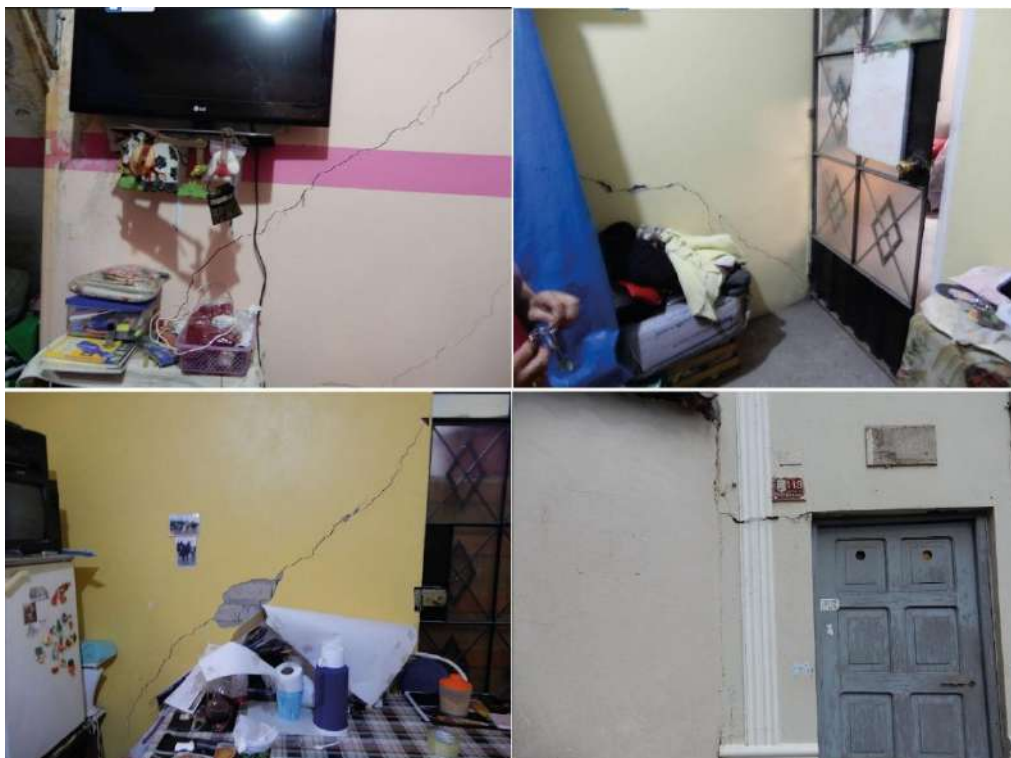


Figura 11. Agrietamientos en viviendas en la calle Sucre y paralelas,



Figura 12. Agrietamientos en la iglesia del Calvario

El análisis de las tomografías eléctricas revela que el subsuelo del Jr. Sucre presenta condiciones de alta saturación natural, producto de su geomorfología local (lomadas antropizadas sobre depósitos piroclásticos disectados), la presencia de aguas subterráneas por infiltración y la acumulación de precipitaciones estacionales. Estas condiciones generan una zona freática somera y materiales finos con baja capacidad drenante. A ello se suma la fuga de agua de una tubería de una (1) pulgada, cuya acción puntual durante aproximadamente 5 horas habría contribuido a zonas de sobresaturación local, generando un aumento transitorio en la presión de poros.

Este incremento en la presión de poros reduce la resistencia efectiva del suelo, favoreciendo asentamientos diferenciales. Aunque estos movimientos pueden ser imperceptibles a simple vista, se manifiestan en la forma de grietas en calzadas y fisuras en las viviendas, reflejando desplazamientos internos del terreno.

Además, es importante señalar que las viviendas afectadas probablemente fueron construidas sin estudios geotécnicos previos, sin una adecuada compactación del terreno, ni diseño de cimentación acorde a la capacidad portante real del subsuelo. Estas deficiencias estructurales actúan como factores agravantes, ya que una correcta caracterización del suelo y diseño fundacional habrían mitigado significativamente los efectos de la sobresaturación y la inestabilidad observada.

Con base en la interpretación de los perfiles de tomografía eléctrica y la observación de agrietamientos estructurales en el área urbana, se elaboró un mapa de susceptibilidad a hundimientos para el Jr. Sucre y zonas aledañas. Este mapa es válido a la fecha de la inspección, considerando las características variables del nivel freático. La zonificación clasifica el terreno en cuatro niveles de susceptibilidad, según el grado de saturación del subsuelo y las evidencias de inestabilidad superficial observadas (Figura 13).

- Zonas de muy alta susceptibilidad (rojo): Corresponden a sectores donde las tomografías evidencian materiales finos altamente saturados (resistividades $<15 \Omega \cdot m$), asociados a rellenos antrópicos y suelos arcillosos con napa freática somera. Estas condiciones favorecen la generación de presiones de poro elevadas, asentamientos diferenciales y subsidencias localizadas, especialmente en ausencia de cimentaciones adecuadas.
- Zonas de alta susceptibilidad (naranja): Representan áreas con saturación media-alta, donde el suelo muestra variaciones de humedad, pero mantiene materiales cohesivos parcialmente saturados ($15-40 \Omega \cdot m$). Aunque menos críticos que las zonas rojas, estos sectores aún presentan condiciones desfavorables si no se consideran medidas de estabilización del terreno.
- Zonas de susceptibilidad media (amarillo): A pesar de no mostrar en las tomografías zonas de saturación extrema, se han identificado agrietamientos en edificaciones representativas, como la iglesia El Calvario. Esto se explicaría por la presencia de un cono o bulbo de presión subterránea, generado por la migración de humedad desde sectores adyacentes sobresaturados (zonas rojas), provocando una redistribución de esfuerzos y asentamientos en zonas aparentemente estables.
- Zonas de baja a moderada susceptibilidad (verde): Áreas con suelos relativamente secos o con mejor capacidad de drenaje. No obstante, de continuar la saturación progresiva del subsuelo por infiltración pluvial o deficiencias en el sistema de drenaje urbano, existe el riesgo potencial de que

estas zonas evolucionen hacia escenarios de subsidencia o asentamientos diferenciales.

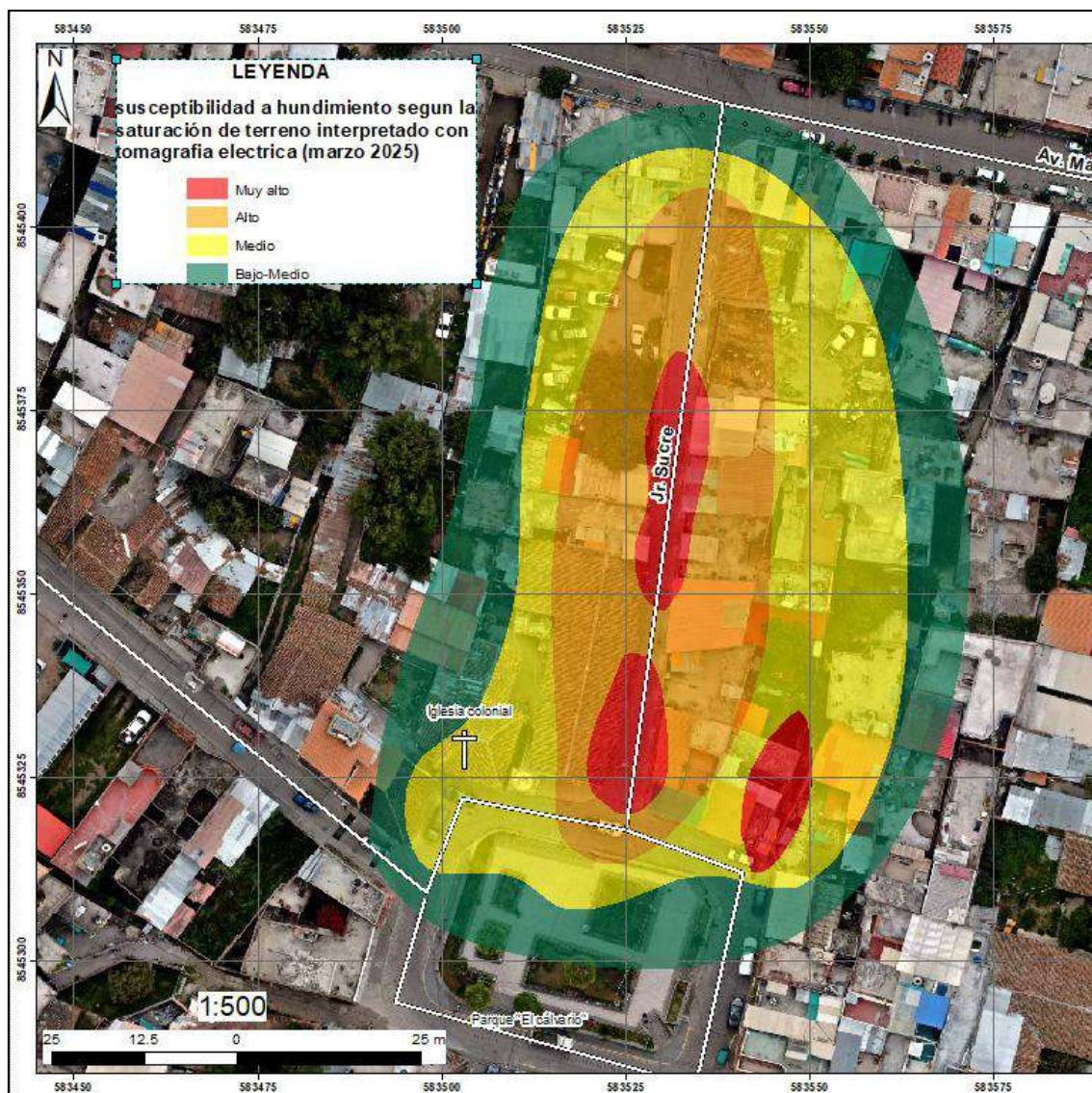


Figura 13. Muestra áreas de susceptibilidad hundimientos según interpretación de la tomografía eléctrica.

5.2. Factores condicionantes

a) Factor litológico

- Presencia de materiales finos y saturables (arcillas, limos y rellenos antrópicos) con baja capacidad portante, lo que facilita asentamientos al incrementar la humedad.

b) Factor geomorfológico

- El área se ubica sobre una superficie de flujo piroclástico disectado, con rellenos artificiales en lomadas, lo que implica una base inestable y heterogénea.

- Aunque los rangos de pendiente son menores a 5°, favorecen el flujo lento de aguas superficiales y subterráneas, que se infiltran y saturan progresivamente los suelos.

c) Factor antrópico

- Existencia de construcciones de viviendas sin estudios geotécnicos, ausencia de compactación adecuada y redes de agua defectuosas, que incrementan la sobresaturación y el riesgo de asentamientos diferenciales.

5.3. Factores desencadenantes.

Aparentemente el principal factor desencadenante de los hundimientos observados en el área de estudio fue la fuga de agua de una tubería de aproximadamente una (01) pulgada de diámetro (para confirmar ello se requieren estudios de mayor precisión), que permaneció filtrando durante un periodo estimado de cinco horas (información brindada por vecinos). Esta fuga generó un aporte adicional de agua en un terreno ya susceptible por su alta saturación natural, aumentando significativamente la presión de poros en los suelos finos y rellenos antrópicos presentes en el subsuelo. Esta sobresaturación puntual debilitó temporalmente la resistencia del terreno, provocando asentamientos diferenciales que, aunque de baja magnitud, fueron suficientes para generar grietas en calzadas y fisuras estructurales en viviendas, especialmente en zonas sin adecuada cimentación o con construcciones sobre terrenos no compactados.

6. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica, geomorfológica y geodinámica de la zona de estudio, así como a los trabajos de evaluación de peligros geológicos realizado en campo, se emiten las siguientes conclusiones:

1. La litología inferida a partir de la tomografía eléctrica indica la presencia de suelos finos, saturados y de baja resistencia, como arcillas y rellenos antrópicos, que favorecen los asentamientos y hundimientos en el área de estudio.
2. El área de estudio en el Jr. Sucre de Ayacucho, con un relieve modificado por rellenos artificiales, presenta pendientes suaves menores a 5°.
3. El perfil de tomografía eléctrica en la calle Sucre confirma la presencia de suelos blandos y saturados, lo que, junto con una filtración puntual de agua, ha generado un aumento de presión en el subsuelo, provocando asentamientos diferenciales y grietas en las viviendas con cimentaciones superficiales.
4. Tomando en cuenta las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámica actual, se determina que la calle Jr. Sucre y alrededores, se encuentra en **Peligro Alto** a subsidencias teniendo en cuenta las condiciones actuales del terreno.

7. RECOMENDACIONES

En base a la evaluación de peligros geológicos realizada en el presente informe, se brindan las siguientes recomendaciones:

1. En viviendas con agrietamientos, se sugiere una evaluación estructural detallada, reforzar o reponer cimientos según el grado de afectación y monitorear posibles asentamientos diferenciales mediante estudios geotécnicos adicionales.
2. Instalar sensores o realizar inspecciones periódicas del nivel freático, presión intersticial y deformaciones en estructuras clave.
3. Usar cimentaciones profundas o sistemas de mejor confinamiento del terreno en nuevas construcciones para evitar asentamientos diferenciales.
4. En zonas con rellenos antrópicos, se recomienda la compactación controlada y, de ser necesario, la estabilización del suelo con geosintéticos o inyecciones de lechada (Consiste en la introducción, mediante presión controlada, de una mezcla fluida-generalmente agua con cemento y aditivos en los vacíos y fisuras del terreno o la roca, con el fin de reducir su permeabilidad, aumentar su resistencia, controlar asentamientos y refuerzo de cimentaciones u otras estructuras subterráneas).
5. Verificar constantemente el estado de las tuberías para detectar filtraciones y fugas, especialmente en zonas con alta saturación.
6. Implementar y mantener un sistema eficiente de drenaje pluvial y sanitario para evitar acumulación de agua en el subsuelo.
7. En la zona de estudio, el número máximo de pisos a construir debe ser determinado en base a estudios geotécnicos detallados que garanticen la seguridad y estabilidad de las edificaciones, previa autorización y validación por parte de la Municipalidad correspondiente.

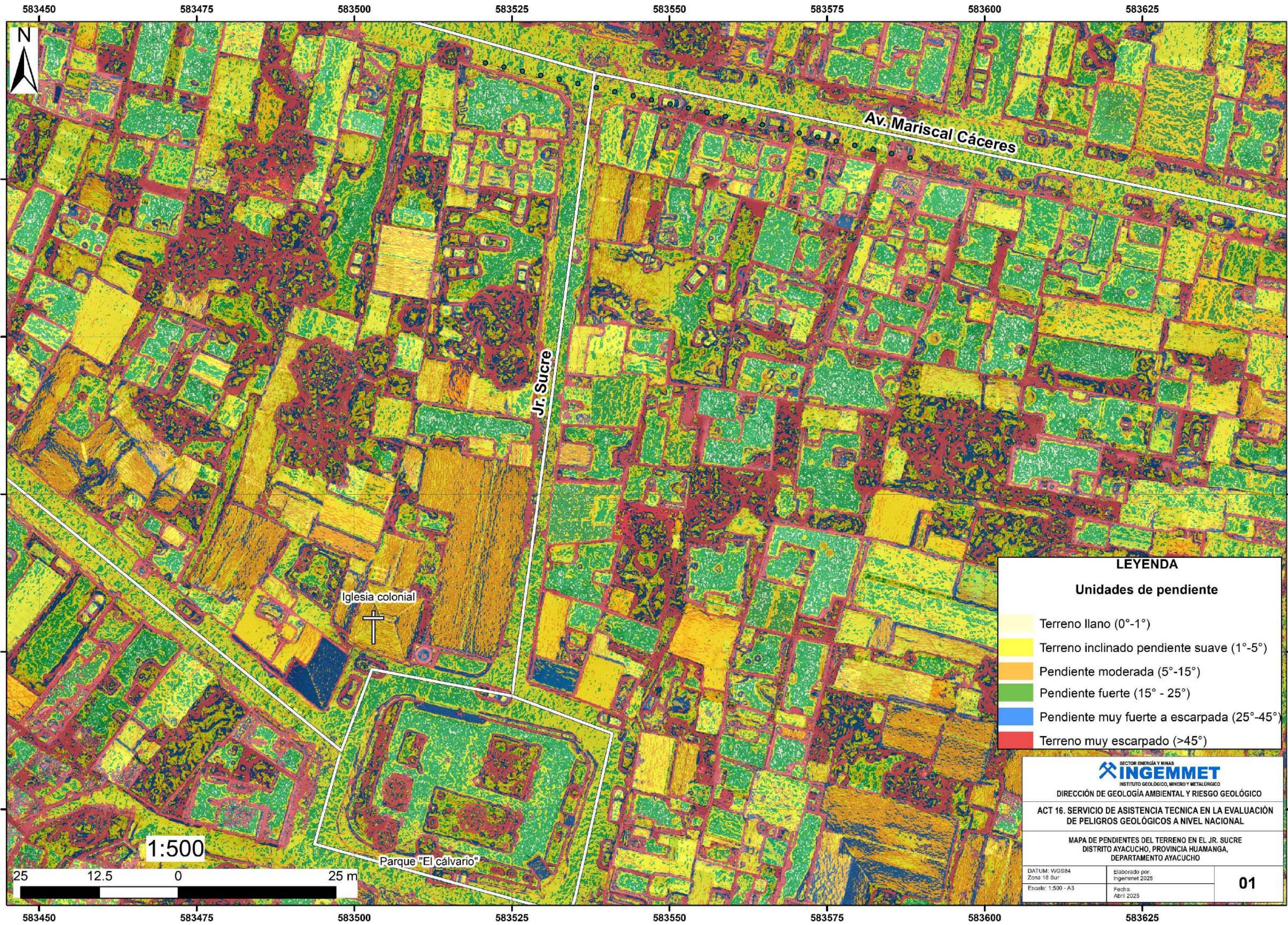

Segundo A. Núñez Juárez
ESPECIALISTA EN PELIGROS GEOLÓGICOS


Ing. GILBERTO ZAVALA CARRIÓN
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

8. BIBLIOGRAFÍA

- 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, Transportation researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- González, L.; Ferrer, M.; Ortuño, L. & Oteo, C., eds. (2002) - Ingeniería Geológica. Madrid: Pearson Educación, 732 p.
- Vílchez, J., Ramos, A., & Torres, L. (2019). *Mapa geomorfológico de la ciudad de Ayacucho*. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET).
- Coduto, D. P. (2002). *Geotechnical engineering: Principles and practices*. Prentice Hall.
- Das, B. M. (2011). *Principles of geotechnical engineering* (7th ed.). Cengage Learning.
- Kramer, S. L. (1996). *Geotechnical earthquake engineering*. Prentice Hall.
- Rodríguez, J. M., & Vázquez, J. L. (2016). *Patología y rehabilitación de cimentaciones*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- Holtz, R. D., Kovacs, W. D., & Sheahan, T. C. (2011). *An introduction to geotechnical engineering* (2nd ed.). Pearson.

ANEXO 1: MAPAS



LEYENDA

Unidades de pendiente

- Terreno llano (0° - 1°)
- Terreno inclinado pendiente suave (1° - 5°)
- Pendiente moderada (5° - 15°)
- Pendiente fuerte (15° - 25°)
- Pendiente muy fuerte a escarpada (25° - 45°)
- Terreno muy escarpado ($>45^{\circ}$)



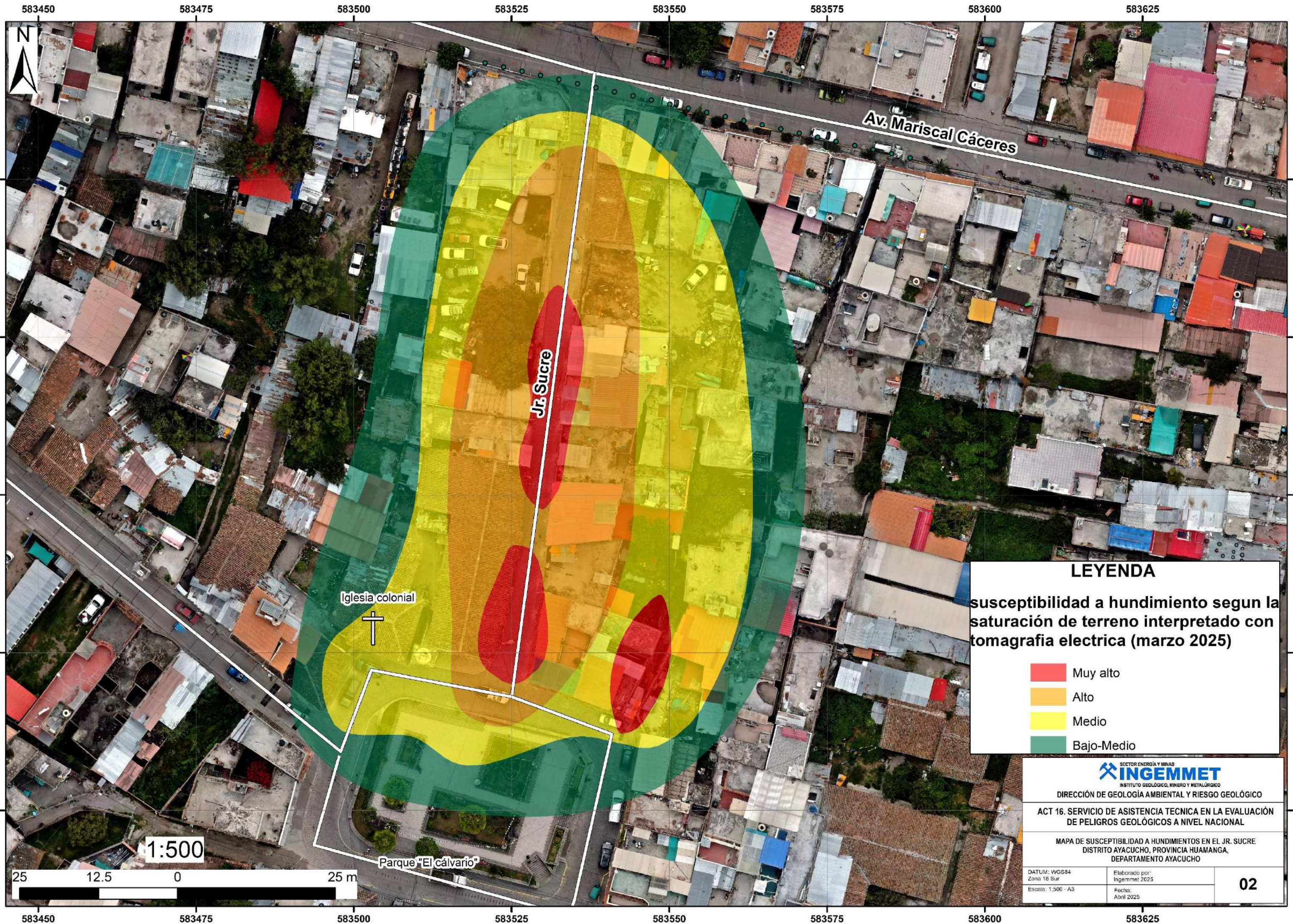
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

ACT 16. SERVICIO DE ASISTENCIA TÉCNICA EN LA EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

MAPA DE PENDIENTES DEL TERRENO EN EL JR. SUCRE
DISTRITO AYACUCHO, PROVINCIA HUAMANGA,
DEPARTAMENTO AYACUCHO

DATUM: WGS84
Zona 18 Sur
Escala: 1:500 - A3

Elaborado por:
Ingenmet 2025
Fecha:
Abril 2025



LEYENDA

susceptibilidad a hundimiento segun la saturación de terreno interpretado con tomografia electrica (marzo 2025)

- Muy alto
- Alto
- Medio
- Bajo-Medio



DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

ACT 16. SERVICIO DE ASISTENCIA TÉCNICA EN LA EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A HUNDIMIENTOS EN EL JR. SUCRE
DISTRITO AYACUCHO, PROVINCIA HUAMANGA,
DEPARTAMENTO AYACUCHO

DATUM: WGS84 Zona 18 Sur	Elaborado por: Ingenmet 2025	02
Escala: 1:500 - A3	Fecha: Abril 2025	

