PERÚ Ministerio del Ambiente

IGP Instituto Geofísico del Perú

PERÚ Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUÍA

(Provincia de Huarochirí, Región Lima)

Informe Técnico n.° 015-2026/IGP CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA



Lima-Perú
Julio, 2026

CRÉDITOS

Nelly Paredes del Castillo
Ministra del Ambiente

Hernando Tavera
Jefe institucional del IGP

Juan Carlos Gómez
Director de la Dirección de Ciencias de la Tierra Sólida del IGP

Zonificación geofísica-geotécnica de suelos en el área urbana del distrito de Antioquía (provincia de Huarochirí, región Lima)
Informe técnico

Isabel Bernal
Wilfredo Sulla
Juan Carlos Gómez
Hernando Tavera
Autores

Evaluación geofísica: Wilfredo Sulla, Isabel Bernal, César Huayhua, Fabiola Rosado, Jonathan Díaz, Jorge Salas, Franco Saavedra, Jesús Huarachi
Cartografía: Juan Carlos Ramírez
Evaluación geodinámica-geotécnica: Pilar Vivanco, Yordi Gloria, Gina Cutipa, Juan Carlos Gómez
Apoyo logístico: Juan Carlos Aguilar, Roberth Yupanqui
Apoyo administrativo: Marisol Enríquez, Susana Huaccachi
Participantes

Hernando Tavera
Jorge Concha
Edición de contenido

Jorge Concha
Diseño y diagramación

Este informe ha sido elaborado por el Instituto Geofísico del Perú (IGP)
Calle Badajoz 169, Mayorazgo, Ate, Lima
Teléfono: +5113172300

Accede libremente al Repositorio Geofísico Nacional (REGEN) para descargar este informe:
https://repositorio.igp.gob.pe/

REGEN

Lima, julio de 2026

Programa Presupuestal 068
REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS POR DESASTRES

ESTUDIOS PARA LA ESTIMACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES

Actividad
Desarrollo de estudios para establecer el riesgo a nivel territorial

ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUÍA

(Provincia de Huarochirí, Región Lima)



Lima, Perú
Julio de 2026

INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ **(IGP)**

RESUMEN

Se analizan y evalúan las características físicas, dinámicas y geodinámicas del área urbana del distrito de Antioquía mediante la aplicación integrada de estudios multidisciplinarios de geofísica y geotecnia. Los resultados evidencian el predominio de suelos rígidos a muy rígidos, constituidos por gravas, bloques, arenas y limos. Los perfiles sísmicos identifican capas de hasta 16 m de espesor. Asimismo, los valores de Vs_{30} varían entre 474 y 695 m/s, con periodos dominantes entre 0.1 y 0.2 s. De manera sectorizada, en el extremo sureste, los suelos responden a periodos de 0.3 s. En general, los suelos presentan contenido de humedad de moderado a alto y una capacidad de carga portante de media a alta (> 2.0 kg/cm^2) a 1.5 m de profundidad. De acuerdo con estos resultados, en el área urbana de Antioquía predominan suelos de tipo S1, S2 y S4, es decir, suelos muy rígidos, rígidos y blandos, todos cubiertos por una capa delgada de suelos poco compactos. Ante una demanda sísmica, estos suelos podrían experimentar altos niveles de sacudimiento, lo que afectaría principalmente a las construcciones y a la infraestructura del área urbana en estudio.

CONTENIDO

5 Resumen

8 Introducción

8 Área de estudio

8 Crecimiento urbano

8 Norma Técnica E.030

11 Información previa

13 Aspectos geológicos y geotécnicos

13 Geomorfología

17 Geología local

17 Geodinámica superficial

22 Aspectos geotécnicos

30 Aspectos geofísicos

30 Método de razones espectrales-vibración ambiental

36 Métodos sísmicos

45 Método de tomografía eléctrica

51 Zonificación geofísica-geotécnica

51 Caracterización física y dinámica de los suelos

56 Mapa de zonificación geofísica-geotécnica

59 Conclusiones

60 Referencias

62 Anexos



Vista satelital del distrito de Antioquía, región Lima.

1. Introducción

En el marco del convenio específico de colaboración interinstitucional entre el Instituto Geofísico del Perú (IGP) y el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), se realizó el estudio «Caracterización geofísica y geotécnica de suelos en el área urbana de Antioquía», en la provincia de Huarochirí, región Lima. De acuerdo con la historia sísmica del Perú, la región central ha sido afectada constantemente por eventos sísmicos de variada magnitud que han generado altos niveles de sacudimiento del suelo, evidenciados en los daños observados después de los sismos ocurridos en la región Lima (Silgado, 1978; Tavera et al., 2014). Debido al carácter cíclico de los sismos, es esperable que, en el futuro, las mismas ciudades o áreas urbanas sean afectadas por nuevos eventos sísmicos con igual o mayor intensidad.

Durante los últimos años, el área urbana del distrito de Antioquía ha experimentado un crecimiento gradual y desordenado de la población, con ocupación de zonas inestables, como la margen izquierda de la quebrada Chamacna y sectores próximos a pendientes. Esta situación incrementa su nivel de riesgo ante posibles demandas sísmicas. Asimismo, históricamente, los flujos de detritos que han circulado por la quebrada Chamacna han afectado principalmente la vía de acceso al área urbana de Antioquía.

En el presente estudio se realiza la caracterización geofísica de los suelos en el área urbana del distrito de Antioquía y en sus áreas de expansión urbana, con el fin de conocer su comportamiento dinámico ante la demanda sísmica. Para ello, se han desarrollado estudios multidisciplinarios mediante metodologías que integran información geofísica, geológica, geodinámica, geomorfológica y geotécnica. La integración de los resultados mediante estas metodologías permitió elaborar el mapa de zonificación geofísica y geotécnica de suelos para el área urbana del distrito de Antioquía.

1.1 Área de estudio

El área urbana de Antioquía, ubicada en la región Lima entre las coordenadas UTM 335677 E y 8664109 N (WGS84, zona 18S), se sitúa a una altitud media de 1550 m s. n. m. Limita al norte con el cerro Chicta, al este con el cerro Espinal y al sur y oeste con el río Lurín (Figura 1). Antioquía está asentada sobre un abanico aluvial de morfología irregular, cuya área urbana está ocupada por 1225 habitantes (INEI, 2018).

1.2 Crecimiento urbano

En la Figura 2 se compara el crecimiento poblacional del casco urbano del área urbana de Antioquía desde 1955 hasta la actualidad. Se evidencia que dicha expansión se produjo principalmente en dirección este y noreste desde la plaza de Armas. Históricamente, entre los fenómenos naturales que habrían afectado directamente al casco urbano y a la población se encuentran los sismos, que pueden generar altos niveles de sacudimiento del suelo, y las precipitaciones intensas, las cuales, de manera conjunta o independiente, pueden ocasionar flujos de detritos, derrumbes, erosión de laderas e inundación fluvial, con afectación significativa del área urbana y de la población (Figura 3).

1.3 Norma Técnica E.030

En el Perú, la construcción de obras civiles de cualquier envergadura debe considerar lo establecido por la Norma Técnica E.030, «Diseño sismorresistente», del Reglamento Nacional de Edificaciones, modificada mediante Decreto Supremo n.° 003–2016-Vivienda y actualizada según Resolución Ministerial n.° 183–2026-Vivienda. Básicamente, esta norma considera los perfiles de suelos en función de sus propiedades físicas y toma en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte (Vs_{30}). En este estudio, la norma se adapta a la zona de estudio de acuerdo con lo mostrado en la Tabla 1.



Figura 1. Mapa de ubicación del área urbana del distrito de Antioquía, provincia de Huarochirí, región Lima.

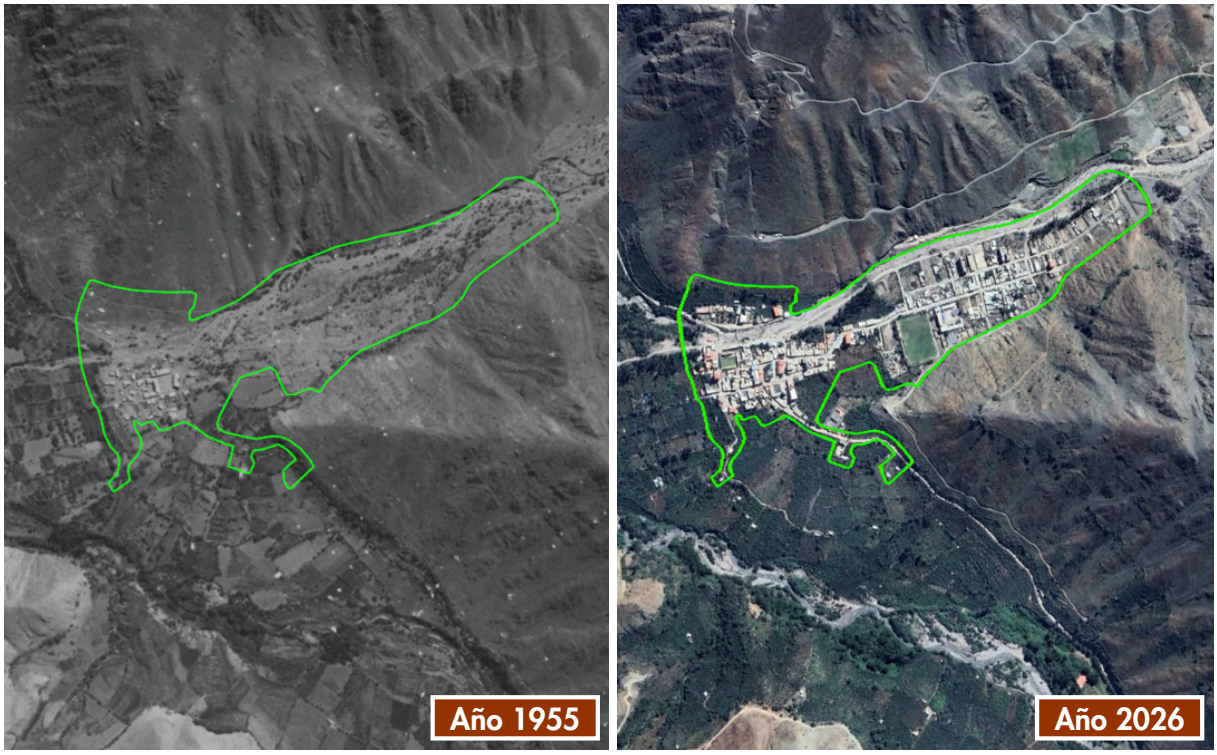


Figura 2. Crecimiento del casco urbano del distrito de Antioquía desde 1955 hasta la actualidad.



Figura 3. Daños estructurales en viviendas ubicadas hacia el extremo suroeste del área de estudio.

Tabla 1. Clasificación de perfiles de suelos adaptados a la zona de estudio, a partir de lo establecido en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2026).

Perfil	Velocidades de ondas de corte (Vs_{30})	Periodos To (s)	Tipos de suelos	Simbología
S0	>800 m/s	–	Roca dura	
S1	550 a 800 m/s	0.1–0.2	Suelos muy rígidos o roca fracturada	
S2	350 a 550 m/s	0.2–0.4	Suelos rígidos	
S3	200 a 350 m/s	0.4–0.6	Suelos intermedios (medianamente rígidos)	
S4	<200 m/s	–	Suelos blandos	
	Condiciones excepcionales	–	Suelos inestables por su composición	
			Suelos inestables por topografía	
	Zonas con factor de amplificación relativa >3.0 veces			

La velocidad de propagación de ondas de corte en los primeros 30 metros (Vs_{30}) se determina mediante la siguiente fórmula:

$$Vs30 = \frac{\sum_{i=1}^{n} d_i}{\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{d_i}{Vs_i} \right)}$$

Donde:

di = espesor de cada uno de los estratos n.
Vs_i = velocidad de ondas de corte (m/s).

Esta zonificación condiciona el tipo de estructura por construir, incluido el tipo de material, la geometría y el número de pisos. Debe evitarse que el periodo fundamental de la estructura coincida con el del suelo, a fin de prevenir resonancia o doble amplificación sísmica. En general, en cualquier estudio se deberá considerar el tipo de suelo que mejor describa las condiciones locales.

1.4 Información previa

En el año 2025, la Municipalidad Distrital de Antioquía elaboró el informe «Plan de prevención y reducción del riesgo de desastres ante movimientos en masa, inundaciones e incendios forestales 2025–2030». En dicho documento se concluye que existen, principalmente, dos fenómenos naturales que afectan a esta localidad: la alta vulnerabilidad ante movimientos en masa en la parte central del área de estudio y las inundaciones asociadas a la quebrada Chamacna, vinculadas con flujos de detritos.

En el año 2020, el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) elaboró el boletín «Peligro geológico en la región Lima», en el que se identifica la Zona crítica 69 (336263E, 8663290N), ubicada en la carretera Lima-Antioquía, en la margen derecha del río Lurín, afectada por fenómenos como huaycos, erosión fluvial y derrumbes. En este informe se describe que, en el área urbana de Antioquía y sus

inmediaciones, ocurren eventos geodinámicos como derrumbes, flujos de detritos, erosión de laderas e inundación fluvial. Asimismo, se indica que los huaicos son excepcionales y se generan en ambas márgenes del río Lurín; descienden por laderas con pendientes moderadas a altas, tal como ocurre en la quebrada Cochahuayco (Luque et al., 2020).

En el año 2014, el Instituto Geofísico del Perú (IGP) desarrolló un proyecto de cooperación con el Banco Mundial y publicó el estudio «Reevaluación del peligro sísmico probabilístico para el Perú», en el que se consideró la alta sismicidad del territorio nacional (Tavera et al., 2014). En este estudio se determinó que, para un periodo de retorno de 500 años, el distrito de Antioquía podría experimentar niveles de sacudimiento del suelo de hasta 350 Gal.

En el año 1996, el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) elaboró el «Estudio geotécnico de futuras áreas de expansión urbana entre Lima y Cañete». El informe describe las características de los suelos en distintas localidades de Lima y Cañete, e indica que, en el caso de Antioquía, sobresalen suelos conformados por bolos (20 %), cantos (25 %) y gravas (30 %) en matriz areno-limosa arcillosa (2 %), de poco compactos a compactos y de permeabilidad media. Además, los califica como buen terreno de fundación (Guzmán et al., 1996).

2. Aspectos geológicos y geotécnicos

Se describen la geomorfología, la geología, los tipos de eventos geodinámicos que afectan la seguridad del área de estudio y los aspectos geotécnicos de los suelos del área urbana del distrito de Antioquía.

2.1 Geomorfología

La geomorfología estudia las diferentes formas del relieve de la superficie terrestre (geoformas) y los procesos que las generan. A continuación, se describen las unidades geomorfológicas identificadas en el área urbana del distrito de Antioquía.

2.1.1 Pendientes

Este parámetro, expresado en grados, influye en la formación de los suelos y condiciona el proceso erosivo, puesto que, cuanto más pronunciada es la pendiente, mayor es la velocidad del agua de escorrentía, lo que dificulta su infiltración en el suelo (Beláustegui, 1999).

El mapa de pendientes del área urbana de Antioquía fue desarrollado a partir del modelo digital de elevación (MDE) de alta resolución, generado mediante levantamiento fotogramétrico con vehículo aéreo no tripulado (dron) durante las campañas de campo. Asimismo, se utilizaron herramientas de geoprocesamiento para diferenciar gráficamente los ángulos de inclinación del relieve en el área de estudio y, para la clasificación, se emplearon los rangos de pendientes propuestos por Fidel et al. (2006), como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Rangos de clasificación de pendientes del terreno.

PENDIENTE EN GRADOS (°)	CLASIFICACIÓN
<5	Muy baja
5–20	Baja
20–35	Media
35–50	Fuerte
>50	Muy fuerte

La mayor parte del área urbana del distrito de Antioquía se encuentra asentada sobre un abanico aluvial con pendientes menores de 20°. Hacia el norte y el sur se observa la presencia de montañas, donde la pendiente varía entre 25° y 50° (Figura 4).

2.1.2 Unidades geomorfológicas

Las principales unidades geomorfológicas delimitadas en el área de estudio, considerando sus características físicas y los procesos que las han originado, son las siguientes:

- **Lecho fluvial**

Corresponde al canal excavado por los flujos de la quebrada Chamacna (Figura 5). Su morfología depende del caudal, la pendiente, el tamaño de los sedimentos y la erosionabilidad del sustrato rocoso, factores que determinan el equilibrio entre la carga de sedimentos y la capacidad de transporte del flujo. El lecho fluvial de la quebrada Chamacna recorre el área de estudio de noreste a sureste. En el sector cercano a la carretera de acceso a Antioquía, se encuentra protegido por muros de concreto y bloques de roca que reducen la erosión ocasionada por los flujos.

- **Montañas**

Corresponden a geoformas que superan los 250 m de altura. Esta unidad geomorfológica está modelada sobre rocas volcánicas pertenecientes a la Formación Quilmaná, las cuales se encuentran intensamente afectadas por procesos tectónicos y erosivos, evidenciados por la presencia de fracturas y zonas de alteración. Esta geoforma presenta pendientes que varían entre 30° y 45° y, de manera restringida, pendientes mayores de 45°, principalmente hacia el extremo sur del área de estudio (Figura 6).

- **Terrazas**

Corresponden a geoformas de origen fluvial, formadas por procesos de sedimentación e incisión asociados a la dinámica de la quebrada Chamacna. Presentan superficies subhorizontales a suavemente inclinadas y están compuestas por

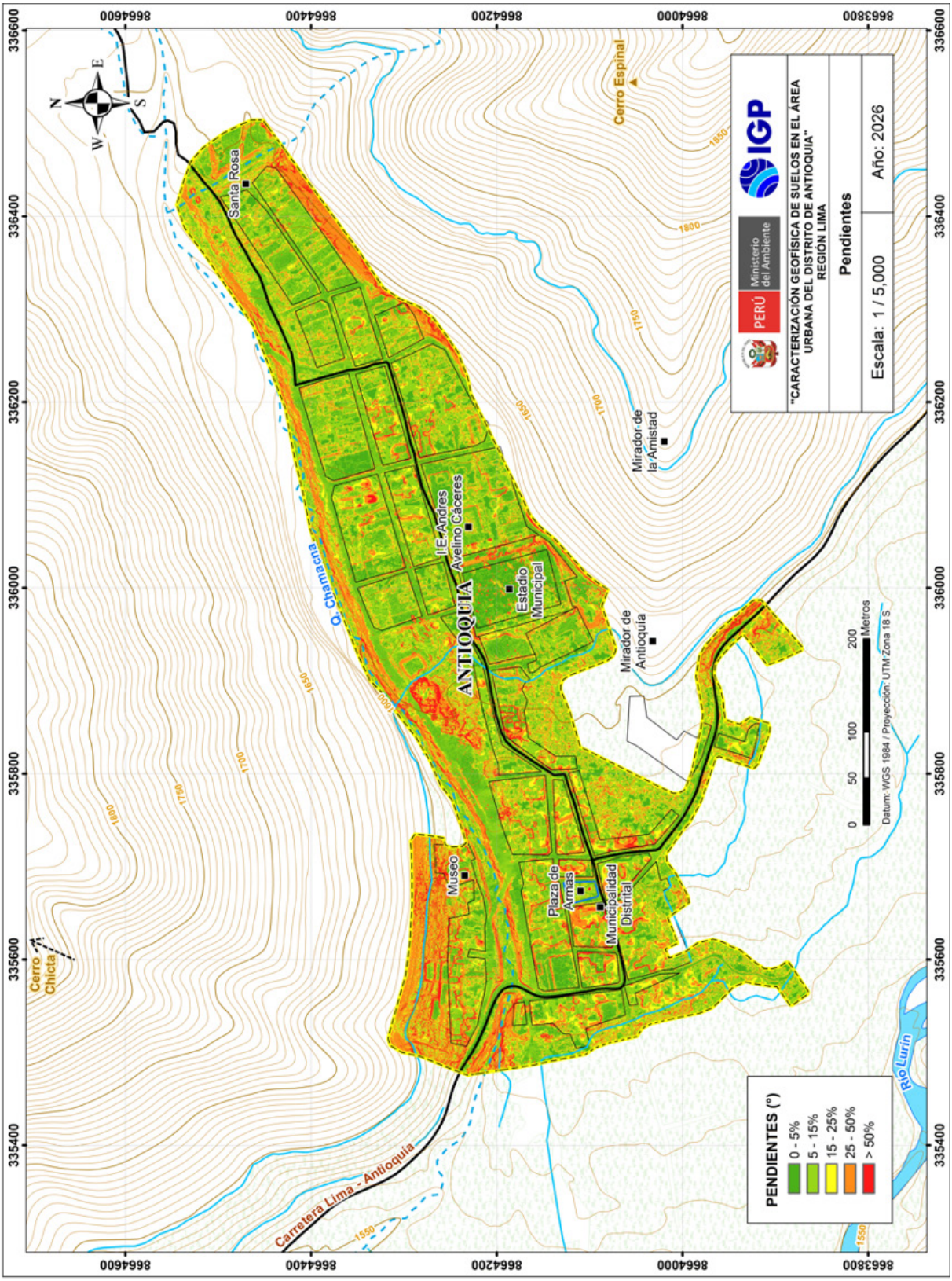


Figura 4. Mapa de pendiente del área urbana de Antioquía.

fragmentos de rocas de diferente tamaño, como bolos, cantos, gravas y arenas. Estos materiales fueron transportados durante eventos de flujo y posteriormente depositados en ambas márgenes de la quebrada (Figura 7).

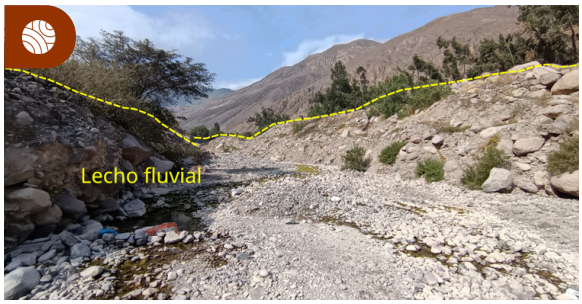
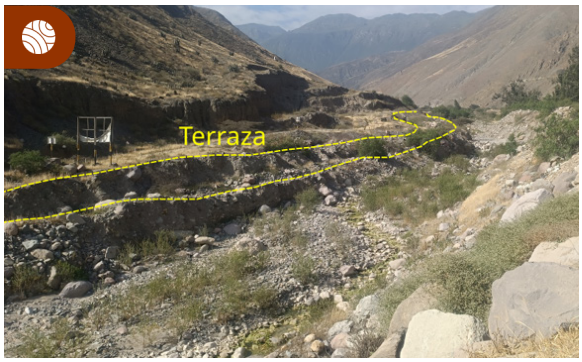


Figura 5. Lecho fluvial de la quebrada Chamacna, visto en dirección aguas arriba.



Figura 6. Montañas de la margen izquierda de la quebrada Chamacna.



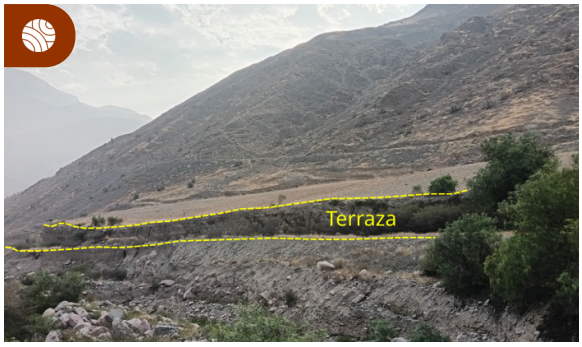


Figura 7. Terrazas en la margen derecha de la quebrada Chamacna.

• Cauce de quebrada

Esta unidad geomorfológica es de origen gravitacional y erosivo, y corresponde a un sistema de drenaje con escorrentía intermitente que forma parte de la cuenca Cachimayo. Se desarrolla en zonas montañosas y se localiza en los sectores noroeste y sureste del área de estudio. Sus cabeceras se encuentran en las partes altas de las montañas, cuyas laderas presentan pendientes moderadas a fuertes (Figura 8). En el cauce se acumulan materiales que pueden ser movilizados y transportados por el agua de escorrentía durante los periodos de lluvia.



Figura 8. Cauce de quebrada afluente en la margen izquierda de la quebrada Chamacna.

• Abanico aluvial

Corresponde a una geoforma de configuración cónica desarrollada sobre las áreas llanas de la zona urbana. Este es el caso del abanico aluvial de la quebrada Chamacna, conformado por depósitos de gravas, bloques, arenas y limos de origen aluvial. Se trata de una geoforma de gran extensión e importancia, debido a que sobre ella se ha desarrollado el área urbana de Antioquía. Asimismo, se han identificado abanicos de menor extensión en las quebradas tributarias, cuyos depósitos presentan características diferentes debido a su menor distancia de transporte, como clastos más angulosos y una matriz más abundante (Figura 9).



Figura 9. Abanico aluvial en la margen derecha de la quebrada Chamacna.

Finalmente, en la Figura 10 se presenta el mapa geomorfológico para el área urbana de Antioquía, elaborado con la información recolectada en campo.

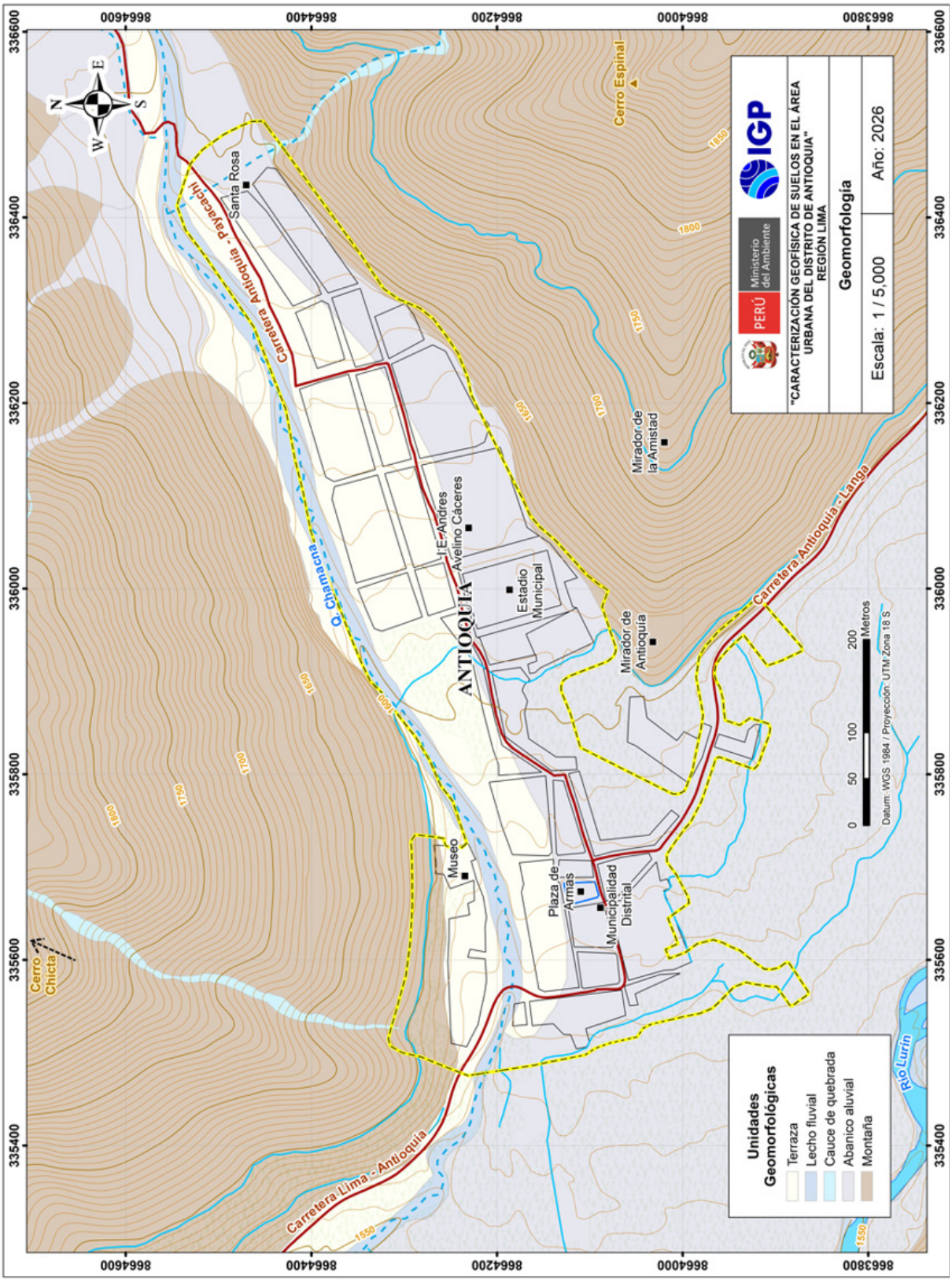


Figura 10. Mapa geomorfológico del área urbana de Antioquía.

2.2 Geología local

La geología local que caracteriza a la zona de estudio se desarrolló sobre la base del mapa geológico del cuadrángulo de Huarochirí, hoja 25-k, a escala 1:100 000 (Quispesivana & Navarro, 2002), actualizado a escala 1:50 000 (Trinidad Aranciaga et al., 2021). Esta información se complementa con el cartografiado realizado en campo. De acuerdo con estos resultados, se identificaron las siguientes unidades geológicas:

- **Formación Quilmaná (Kis-qui)**

Corresponde a una unidad litoestratigráfica compuesta por una gruesa secuencia volcánico-sedimentaria de brechas volcánicas intercaladas con lavas andesíticas, muy fracturadas y meteorizadas. Asimismo, esta unidad se encuentra afectada por la intrusión de diques (Figura 11). Estas rocas conforman las montañas que delimitan la quebrada Chamacna.



Figura 11. Afloramiento de rocas volcánicas de Formación Quilmaná. Se observan los diques y el fracturamiento en la roca.

- **Depósitos cuaternarios**

Están conformados por depósitos fluviales, aluviales y coluvio-aluviales, originados por procesos de erosión, transporte y sedimentación que actúan en los cauces y las laderas de las montañas.

- **Depósito aluvial (Qh-al)**

Está compuesto por materiales de diferente granulometría, como bolos, gravas y arenas, principalmente de origen volcánico. Los clastos son heterométricos y presentan formas subangulosas, subredondeadas y redondeadas, dentro de una matriz de arenas y limos. Este depósito conforma las terrazas y parte del abanico aluvial de la quebrada Chamacna (Figura 12).

- **Depósito coluvio-aluvial (Qh-clal)**

Se origina por la acción combinada de movimientos en masa, como derrumbes y caídas de rocas, y procesos de transporte y redeposición por escorrentía superficial. Está constituido por materiales gruesos, principalmente gravas angulosas a subangulosas, mezclados con materiales finos, como arenas, limos y arcillas, presentes en menor proporción. Presenta una distribución caótica y conforma taludes de escombros, depósitos de ladera y zonas de piedemonte (Figura 12).

- **Depósito fluvial (Qh-fl)**

Está constituido por materiales sedimentarios heterométricos, como arenas, gravas, cantos y bolos, transportados y depositados por la corriente de la quebrada Chamacna a lo largo de su cauce (Figura 12).

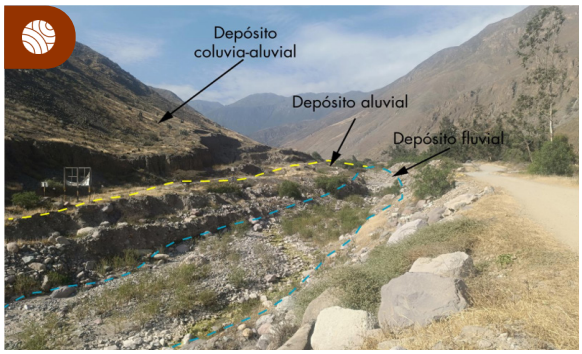


Figura 12. Se observan los distintos tipos de depósitos identificados y sus contactos.

Finalmente, en la Figura 13 se presenta el mapa geológico para el área urbana de Antioquía, elaborado con la información recolectada en campo.

2.3 Geodinámica superficial

La geodinámica estudia los procesos geológicos que provocan modificaciones en la superficie terrestre como resultado de la interacción de procesos internos y externos, los cuales originan cambios físicos, químicos y morfológicos que alteran el relieve actual. Los eventos geodinámicos identificados en el área de estudio se describen a continuación:

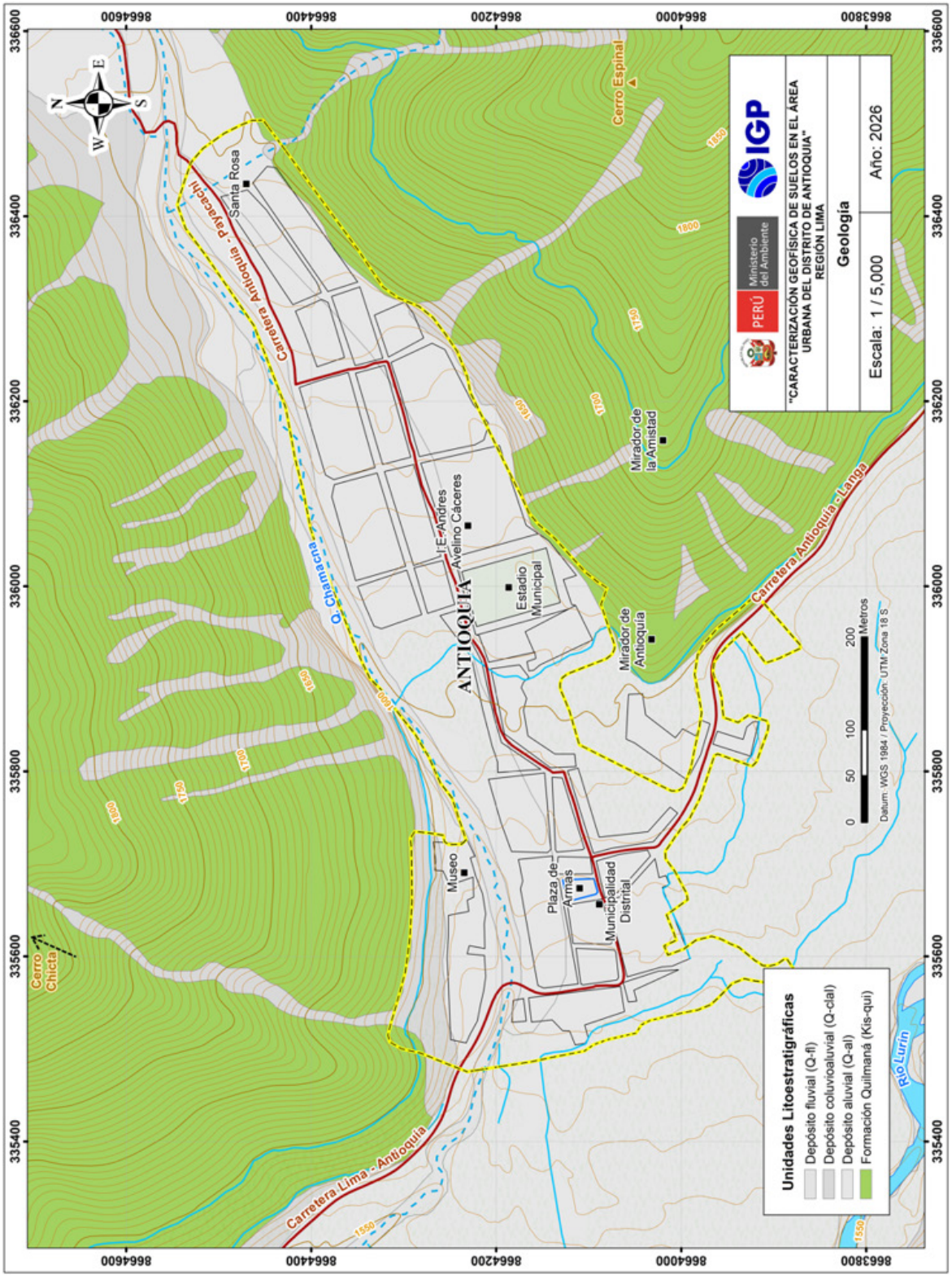


Figura 13. Mapa geológico del área urbana de Antioquía.

2.3.1 Movimientos en masa

Son movimientos que, por efecto de la gravedad, trasladan rocas, detritos o tierras ladera abajo (Cruden, 1991). Para clasificar los movimientos en masa en Antioquía se utilizaron las tablas propuestas por Varnes (1978) y Hutchinson (1988), debido a que consideran el tipo de movimiento —caídas, volcamientos, deslizamientos, flujos y propagación lateral— y el tipo de material —rocas y suelos—. El trabajo de campo realizado en el distrito de Antioquía y sus alrededores permitió identificar eventos de flujo de detritos y caída de rocas, además de áreas susceptibles a derrumbes y flujos.

• Caída de rocas

Corresponde a movimientos en masa asociados al desprendimiento de bloques rocosos, condicionados por las características del macizo rocoso y la presencia, orientación y distribución de fracturas. En el área de estudio, estos eventos se identificaron en la vía de acceso a una unidad minera ubicada en la parte alta de la montaña, a 163 m al norte del museo de Antioquía. Los cortes efectuados para habilitar la vía han generado taludes con pendientes muy pronunciadas, incluso subverticales, y han expuesto macizos rocosos con un alto grado de fracturamiento, tal como se observa en la Figura 14. Estas condiciones reducen la estabilidad de los taludes, debido a que favorecen el aislamiento de bloques rocosos y disminuyen la resistencia del macizo frente a la acción de la gravedad.

• Flujo de detritos

Corresponde al desplazamiento de una mezcla de agua, lodo y fragmentos de roca de diferentes tamaños, que se moviliza a gran velocidad a través de quebradas o valles; comúnmente se conoce como huaico. Estos eventos se producen principalmente durante periodos de precipitaciones intensas o extraordinarias, como



Figura 14. Zonas de caída de rocas en la vía de acceso norte.



Figura 15. Comparativa de las evidencias de flujos de detritos en el año 2003 y 2026.

las asociadas al fenómeno El Niño. Entre 2003 y 2026, los flujos de detritos han transitado por el cauce de la quebrada Chamacna y han afectado principalmente la vía de acceso al área urbana de Antioquía.

Mediante el análisis de imágenes satelitales de Google Earth correspondientes al año 2003, se identificaron evidencias de flujos en sectores actualmente ocupados por la población. Su distribución podría estar relacionada con cambios en la trayectoria del cauce principal de la quebrada o con la presencia de sectores de menor cota altimétrica o depresiones relativas del terreno, condiciones que habrían favorecido el desbordamiento y el posterior desplazamiento de los flujos hacia áreas adyacentes al cauce principal (Figura 15).

De igual manera, en la Figura 16 se observa un cambio notable del cauce en el tramo comprendido desde el ingreso a Antioquía, lo cual evidencia modificaciones en su patrón de drenaje. Este cambio habría sido consecuencia de un proceso de redireccionamiento o encauzamiento antrópico del flujo, posiblemente ejecutado con la finalidad de proteger o evitar la afectación de áreas agrícolas ya establecidas. No obstante, este tipo de intervenciones puede alterar la dinámica fluvial natural, restringir el espacio de movilidad del cauce y modificar las zonas de erosión, sedimentación y desborde. En consecuencia, el reconocimiento de la extensión histórica de la llanura de inundación y de las variaciones en la trayectoria del cauce constituye una evidencia importante para la evaluación del riesgo, ya que demuestra que el sector ha estado sujeto a cambios morfológicos a lo largo del tiempo y mantiene susceptibilidad potencial frente a futuros eventos de inundación o flujos torrenciales.

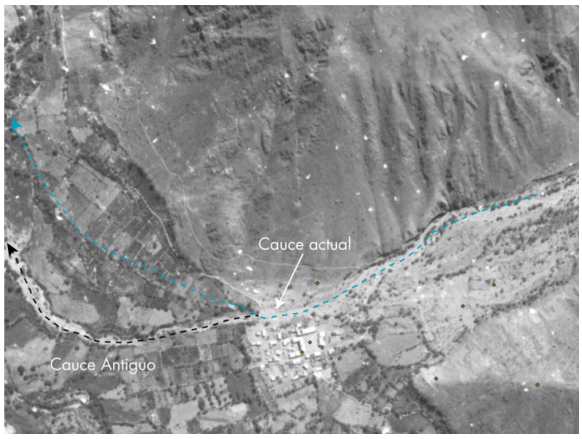


Figura 16. Desviación del cauce: diferencias entre 1955 y la actualidad.

2.3.2 Zonas de susceptibilidad

- **Zonas susceptibles a derrumbes**

Corresponde a áreas propensas a la ocurrencia de derrumbes debido principalmente a la pendiente del terreno y a la presencia de materiales sueltos o poco consolidados. A estas condiciones se suma la presencia de cárcavas e indicios de socavación en los depósitos, evidencias de erosión hídrica que contribuyen a la pérdida progresiva de soporte en la base de los taludes.

Estas áreas están presentes en la margen izquierda de la ruta de acceso al Mirador de Antioquía, aproximadamente a 15 m al sureste del área urbana, y han sido delimitadas sobre la base de las siguientes condiciones: laderas de pendientes entre 35° y 45°, compuestas por material coluvio-aluvial (gravas y bloques envueltos en

abundante matriz areno-limosa), con un espesor estimado de 10 m, que suprayace al macizo rocoso que conforma la montaña (Figura 17).

• Zonas susceptibles a flujos

Corresponde a áreas propensas a la ocurrencia de flujos de detritos. Comprende cauces de quebradas en cuyos lechos se acumulan materiales susceptibles de ser movilizados. La disponibilidad de estos materiales, junto con la longitud del recorrido y la pendiente del cauce, favorece la ocurrencia de flujos de detritos durante periodos de lluvias intensas. Estos cauces se localizan al noreste del área de estudio, a 170 m del Museo de Antioquía, y en el sector Santa Rosa. En este último sector se observó que el cauce de una quebrada tributaria fue desviado 17 m hacia el oeste hasta desembocar en el cauce principal de la quebrada Chamacna (Figura 18). En caso de producirse un flujo de detritos, podrían verse afectadas las vías de acceso a los miradores y parte del área urbana.

Finalmente, en la Figura 19 se presenta el mapa geodinámico para el área urbana de Antioquía, elaborado con la información recolectada en campo.



Figura 17. Vista de zona susceptible a derrumbes. En la parte inferior se observan bloques que no provienen del talud, sino que fueron depositados en el lugar por la actividad humana.

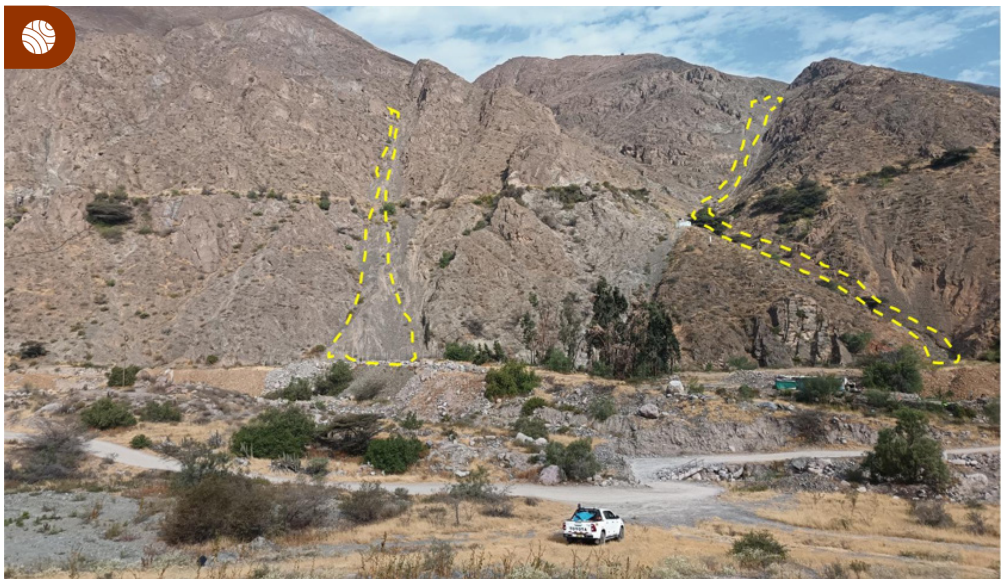


Figura 18. Zonas susceptibles a flujos (delimitada con la línea de color amarillo), en cauces ubicados en las laderas al noreste del área urbana de Antioquía.

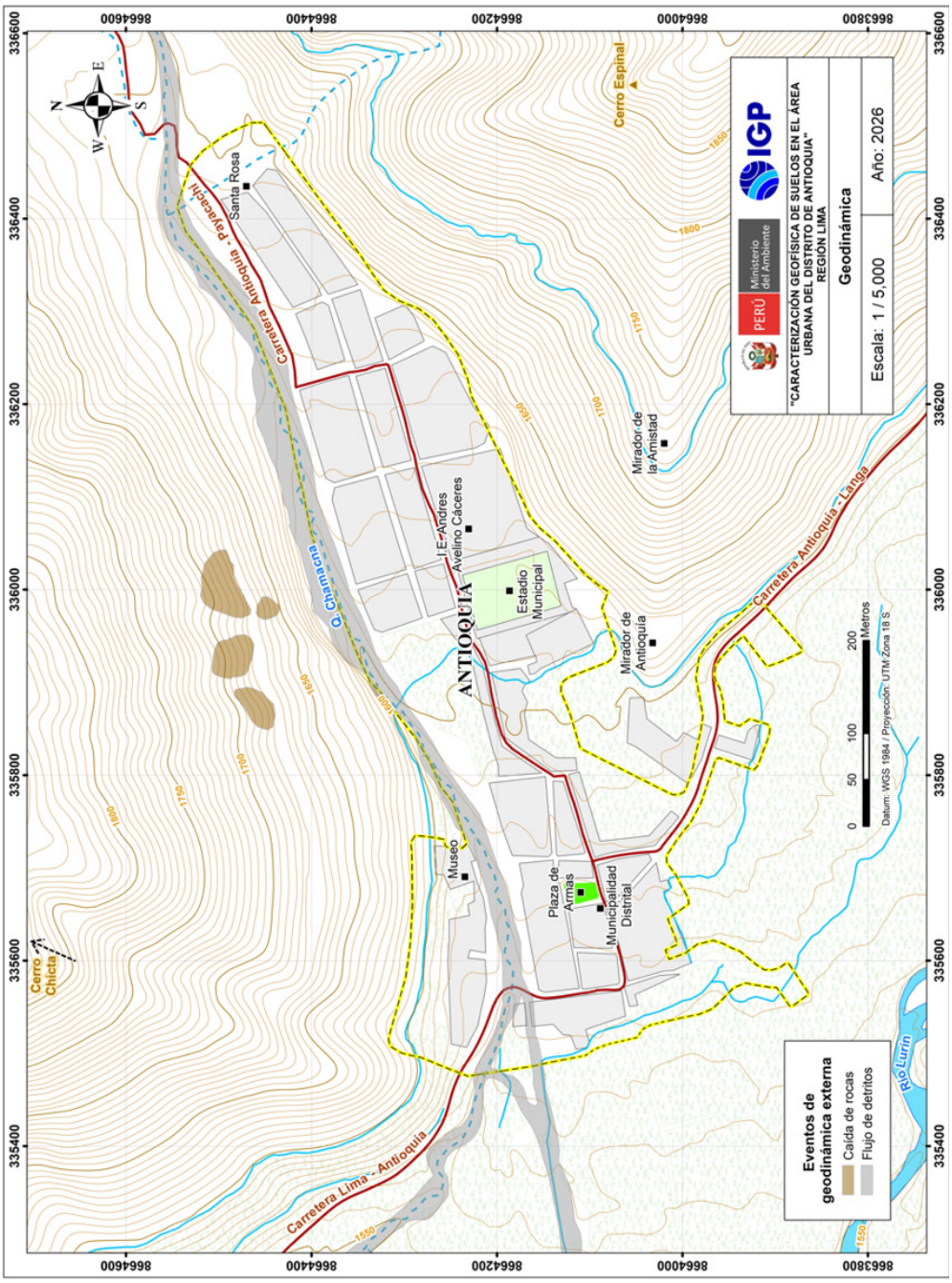


Figura 19. Mapa geodinámico del área urbana del distrito de Antioquía.

2.4 Aspectos geotécnicos

Los suelos son materiales no consolidados, producto de la meteorización y erosión de la roca madre. Están compuestos por minerales, materia orgánica, agua y aire, y forman depósitos de espesor variable en las partes bajas de las cuencas, sobre los cuales se asientan las áreas urbanas.

Para el análisis geotécnico de los suelos del área urbana de Antioquía y la determinación de sus propiedades físicas y mecánicas, se realizaron cinco exploraciones a cielo abierto (calicatas), 16 posteos y ocho ensayos de Penetración Dinámica Ligera (DPL), indicados en la Figura 20 y cuyos registros se describen en el Anexo I. Las muestras extraídas fueron analizadas en laboratorio para determinar su granulometría y plasticidad, así como sus parámetros de resistencia mediante ensayos de corte directo, empleados posteriormente en el cálculo de la capacidad portante.

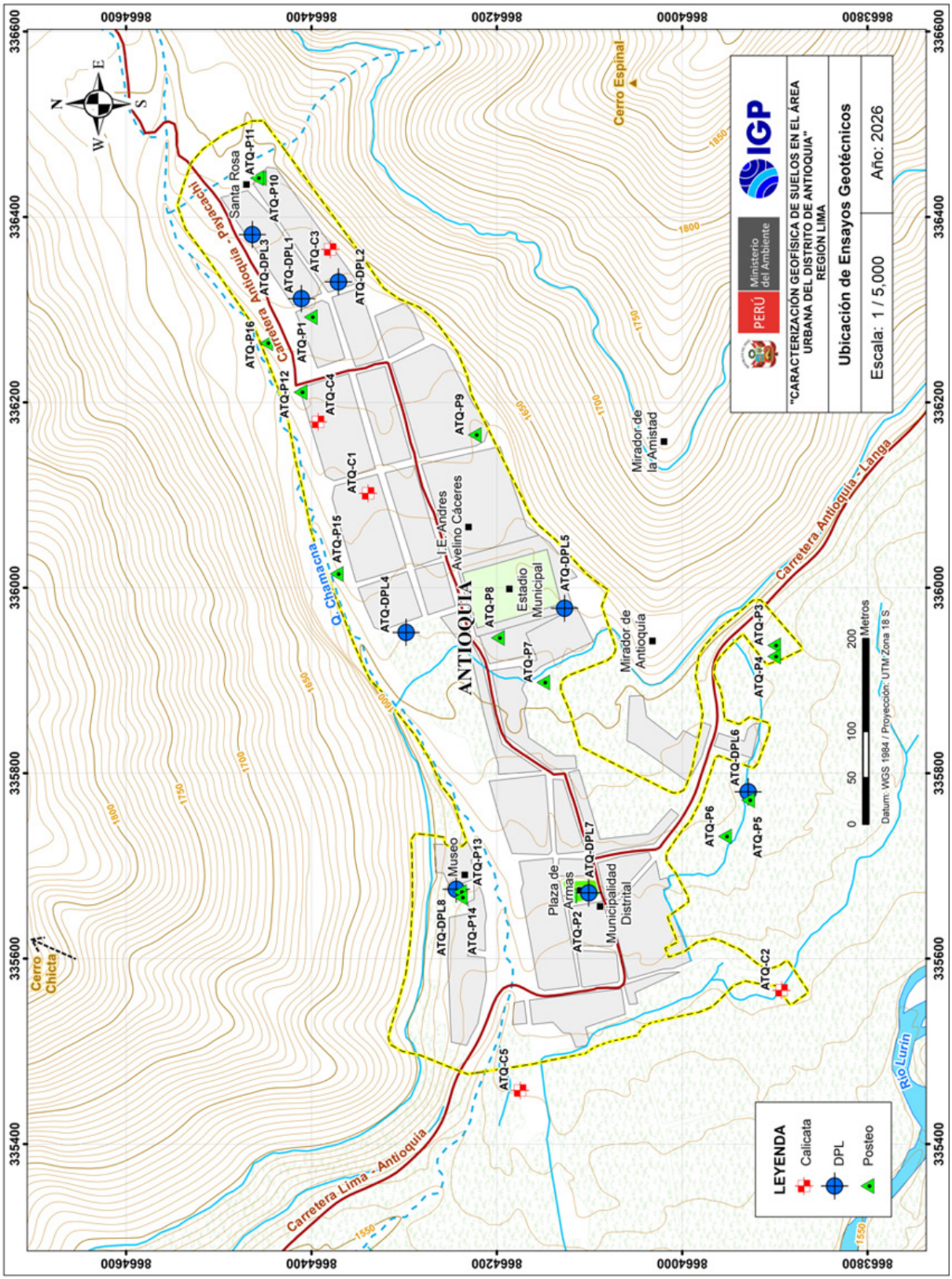


Figura 20. Mapa de ubicación de ensayos geotécnicos.

- ## Exploraciones a cielo abierto (calicatas, norma ASTM D420)

Es un método de exploración directa realizado hasta 3.00 m de profundidad, con el fin de describir los estratos que conforman el subsuelo. Asimismo, en cada calicata se extrajeron muestras en bolsas herméticas con capacidad de 5 kg, cuyas ubicaciones se muestran en la Tabla 3. La exploración geotécnica permitió identificar suelos conformados por gravas, arenas y limos.

- ## Exploraciones con posteadora manual

Se realizaron sondeos exploratorios hasta profundidades comprendidas entre 0.30 y 3.80 m. En cada sondeo se describieron los tipos de suelo identificados y sus condiciones de humedad. La ubicación y los resultados de los posteos se presentan en la Tabla 4, mientras que los registros y análisis correspondientes se incluyen en el Anexo I.

Tabla 3. Ubicación de calicatas.

CÓDIGO DE CALICATA	COORDENADAS UTM-WGS84		ELEVACIÓN (m s. n. m.)	PROFUNDIDAD (m)	NIVEL FREÁTICO (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)			
ATQ-C1	336102	8664339	1602	2.50	N. P.
ATQ-C2	335566	8663893	1547	2.50	N. P.
ATQ-C3	336365	8664380	1613	2.50	N. P.
ATQ-C4	336179	8664393	1601	0.30	N. P.
ATQ-C5	335458	8664175	1563	2.50	N. P.

Donde N. P. = No Presenta

Tabla 4. Ubicación de posteos y clasificación de suelos SUCS.

CÓDIGO DE POSTEO	COORDENADAS UTM-WGS84		ELEVACIÓN (m s. n. m.)	PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE SUELO	NIVEL FREÁTICO (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)				
ATQ-P1	336292	8664401	1562	0.70	GP-GM	N. P.
ATQ-P2	335668	8664121	1563	0.75	GP-GM	N. P.
ATQ-P3	335938	8663901	1561	0.45	GP-GM	N. P.
ATQ-P4	335926	8663901	1561	0.30	GP-GM	N. P.
ATQ-P5	335771	8663929	1560	0.45	GP-GM	N. P.
ATQ-P6	335732	8663954	1560	0.40	GP-Ct	N. P.
ATQ-P7	335895	8664150	1523	0.70	GP-Ct	N. P.
ATQ-P8	335946	8664199	1590	0.45	GP-GM-Ct	N. P.
ATQ-P9	336165	8664224	1604	1.4	GP-GM-Ct	N. P.
ATQ-P10	336442	8664456	1630	0.35	GP-GM-Ct	N. P.
ATQ-P11	336442	8664459	1630	0.90	GP-GM-Bq	N. P.
ATQ-P12	336211	8664412	1613	1.10	GP-GM-Ct	N. P.
ATQ-P13	335672	8664240	1572	0.60	GP-Bq	N. P.
ATQ-P14	335666	8664239	1572	0.50	GP-Ct	N. P.
ATQ-P15	336015	8664373	1594	3.00	GM-Bq	N. P.
ATQ-P16	336264	8664449	1612	3.80	GP-GM-Bq	N. P.

Donde Bq = bloques; Ct = cantos rodados; N. P. = No Presenta

- **Ensayo de penetración dinámica ligera (DPL) (NTP 339.159/DIN 4094-3)**

Es un ensayo de campo de registro continuo que consiste en contabilizar el número de golpes necesarios para lograr una penetración de 10 cm. Para ello, se utiliza un martillo de 10 kg que cae por gravedad desde una altura de 0.50 m sobre el sistema de varillas, cuyo extremo inferior está provisto de una punta cónica de 60°. Los resultados del ensayo permiten estimar, mediante correlaciones empíricas, el ángulo de fricción interna y las condiciones de compacidad de los suelos. Estos parámetros contribuyen a estimar su capacidad portante.

En la Tabla 5 se indica la ubicación de los ensayos DPL realizados en el área de estudio, el número de golpes y el ángulo de fricción interna calculado a partir de los parámetros de compacidad y densidad relativa, según la fórmula de Meyerhof (1956).

$$\Phi = 25° + 0.15 * Dr$$

Donde:

Φ = Ángulo de fricción interna
Dr = Densidad relativa

Los ensayos ATQ-DPL1, ATQ-DPL2, ATQ-DPL3, ATQ-DPL4, ATQ-DPL6, ATQ-DPL7 y ATQ-DPL8 alcanzaron profundidades menores o cercanas a 1.00 m, debido a que el suelo ofreció resistencia al avance de las varillas o se alcanzó el límite de 45 golpes.

Para el cálculo de la capacidad de carga se consideró una profundidad de cimentación superficial de 1.50 m, de acuerdo con la Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones (2018).

2.4.1 Clasificación de suelos SUCS

Con base en la información recopilada y en los resultados de las exploraciones realizadas (calicatas, posteos y DPL), y mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), en el área urbana de Antioquía se identificaron tres tipos de suelos (Figura 21):

Tabla 5. Ubicación de ensayos de penetración dinámica ligera (DPL) y parámetros obtenidos.

CÓDIGO DE DPL	COORDENADAS UTM-WGS84		ELEVACIÓN (m s. n. m.)	PROFUNDIDAD (m)	NÚMERO DE GOLPES	Φ (°)
	Este (m)	Norte (m)				
ATQ-DPL1	336312	8664411	1624	0.10	45	18.2
ATQ-DPL2	336330	8664371	1625	0.95	45	36.4
ATQ-DPL3	336381	8664464	1628	0.45	45	32.5
ATQ-DPL4	335952	8664298	1593	1.05	45	32.5
ATQ-DPL5	335978	8664127	1597	1.15	45	34.5
ATQ-DPL6	335780	8663929	1575	0.50	45	30.1
ATQ-DPL7	335671	8664101	1562	0.55	36	32.6
ATQ-DPL8	335675	8664244	1572	0.95	45	35.9

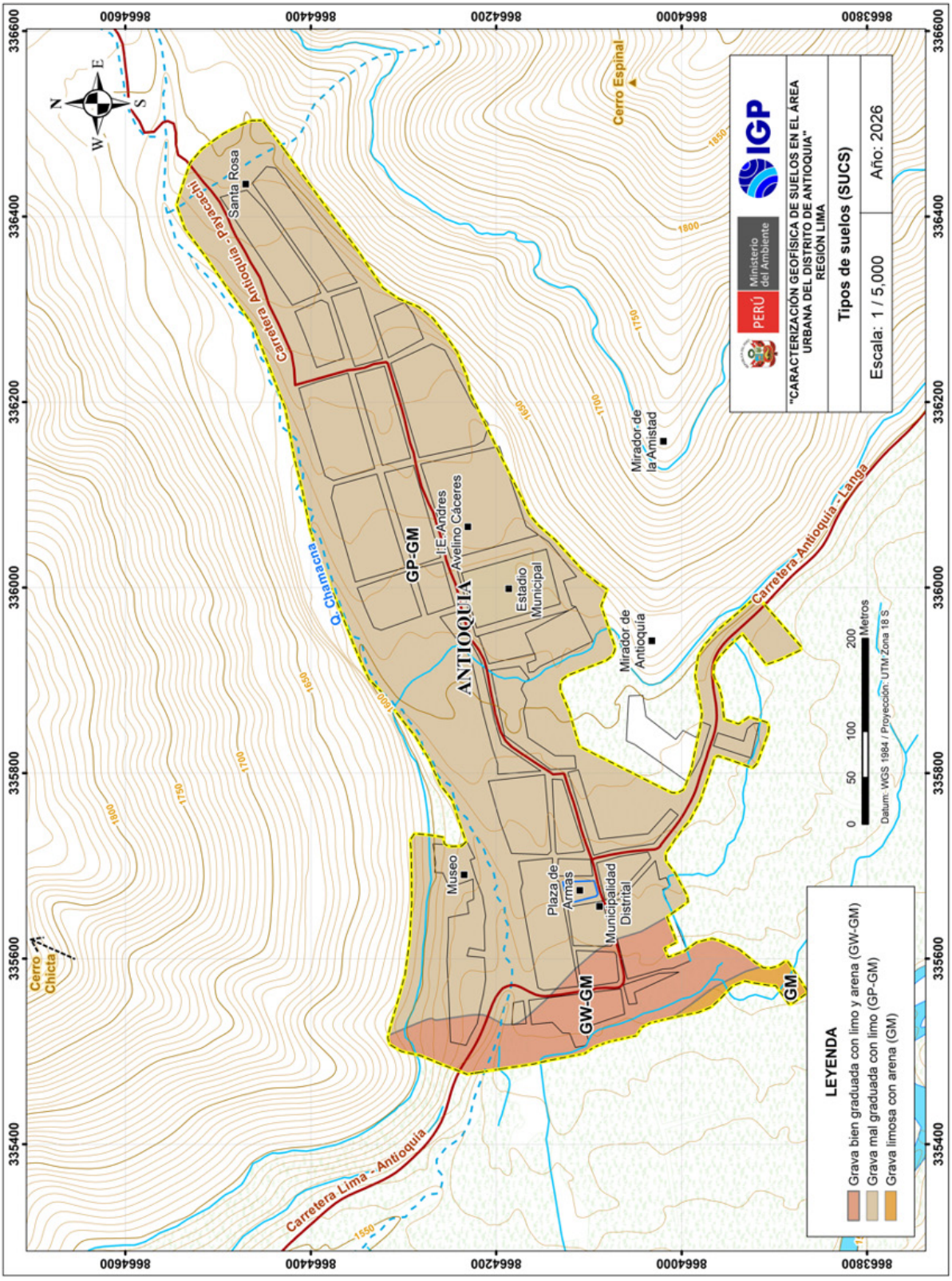


Figura 21. Mapa de clasificación de suelos SUCS en el área urbana del distrito Antioquía.

- **Suelos tipo GW-GM**

Corresponde a una grava bien graduada con limo. Presenta un contenido de humedad de 2.9 % y una compacidad media a alta. Representa el 10 % del área de estudio.

- **Suelos tipo GP-GM**

Corresponde a una grava mal graduada con limo. Presenta contenidos de humedad entre 2.1 % y 2.5 %, y una compacidad media a alta. Representa el 89 % del área de estudio.

- **Suelos tipo GM**

Corresponde a una grava limosa. Presenta un contenido de humedad de 6.6 % y una compacidad media. Representa el 1 % del área de estudio.

2.4.2 Capacidad de carga del suelo

Con base en la información recolectada en las calicatas y en los resultados de los ensayos de corte directo, se determinó la capacidad de carga portante del suelo.

- **Ensayo de corte directo (norma ASTM D3080)**

La finalidad del ensayo es determinar la resistencia al esfuerzo cortante de una muestra de suelo sometida a esfuerzos verticales y horizontales que simulan las condiciones de carga existentes o futuras en el terreno. Esta resistencia al corte se debe a dos componentes: la cohesión, asociada al comportamiento plástico de las partículas finas, y el ángulo de fricción interna, relacionado con el rozamiento entre las partículas granulares.

Los valores finales de la capacidad de carga portante de los suelos del área urbana de Antioquía se basan en datos del laboratorio de mecánica de suelos (Anexo I), corroborados con datos teóricos de los parámetros de ángulo de fricción y cohesión de Terzaghi et al. (1996), así como con información de los ensayos DPL realizados en campo, mediante el uso de las fórmulas de falla general o local, según el tipo de suelo.

- **Capacidad de carga portante**

Para el cálculo de la capacidad de carga de los suelos se emplearon los valores de ángulo de fricción y cohesión obtenidos del ensayo de corte directo. Los resultados de capacidad de carga portante de cinco muestras de suelo se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Capacidad de carga portante en el área urbana de Antioquía.

CÓDIGO DE MUESTRA	CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA (kg/cm^2)	CAPACIDAD DE CARGA PORTANTE (kg/cm^2)	FALLA DE CORTE
ATQ-C1	8.95	2.98	Falla de corte general
ATQ-C2	11.66	3.89	Falla de corte general
ATQ-C3	11.55	3.85	Falla de corte general
ATQ-C4	12.44	4.15	Falla de corte general
ATQ-C5	14.70	4.90	Falla de corte general
DIMENSIONES DE CIMENTACIÓN	Profundidad: 1.50 m | Ancho: 1.50 m		

Tabla 7. Capacidad portante según el criterio de falla general, calculada con base en el ángulo de fricción interna corregido mediante la correlación entre los valores N-DPL y N-SPT, y la cohesión obtenida mediante el ensayo de corte directo.

CÓDIGO DE ENSAYO	CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA (kg/cm²)	CAPACIDAD DE CARGA PORTANTE (kg/cm²)	FALLA DE CORTE
ATQ-DPL4	12.44	4.15	Falla de corte general
ATQ-DPL5	16.51	5.50	Falla de corte general
DIMENSIONES DE CIMENTACIÓN	Profundidad: 1.50 m | Ancho: 1.50 m		

Según los valores del ángulo de fricción corregido a partir de la correlación del «N» del DPL en función del SPT, y los datos de cohesión de los suelos obtenidos mediante el ensayo de corte directo realizado en el laboratorio de mecánica de suelos y la Tabla C (Anexo I), se determinaron las capacidades de carga de los suelos investigados, considerando una profundidad de cimentación de 1.50 m (Tabla 7).

Según los rangos de capacidad de carga indicados en la Tabla 8, se determinó que los suelos del área urbana de Antioquía presentan las siguientes características:

Tabla 8. Rango de capacidad de carga portante.

CAPACIDAD DE CARGA PORTANTE (kg/cm²)	DENOMINACIÓN
<1.0	Muy baja
1.0–2.0	Baja
2.0–3.0	Media
>3.0	Alta

- ## Capacidad de carga portante alta

Corresponde a suelos con una capacidad de carga admisible superior a 3.00 kg/cm², principalmente gravas mal graduadas con limo (GP-GM). Esta categoría se identificó, entre otros sectores, a 60 m al este del estadio Municipal y representa el 93 % del área de estudio.

- ## Capacidad de carga portante media

Corresponde a suelos con una capacidad de carga admisible de 2.00 a 3.00 kg/cm², representados por gravas bien graduadas con limo (GW-GM) y gravas limosas (GM). Esta categoría se delimitó en el sector Santa Rosa y en el casco urbano, y representa el 7 % del área de estudio.

Finalmente, en la Figura 22 se presenta el mapa de capacidad de carga portante del suelo del área urbana del distrito de Antioquía, elaborado con información recolectada en campo.

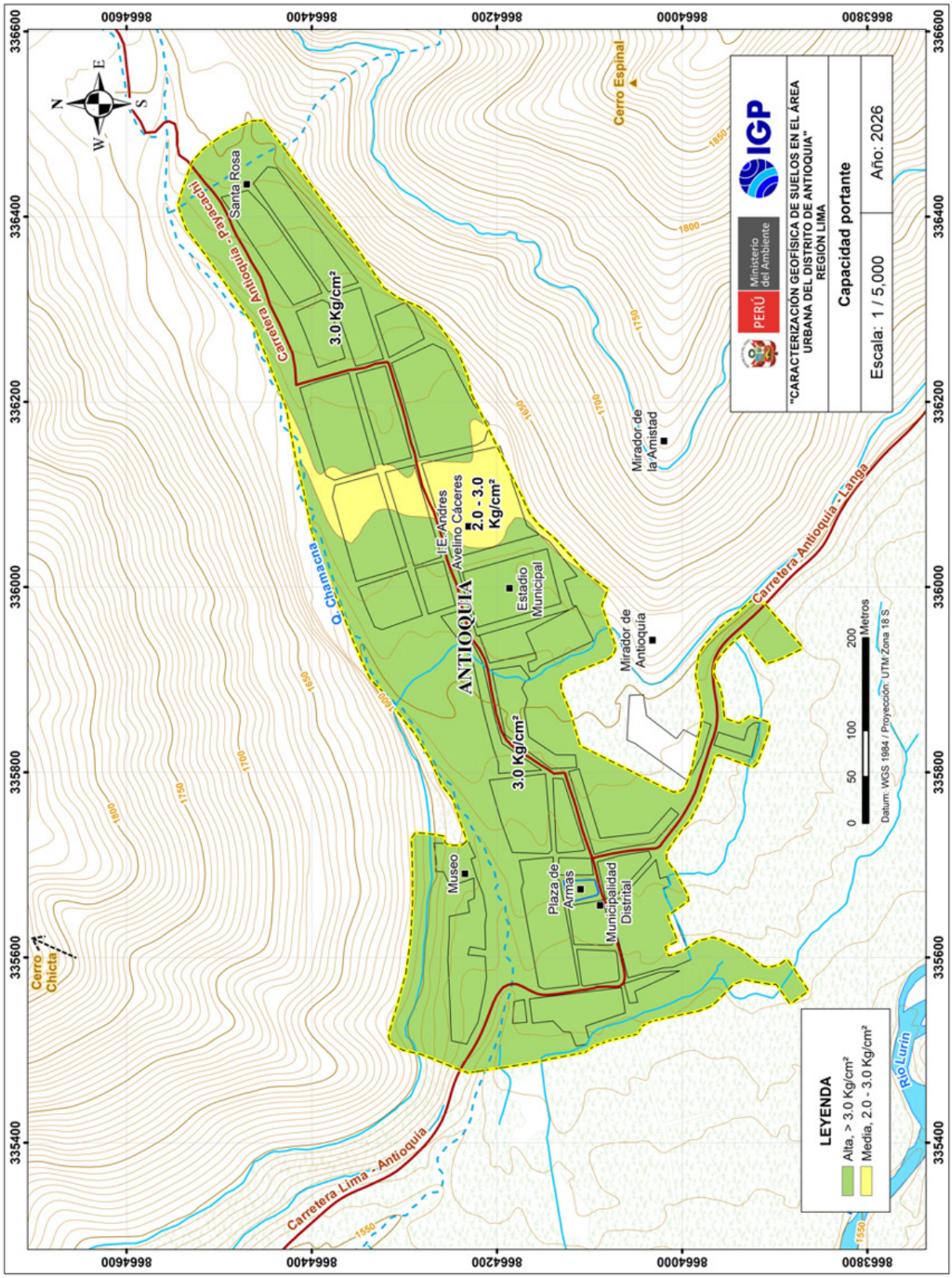


Figura 22. Mapa de capacidad de carga del suelo para el área urbana de Antioquía.

3. Aspectos geofísicos

Con el fin de conocer los parámetros físicos que controlan el comportamiento dinámico de la estructura del suelo en el área urbana del distrito de Antioquía, se aplicaron diferentes métodos geofísicos, cuyos resultados se correlacionan entre sí y con los aspectos geoambientales del área de estudio. A continuación, se describe cada método aplicado y se presentan los resultados.

3.1 Método de razones espectrales-vibración ambiental

El método de razones espectrales (H/V) permite caracterizar la respuesta dinámica del suelo a partir de su periodo de respuesta y, en algunos casos, estimar su amplificación ante la ocurrencia de sismos. Este método utiliza registros de vibración ambiental que contienen información sobre las características físicas de los suelos en sus primeras decenas de metros por debajo de la superficie (Nakamura, 1989; SESAME, 2004; Bernal, 2006). Asimismo, debe considerarse que la variación de las propiedades físicas de los suelos, así como su espesor, geometría y composición litológica, condiciona la amplificación de las ondas sísmicas.

3.1.1 Adquisición de datos

Para la adquisición de los registros de vibración ambiental se utilizaron sensores sísmicos Lennartz y registradores CityShark II (Figura 23). Cada registro tuvo una duración de 15 minutos, lo que permitió disponer de una cantidad adecuada de datos para su posterior análisis. En el área urbana del distrito de Antioquía se recolectaron en campo 44 registros de vibración ambiental en puntos distribuidos de manera equidistante, tal como se observa en la Figura 24.



Figura 23. Equipo sísmico utilizado para el registro de vibraciones ambientales: sensor Lennartz (2N) y registrador CityShark II.

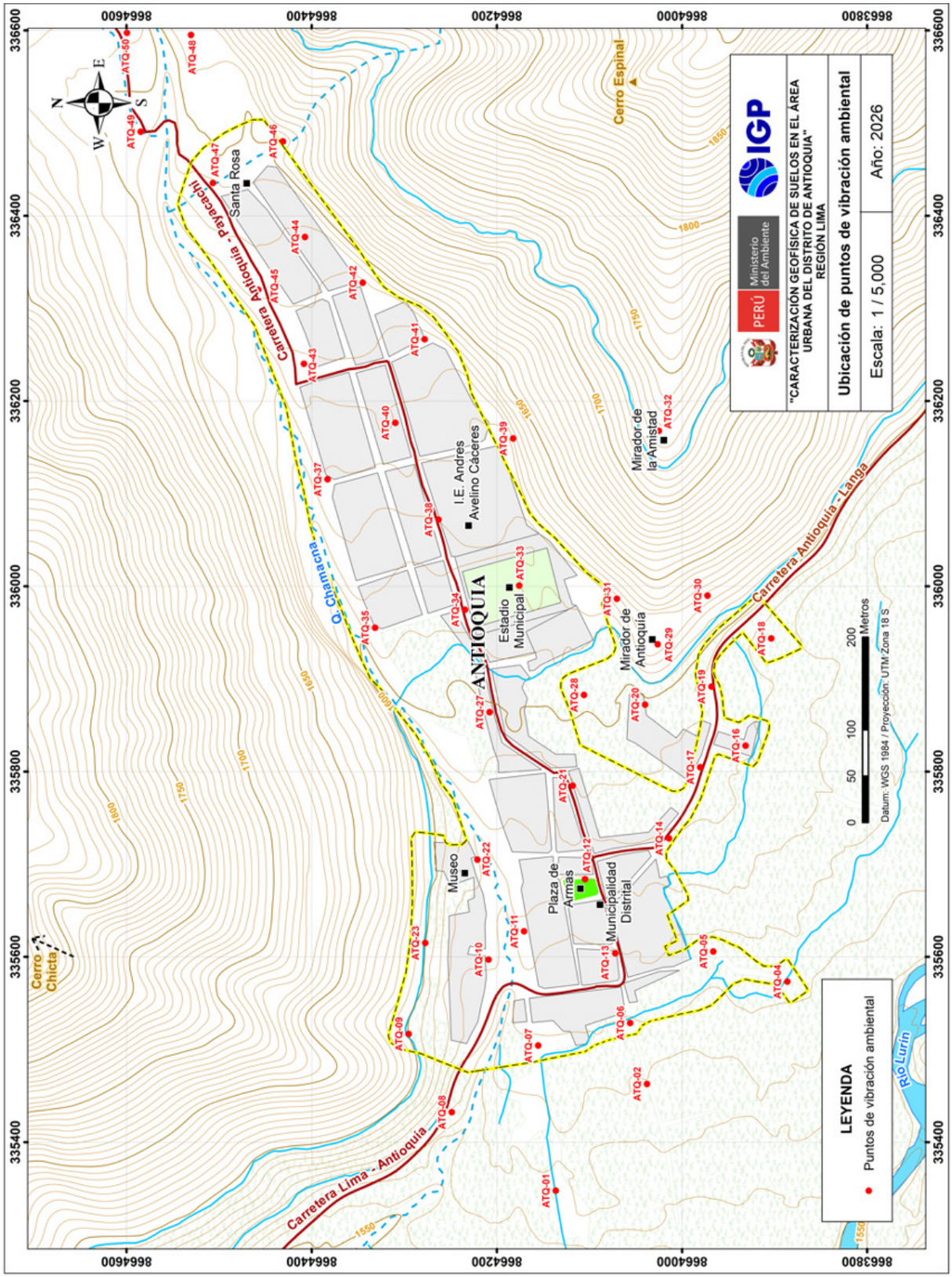


Figura 24. Distribución espacial de los puntos de registros de vibración ambiental en el área de estudio.

En la Figura 25 se muestran ejemplos de registros de vibración ambiental obtenidos en el Mirador de la Amistad y en un punto próximo a la quebrada Chamacna, a espaldas de la plaza de Armas. En el primer lugar se obtuvieron registros de poca amplitud o con saltos transitorios (ATQ-32), mientras que en el segundo se registró mayor amplificación (ATQ-11). La diferencia en el trazo de los registros se debe a que dichos puntos están ubicados sobre suelos con distinta consistencia o rigidez, lo que permite clasificarlos y, a la vez, zonificar el área de estudio con base en la respuesta sísmica del suelo.

3.1.2 Procesamiento y análisis

Para aplicar la técnica de razones espectrales H/V, los registros de vibración ambiental fueron tratados mediante ventanas de 20 segundos. Luego se calculó la Transformada Rápida de Fourier (FFT), a fin de obtener espectros para cada componente del registro y el cociente entre los espectros de la componente horizontal (H) y la componente vertical (V). Finalmente, en cada espectro H/V se identificó la frecuencia predominante, considerando un rango de interés entre 0.5 y 20 Hz y picos o rangos con amplificaciones relativas de al menos dos veces.

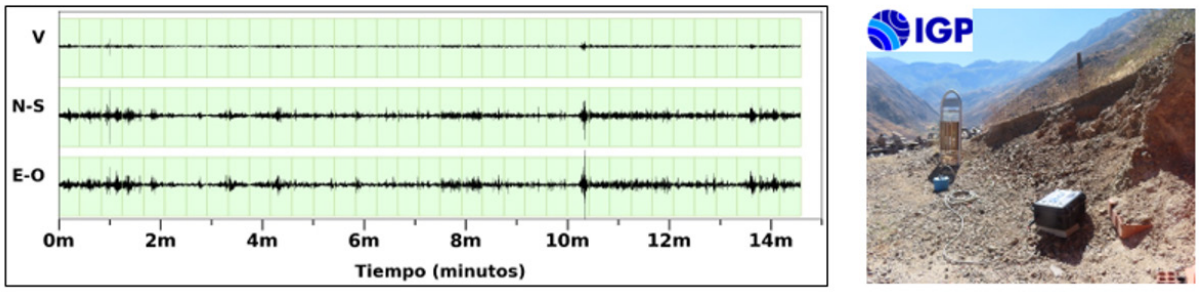
En la Figura 26 se observan los resultados para el punto ATQ-19.

3.1.3 Resultados e interpretación

Los suelos del área urbana del distrito de Antioquía responden a frecuencias Fo que fluctúan entre 5.0 y 18.0 Hz, correspondientes a periodos (T = 1/F) de To entre 0.1 y 0.2 s. En la Figura 27 se presenta la distribución espacial de los periodos de respuesta del suelo (To), donde se observa que los periodos de 0.2 s están presentes hacia el sur del área urbana (carretera hacia Langa), mientras que los periodos de 0.1 s predominan en el resto del área de estudio. Sin embargo, en la margen izquierda de la quebrada Chamacna, los suelos responden a periodos de 0.2 s y, adicionalmente, muestran sensibilidad a periodos largos. En general, los periodos entre 0.1 y 0.2 s predominan en la mayor parte del área urbana.

Las mayores amplificaciones se presentan en ambas márgenes de la quebrada Chamacna y en terrenos de cultivo, lo que evidencia que los suelos tienen distinta compacidad y, por ende, diferente comportamiento dinámico.

ATQ-32



ATQ-11

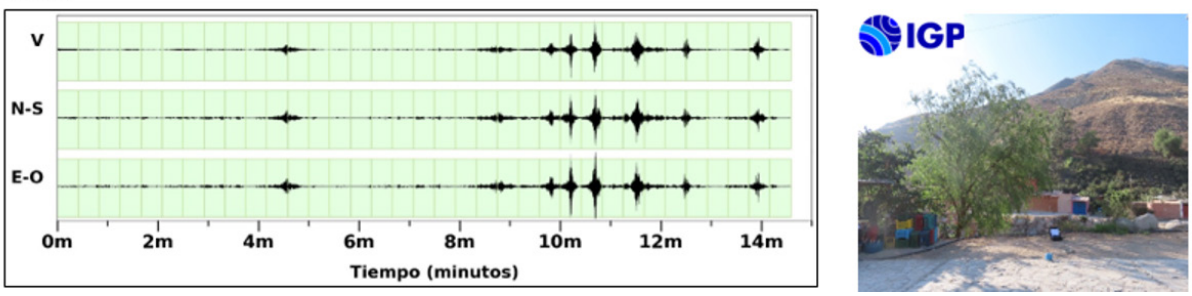


Figura 25. Ejemplos de registros de vibración ambiental correspondientes a los puntos ATQ-32 y ATQ-11.

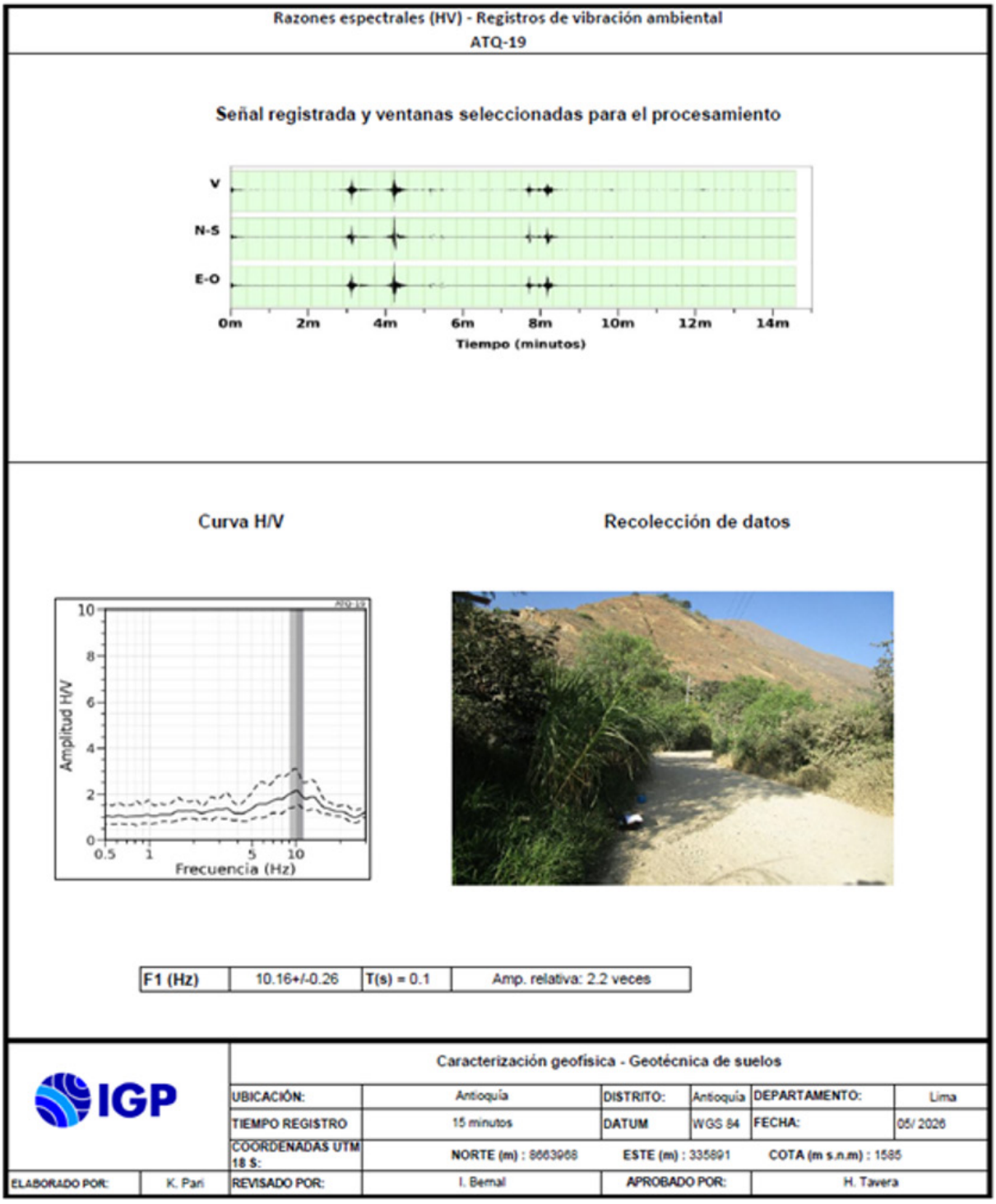


Figura 26. Resultados mediante el método de razones espectrales (H/V) para el punto ATQ-19. En la parte superior se muestra la señal registrada y, en la parte inferior, la curva promedio de las razones espectrales (H/V), representada por una línea gruesa, y su desviación estándar, indicada mediante líneas discontinuas. Las barras grises delimitan la frecuencia predominante.

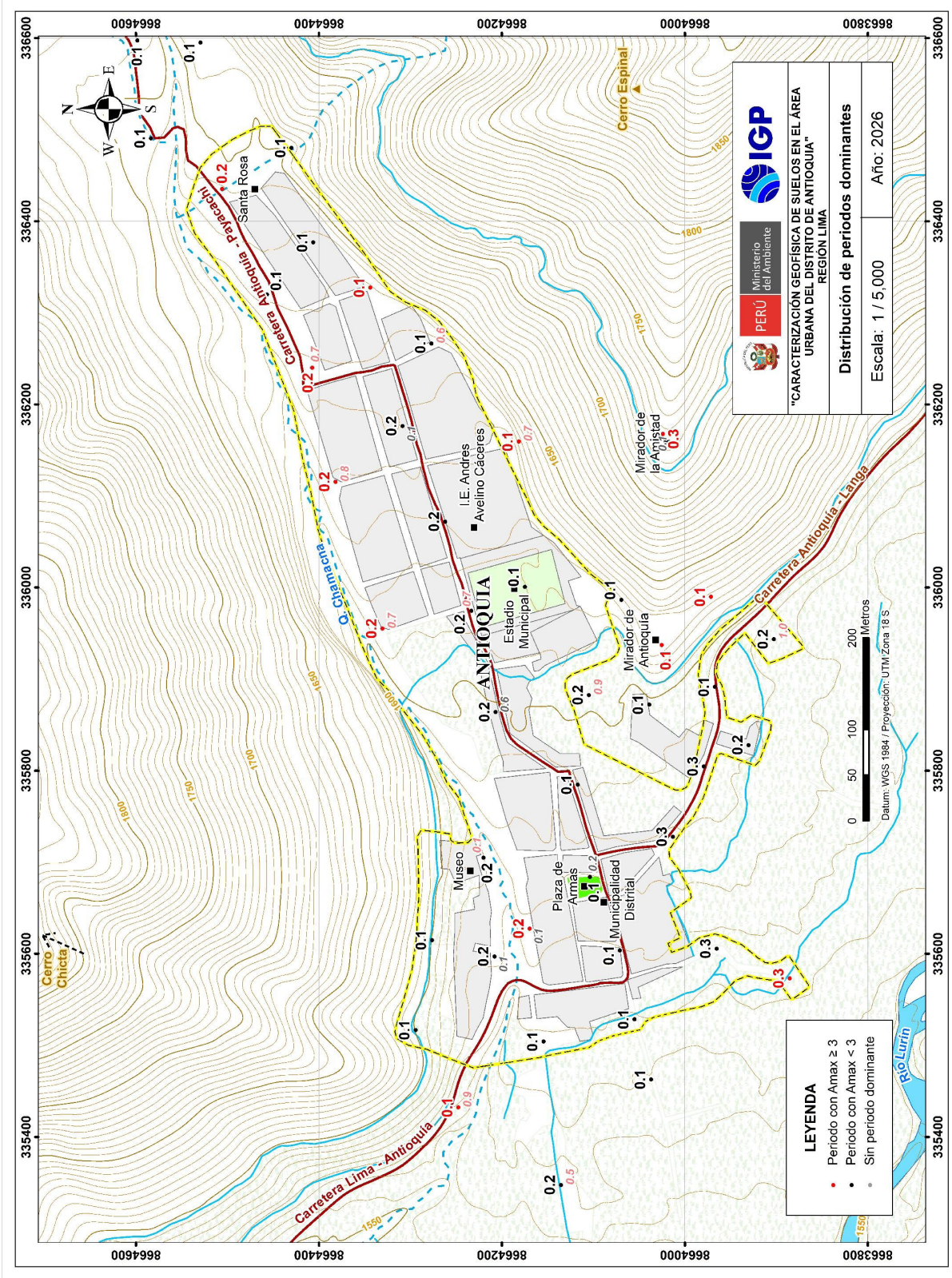


Figura 27. Distribución espacial de los periodos predominantes del suelo. Los valores en rojo corresponden a puntos con amplificaciones mayores de 3 veces.

En la Figura 28 se muestra la distribución de las curvas representativas de razones espectrales (H/V) para tres sectores del área de estudio, cuyas características se detallan a continuación:

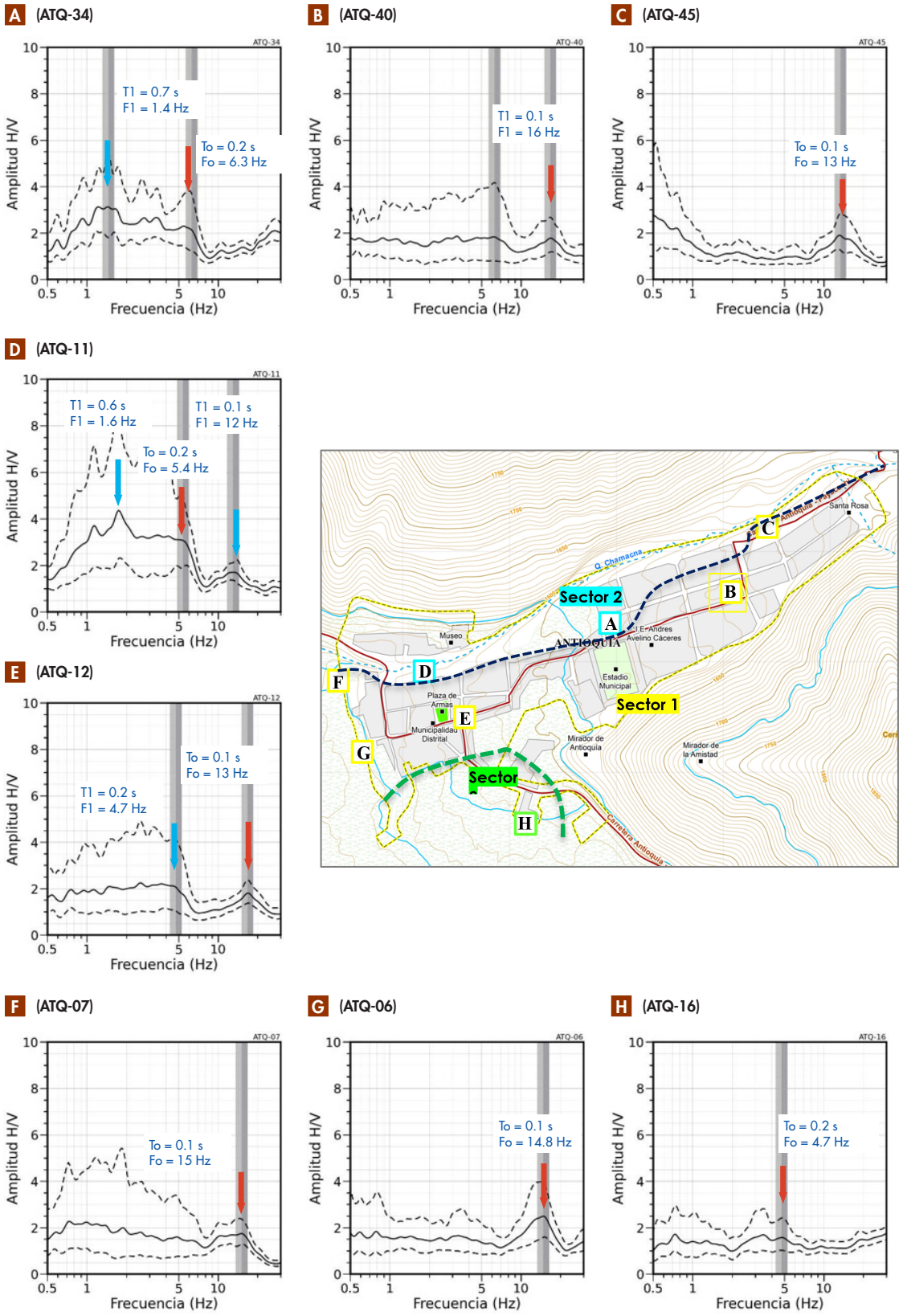


Figura 28. Curvas de razones espectrales (H/V) obtenidas para los puntos A a H, distribuidos en el área de estudio. Las flechas de color rojo indican el periodo fundamental del suelo.

- **Sector 1**

Comprende la mayor parte del área de estudio. En la plaza de Armas, el estadio Municipal y el sector Santa Rosa, los suelos responden a periodos de 0.1 s, con amplificaciones de hasta 3.0 veces. La forma de las curvas H/V (gráficos B, C, E, F y G) evidencia que el suelo responde a un pico de periodo con baja amplificación, asociado a una capa de depósitos aluviales de menor espesor. Puntualmente, los suelos en la plaza de Armas (gráfico E) muestran sensibilidad a periodos de 0.2 s, con bajas amplificaciones, lo que sugiere que en este sector predominan suelos compactos.

- **Sector 2**

Corresponde al área noroeste del estadio Municipal, paralela a la quebrada Chamacna. En este sector, los suelos responden predominantemente a periodos de 0.2 s, con amplificaciones mayores de 3.0 veces. Asimismo, muestran sensibilidad a periodos largos (> 0.6 s). La forma de las curvas H/V (gráficos A y D) evidencia que el suelo responde a dos picos de periodo, con amplificaciones altas, asociados a suelos heterogéneos con respuesta dinámica compleja.

- **Sector 3**

Está presente al sur de la plaza de Armas del distrito, donde los suelos responden a periodos de 0.3 s, con amplificaciones bajas a moderadas. La forma de la curva H/V (gráfico H) evidencia que el suelo responde a un único periodo, asociado a terrenos desarrollados sobre depósitos aluviales y utilizados para cultivo.

3.2 Métodos sísmicos

El ensayo de análisis multicanal de ondas superficiales (MASW), o sísmica activa (Park, 2013), permite determinar la estratigrafía del suelo bajo un punto, es decir, conocer la velocidad de propagación de las ondas de corte Vs en el subsuelo a partir del análisis de la dispersión de ondas superficiales generadas por una fuente de energía impulsiva y registradas por arreglos lineales de estaciones sísmicas.

El ensayo de análisis multicanal de microtremores (MAM), o sísmica de microtremores (Louie, 2001), es otro método para conocer la estructura del suelo a partir de la velocidad de ondas de corte. En este caso, se utilizan registros de ruido sísmico —vibración generada por la actividad humana—, cuya contribución se concentra principalmente en bajas frecuencias, lo que permite investigar mayores profundidades. La combinación de los métodos MASW y MAM permite obtener información del suelo en niveles superficiales y profundos.

El ensayo de análisis multicanal de ondas superficiales en dos dimensiones (MASW 2D) permite obtener un perfil bidimensional de velocidades de ondas de corte (Vs) a lo largo de un perfil en superficie, en lugar de un único punto. Al generar una caracterización continua de la rigidez del suelo, permite identificar cambios de los materiales en el terreno y evaluar sus condiciones geotécnicas y sísmicas.

3.2.1 Adquisición de datos

Para la aplicación de los ensayos sísmicos se utilizó un equipo de exploración GEODE de Geometrics y 24 sensores o geófonos de baja frecuencia (4.5 Hz). Para los métodos MASW y MASW 2D se empleó como fuente de impacto o energía un martillo de 20 lb (Figura 29), mientras que para el método MAM

se utilizó ruido ambiental. La geometría del tendido fue variable y estuvo en función de la geomorfología y la accesibilidad de la zona de estudio. Finalmente, se realizaron 10 líneas sísmicas MASW y 4 líneas MASW 2D, cuyas coordenadas de ubicación y características se muestran en las Tablas 9 y 10; su distribución espacial en el área de estudio se presenta en la Figura 30.



Figura 29. Equipos utilizados en la toma de datos por el método de MASW.

Tabla 9. Coordenadas y características de las líneas sísmicas MASW-MAM realizadas en el área urbana del distrito de Antioquía, codificadas como ATQ-LS1 al ATQ-LS10.

Línea sísmica	Coordenadas UTM-WGS84		Cota (m s. n. m.)
	Este (m)	Norte (m)	
MASW-MAM			
ATQ-LS1	335528	8664055	1542
ATQ-LS2	335572	8664211	1550
ATQ-LS3	335754	8664111	1555
ATQ-LS4	335881	8663962	1562
ATQ-LS5	335994	8664081	1584
ATQ-LS6	336066	8664260	1584
ATQ-LS7	336038	8664358	1584
ATQ-LS8	336317	8664381	1606
ATQ-LS9	336441	8664515	1618
ATQ-LS10	335659	8664128	1554

Tabla 10. Coordenadas y características de las líneas sísmicas MASW 2D.

Línea sísmica	Coordenadas UTM-WGS84		Cota (m s. n. m.)	Distancia entre geófonos	Longitud total (m)
	Este (m)	Norte (m)			
ATQ-MW1	335602.0	8663971.0	1550	4	176
	335563.0	8664146.0	1578		
ATQ-MW2	336004.0	8664139.0	1609	4	80
	335978.0	8664227.0	1610		
ATQ-MW3	336480.0	8664434.0	1644	4	80
	336430.0	8664512.0	1650		
ATQ-MW4	335975.0	8664237.0	1606	4	88
	335951.0	8664326.0	1607		

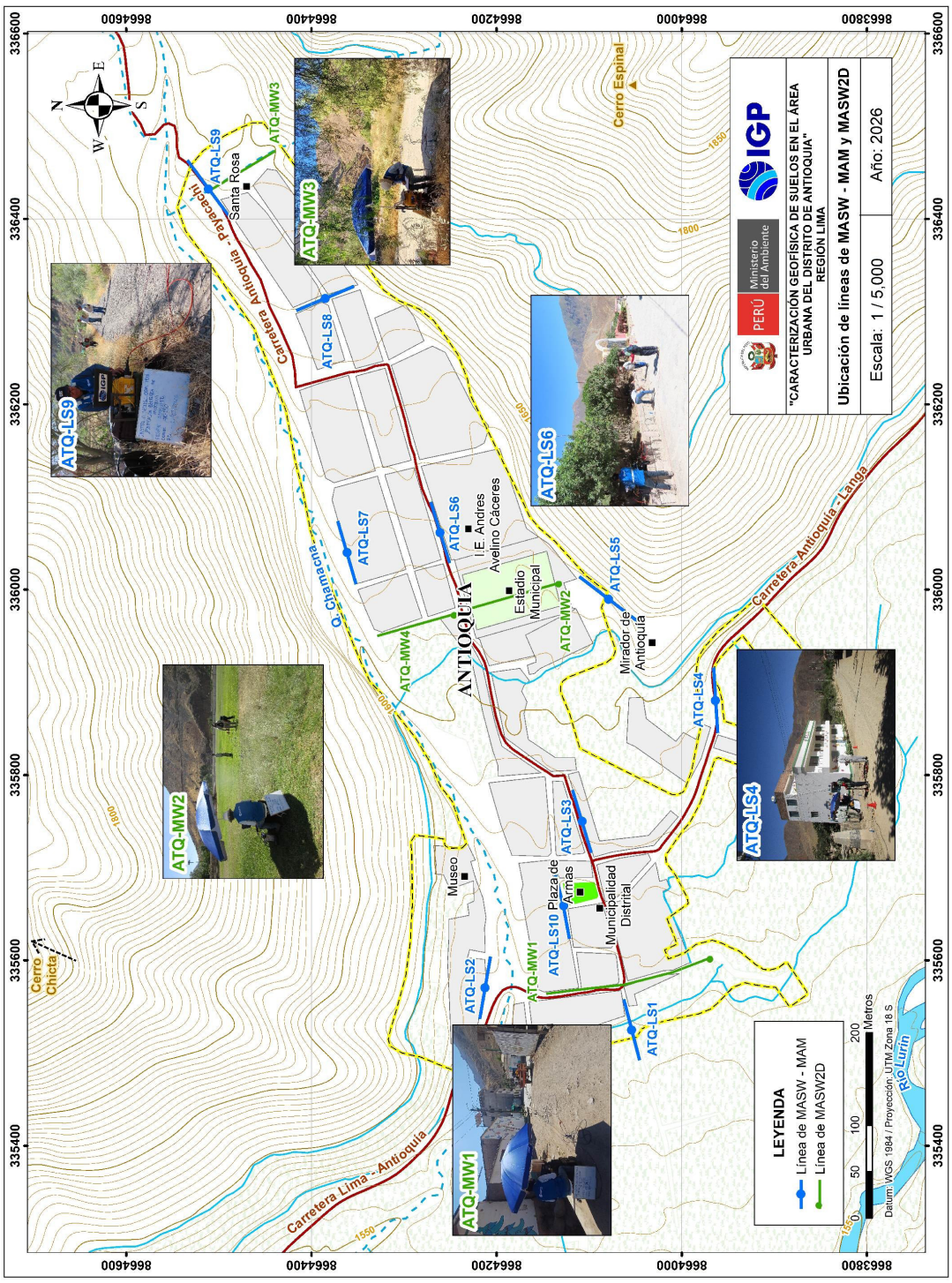


Figura 30. Distribución espacial de las líneas MASW, representadas mediante puntos de color azul y codificadas como ATQ-LS1 a ATQ-LS10, y de los perfiles MASW 2D, representados mediante líneas de color verde y codificados como ATQ-MW1 a ATQ-MW4.

3.2.2 Procesamiento y análisis

Para los ensayos MASW-MAM, los datos sísmicos recolectados fueron procesados con SeisImager. En el procedimiento se aplicó la transformada rápida de Fourier (FFT) para obtener la curva de dispersión que relaciona la velocidad de fase de las ondas superficiales con la frecuencia. Seguidamente, cada curva de dispersión perteneciente a un mismo arreglo fue sometida a un proceso de inversión, a fin de obtener los perfiles Vs en una dimensión (1D) para el punto central de la línea (Figura 31).

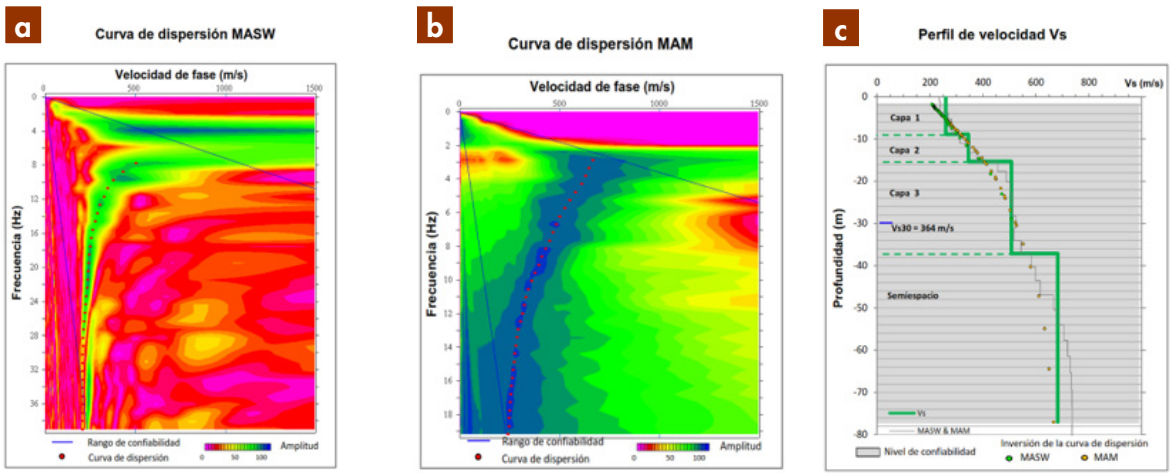


Figura 31. Curvas de dispersión obtenidas con los métodos de MASW (a) y MAM (b) y el perfil de velocidad obtenido a partir de la combinación de ambos métodos (c).

Para el ensayo MASW 2D, cada curva de dispersión fue sometida a un proceso de inversión, a fin de obtener perfiles Vs en dos dimensiones (2D), como se muestra en la Figura 32. Para el análisis de los resultados, se considera la clasificación de suelos adaptada a partir de la Norma Técnica de Diseño Sismorresistente E.030 (2026), tal como se muestra en la Tabla 11.

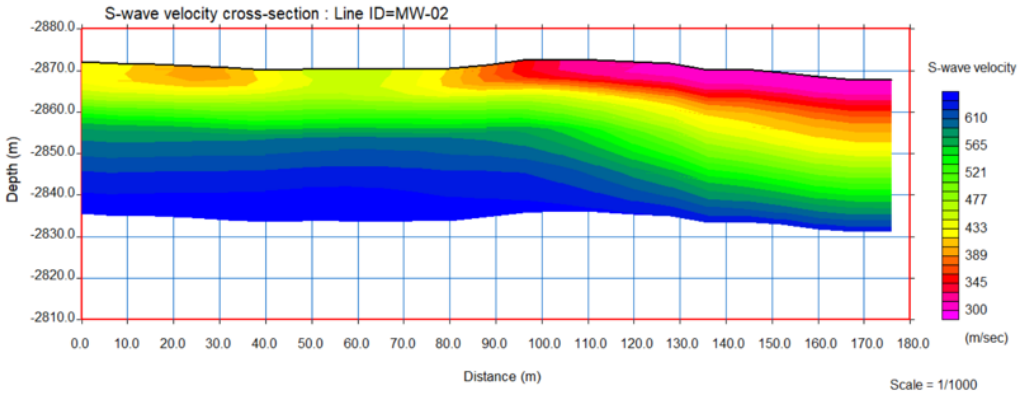


Figura 32. Perfil de velocidad de ondas de corte en dos dimensiones.

Tabla 11. Clasificación de los suelos en función de las velocidades de ondas de corte (Vs), según la Norma Técnica E.030 (2026) adaptada para el área de estudio.

Clasificación de los perfiles de suelo			
n.°	Vs (m/s)	Adaptación al área de estudio	
1	<200	Material suelto	
2	200 a 350	Material suelto a medianamente compacto	
3	350 a 550	Material medianamente compacto	
4	550 a 800	Material compacto	
5	800 a 1500	Material muy compacto	
6	>1500	Roca	

3.2.3 Resultados e interpretación MASW-MAM

A continuación, se describen las características observadas en los perfiles de velocidad de ondas de corte (Vs) obtenidos con los métodos sísmicos MASW. En la Figura 33 se presenta el modelo de perfil sísmico obtenido para la línea ATQ-LS1, y en el Anexo II, los modelos correspondientes a las líneas restantes.

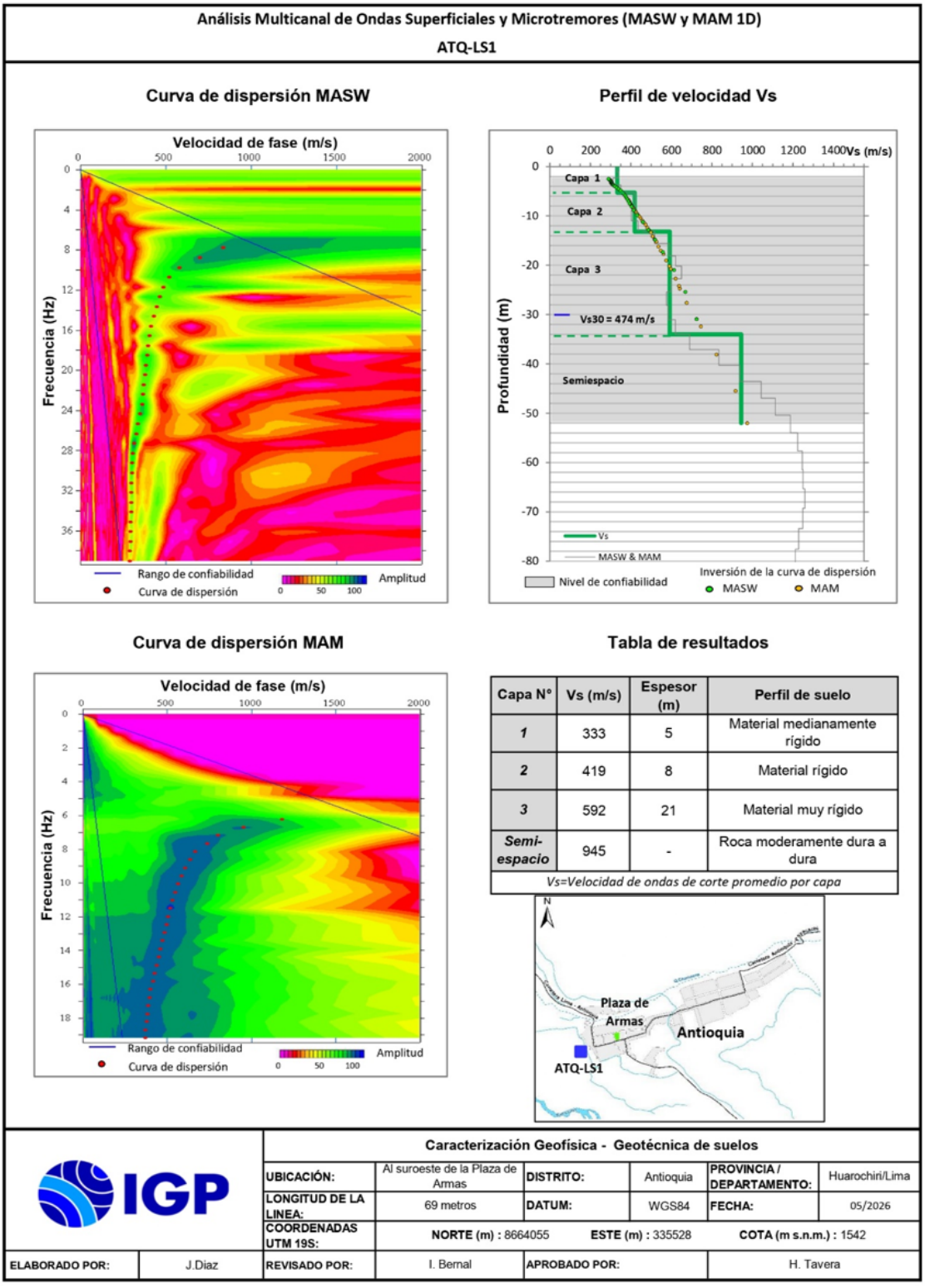


Figura 33. Resultados con las técnicas MASW-MAM para la línea sísmica ATQ-LS1.

• Línea sísmica ATQ-LS1

Se realizó hacia el extremo suroeste de la plaza de Armas y alcanzó una profundidad promedio de resolución de 52 m. El perfil permitió identificar tres capas sísmicas: la primera, de 5 m de espesor y con una velocidad Vs de 333 m/s, corresponde a suelos medianamente rígidos; la segunda, de 8 m de espesor y con una velocidad Vs de 419 m/s, corresponde a suelos rígidos; y la tercera, de 21 m de espesor y con una velocidad Vs de 592 m/s, se asocia a suelos muy rígidos. Estas capas se emplazan sobre un semiespacio con velocidades Vs superiores a 945 m/s, lo que sugiere la presencia de rocas moderadamente duras a duras.

En la Tabla 12 se presenta el resumen de los valores de velocidad de ondas de corte (Vs) para cada uno de los perfiles de suelo obtenidos en el área de estudio.

Los perfiles sísmicos presentan hasta tres capas antes del semiespacio. En conjunto, la primera y la segunda capa corresponden a materiales medianamente rígidos (Vs = 250 a 333 m/s) y rígidos (Vs = 356 a 527 m/s), con espesores que varían entre 4 y 16 m. Las capas de mayor espesor se encuentran hacia el extremo oeste del museo y al norte de la I. E. Andrés Avelino Cáceres, en la quebrada Chamacna (Figura 34). A mayor profundidad predominan materiales muy rígidos a rocas moderadamente duras (Vs > 550 m/s), presentes en toda el área de estudio.

En este contexto, los suelos que caracterizan el área urbana de Antioquía corresponden a depósitos aluviales sobre roca de origen volcánico, lo cual se evidencia por la variación de las velocidades de ondas de corte calculadas hasta los 30 m de profundidad (Vs_{30}). Las velocidades entre 571 y 695 m/s corresponden a suelos tipo S1, mientras que las velocidades entre 474 y 524 m/s corresponden a suelos tipo S2. Por tanto, en el área urbana de Antioquía predominan suelos muy rígidos a rígidos, respectivamente. A mayor profundidad predominan materiales muy rígidos y rocas moderadamente duras, con velocidades Vs superiores a 550 m/s. En las unidades más profundas o en los semiespacios, las velocidades alcanzan valores aproximados entre 840 y 1852 m/s, según el perfil analizado.

Tabla 12. Valores de espesor y Vs de los perfiles sísmicos obtenidos para el área de estudio.

Superficie → Profundidad									
Línea Sísmica	n.° de capa								Vs_{30} (m/s)
	1		2		3		Semiespacio		
	Vs (m/s)	Esp. (m)	Vs (m/s)	Esp. (m)	Vs (m/s)	Esp. (m)	Vs (m/s)	Esp. (m)	
ATQ-LS1	333	5	419	8	592	21	945	-	474
ATQ-LS2	250	4	527	12	691	10	869	-	524
ATQ-LS3	359	4	519	9	708	21	871	-	575
ATQ-LS4	289	4	467	9	687	15	840	-	524
ATQ-LS5	616	11	1090	17	1852	-	-	-	854
ATQ-LS6	378	5	629	29	1002	-	-	-	563
ATQ-LS7	356	4	518	12	752	13	1024	-	576
ATQ-LS8	476	5	624	12	1029	-	-	-	695
ATQ-LS9	409	4	577	7	700	23	948	-	617
ATQ-LS10	397	5	603	13	689	16	874	-	571

Material blando (Vs < 200 m/s)
Material medianamente rígido (200–350 m/s)
Material rígido (350–550 m/s)
Material muy rígido (550–800 m/s)
Roca moderadamente dura a dura (Vs > 800 m/s)

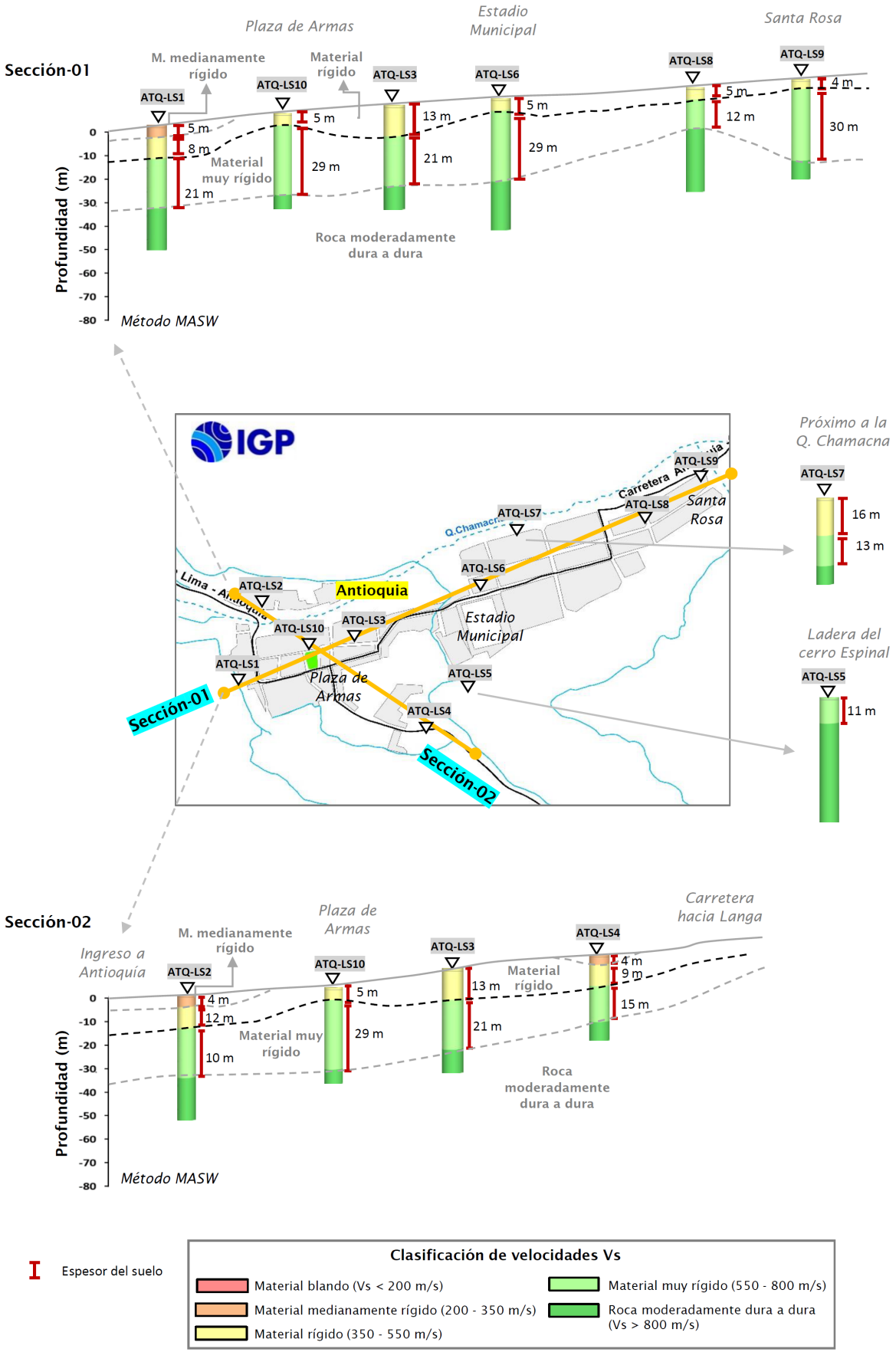


Figura 34. Resultados de MASW-MAM ubicados a lo largo de las secciones 01 y 02.

3.2.4 Resultados e interpretación MASW 2D

A continuación, se describen las características observadas en los perfiles de velocidad de ondas de corte (Vs) obtenidos con el método sísmico MASW 2D. En la Tabla 13 se presenta el resumen de los valores de Vs con la descripción de cada perfil. En la Figura 35 se muestra el modelo de perfil sísmico obtenido para la línea ATQ-MW1, y en el Anexo II, los modelos correspondientes a las líneas restantes.

Tabla 13. Descripción de las capas sísmicas obtenidas para el área de estudio.

Perfil	Capa	Profundidad (m)	Velocidad Vs (m/s)	Descripción
ATQ-MW1	1	0.0–7.0	385–530	Material residual denso / aluvial consolidado
	2	7.0–30.0	530–812	Roca muy meteorizada a competente
ATQ-MW2	1	0.0–11.0	394–547	Material residual compacto / aluvial denso
	2	11.0–30.0	547–813	Roca muy meteorizada a competente
ATQ-MW3	1	0.0–6.0	413–553	Material residual denso / aluvial consolidado
	2	9.0–26.0	553–798	Roca muy meteorizada
	3	26.0–30.0	805–831	Roca competente
ATQ-MW4	1	0.0–6.0	415–531	Material residual denso / aluvial consolidado
	2	8.0–21.0	531–799	Roca muy meteorizada
	3	21.0–28.0	803–1018	Roca competente

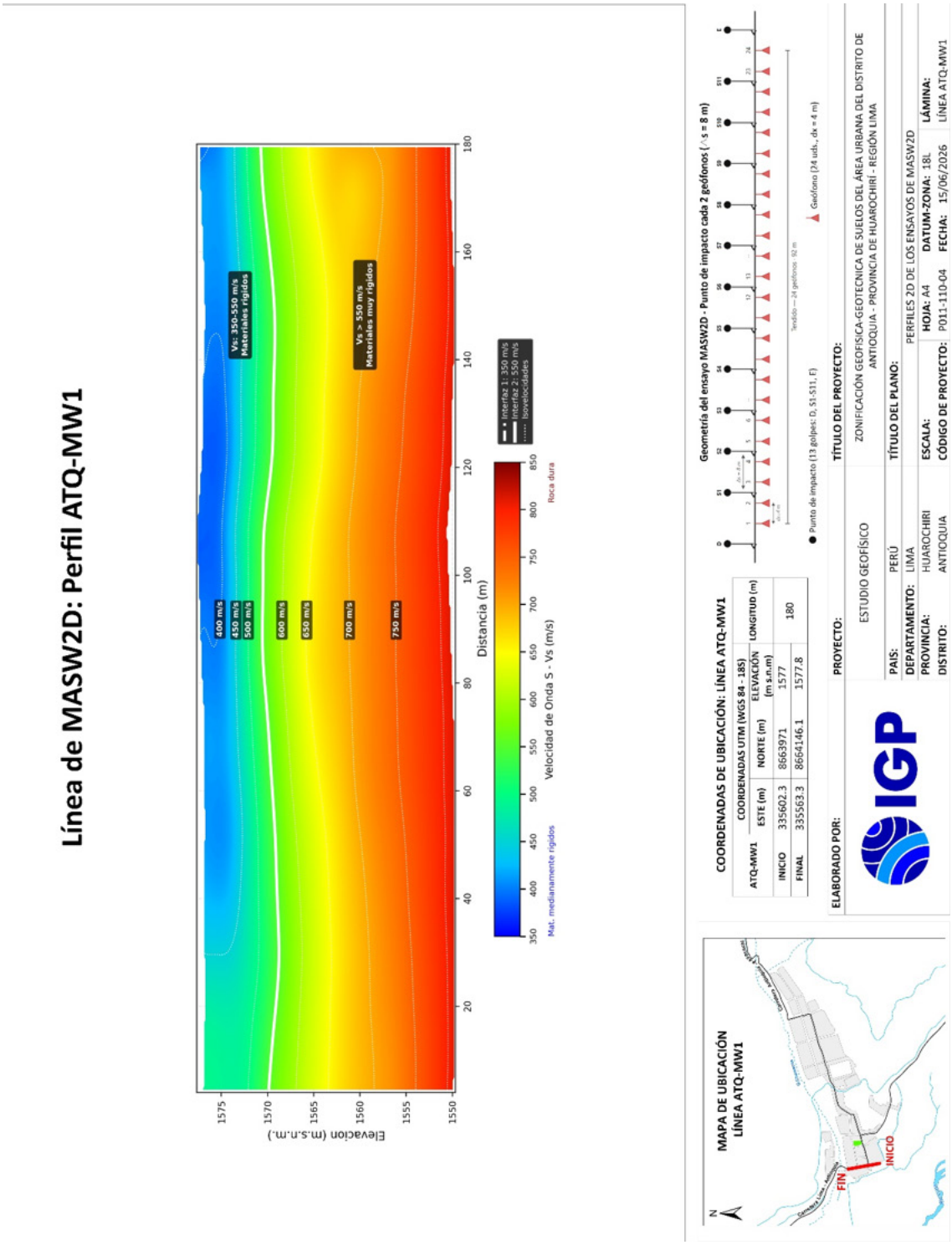


Figura 35. Resultados con la técnica MASW 2D para la línea sísmica ATQ-MW1.

Los perfiles revelan dos unidades sísmicas principales y, localmente, una tercera unidad correspondiente a roca competente. La primera capa corresponde a material residual denso o aluvial consolidado, con velocidades de ondas de corte (Vs) entre 385 y 553 m/s y espesores que varían entre 6 y 11 m. Por debajo se desarrolla una segunda unidad, constituida por roca muy meteorizada a ligeramente meteorizada o material muy rígido, con velocidades Vs entre 530 y 799 m/s. Localmente, a mayor profundidad, se identifica una tercera unidad de roca competente, con velocidades Vs entre 803 y 1018 m/s. Estas unidades se extienden hasta el límite de la profundidad de investigación, de aproximadamente 30 m.

Los valores Vs_{30} en los cuatro perfiles MASW 2D oscilan entre 592 y 657 m/s, correspondientes a suelos muy rígidos. En todos los perfiles, la capa superficial corresponde a suelos residuales compactos de poco espesor.

3.3 Método de tomografía eléctrica

El método de tomografía de resistividad eléctrica (ERT) (Loke, 2010; Urbieta, 2001) permite determinar las variaciones de resistividad y conductividad eléctrica de las rocas y los suelos, con el fin de conocer su contenido de humedad o el nivel freático en su estructura. En general, los materiales que conforman el suelo muestran diversos rangos de resistividad (ρ), que dependen principalmente de la porosidad, la conductividad de las partículas y el contenido de agua o de sales disueltas en las fracturas de las rocas.

3.3.1 Adquisición de datos

Los datos recolectados en campo corresponden al registro de valores de resistividad obtenidos en siete líneas de ERT, mediante el uso de un equipo de resistividad/IP Syscal Pro (Figura 36). Asimismo, en la Figura 37 se presenta la distribución espacial de las líneas de exploración, y en la Tabla 14, las características de cada línea ERT realizada en el área urbana del distrito de Antioquía.

3.3.2 Procesamiento y análisis

Para el procesamiento de los datos recolectados en campo fue necesario realizar la corrección por efectos de topografía, mediante algoritmos de inversión propios de métodos geoeléctricos y de procesamiento de imágenes. Asimismo, para la interpretación de los resultados debe tenerse en cuenta que diversos factores influyen en las propiedades físicas de los suelos, como el grado de saturación, la porosidad y forma del poro, la salinidad del fluido, el tipo y composición de la roca, la temperatura y los procesos geológicos que afectan a los materiales, es decir, el incremento de fluidos en el terreno se refleja en una disminución de los valores de resistividad. En la Tabla 15 se presentan los valores de resistividad relacionados con diferentes tipos de suelos y rocas.



Figura 36. Equipos utilizados en la adquisición de datos ERT.



Figura 37. Distribución espacial de las líneas de tomografía de resistividad eléctrica (ERT), codificadas como ATQ-LE1 a ATQ-LE7.

Tabla 14. Parámetros físicos de las líneas de ERT.

Línea Eléctrica	Coordenadas UTM-WGS84		Cota (m s. n. m.)	Espaciamiento entre electrodos (m)	Longitud total (m)
	Este (m)	Norte (m)			
ATQ-LE1	335584.60	8663926.18	1577.92	10	310
	335574.96	8664214.62	1579.19		
ATQ-LE2	335927.11	8663961.36	1594.01	10	310
	335660.64	8664074.94	1583.39		
ATQ-LE3	335962.35	8664047.51	1621.22	10	160
	336068.40	8664162.03	1614.84		
ATQ-LE4	335842.32	8664195.96	1596.93	10	590
	336380.14	8664389.40	1639.50		
ATQ-LE5	335505.88	8664047.42	1572.06	10	310
	335794.62	8664120.37	1594.06		
ATQ-LE6	335744.40	8664008.59	1590.00	10	240
	335682.03	8664222.51	1587.08		
ATQ-LE7	336446.24	8664445.51	1645.71	10	130
	336382.98	8664547.04	1631.89		

Tabla 15. Valores representativos de resistividad (modificado de Universidad Nacional de Colombia, 2000).

MATERIAL	RESISTIVIDAD (Ω·m)
Arcillas saturadas	5–20
Arcillas no saturadas	20–40
Limos saturados	20–100
Limos no saturados	100–200
Arenas saturadas	100–200
Arenas no saturadas	400–700
Grava saturada	300–500
Grava no saturada	500–2000
Roca fracturada saturada	100–2000
Roca fracturada	1500–5000

3.3.3 Resultados e interpretación

Para el análisis de los resultados mediante la ERT, se consideraron los rangos de resistividad detallados en la Tabla 16. A continuación, en la Figura 38 se presentan los resultados en cada sección y, en el Anexo II, las fichas correspondientes a cada una de las líneas eléctricas.

- **Secciones geoeléctricas ATQ-LE1, ATQ-LE2, ATQ-LE5 y ATQ-LE6**

Presentan, a nivel superficial, el predominio de suelos con un contenido de humedad de moderado a alto a lo largo de las secciones. Asimismo, se identifican lineamientos de baja resistividad, interpretados como posibles vías preferenciales de circulación y filtración de agua. En profundidad, se reconocen pequeños sectores de muy baja resistividad, distribuidos de manera discontinua, que podrían corresponder a zonas con mayor contenido de humedad asociadas a rocas meteorizadas o fracturadas.

En las proximidades de la ladera del cerro Espinal, los resultados muestran un incremento de la resistividad, relacionado con la presencia del substrato rocoso. Sin embargo, las anomalías de baja resistividad sugieren que las rocas de origen volcánico presentan sectores fracturados o alterados (Figura 38). Adicionalmente, se identifica una anomalía de alta resistividad y geometría subvertical, compatible con un cuerpo de características similares a un dique o con una zona silicificada, cuya interpretación podría estar relacionada con la circulación de fluidos hidrotermales.

- **Sección geoeléctrica ATQ-LE4**

En profundidad, muestra zonas de alta resistividad asociadas a materiales rocosos, así como sectores de baja resistividad interpretados como zonas alteradas o fracturadas. En superficie, se evidencian variaciones laterales de resistividad que sugieren procesos de infiltración y circulación de agua a través de lineamientos presentes en los depósitos fluviales y aluviales (Figura 38).

- **Sección geoeléctrica ATQ-LE7**

En el sector central de la sección se identifica una zona de alta resistividad, que podría estar asociada a una unidad rocosa compacta o a un sector silicificado vinculado con la circulación de fluidos hidrotermales. Lateralmente, se observan suelos de menor resistividad, interpretados como unidades con mayor contenido de humedad y posible presencia de agua (Figura 38).

Tabla 16. Interpretación por sectorización de rangos de resistividad.

Interpretación de zonas		
Símbolo	Valores (Ω·m)	Descripción
	0.0–25.0	Materiales con muy alto contenido de humedad o presencia de sales
	25.0–120.0	Materiales con alto contenido de humedad
	120.0–270.0	Materiales con contenido moderado de humedad
	270.0–800	Materiales con bajo contenido de humedad o roca con alteración
	>800	Materiales compactos o roca impermeable
	De acuerdo con la escala de colores	Lineamiento asociado a fracturas en roca o suelo, contactos litológicos o filtraciones

En general, los resultados a partir de los ensayos de resistividad eléctrica evidencian variaciones significativas en distintas direcciones (Figura 39). Estos ensayos fueron realizados en un entorno dominado por materiales cuaternarios, principalmente depósitos aluviales. Las variaciones laterales y en profundidad permiten identificar tres rasgos principales: 1) posible presencia de zonas de roca competente e impermeable asociadas a la litología de la quebrada; 2) existencia de suelos cuaternarios con presencia de agua, característicos de ambientes de alta infiltración y almacenamiento hídrico, favorecidos por la recarga proveniente de corrientes superficiales; y 3) anomalías de alta resistividad con geometría tipo dique, interpretadas como posibles zonas de silicificación asociadas a la circulación de fluidos endógenos.

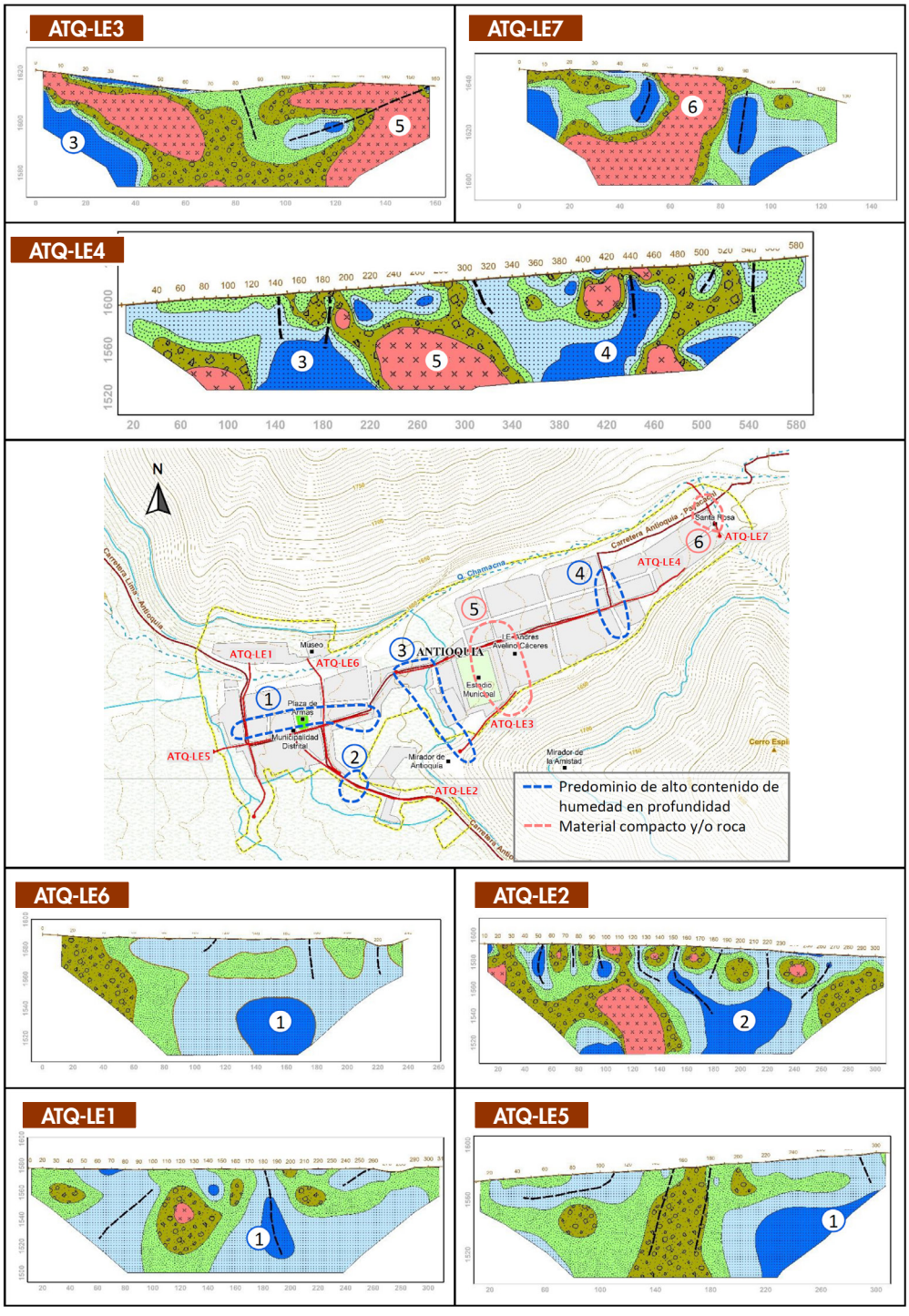


Figura 38. Ubicación, orientación e interpretación de las secciones geoeléctricas realizadas en el área urbana de Antioquía.

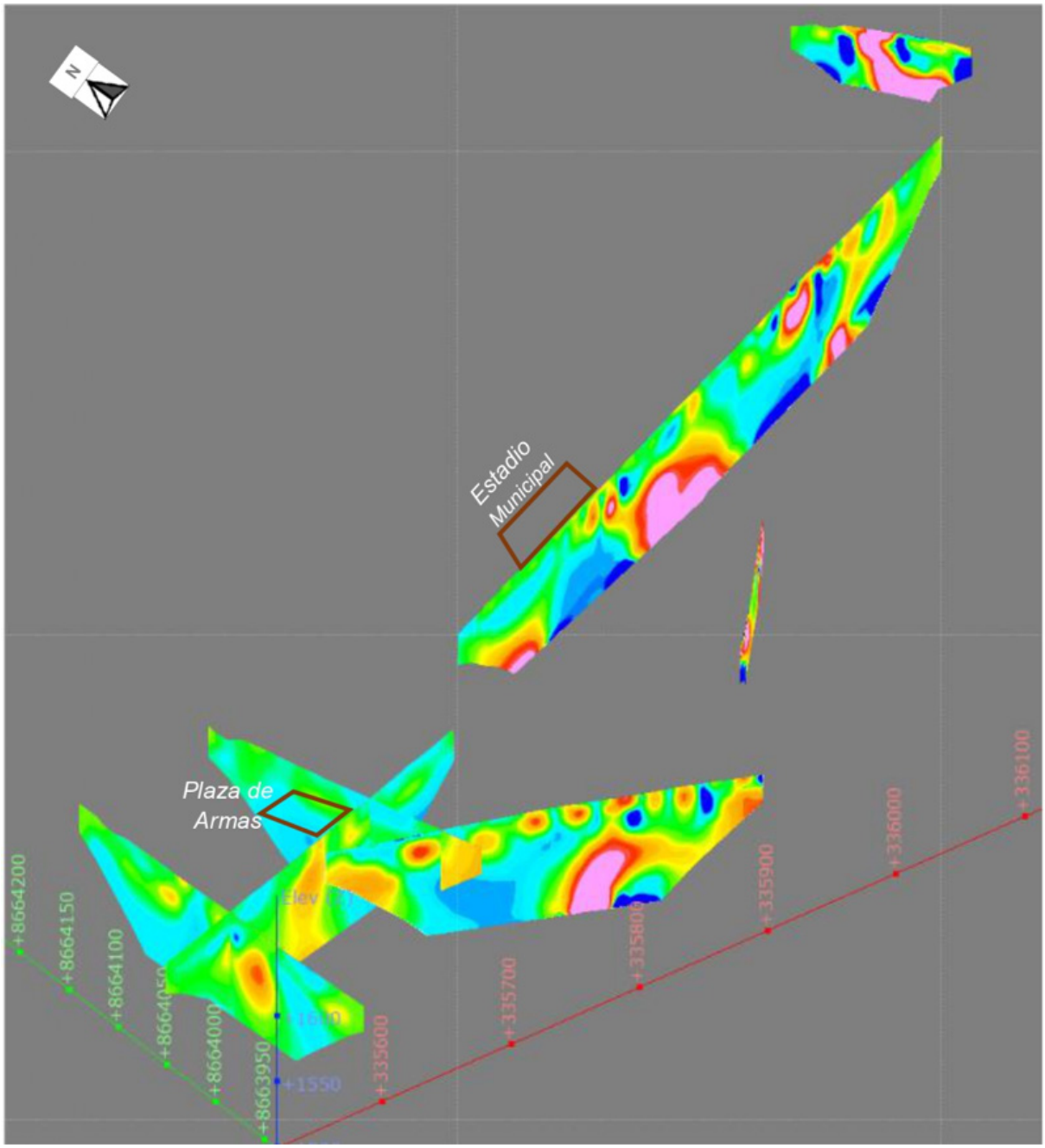


Figura 39. Resultados de la tomografía eléctrica en una vista isométrica 3D.

4. Zonificación geofísica-geotécnica

La caracterización física y dinámica de los suelos del área urbana del distrito de Antioquía se realizó con información obtenida mediante la aplicación de métodos geofísicos y geotécnicos en el área de estudio. Los resultados se describen en los párrafos siguientes.

4.1 Caracterización física y dinámica de los suelos

El área urbana del distrito de Antioquía se encuentra principalmente sobre un abanico aluvial, donde el suelo está compuesto por acumulaciones de fragmentos rocosos —bolos, gravas y arenas— transportados por el cauce principal de la quebrada Chamacna y las quebradas tributarias, y depositados en forma de terrazas. Estos materiales cubren rocas de origen volcánico que afloran hacia los extremos norte y sur del área de estudio. Asimismo, desde el punto de vista geomorfológico, el casco urbano presenta pendientes menores de 20° y está delimitado por los cerros Chicta y Espinal, que presentan pendientes mayores de 25° (Figura 40). Hacia el extremo noreste del área de estudio, en el sector Santa Rosa, disminuye el ancho del cono aluvial y prevalece el cauce de la quebrada.

Asimismo, los suelos del área urbana de Antioquía responden predominantemente a periodos fundamentales entre 0.1 y 0.2 s. Hacia la quebrada Chamacna muestran, además, sensibilidad a periodos largos (0.5–0.6 s), con amplificaciones superiores a 3 veces (Figura 41). Por otro lado, los suelos presentes al sur de la plaza de Armas responden a periodos de 0.2 y 0.3 s, asociados con la presencia de depósitos fluviales y terrenos de cultivo (Figura 42).



Figura 40. Vista de la pendiente pronunciada en terrenos de montaña (cerros Chicta y Espinal).

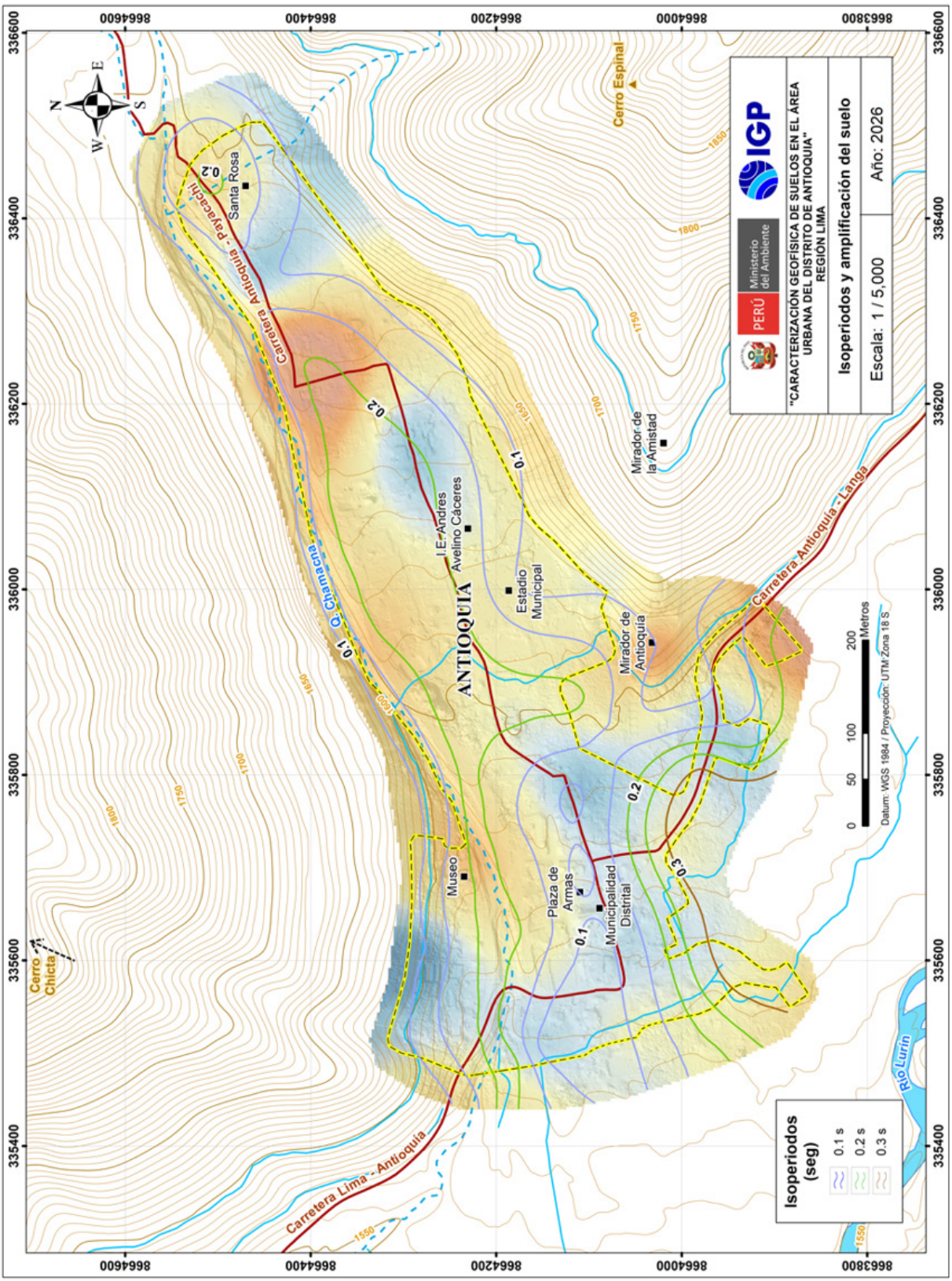


Figura 41. Mapa de isoperiodos y amplificación del suelo para el área de estudio.



Figura 42. Sectores donde coinciden depósitos fluviales, terrenos de cultivo y periodos predominantes entre 0.2 y 0.3 s.

A continuación, para describir con mayor claridad los resultados en este estudio, se presenta un análisis por secciones:

• Sección 01

Comprende la zona céntrica y presenta una orientación de suroeste a noreste (Figura 43). Se inicia en la plaza de Armas, atraviesa el estadio Municipal y continúa hacia el sector Santa Rosa. Sus principales características son las siguientes:

» Presenta una capa de suelos rígidos, con espesores que varían entre 4 y 16 m. En el extremo suroeste, cubierto por terrenos de cultivo, se identifica además una capa de suelos medianamente rígidos de 4 m de espesor. Estos suelos muestran variaciones de rigidez y espesor que podrían estar relacionadas con la presencia de filtraciones y acumulaciones de agua a través de fracturas, así como con la permeabilidad propia de los depósitos aluviales. Por debajo se identifican estratos de materiales muy rígidos y, a mayor profundidad, roca moderadamente dura. Estas unidades podrían corresponder a roca meteorizada o fracturada cubierta por depósitos aluviales.

» A lo largo de la sección se identifican anomalías de baja resistividad en profundidad, señaladas mediante círculos de color rojo, que sugieren un mayor contenido de humedad en sectores de roca fracturada o meteorizada. Estas anomalías podrían estar relacionadas con las condiciones estructurales y geológicas del terreno. Asimismo, a nivel superficial se reconocen lineamientos de baja resistividad, representados mediante líneas de color negro, que se profundizan hacia el estadio Municipal y el sector Santa Rosa, correspondientes a los lineamientos L2 y L3. Estos lineamientos se interpretan como posibles vías preferenciales de infiltración y circulación de agua. El lineamiento L1 corresponde a una anomalía subvertical de alta resistividad, compatible con un cuerpo de características similares a un dique o con una zona silicificada, posiblemente relacionada con la circulación de fluidos hidrotermales.

» Los periodos predominantes del suelo guardan relación con las condiciones geológicas locales. A lo largo de la sección se presentan periodos entre 0.1 y 0.2 s y niveles moderados de amplificación, características asociadas principalmente a suelos compactos o rígidos. En las inmediaciones de la plaza

de Armas, los suelos presentan además sensibilidad a periodos largos, superiores a 0.6 s, posiblemente relacionada con la presencia de materiales de menor rigidez o roca fracturada con mayor contenido de humedad en profundidad.

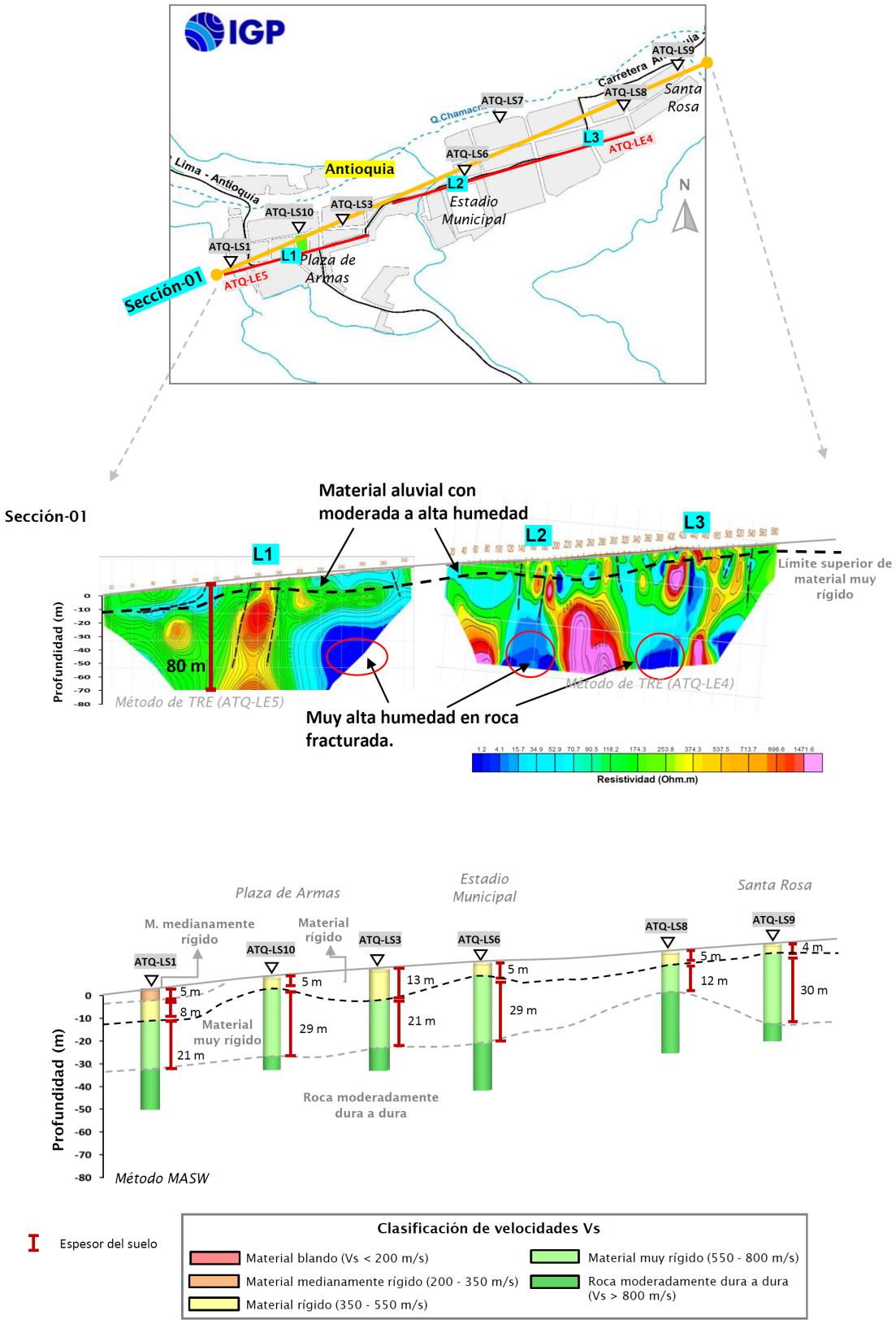


Figura 43. Correlación de los resultados con los métodos de tomografía eléctrica y MASW para la sección 01.

- Sección 02

Comprende la zona céntrica del área de estudio y presenta una orientación de noroeste a sureste (Figura 44). Se inicia en la carretera de ingreso al casco urbano, atraviesa la plaza de Armas y se extiende hasta la carretera con dirección a Langa. Sus principales características son las siguientes:

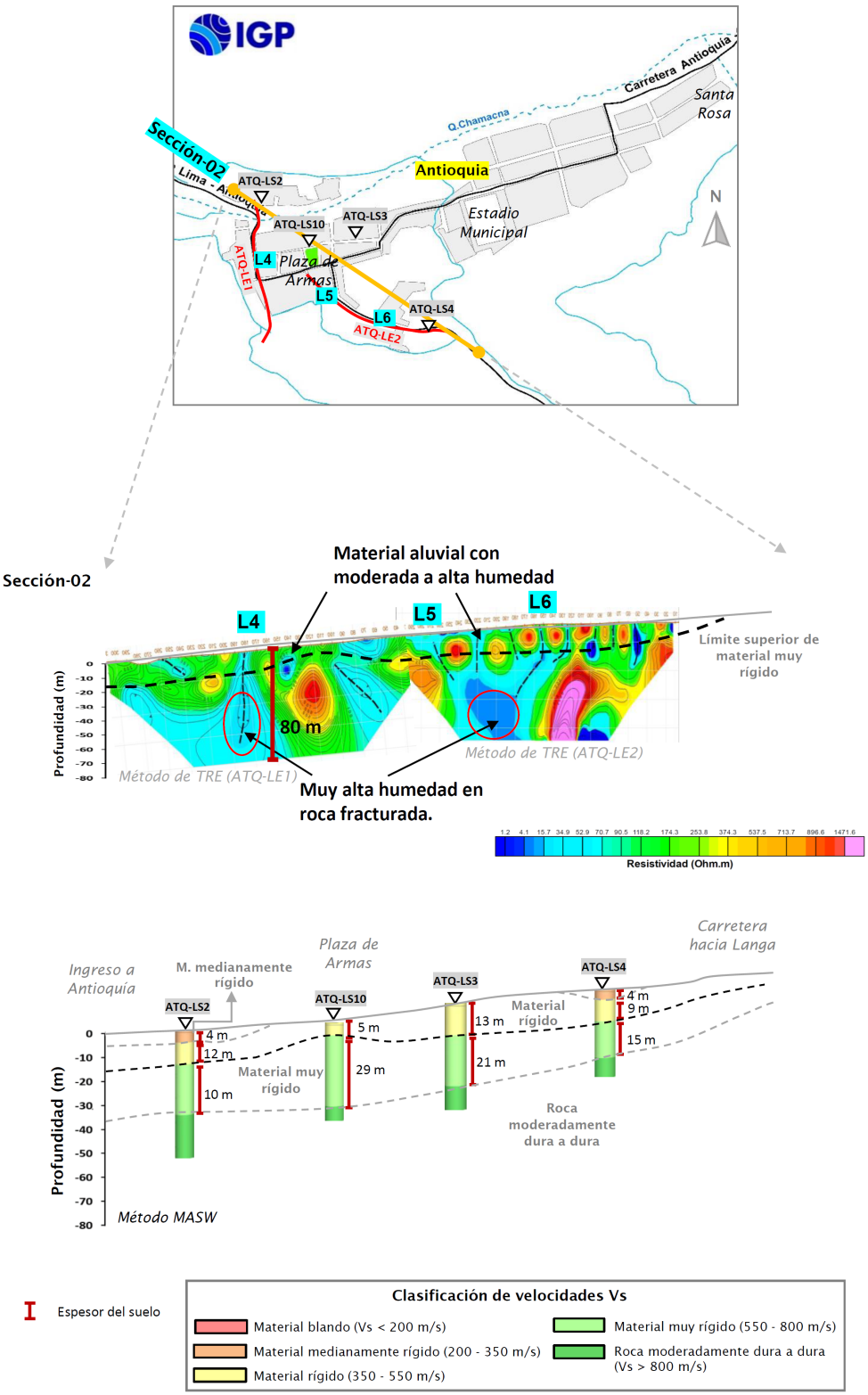


Figura 44. Correlación de los resultados con los métodos de tomografía eléctrica y MASW para la sección 02.

» Presenta una capa superficial en la que predominan los suelos rígidos y, de manera puntual, suelos medianamente rígidos de aproximadamente 4 m de espesor en ambos extremos de la sección: en el ingreso a Antioquía y en la carretera hacia Langa. En conjunto, estas unidades alcanzan espesores que varían entre 5 y 16 m, y el menor espesor se identifica en la plaza de Armas (Figura 44). Por debajo se reconocen estratos de suelos muy rígidos y, a mayor profundidad, roca moderadamente dura. Esta configuración podría corresponder a depósitos aluviales superficiales que cubren roca volcánica meteorizada o fracturada.

» A nivel superficial predominan valores de resistividad bajos a moderados, que sugieren un mayor contenido de humedad asociado con procesos de infiltración en los depósitos aluviales. Asimismo, se identifican lineamientos de baja resistividad, representados mediante líneas de color negro, que se profundizan a lo largo de la sección y corresponden a los lineamientos L4, L5 y L6. Estos se interpretan como posibles vías preferenciales de infiltración y circulación de agua a través de sectores de roca fracturada.

» A lo largo de la sección, los suelos presentan periodos predominantes entre 0.1 y 0.3 s. Los valores más altos se identifican al sur de la plaza de Armas, en la carretera hacia Langa y en las inmediaciones de la quebrada Chamacna. En este último sector se registran niveles de amplificación de moderados a altos, posiblemente relacionados con la presencia de materiales superficiales poco compactos asociados a terrenos de cultivo. Asimismo, en las inmediaciones de la quebrada Chamacna, los suelos responden a periodos de 0.1 a 0.2 s, con sensibilidad a periodos largos, valores que estarían asociados a la presencia de depósitos superficiales de poco espesor y menos compactos.

4.2 Mapa de zonificación geofísica-geotécnica

El mapa de zonificación geofísica-geotécnica de los suelos en el área urbana del distrito de Antioquía se elaboró a partir de la integración de los resultados con los diferentes métodos geofísicos, geodinámicos y geotécnicos. Estos resultados permitieron delimitar zonas cuyos suelos presentan características físicas y dinámicas similares. De acuerdo con la Norma Técnica E.030 y la clasificación adoptada en el estudio, en el área urbana del distrito de Antioquía se identifican perfiles de suelo tipo S1, S2 y S4, correspondientes a suelos muy rígidos, rígidos y, en el caso del perfil S4, suelos blandos o sectores con condiciones de inestabilidad.

Para el área de estudio se propone la siguiente zonificación geofísica y geotécnica de suelos (Figura 45):

• Zona I

Comprende suelos conformados por bolones, gravas y arenas. Presenta valores de Vs_{30} entre 571 y 695 m/s y periodos predominantes entre 0.1 y 0.2 s. Adicionalmente, en los sectores próximos a la quebrada Chamacna, los suelos muestran sensibilidad a periodos largos, superiores a 0.5 s. En esta zona, los suelos presentan contenidos de humedad de moderados a altos y una capacidad de carga admisible de media a alta, con valores superiores a 2.0 kg/cm² a 1.5 m de profundidad. Estos parámetros corresponden a perfiles de suelo tipo S1, asociados a suelos muy rígidos, presentes en la zona céntrica del área urbana, que comprende la plaza de Armas, el estadio Municipal y el sector Santa Rosa.

• Zona II

Comprende suelos conformados por gravas, arenas y limos. Presenta valores de Vs_{30} entre 474 y 524 m/s y periodos predominantes entre 0.2 y 0.3 s. En esta zona, los suelos presentan contenidos de humedad de moderados a altos y una capacidad de carga admisible de media a alta, con valores superiores a 2.0 kg/cm² a 1.5 m de profundidad. Estos parámetros corresponden a perfiles de suelo tipo S2, asociados a suelos rígidos, presentes en los sectores próximos al Museo de Antioquía y en los extremos suroeste y sur de la plaza de Armas, incluida la carretera hacia Langa.

• Zona III

Comprende perfiles de suelo tipo S3, asociados a suelos medianamente rígidos, con valores de Vs_{30} entre 200 y 350 m/s. Este tipo de suelo no fue identificado en el área de estudio.

- Zona IV

Comprende suelos blandos o sectores con condiciones de inestabilidad, considerados dentro del perfil de suelo tipo S4. Esta zona presenta una marcada irregularidad topográfica y comprende sectores de los cerros Chicta y Espinal susceptibles a caídas de rocas y derrumbes, así como el cauce de la quebrada Chamacna, susceptible a la ocurrencia de flujos de detritos. Los sectores propensos a derrumbes se caracterizan por presentar pendientes pronunciadas y materiales sueltos o poco consolidados. Asimismo, se identifican cárcavas e indicios de socavación en los depósitos, evidencias de erosión hídrica que contribuyen a la pérdida progresiva de soporte en la base de los taludes.

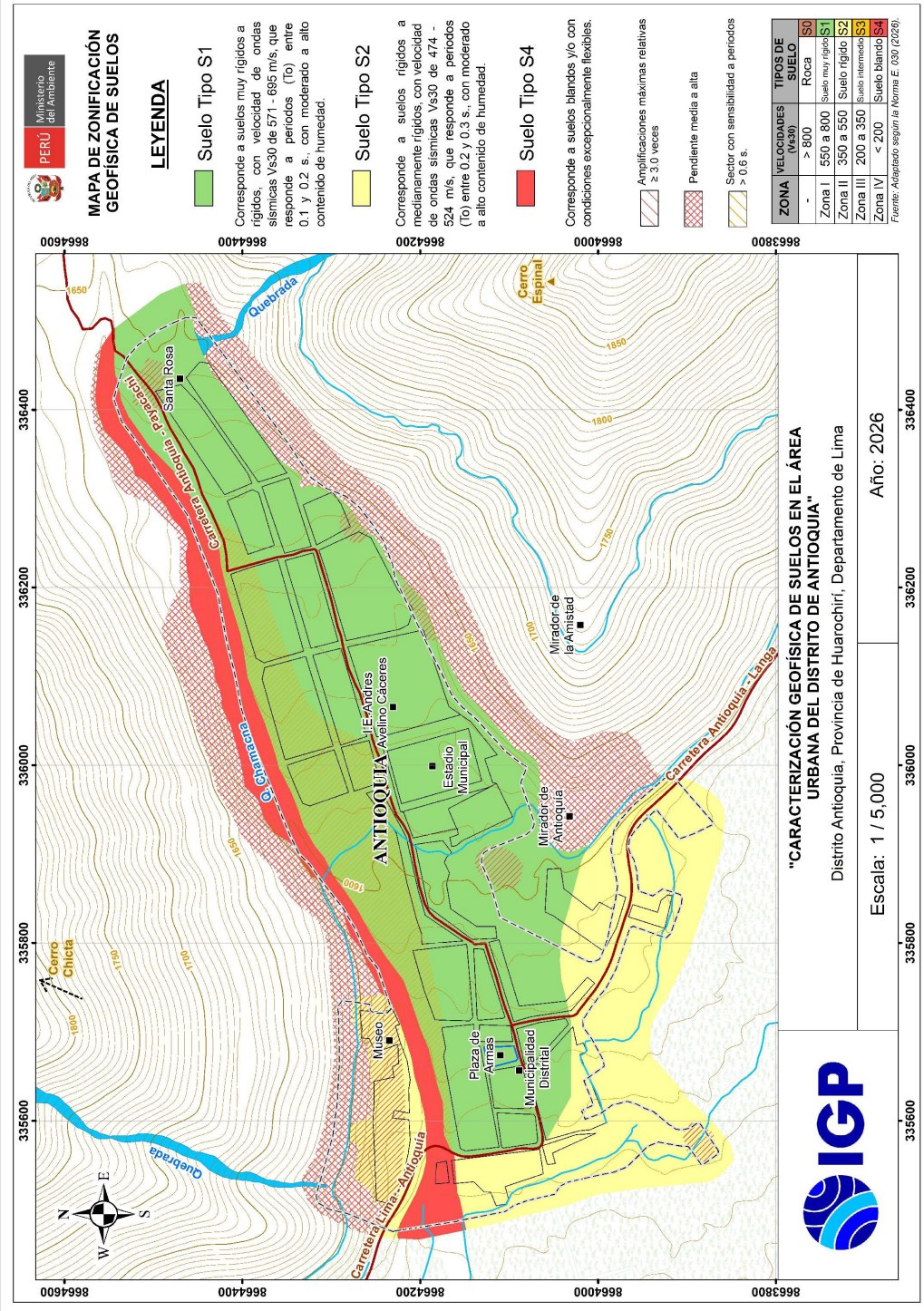


Figura 45. Mapa de zonificación geofísica de suelos para el área urbana del distrito de Antioquía.

En las áreas delimitadas mediante líneas rojas, los suelos presentan amplificaciones relativas iguales o superiores a 3.0 veces con respecto al valor de referencia. Ante una demanda sísmica, estas áreas podrían experimentar mayores niveles de sacudimiento debido a las características dinámicas del subsuelo. Por otro lado, durante lluvias intensas, los materiales sueltos o con mayor contenido de humedad podrían perder estabilidad o ser movilizados.

En la Figura 46 se presenta un esquema 3D del área de estudio, en el cual se indican, con flechas rojas y amarillas, las áreas aportantes para el desarrollo de eventos geodinámicos: zonas con caída de rocas asociadas a taludes de fuerte pendiente y macizos fracturados, así como zonas de ocurrencia de flujos de detritos que históricamente han afectado las vías de acceso y cuyo alcance podría haber variado debido a cambios en la trayectoria del cauce de la quebrada Chamacna.

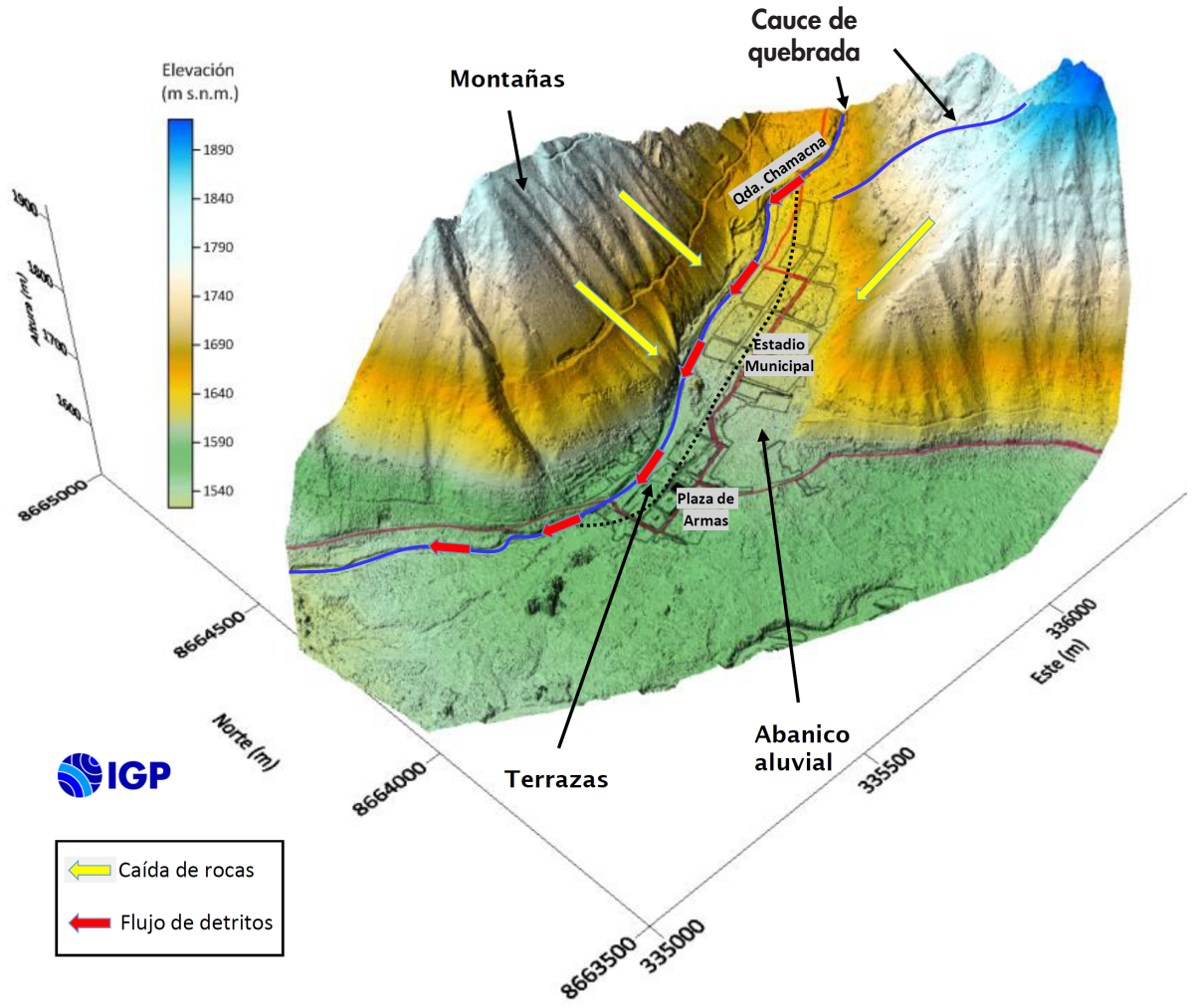


Figura 46. Vista 3D de la morfología del terreno del área urbana de Antioquía. Las flechas indican la ubicación y dirección de las áreas aportantes para eventos geodinámicos.

Conclusiones

El estudio de zonificación geofísica-geotécnica de suelos para el área urbana de Antioquía ha permitido establecer las siguientes conclusiones:

- Geomorfológicamente, en el área urbana de Antioquía se reconocen cinco unidades: lecho fluvial, montañas, terrazas, cauces de quebrada y abanicos aluviales. La quebrada Chamacna constituye el principal agente modelador del relieve, debido a los procesos de erosión, transporte y deposición de sedimentos que dieron origen al abanico aluvial sobre el cual se emplaza el área urbana.

- Los principales eventos geodinámicos identificados en el área de estudio son las caídas de rocas, asociadas a taludes de fuerte pendiente y macizos rocosos fracturados, y los flujos de detritos, que han afectado principalmente las vías de acceso. El alcance de estos últimos podría estar condicionado por cambios en la trayectoria del cauce de la quebrada Chamacna y por la presencia de sectores topográficamente deprimidos. Asimismo, se identificaron sectores susceptibles a derrumbes y flujos de detritos debido a la presencia de pendientes pronunciadas, depósitos poco consolidados y materiales susceptibles de ser movilizados.

- En el área urbana de Antioquía se identificaron tres tipos de suelos: grava bien graduada con limo (GW-GM), grava mal graduada con limo (GP-GM) y grava limosa (GM). Su capacidad de carga portante es media (2.00 a 3.00 kg/cm^2) en un área delimitada hacia el este por el estadio Municipal, y alta (mayor de 3.00 kg/cm^2) en los suelos presentes en el casco urbano y en la zona este. En general, el 93 % del área urbana de Antioquía presenta suelos con capacidad portante alta y el 7 %, suelos con capacidad portante media.

- Según su comportamiento dinámico, los suelos del área urbana de Antioquía responden a periodos de 0.1 y 0.2 s, mientras que los periodos de 0.3 s se concentran al sur del área urbana, en la carretera hacia Langa. De manera sectorizada, los suelos muestran sensibilidad a periodos largos (> 0.5 s) en sectores próximos a las márgenes de la quebrada Chamacna.

- El suelo del área urbana del distrito de Antioquía está definido predominantemente por dos capas sísmicas que, a nivel superficial, presentan marcada heterogeneidad lateral en sus depósitos. Se identificó una capa de suelos medianamente rígidos (Vs = 250 a 333 m/s) y otra de suelos rígidos (Vs = 356 a 527 m/s), que en conjunto tienen un espesor que varía entre 4 y 16 m. Las capas de mayor espesor están presentes al oeste del museo y al norte de la I. E. Andrés Avelino Cáceres, en la quebrada Chamacna. A mayor profundidad predomina la presencia de suelos muy rígidos a roca moderadamente dura (Vs > 550 m/s), distribuidos en toda el área de estudio. Estos corresponden a rocas fracturadas o duras de origen volcánico.

- En el área urbana de Antioquía, considerando la velocidad de ondas de corte Vs_{30} de acuerdo con la Norma Técnica E.030, predominan suelos muy rígidos (571 a 695 m/s), compuestos por terrenos de abanico aluvial y terrazas, además de suelos rígidos (474 a 524 m/s), presentes hacia el este y sur de la plaza de Armas. De manera puntual, al pie del cerro Espinal, en el Mirador de Antioquía, se presentan velocidades de 854 m/s, que corresponderían a rocas moderadamente duras a duras, coherentes con lo observado *in situ*.

- Los suelos del área urbana de Antioquía presentan contenido de humedad de moderado a alto. Se identificó la presencia de lineamientos de baja resistividad asociados a vías preferenciales de flujo y filtración de agua. Asimismo, por debajo de los 16 a 20 m de profundidad, se reconoció, de manera discontinua, la presencia de suelos con comportamiento permeable y muy alta humedad, que podrían corresponder a rocas meteorizadas o fracturadas.

- Según la Norma Técnica E.030, en el área urbana de Antioquía se identifican perfiles de suelo tipo S1, S2 y S4, correspondientes a suelos muy rígidos, rígidos y, en el caso del perfil S4, suelos blandos o con condiciones de inestabilidad.

Referencias

- ASTM International. (2011). *Standard test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions* (ASTM D3080/D3080M-11). https://store.astm.org/d3080_d3080m-11.html

- ASTM International. (2018). *Standard guide for site characterization for engineering design and construction purposes* (ASTM D420-18). https://store.astm.org/standards/d420

- Beláustegui, S. (1999). *Pendientes del terreno y fundamentos del caudal máximo no erosivo* (Hoja técnica N.° 7). https://pyrargentina.com.ar/wp-content/uploads/2019/01/hoja-tcnica-n-7-rev.pdf

- Bernal Esquía, Y. I. (2006). *Microzonificación sísmica de la ciudad de Tlaxcala, México* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional de la UNAM. https://ru.dgb.unam.mx/items/4930f44a-d2a4-41d5-b822-479bc1e15526

- Cruden, D. M. (1991). A simple definition of a landslide. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology, 43*, 27–29. https://doi.org/10.1007/BF02590167

- Deutsches Institut für Normung. (2002). *Baugrund—Felduntersuchungen—Teil 3: Rammsondierungen* [Estudio del terreno—Investigaciones de campo—Parte 3: Sondeos de penetración dinámica] (DIN 4094-3:2002-01). DIN Media. https://www.dinmedia.de/en/standard/din-4094-3/43793012

- Fidel, L., Zavala, B., Núñez, S., & Valenzuela, G. (2006). *Estudio de riesgos geológicos del Perú: Franja N.° 4* (Boletín N.° 29, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica). Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. https://hdl.handle.net/20.500.12544/263

- Guzmán, A., Aniya, R., Fidel, L., Robles, I., & Zavala, B. (1996). *Estudio geotécnico de futuras áreas de expansión urbana entre Lima y Cañete* (Informe técnico N.° A5931). Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. https://hdl.handle.net/20.500.12544/4645

- Hutchinson, J. N. (1988). General report: Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology. En C. Bonnard (Ed.), *Landslides: Proceedings of the Fifth International Symposium on Landslides* (Vol. 1, pp. 3–35). A. A. Balkema.

- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Región Lima: Resultados definitivos de los Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas* (Tomo I). https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1550/15BTOMO_01.pdf

- Loke, M. H. (2010). *Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys*. Geotomo Software.

- Louie, J. N. (2001). Faster, better: Shear-wave velocity to 100 meters depth from refraction microtremor arrays. *Bulletin of the Seismological Society of America, 91*(2), 347–364. https://doi.org/10.1785/0120000098

- Luque, G., Rosado, M., Pari, W., Peña, F., & Huamán, M. (2020). *Peligro geológico en la región Lima* (Boletín N.° 76, Serie C: Geodinámica). Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. https://hdl.handle.net/20.500.12544/2571

- Meyerhof, G. G. (1956). Penetration tests and bearing capacity of cohesionless soils. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, 82*(1), 866-1–866-19. https://doi.org/10.1061/JSFEAQ.0000001

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma Técnica E.050: Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones* (Resolución Ministerial N.° 406-2018-VIVIENDA). https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/222983-406-2018-vivienda

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2026). *Norma Técnica E.030: Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones* (Resolución Ministerial N.° 183-2026-VIVIENDA). https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/8081915-183-2026-vivienda

- Municipalidad Distrital de Antioquía. (2025). *Plan de prevención y reducción del riesgo de desastres del distrito de Antioquía ante movimientos en masa, inundaciones e incendios forestales, 2025–2030*. https://sigrid4.cenepred.gob.pe/sigridv4/biblioteca/documento/21002/descargar

- Nakamura, Y. (1989). A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. *Quarterly Report of Railway Technical Research Institute, 30*(1), 25–33.

- Park, C. B. (2013). MASW for geotechnical site investigation. *The Leading Edge, 32*(6), 656–662. https://doi.org/10.1190/tle32060656.1

- Quispesivana, L. Q., & Navarro, P. C. (2002). *Mapa geológico del cuadrángulo de Huarochirí, hoja 25-k, escala 1:100 000* [Mapa geológico]. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.

- SESAME European Research Project. (2004). *Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations: Measurements, processing and interpretation* (WP12, Deliverable D23.12). European Commission, Research General Directorate. https://sesame.geopsy.org/Delivrables/Del-D23-HV_User_Guidelines.pdf

- Silgado, E. (1978). *Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú (1513–1974)* (Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, N.° 3). Instituto de Geología y Minería.

- Tavera, H., Bernal, I., Condori, C., Ordaz, M., Zevallos, A., & Ishizawa, O. (2014). *Reevaluación del peligro sísmico probabilístico para el Perú*. Instituto Geofísico del Perú. https://repositorio.igp.gob.pe/items/8a770324-1619-4adc-b4a1-9cf94390ee91

- Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1996). *Soil mechanics in engineering practice* (3rd ed.). John Wiley & Sons.

- Trinidad Aranciaga, I., Santisteban Angeldonis, A., & Huanca Calla, W. (2021). *Geología del cuadrángulo de Huarochirí (hojas 25k1, 25k2, 25k3 y 25k4)* (Boletín N.° 15, Serie L: Actualización de la Carta Geológica Nacional, escala 1:50 000). Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. https://hdl.handle.net/20.500.12544/3134

- Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. (2000). *Investigación de aguas subterráneas en la región Valles de San Nicolás: Fase II.*

- Urbieta Gómez, J. (2001). *La tomografía eléctrica en los métodos de corriente continua* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional de la UNAM. https://repositorio.unam.mx/contenidos/3470301

- Varnes, D. J. (1978). Slope movement types and processes. En R. L. Schuster & R. J. Krizek (Eds.), *Landslides: Analysis and control* (pp. 11–33; Special Report 176). Transportation Research Board, National Research Council.

Anexos

- **Anexo I:** Información geológica-geotécnica

Registro de calicatas

PERÚ Ministerio del Ambiente — IGP

REGISTRO DE CALICATAS

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA, PROVINCIA HUAROCHIRÍ, DEPARTAMENTO LIMA	**POSTEO:**	ATQ - C1			
	UBICACIÓN:	A 88 m al noreste de la I.E.N. 20537 Andrés Avelino Cáceres			
	DISTRITO:	Antioquia	**PROVINCIA:**	Huarochirí	**REGIÓN:** Lima
	PROFUNDIDAD (m):	2.50	**NIVEL FREÁTICO (m):**	N.P.	**FECHA:** Mayo 2026
	COORDENADAS UTM				
	NORTE (m):	8664339	**ESTE (m):**	336102	**COTA (m s.n.m):** 1602
ELABORADO POR:	Pilar Vivanco L.	**REVISADO POR:**	Juan Carlos Gómez A.	**RESPONSABLE DEL PROYECTO:**	Hernando Tavera

(m) PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm3) Dh	Ds	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
0.00 – 0.50								Material de relleno no controlado. Contiene restos orgánicos (raices), plásticos, entre otros.
0.60 – 1.10						GP-GM-Ct		Gravas redondedas a subredondeadas, sin humedad. Matriz areno limosa. Presencia de clastos de 3 cm a 10 cm de diámetro. Compacidad media.
1.20 – 1.40								Grava subangulosa a subredondeada, sin humedad. Matriz areno limosa escaza. Presencia de cantos rodados de 20 cm de diámetro. Compacidad media.
1.50 – 1.60								Gravas redondedas a subredondeadas, humedad baja. Matriz areno limosa. Presencia de clastos de 3 cm de diámetro. Compacidad media.
1.70 – 2.10						GP-Bq		Grava subredondeada, sin humedad. Matriz de arena de grano grueso. Presencia de bloques de 20 cm a 30 cm de diámetro. Compacidad media.
2.20 – 2.50						GM-Bq		Grava redondeda a subredondeada, sin humedad. Matriz arena limosa. Presencia de cantos rodados de 7 cm de diámetro y de forma aislada bloques mayores a 40 cm de diámetro. Compacidad media.
2.60 – 3.00								

OBSERVACIONES: Se evidenciaron bloques aislados mayores a 40 cm de diámetro.

REGISTRO FOTOGRÁFICO ATQ- C1



El ensayo se realizó al noreste de Antioquia entre las calles Cinco Cerros y Amancaes.



El tipo de suelo reconocido corresponde a grava subredondeada a subangulosa, de 3 cm a bloques de 40 cm de diámetro.

PERÚ Ministerio del Ambiente

IGP

REGISTRO DE CALICATAS

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA, PROVINCIA HUAROCHIRÍ, DEPARTAMENTO LIMA	**POSTEO:**	ATQ - C2			
	UBICACIÓN:	A 230 m al suroeste de la Plaza de Antioquia			
	DISTRITO:	Antioquia	**PROVINCIA:**	Huarochirí	**REGIÓN:** Lima
	PROFUNDIDAD (m):	2.50	**NIVEL FREÁTICO (m)**	N.P.	**FECHA:** Mayo 2026
	COORDENADAS UTM				
	NORTE (m):	8663893	**ESTE (m):**	[redacted]	**COTA (m s.n.m):** 1547
ELABORADO POR: Pilar Vivanco L.	**REVISADO POR:**	Juan Carlos Gómez A.	**RESPONSABLE DEL PROYECTO:**	Hernando Tavera	

(m) PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm3) Dh	DENSIDAD (gr/cm3) Ds	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
0.00 – 0.60						CL		Arcilla inorgánica, humedad media alta. Compacidad media. Contiene restos orgánicos (raíces). / Arcilla inorgánica, humedad media alta. Compacidad media.
0.90 – 1.50	MATQ-2					GM		Grava subredondeada, humedad media a alta. Matriz arcillosa. Presencia de clastos mayores a 4 cm de diámetro. Compacidad media.
1.60 – 1.80						CL		Arcilla inorgánica, humedad media. Contiene clastos subredondeados de 3 cm a 10 cm de diámetro. Compacidad media.
1.90 – 3.00						GM		Grava subredondeada, humedad media. Matriz limosa. Contiene bloques 1 m de diámetro.

OBSERVACIONES: Debido a la presencia de bloques de 1 m de diámetro no se logra contiuar con la excavación.

REGISTRO FOTOGRÁFICO ATQ- C2



El ensayo se realizó en terrenos de cultivos ubicados al suroeste de Antioquia.



El tipo de suelo reconocido corresponde a intercalaciones de arcilla inorgánica, grava limosa subredondeada y bloques de 1 m de diámetro, en matriz arcillosa. Ensayo de densidad.

PERÚ Ministerio del Ambiente

IGP

REGISTRO DE CALICATAS

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA, PROVINCIA HUAROCHIRÍ, DEPARTAMENTO LIMA	**POSTEO:**	ATQ - C3			
	UBICACIÓN:	A 323 m al este de la I.E.N. 20537 Andrés Avelino Cáceres			
	DISTRITO:	Antioquia	**PROVINCIA:**	Huarochirí	**REGIÓN:** Lima
	PROFUNDIDAD (m):	2.50	**NIVEL FREÁTICO (m)**	N.P.	**FECHA:** Mayo 2026
	COORDENADAS UTM				
	NORTE (m):	8664380	**ESTE (m):**	336365	**COTA (m s.n.m):** 1613
ELABORADO POR:	Pilar Vivanco L.	**REVISADO POR:**	Juan Carlos Gómez A.	**RESPONSABLE DEL PROYECTO:**	Hernando Tavera

(m) PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm3) Dh	DENSIDAD (gr/cm3) Ds	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
0.00 – 0.40								Limo inorgánico, humedad baja. Contiene restos orgánicos (raíces). Compacidad media.
0.50 – 1.20						GP-GM		Grava subangulosa, sin humedad. Matriz limo arenosa. Presencia de clastos de 3 cm de diámetro, cantos de 20 cm y bloques de 25 cm de diámetro. Compacidad media.
1.30 – 2.50	MATQ-3					GP-GM-Ct		Grava subangulosa, sin humedad. Matriz limo arenosa. Presencia de clastos de 0.5 cm a 1 cm de diámetro y bloques mayores a 25 cm de diámetro aislados. Compacidad media.
2.60 – 3.00								

OBSERVACIONES:

REGISTRO FOTOGRÁFICO ATQ- C3



El ensayo se realizó al este de Antioquia.



El tipo de suelo reconocido corresponde a grava con cantos subredondeados a subangulosos de 5 cm a bloques de 5 m de diámetro, en matriz areno limosa.

PERÚ Ministerio del Ambiente

IGP

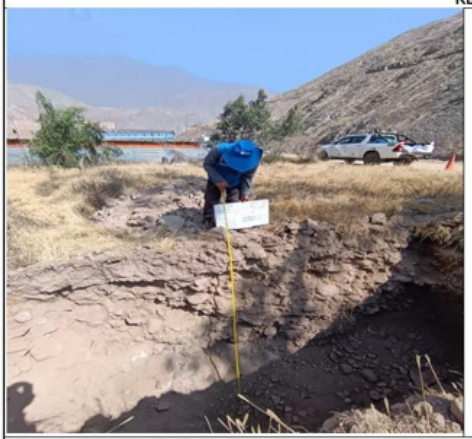
REGISTRO DE CALICATAS

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA, PROVINCIA HUAROCHIRÍ, DEPARTAMENTO LIMA	**POSTEO:**	ATQ - C4			
	UBICACIÓN:	A 168 m al noreste de la I.E.N. 20537 Andrés Avelino Cáceres			
	DISTRITO:	Antioquia	**PROVINCIA:**	Huarochirí	**REGIÓN:** Lima
	PROFUNDIDAD (m):	0.30	**NIVEL FREÁTICO (m)**	N.P.	**FECHA:** Mayo 2026
	COORDENADAS UTM				
	NORTE (m):	8664393	**ESTE (m):**	336179	**COTA (m.s.n.m):** 1601
ELABORADO POR:	Pilar Vivanco L.	**REVISADO POR:**	Juan Carlos Gómez A.	**RESPONSABLE DEL PROYECTO:**	Hernando Tavera

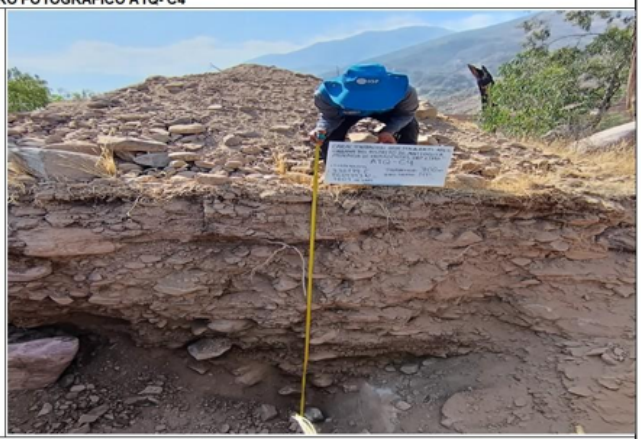
(m) PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm3) Dh	DENSIDAD (gr/cm3) Ds	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
0.00 – 0.40						ML		Limo inorgánico, humedad baja. Contiene restos orgánicos (raíces). Compacidad media.
0.45 – 2.30	MATQ-4					GP-GM-Bq		Grava subangulosa, sin humedad. Matriz limo arenosa. Presencia de clastos de 3 cm diámetro y bloques mayores a 20 cm de diámetro. Compacidad media.
2.40 – 2.70						GP-Bq		Grava subangulosa, sin humedad. Matriz arenosa. Presencia de clastos de 0.5 cm a 1 cm de diámetro y bloques mayores a 25 cm de diámetro aislados. Compacidad media.
2.80 – 3.00						GP-Bq		Grava subangulosa, sin humedad. Matriz limo arenosa. Presencia de bloques de 50 cm de diámetro. Compacidad media.

OBSERVACIONES:

REGISTRO FOTOGRÁFICO ATQ- C4



El ensayo se realizó al noreste del estadio de Antioquia.



El tipo de suelo reconocido corresponde a grava subredondeada de 0.5 cm a 1 cm de diámetro y bloques de 50 cm de diámetro, en matriz areno limosa.

PERÚ Ministerio del Ambiente

IGP

REGISTRO DE CALICATAS

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA, PROVINCIA HUAROCHIRÍ, DEPARTAMENTO LIMA	**POSTEO:**	ATQ - C5			
	UBICACIÓN:	A 129 m al noroeste del Templo de Sisicaya			
	DISTRITO:	Antioquia	**PROVINCIA:**	Huarochirí	**REGIÓN:** Lima
	PROFUNDIDAD (m):	2.50	**NIVEL FREÁTICO (m)**	N.P.	**FECHA:** Mayo 2026
	COORDENADAS UTM				
	NORTE (m):	8664175	**ESTE (m):**	335458	**COTA (m s.n.m):** 1563
ELABORADO POR:	Pilar Vivanco L.	**REVISADO POR:**	Juan Carlos Gómez A.	**RESPONSABLE DEL PROYECTO:**	Hernando Tavera

(m) PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm3) Dh	Ds	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
0.00 – 0.50								Grava angulosa, humedad baja. Matriz areno limosa. Presencia de clastos de 3 cm de diámetro. Contiene restos orgánicos (raíces). Compacidad media.
0.60 – 1.40						GW-GM-Ct		Grava subredondeada, humedad baja. Matriz areno limosa. Presencia de cantos rodados de 5 cm a 20 cm de diámetro y bloques de 1.5 m a 2 m de diámetro. Compacidad media.
1.50 – 1.80	MATQ-5							Grava subredondeada a redondeada, sin humedad. Matriz areno limosa. Presencia de cantos rodados de 15 cm a 20 cm de diámetro. Compacidad media.
1.90 – 3.00						GP-Bq		Grava subredondeada, humedad baja. Matriz areno limosa escaza. Presencia de bloques de 1.5 m a 2 m de diámetro. Compacidad media.

OBSERVACIONES: Debido a la presencia de bloques mayores a 1.5 m de diámetro no se logra continuar con la excavación.

REGISTRO FOTOGRÁFICO ATQ- C5



El ensayo se realizó al noroeste de Antioquia.



El tipo de suelo reconocido corresponde a grava con cantos subredondeados en matriz areno limosa.

- Información geológica-geotécnica

Registro de posteos

PERÚ Ministerio del Ambiente — IGP

REGISTRO DE POSTEOS

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA, PROVINCIA HUAROCHIRÍ, DEPARTAMENTO LIMA	**POSTEO:**	ATQ - P1			
	UBICACIÓN:	A 265 m al noreste de la I.E.N. 20537 Andrés Avelino Cáceres			
	DISTRITO:	Antioquia	**PROVINCIA:**	Huarochirí	**REGIÓN:** Lima
	PROFUNDIDAD (m):	0.70	**NIVEL FREÁTICO (m)**	N.P.	**FECHA:** Mayo 2026
	COORDENADAS UTM				
	NORTE (m):	8664401	**ESTE (m):**	336292	**COTA (m s.n.m):** 1562
ELABORADO POR: Pilar Vivanco L.	**REVISADO POR:**	Juan Carlos Gómez A.	**RESPONSABLE DEL PROYECTO:**	Hernando Tavera	

(m) PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm3) Dh	Ds	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
0.00 – 0.15								Material de relleno no controlado. Contiene restos orgánicos (raices), plásticos, entre otros.
0.35 – 0.70						GP-GM		Grava subredondeada, sin humedad. Matriz areno limosa. Presencia de clastos de 5 cm a 10 cm de diámetro (0.15 a 0.35 m de profundidad), luego se observan clastos mayores a 10 cm de diámetro. Compacidad media.
0.80 – 3.00								

OBSERVACIONES: Debido a la presencia de clastos mayores a 10 cm de diámetro no se logra recuperar muestra.

REGISTRO FOTOGRÁFICO ATQ- P1



El ensayo se realizó en un terreno ubicado al noreste de Antioquia.



El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo corresponde a grava subredondeada.

PERÚ Ministerio del Ambiente

IGP

REGISTRO DE POSTEOS

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA, PROVINCIA HUAROCHIRÍ, DEPARTAMENTO LIMA	**POSTEO:**	ATQ - P2			
	UBICACIÓN:	En las inmediaciones de la plaza de armas de Antioquia			
	DISTRITO:	Antioquia	**PROVINCIA:**	Huarochirí	**REGIÓN:** Lima
	PROFUNDIDAD (m):	0.75	**NIVEL FREÁTICO (m)**	N.P.	**FECHA:** Mayo 2026
	COORDENADAS UTM				
	NORTE (m):	8664121	**ESTE (m):**	335668	**COTA (m s.n.m):** 1563
ELABORADO POR:	Pilar Vivanco L.	**REVISADO POR:**	Juan Carlos Gómez A.	**RESPONSABLE DEL PROYECTO:**	Hernando Tavera

(m) PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm3) Dh	DENSIDAD (gr/cm3) Ds	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
0.00 – 0.10 – 0.20 – 0.30 – 0.40 – 0.45								Material de relleno controlado, humedad media. Compacidad media. Presencia de arcilla y clastos subredondeados de 1 cm de diámetro. Contiene restos orgánicos (raíces).
0.60 – 0.70 – 0.75								Material de relleno controlado, humedad media. Compacidad media. Presencia de arcilla, clastos subredondeados y angulosos de 5 cm de diámetro.
0.90 – 1.00 – 1.10 – 1.20 – 1.30 – 1.40 – 1.50 – 1.60 – 1.70 – 1.80 – 1.90 – 2.00 – 2.10 – 2.20 – 2.30 – 2.40 – 2.50 – 2.60 – 2.70 – 2.80 – 2.90 – 3.00						GP-GM		Grava subredondeada, sin humedad. Compacidad media. Presencia de clastos mayores a 10 cm de diámetro. Matriz areno limosa.

OBSERVACIONES: Debido a la presencia de clastos mayores a 10 cm de diámetro no se logra recuperar muestra.

REGISTRO FOTOGRÁFICO ATQ- P2



El ensayo se realizó en la plaza de armas de Antioquia.



El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo corresponde a grava subredondeada en matriz areno limosa.

PERÚ Ministerio del Ambiente

IGP

REGISTRO DE POSTEOS

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA, PROVINCIA HUAROCHIRÍ, DEPARTAMENTO LIMA	**POSTEO:**	ATQ - P3			
	UBICACIÓN:	A 340 m al sur de la plaza de armas de Antioquia			
	DISTRITO:	Antioquia	**PROVINCIA:**	Huarochirí	**REGIÓN:** Lima
	PROFUNDIDAD (m):	0.45	**NIVEL FREÁTICO (m)**	N.P.	**FECHA:** Mayo 2026
	COORDENADAS UTM				
	NORTE (m):	8663901	**ESTE (m):**	335938	**COTA (m s.n.m):** 1561
ELABORADO POR:	Pilar Vivanco L.	**REVISADO POR:**	Juan Carlos Gómez A.	**RESPONSABLE DEL PROYECTO:**	Hernando Tavera

(m)	PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm3) Dh	DENSIDAD (gr/cm3) Ds	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
	0.00 – 0.30								Material de relleno no controlado, humedad media a alta. Contiene arcillas y limos, restos orgánicos (raices), entre otros.
	0.40 – 0.45						GP-GM		Grava subredondeada, sin humedad. Compacidad media. Presencia de clastos mayores a 1 cm de diámetro. Matriz areno limosa.
	0.60 – 3.00								Grava subredondeada, sin humedad. Compacidad media. Presencia de clastos mayores a 12 cm de diámetro. Matriz areno limosa.

OBSERVACIONES: Debido a la presencia de clastos mayores a 12 cm de diámetro no se logra recuperar muestra.

REGISTRO FOTOGRÁFICO ATQ- P3



El ensayo se realizó en terrenos de cultivos ubicados al sur de Antioquia.



El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo corresponde a grava subredondeada en matriz areno limosa.

PERÚ Ministerio del Ambiente

IGP

REGISTRO DE POSTEOS

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA, PROVINCIA HUAROCHIRÍ, DEPARTAMENTO LIMA	**POSTEO:**	ATQ - P4			
	UBICACIÓN:	A 334 m al sur de la plaza de armas de Antioquia			
	DISTRITO:	Antioquia	**PROVINCIA:**	Huarochirí	**REGIÓN:** Lima
	PROFUNDIDAD (m):	0.30	**NIVEL FREÁTICO (m)**	N.P.	**FECHA:** Mayo 2026
	COORDENADAS UTM				
	NORTE (m):	8663901	**ESTE (m):**	335926	**COTA (m s.n.m):** 1561
ELABORADO POR:	Pilar Vivanco L.	**REVISADO POR:**	Juan Carlos Gómez A.	**RESPONSABLE DEL PROYECTO:**	Hernando Tavera

(m) PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm3) Dh	DENSIDAD (gr/cm3) Ds	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
0.00 – 0.30								Material de relleno no controlado, humedad baja. Contiene arcillas y gravas, entre otros.
0.40 – 3.00						GP-GM		Grava subredondeada, sin humedad. Compacidad media. Presencia de clastos mayores a 15 cm de diámetro. Matriz areno limosa.

OBSERVACIONES: Debido a la presencia de clastos mayores a 10 cm de diámetro no se logra recuperar muestra.

REGISTRO FOTOGRÁFICO ATQ- P4



El ensayo se realizó en terrenos de cultivo ubicados al sur de Antioquia.



El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo corresponde a grava subredondeada en matriz areno limosa.

PERÚ Ministerio del Ambiente

IGP

REGISTRO DE POSTEOS

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA, PROVINCIA HUAROCHIRÍ, DEPARTAMENTO LIMA	**POSTEO:**	ATQ - P5			
	UBICACIÓN:	A 206 m al sur de la plaza de armas de Antioquia			
	DISTRITO:	Antioquia	**PROVINCIA:**	Huarochirí	**REGIÓN:** Lima
	PROFUNDIDAD (m):	0.45	**NIVEL FREÁTICO (m)**	N.P.	**FECHA:** Mayo 2026
	COORDENADAS UTM				
	NORTE (m):	8663929	**ESTE (m):**	335771	**COTA (m s.n.m):** 1560
ELABORADO POR:	Pilar Vivanco L.	**REVISADO POR:**	Juan Carlos Gómez A.	**RESPONSABLE DEL PROYECTO:**	Hernando Tavera

(m)	PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm3) Dh	DENSIDAD (gr/cm3) Ds	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
	0.00								
	0.10						SM		Arena limosa, de grano fino, humedad media a baja. Compacidad media. Contiene restos orgánicos (raíces).
	0.20								
	0.30						GP-GM		Grava subredondeada, humedad baja a media. Matriz areno limosa. Compacidad baja. Presencia de clastos de 3 cm de diámetro.
	0.40								
	0.45								
	0.60								
	0.70								
	0.80								
	0.90								
	1.00								
	1.10								
	1.20								
	1.30								
	1.40								
	1.50								
	1.60								
	1.70								
	1.80								
	1.90								
	2.00								
	2.10								
	2.20								
	2.30								
	2.40								
	2.50								
	2.60								
	2.70								
	2.80								
	2.90								
	3.00								

OBSERVACIONES: Debido a la presencia de clastos mayores a 15 cm de diámetro no se logra recuperar muestra.

REGISTRO FOTOGRÁFICO ATQ- P5



El ensayo se realizó en terrenos de cultivos ubicados al sur de Antioquia.



El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo corresponde a grava subredondeada en matriz areno limosa.

PERÚ Ministerio del Ambiente

IGP

REGISTRO DE POSTEOS

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA, PROVINCIA HUAROCHIRÍ, DEPARTAMENTO LIMA	**POSTEO:**	ATQ - P6			
	UBICACIÓN:	A 168 m al sur de la plaza de armas de Antioquia			
	DISTRITO:	Antioquia	**PROVINCIA:**	Huarochirí	**REGIÓN:** Lima
	PROFUNDIDAD (m):	0.40	**NIVEL FREÁTICO (m)**	N.P.	**FECHA:** Mayo 2026
	COORDENADAS UTM				
	NORTE (m):	8663954	**ESTE (m):**	335732	**COTA (m s.n.m):** 1560
ELABORADO POR:	Pilar Vivanco L.	**REVISADO POR:**	Juan Carlos Gómez A.	**RESPONSABLE DEL PROYECTO:**	Hernando Tavera

(m) PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm3) Dh	Ds	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
0.00								
0.10 – 0.30						ML		Limo inorgánico, humedad baja. Compacidad baja. Contiene gravas subredondeadas a subangulosas de 4 cm de diámetro y bloques aislados de 15 cm.
0.40 – 3.00						GP-Ct		Grava subredondeada. Presencia de bloques mayores a 15 cm de diámetro.

OBSERVACIONES: Debido a la presencia de clastos mayores a 15 cm de diámetro no se logra recuperar muestra.

REGISTRO FOTOGRÁFICO ATQ- P6



El ensayo se realizó al sur de la plaza de armas de Antioquia.



El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo corresponde a grava y bloques subredondeados.

PERÚ Ministerio del Ambiente

IGP

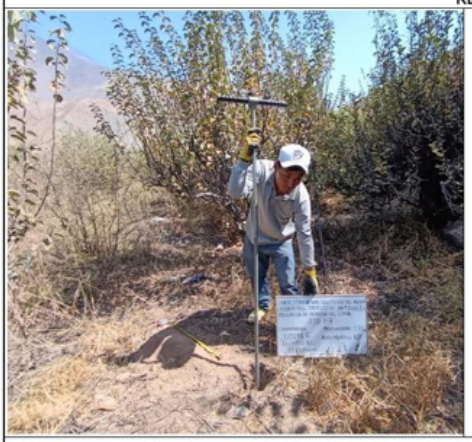
REGISTRO DE POSTEOS

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA, PROVINCIA HUAROCHIRÍ, DEPARTAMENTO LIMA	**POSTEO:**	ATQ - P7			
	UBICACIÓN:	A 73 m al oeste de la I.E.N. 20537 Andrés Avelino Cáceres			
	DISTRITO:	Antioquia	**PROVINCIA:**	Huarochirí	**REGIÓN:** Lima
	PROFUNDIDAD (m):	0.70	**NIVEL FREÁTICO (m)**	N.P.	**FECHA:** Mayo 2026
	COORDENADAS UTM				
	NORTE (m):	8664150	**ESTE (m):**	335898	**COTA (m s.n.m):** 1523
ELABORADO POR:	Pilar Vivanco L.	**REVISADO POR:**	Juan Carlos Gómez A.	**RESPONSABLE DEL PROYECTO:**	Hernando Tavera

(m) PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm3) Dh	DENSIDAD (gr/cm3) Ds	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
0.00 – 0.15						ML		Limo inorgánico, humedad baja. Compacidad baja.
0.15 – 0.55						ML		Limo inorgánico, humedad baja. Compacidad baja. Contiene arena y clastos subredondeados de 4 cm de diámetro.
0.55 – 3.00						GP-Ct		Grava subredondeada, humedad media a baja. Compacidad media. Presencia de cantos rodados mayores de 10 cm de diámetro.

OBSERVACIONES: Debido a la presencia de clastos mayores a 10 cm de diámetro no se logra recuperar muestra.

REGISTRO FOTOGRÁFICO ATQ- P7



El ensayo se realizó al oeste del estadio en terrenos de cultivo.



El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo corresponde a grava subredondeada.

PERÚ Ministerio del Ambiente

IGP

REGISTRO DE POSTEOS

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA, PROVINCIA HUAROCHIRÍ, DEPARTAMENTO LIMA	**POSTEO:**	ATQ - P8			
	UBICACIÓN:	Colindante con el estadio de Antioquia			
	DISTRITO:	Antioquia	**PROVINCIA:**	Huarochirí	**REGIÓN:** Lima
	PROFUNDIDAD (m):	0.45	**NIVEL FREÁTICO (m)**	N.P.	**FECHA:** Mayo 2026
	COORDENADAS UTM				
	NORTE (m):	8664199	**ESTE (m):**	335946	**COTA (m s.n.m):** 1590
ELABORADO POR:	Pilar Vivanco L.	**REVISADO POR:**	Juan Carlos Gómez A.	**RESPONSABLE DEL PROYECTO:**	Hernando Tavera

(m) PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm3) Dh	Ds	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
0.00 – 0.45						GP-GM-Ct		Cantos rodados, subredondeados, humedad media a baja. Compacidad media. Contiene una capa de limo arenoso de 0 a 0.15 cm de profudidad. Matriz limo arenosa. Presencia de clastos mayores de 13 cm de diámetro.
0.60 – 3.00								

OBSERVACIONES: Debido a la presencia de clastos mayores a 13 cm de diámetro no se logra recuperar muestra.

REGISTRO FOTOGRÁFICO ATQ- P8



El ensayo se realizó colindante con el estadio de Antioquia.



El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo corresponde a grava subredondeada en matriz limo arenosa.

PERÚ Ministerio del Ambiente

IGP

REGISTRO DE POSTEOS

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA, PROVINCIA HUAROCHIRÍ, DEPARTAMENTO LIMA	**POSTEO:**	ATQ - P9			
	UBICACIÓN:	A 90 m al este de la I.E.N. 20537 Andrés Avelino Cáceres			
	DISTRITO:	Antioquia	**PROVINCIA:**	Huarochirí	**REGIÓN:** Lima
	PROFUNDIDAD (m):	0.45	**NIVEL FREÁTICO (m)**	N.P.	**FECHA:** Mayo 2026
	COORDENADAS UTM				
	NORTE (m):	8664224	**ESTE (m):**	336165	**COTA (m s.n.m):** 1604
ELABORADO POR:	Pilar Vivanco L.	**REVISADO POR:**	Juan Carlos Gómez A.	**RESPONSABLE DEL PROYECTO:**	Hernando Tavera

(m) PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm3) Dh	DENSIDAD (gr/cm3) Ds	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
0.00 – 0.10 – 0.20 – 0.30						GP-GM		Grava subredondeada, humedad media a baja. Compacidad baja a media. Matriz limo arenosa escaza. Presencia de clastos de 6 cm de diámetro.
0.30 – 0.40 – 0.50 – 0.60 – 0.70 – 0.80 – 0.90 – 1.00 – 1.10								Grava subredondeada, sin humedad. Compacidad media. Matriz areno limosa. Presencia de clastos de 6 cm de diámetro.
1.10 – 1.20 – 1.30 – 1.40						GP-GM-Ct		Cantos rodados, subredondeados, humedad baja. Compacidad media. Matriz areno limosa. Presencia de clastos de 15 cm de diámetro.
1.40 – 1.50 – 1.60 – 1.70 – 1.80 – 1.90 – 2.00 – 2.10 – 2.20 – 2.30 – 2.40 – 2.50 – 2.60 – 2.70 – 2.80 – 2.90 – 3.00								

OBSERVACIONES: Debido a la presencia de clastos mayores a 15 cm de diámetro no se logra recuperar muestra.

REGISTRO FOTOGRÁFICO ATQ- P9



El ensayo se realizó al este de Antioquia colindante con la calle Amancaes.



El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo corresponde a grava subredondeada en matriz limo arenosa.

PERÚ Ministerio del Ambiente

IGP

REGISTRO DE POSTEOS

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA, PROVINCIA HUAROCHIRÍ, DEPARTAMENTO LIMA	**POSTEO:**	ATQ - P10			
	UBICACIÓN:	A 400 m al este del estadio de Antioquia			
	DISTRITO:	Antioquia	**PROVINCIA:**	Huarochirí	**REGIÓN:** Lima
	PROFUNDIDAD (m):	0.35	**NIVEL FREÁTICO (m)**	N.P.	**FECHA:** Mayo 2026
	COORDENADAS UTM				
	NORTE (m):	8664456	**ESTE (m):**	336442	**COTA (m s.n.m):** 1630
ELABORADO POR:	Pilar Vivanco L.	**REVISADO POR:**	Juan Carlos Gómez A.	**RESPONSABLE DEL PROYECTO:**	Hernando Tavera

(m) PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm3) Dh	DENSIDAD (gr/cm3) Ds	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
0.00 – 0.35						GP-GM-Ct		Cantos rodados subredondeados, sin humedad. Compacidad baja a media. Matriz limo arenosa. Presencia de clastos de 10 cm de diámetro.
0.50 – 3.00								

OBSERVACIONES: Debido a la presencia de clastos mayores a 10 cm de diámetro no se logra recuperar muestra.

REGISTRO FOTOGRÁFICO ATQ- P10



El ensayo se realizó al este de Antioquia colindante con la calle Cinco Cerros.



El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo corresponde a grava subredondeada en matriz limo arenosa.

PERÚ Ministerio del Ambiente

IGP

REGISTRO DE POSTEOS

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA, PROVINCIA HUAROCHIRÍ, DEPARTAMENTO LIMA

POSTEO:	ATQ - P11				
UBICACIÓN:	A 176 m al noreste de la I.E.N. 20537 Andrés Avelino Cáceres				
DISTRITO:	Antioquia	PROVINCIA:	Huarochirí	REGIÓN:	Lima
PROFUNDIDAD (m):	0.90	NIVEL FREÁTICO (m)	N.P.	FECHA:	Mayo 2026
COORDENADAS UTM					
NORTE (m):	8664368	ESTE (m):	336215	COTA (m s.n.m):	1630
ELABORADO POR:	Pilar Vivanco L.	REVISADO POR:	Juan Carlos Gómez A.	RESPONSABLE DEL PROYECTO:	Hernando Tavera

(m) PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm3) Dh	DENSIDAD (gr/cm3) Ds	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
0.00 – 0.60						ML		Limo inorgánico, sin humedad. Compacidad media. Contiene clastos subangulosos de 2 cm a 10 cm.
0.70 – 0.90						GP-GM-Bq		Bloques subredondeados, sin humedad. Compacidad baja. Presencia de bloques de 50 cm de diámetro. Matriz areno limosa.
1.00 – 3.00								

OBSERVACIONES: Debido a la presencia de clastos de 50 cm de diámetro no se logra recuperar muestra.

REGISTRO FOTOGRÁFICO ATQ- P11



El ensayo se realizó al este de Antioquia colindante con la calle Cinco Cerros.



El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo corresponde a bloques subredondeados en matriz limo arenosa.

PERÚ Ministerio del Ambiente

IGP

REGISTRO DE POSTEOS

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA, PROVINCIA HUAROCHIRÍ, DEPARTAMENTO LIMA	**POSTEO:**	ATQ - P12			
	UBICACIÓN:	A 274 m al noreste del estadio de Antioquia			
	DISTRITO:	Antioquia	**PROVINCIA:**	Huarochirí	**REGIÓN:** Lima
	PROFUNDIDAD (m):	1.10	**NIVEL FREÁTICO (m):**	N.P.	**FECHA:** Mayo 2026
	COORDENADAS UTM				
	NORTE (m):	8664412	**ESTE (m):**	336211	**COTA (m s.n.m):** 1613
ELABORADO POR:	Pilar Vivanco L.	**REVISADO POR:**	Juan Carlos Gómez A.	**RESPONSABLE DEL PROYECTO:**	Hernando Tavera

(m) PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm3) Dh	DENSIDAD (gr/cm3) Ds	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
0.00								
0.10						SP		Arena de grano medio, sin humedad. Contienes restos orgánicos (raíces).
0.20						GP		Grava subredondeada, sin humedad. Compacidad baja a media. Matriz arenosa. Presencia de clastos de 6 cm de diámetro.
0.30								
0.40								
0.50								
0.60								
0.70						GP-GM-Ct		Cantos rodados, subredondeados, sin humedad. Compacidad baja a media. Matriz areno limosa. Presencia de clastos mayores a 15 cm de diámetro.
0.80								
0.90								
1.00								
1.10								
1.20								
1.30								
1.40								
1.50								
1.60								
1.70								
1.80								
1.90								
2.00								
2.10								
2.20								
2.30								
2.40								
2.50								
2.60								
2.70								
2.80								
2.90								
3.00								

OBSERVACIONES: Debido a la presencia de clastos de 50 cm de diámetro no se logra recuperar muestra.

REGISTRO FOTOGRÁFICO ATQ- P12



El ensayo se realizó en la margen izquierda de la quebrada Chamacna.



El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo corresponde a grava subredondeada en matriz limo arenosa.

PERÚ Ministerio del Ambiente

IGP

REGISTRO DE POSTEOS

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA, PROVINCIA HUAROCHIRÍ, DEPARTAMENTO LIMA

POSTEO:	ATQ - P13				
UBICACIÓN:	A 16 m al oeste del Museo de Antioquia				
DISTRITO:	Antioquia	PROVINCIA:	Huarochirí	REGIÓN:	Lima
PROFUNDIDAD (m):	0.60	NIVEL FREÁTICO (m)	N.P.	FECHA:	Mayo 2026
COORDENADAS UTM					
NORTE (m):	8664240	ESTE (m):	335672	COTA (m s.n.m):	1572
ELABORADO POR:	Pilar Vivanco L.	REVISADO POR:	Juan Carlos Gómez A.	RESPONSABLE DEL PROYECTO:	Hernando Tavera

(m) PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm3) Dh	DENSIDAD (gr/cm3) Ds	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
0.00 – 0.50						SM		Arena limosa, humedad media. Compacidad baja. Contiene clastos subredondeados de forma aislada.
0.60 – 3.00						GP-Bq		Bloque subredondeado de 50 cm de diámetro.

OBSERVACIONES: Debido a la presencia de un bloque de 50 cm de diámetro no se logra recuperar muestra.

REGISTRO FOTOGRÁFICO ATQ- P13



El ensayo se realizó colindante al museo de Antioquia, en la margen derecha de la quebrada Chamacna.



El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo corresponde a bloques subredondeados.

PERÚ Ministerio del Ambiente

IGP

REGISTRO DE POSTEOS

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA, PROVINCIA HUAROCHIRÍ, DEPARTAMENTO LIMA	**POSTEO:**	ATQ - P14			
	UBICACIÓN:	A 18 m al oeste del Museo de Antioquia			
	DISTRITO:	Antioquia	**PROVINCIA:**	Huarochirí	**REGIÓN:** Lima
	PROFUNDIDAD (m):	0.45	**NIVEL FREÁTICO (m)**	N.P.	**FECHA:** Mayo 2026
	COORDENADAS UTM				
	NORTE (m):	8664239	**ESTE (m):**	335666	**COTA (m s.n.m):** 1572
ELABORADO POR:	Pilar Vivanco L.	**REVISADO POR:**	Juan Carlos Gómez A.	**RESPONSABLE DEL PROYECTO:**	Hernando Tavera

(m) PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm3) Dh	DENSIDAD (gr/cm3) Ds	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
0.00 – 0.45						SM		Arena limosa, humedad media. Compacidad baja. Contiene clastos subredondeados de forma aislada de 3 cm de diámetro.
0.60 – 3.00						GP-Ct		Cantos rodados, subredondeados de 7 cm de diámetro.

OBSERVACIONES: Debido a la presencia de un bloque de 50 cm de diámetro no se logra recuperar muestra.

REGISTRO FOTOGRÁFICO ATQ- P14



El ensayo se realizó al oeste del museo de Antioquia, en terrenos de cultivo.



El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo corresponde a bloques subredondeados.

PERÚ Ministerio del Ambiente

IGP

REGISTRO DE POSTEOS

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA, PROVINCIA HUAROCHIRÍ, DEPARTAMENTO LIMA	**POSTEO:**	ATQ - P15			
	UBICACIÓN:	A 130 m al norte de la I.E.N. 20537 Andrés Avelino Cáceres			
	DISTRITO:	Antioquia	**PROVINCIA:**	Huarochirí	**REGIÓN:** Lima
	PROFUNDIDAD (m):	3.00	**NIVEL FREÁTICO (m)**	N.P.	**FECHA:** Mayo 2026
	COORDENADAS UTM				
	NORTE (m):	8664373	**ESTE (m):**	336015	**COTA (m s.n.m):** 1594
ELABORADO POR:	Pilar Vivanco L.	**REVISADO POR:**	Juan Carlos Gómez A.	**RESPONSABLE DEL PROYECTO:**	Hernando Tavera

(m) PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm3) Dh	DENSIDAD (gr/cm3) Ds	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
0.00 – 2.20						GM-Bq		Bloques subangulosos a subredondeados, sin humedad. Matriz limosa. Presencia de bloques de 50 cm de diámetro
2.30 – 2.50						GP-GM		Grava subredondeada a redondeada, sin humedad. Compacidad baja. Matriz arena limosa escaza.
2.60 – 2.70						SC		Arena arcillosa, humedad baja. Compacidad baja.
2.80 – 3.00						GM		Bloques subangulosos a subredondeados, sin humedad. Matriz limosa. Presencia de bloques de 50 cm de diámetro

OBSERVACIONES: Debido a la presencia de bloques que impiden realizar el ensayos se consideró la descripción de un corte de talud.

REGISTRO FOTOGRÁFICO ATQ- P15



El ensayo no se pudo realizar sin embargo, se observó un corte de terreno ubicado al norte de Antioquia en la margen izquierda de la quebrada Chamacna.



El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo corresponde a grava y bloques subredondeados en matriz limo arenosa.

PERÚ Ministerio del Ambiente

IGP

REGISTRO DE POSTEOS

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA, PROVINCIA HUAROCHIRÍ, DEPARTAMENTO LIMA	**POSTEO:**	ATQ - P16			
	UBICACIÓN:	A 340 m al noreste del estadio de Antioquia			
	DISTRITO:	Antioquia	**PROVINCIA:**	Huarochirí	**REGIÓN:** Lima
	PROFUNDIDAD (m):	3.80	**NIVEL FREÁTICO (m):**	N.P.	**FECHA:** Mayo 2026
	COORDENADAS UTM				
	NORTE (m):	8664449	**ESTE (m):**	336264	**COTA (m s.n.m):** 1612
ELABORADO POR:	Pilar Vivanco L.	**REVISADO POR:**	Juan Carlos Gómez A.	**RESPONSABLE DEL PROYECTO:**	Hernando Tavera

(m) PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm3) Dh	Ds	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
0.00 – 1.20								Material de relleno. Contiene arena limosa. Presencia de restos orgánicos (raíces).
1.30 – 2.40						GP-GM-Bq		Bloques subredondeados a subangulosos, sin humedad. Compacidad baja a media. Matriz areno limosa. Presencia de clastos mayores a 1 m de diámetro.
2.50 – 2.60						SP		Arena de grano fino, sin humedad. Compacidad media. Contiene gravas subredondeadas de 1cm de diámetro.
2.70 – 3.00						GP-GM-Ct		Cantos rodados, subredondeados a subangulosos, sin humedad. Compacidad baja a media. Matriz areno limosa. Presencia de clastos de 10 cm a 20 cm de diámetro.
3.10 – 3.80						GP-GM-Bq		Bloques subredondeados a subangulosos, sin humedad. Compacidad baja a media. Matriz areno limosa. Presencia de clastos mayores a 1.5 m de diámetro.

OBSERVACIONES: Debido a la presencia de bloques que impiden realizar el ensayos se consideró la descripción de un corte de talud.

REGISTRO FOTOGRÁFICO ATQ- P16



El ensayo no se pudo realizar sin embargo, se observó un corte de terreno ubicado al noreste de Antioquia en la margen izquierda de la quebrada Chamacna.



El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo corresponde a grava subredondeada en matriz limo arenosa.

- Información geológica-geotécnica

Ensayos de penetración dinámica ligera

PERÚ Ministerio del Ambiente — IGP

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA
(NORMA DIN - 4094)

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA, PROVINCIA HUAROCHIRÍ, DEPARTAMENTO LIMA

UBICACIÓN:

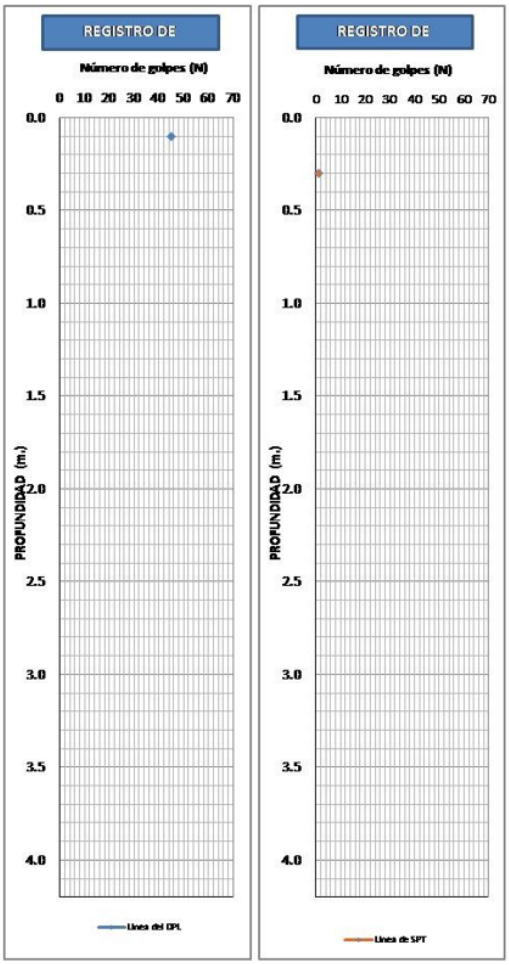
PROFUNDIDAD (m): 0.10
COORDENADAS (m): 336312 E
8664411 N
ELEVACIÓN (m s.n.m.) 1624
FECHA: Mayo, 2026
ELABORADO POR: Pilar Vivanco
APROBADO POR: Juan C. Gómez
RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera

ENSAYO: **ATQ-DPL1**
HOJA: 1/8

N.F: NO presenta nivel freático

PROF. (m.)	N_{dpl} (golpes)	N_{spt} (golpes)	C'_{spt} (Tn/m²)	$Ø'_{spt}$ (°)	Compacidad Relativa
0.00					
0.10	45				
0.20		0.52	0.0	18.2	Muy Suelta
0.30					
0.40					
0.50					
0.60					
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					
1.60					
1.70					
1.80					
1.90					
2.00					
2.10					
2.20					
2.30					
2.40					
2.50					
2.60					
2.70					
2.80					
2.90					
3.00					
3.10					
3.20					
3.30					
3.40					
3.50					
3.60					
3.70					
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					

Correlación teórica entre DPL y SPT



OBSERVACIONES: El ensayo se detiene a 0.10 m de profundidad debido que la punta no penetra en el suelo.

PERÚ Ministerio del Ambiente

IGP

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA
(NORMA DIN - 4094)

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA, PROVINCIA HUAROCHIRÍ, DEPARTAMENTO LIMA

UBICACIÓN:

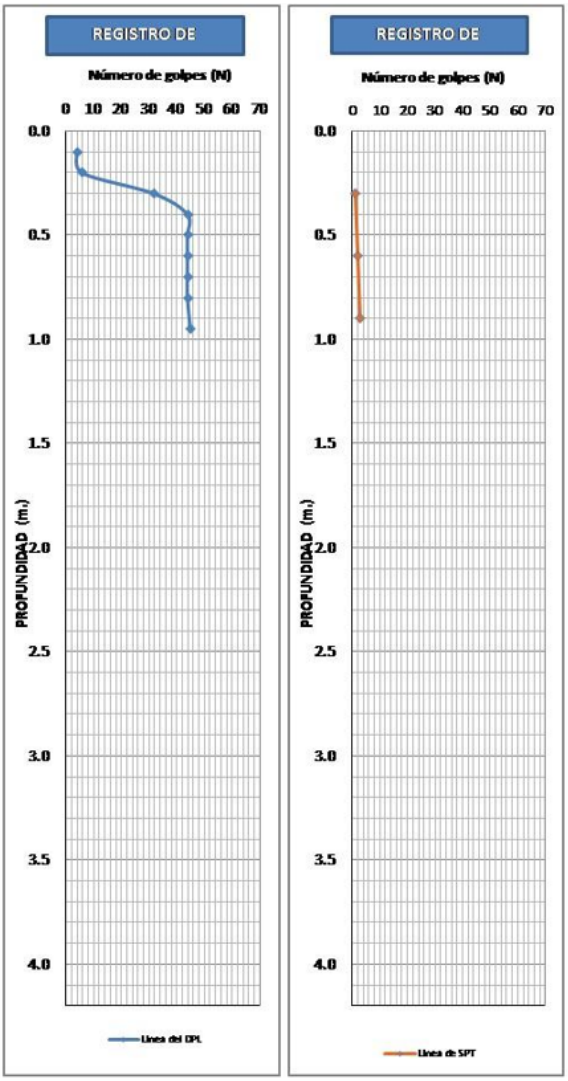
PROFUNDIDAD (m): 0.95
COORDENADAS (m): 336330 E
8664371 N
ELEVACIÓN (m s.n.m.) 1625
FECHA: Mayo, 2026
ELABORADO POR: Pilar Vivanco
APROBADO POR: Juan C. Gómez
RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera

ENSAYO: **ATQ-DPL2**
HOJA: 2/8

N.F: NO presenta nivel freático

PROF. (m.)	N_{dpl} (golpes)	N_{spt} (golpes)	C'_{spt} (Tn/m²)	$Ø'_{spt}$ (°)	Compacidad Relativa
0.00					
0.10	4				
0.20	6	7.08	0.0	26.9	Suelta
0.30	32				
0.40	44				
0.50	44	22.79	0.0	36.4	Media
0.60	44				
0.70	44				
0.80	44	22.96	0.0	36.4	Media
0.95	45				
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					
1.60					
1.70					
1.80					
1.90					
2.00					
2.10					
2.20					
2.30					
2.40					
2.50					
2.60					
2.70					
2.80					
2.90					
3.00					
3.10					
3.20					
3.30					
3.40					
3.50					
3.60					
3.70					
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					

Correlación teórica entre DPL y SPT



OBSERVACIONES: El ensayo se detiene a 0.95 m de profundidad debido que la punta no penetra en el suelo y alcanza el máximo número de golpes.

PERÚ Ministerio del Ambiente

IGP

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA
(NORMA DIN - 4094)

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA, PROVINCIA HUAROCHIRÍ, DEPARTAMENTO LIMA

UBICACIÓN:

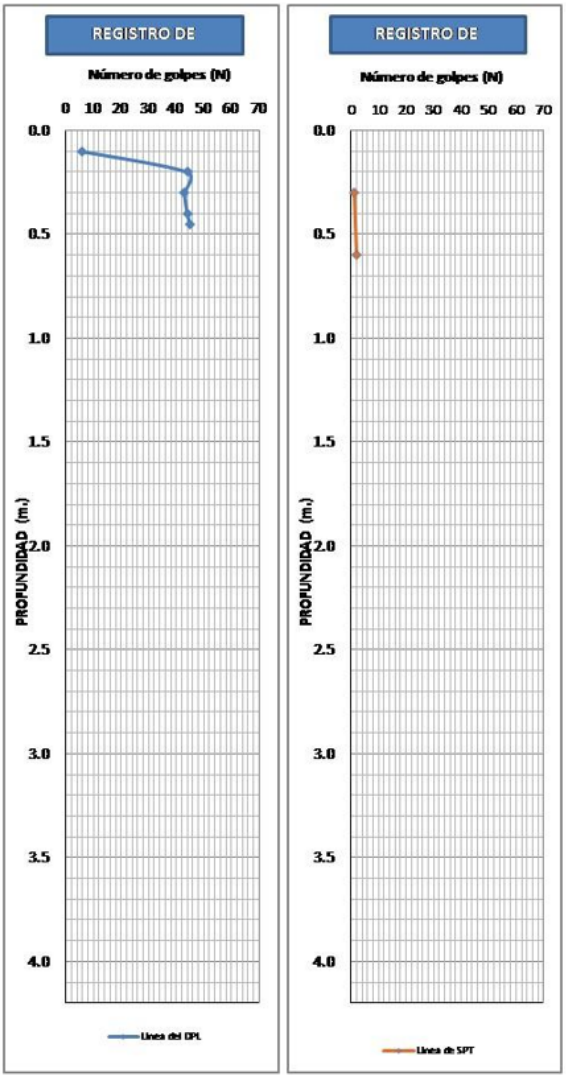
PROFUNDIDAD (m): 0.45
COORDENADAS (m): 336381 E
8664464 N
ELEVACIÓN (m s.n.m.) 1628
FECHA: Mayo, 2026
ELABORADO POR: Pilar Vivanco
APROBADO POR: Juan C. Gómez
RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera

ENSAYO: **ATQ-DPL3**
HOJA: 3/8

N.F: NO presenta nivel freático

PROF. (m.)	N_{dpl} (golpes)	N_{spt} (golpes)	C'_{spt} (Tn/m²)	$Ø'_{spt}$ (°)	Compacidad Relativa
0.00					
0.10	6				
0.20	44	15.54	0.0	32.6	Media
0.30	43				
0.40	44				
0.45	45	15.37	0.0	32.5	Media
0.60					
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					
1.60					
1.70					
1.80					
1.90					
2.00					
2.10					
2.20					
2.30					
2.40					
2.50					
2.60					
2.70					
2.80					
2.90					
3.00					
3.10					
3.20					
3.30					
3.40					
3.50					
3.60					
3.70					
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					
4.30					
4.40					
4.50					
4.60					

Correlación teórica entre DPL y SPT



OBSERVACIONES: El ensayo se detiene a 0.95 m de profundidad debido que la punta no penetra en el suelo y alcanza el máximo número de golpes.

PERÚ Ministerio del Ambiente

IGP

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA
(NORMA DIN - 4094)

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA, PROVINCIA HUAROCHIRÍ, DEPARTAMENTO LIMA

UBICACIÓN:

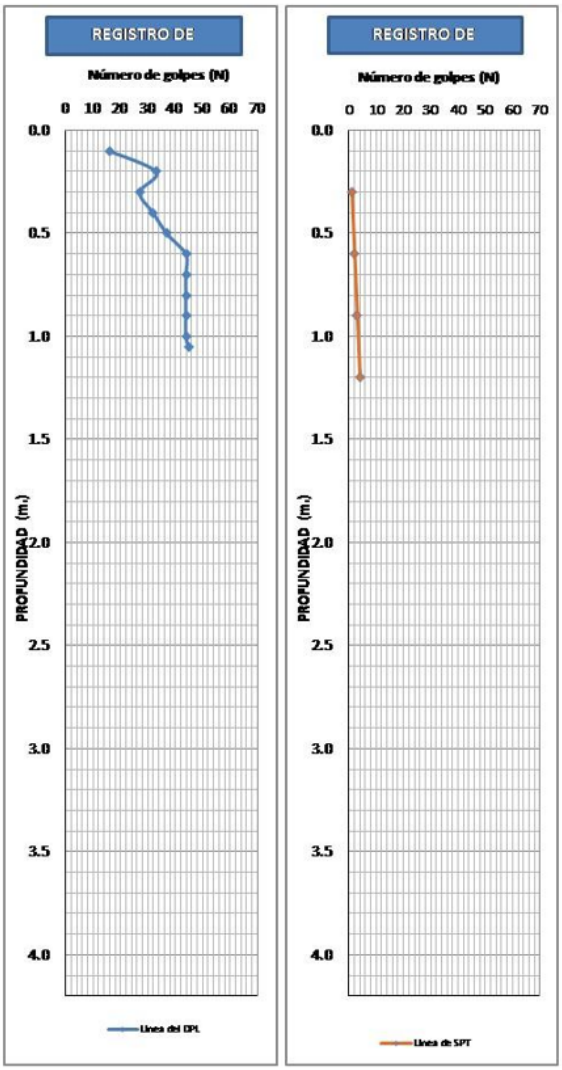
PROFUNDIDAD (m): 1.05
COORDENADAS (m): 335952 E
8664298 N
ELEVACIÓN (m s.n.m.) 1593
FECHA: Mayo, 2026
ELABORADO POR: Pilar Vivanco
APROBADO POR: Juan C. Gómez
RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera

ENSAYO: **ATQ-DPL4**
HOJA: 4/8

N.F: NO presenta nivel freático

PROF. (m.)	N_{dpl} (golpes)	N_{spt} (golpes)	C' spt (Tn/m²)	Ø' spt (°)	Compacidad Relativa
0.00					
0.10	16				
0.20	33	10.88	0.0	29.7	Media
0.30	27				
0.40	32				
0.50	37	19.51	0.0	34.8	Media
0.60	44				
0.70	44				
0.80	44	22.79	0.0	36.4	Media
0.90	44				
1.00	44				
1.05	45	15.37	0.0	32.5	Media
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					
1.60					
1.70					
1.80					
1.90					
2.00					
2.10					
2.20					
2.30					
2.40					
2.50					
2.60					
2.70					
2.80					
2.90					
3.00					
3.10					
3.20					
3.30					
3.40					
3.50					
3.60					
3.70					
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					

Correlación teórica entre DPL y SPT



OBSERVACIONES: El ensayo se detiene a 1.05 m de profundidad debido que la punta no penetra en el suelo y alcanza el máximo número de golpes.

PERÚ Ministerio del Ambiente

IGP

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA
(NORMA DIN - 4094)

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA, PROVINCIA HUAROCHIRÍ, DEPARTAMENTO LIMA

UBICACIÓN:

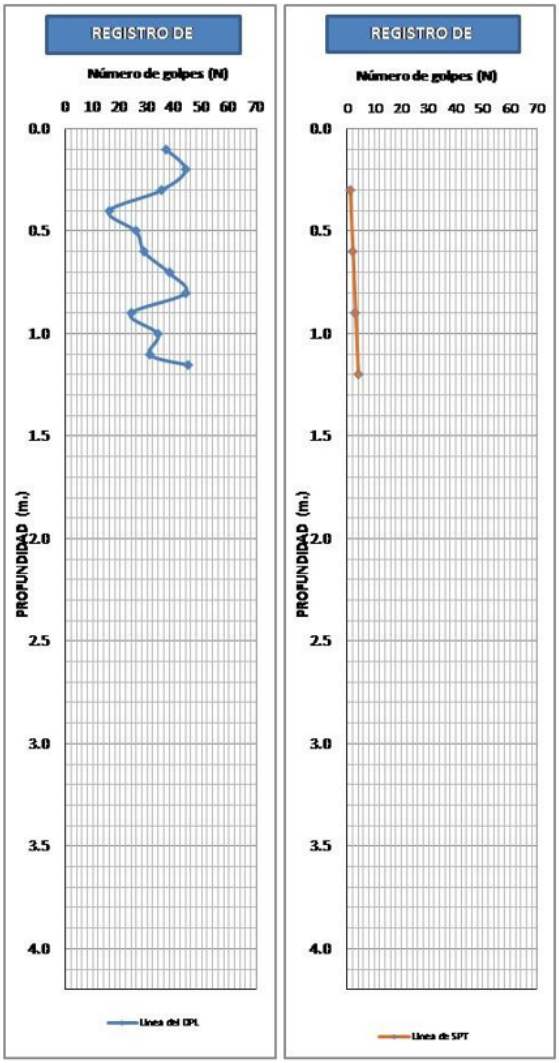
PROFUNDIDAD (m): 1.15
COORDENADAS (m): 335978 E
8664127 N
ELEVACIÓN (m s.n.m.) 1597
FECHA: Mayo, 2026
ELABORADO POR: Pilar Vivanco
APROBADO POR: Juan C. Gómez
RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera

ENSAYO: **ATQ-DPL5**
HOJA: 5/8

N.F: NO presenta nivel freático

PROF. (m.)	N_{dpl} (golpes)	N_{spt} (golpes)	C' spt (Tn/m^2)	Ø' spt (°)	Compacidad Relativa
0.00					
0.10	37				
0.20	44	14.16	0.0	31.8	Media
0.30	35				
0.40	16				
0.50	26	12.26	0.0	30.7	Media
0.60	29				
0.70	38				
0.80	44	18.30	0.0	34.1	Media
0.90	24				
1.00	34				
1.10	31	18.99	0.0	34.5	Media
1.15	45				
1.30					
1.40					
1.50					
1.60					
1.70					
1.80					
1.90					
2.00					
2.10					
2.20					
2.30					
2.40					
2.50					
2.60					
2.70					
2.80					
2.90					
3.00					
3.10					
3.20					
3.30					
3.40					
3.50					
3.60					
3.70					
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					

Correlación teórica entre DPL y SPT



OBSERVACIONES: El ensayo se detiene a 1.15 m de profundidad debido que la punta no penetra en el suelo y alcanza el máximo número de golpes..

PERÚ Ministerio del Ambiente

IGP

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA
(NORMA DIN - 4094)

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA, PROVINCIA HUAROCHIRÍ, DEPARTAMENTO LIMA

UBICACIÓN:

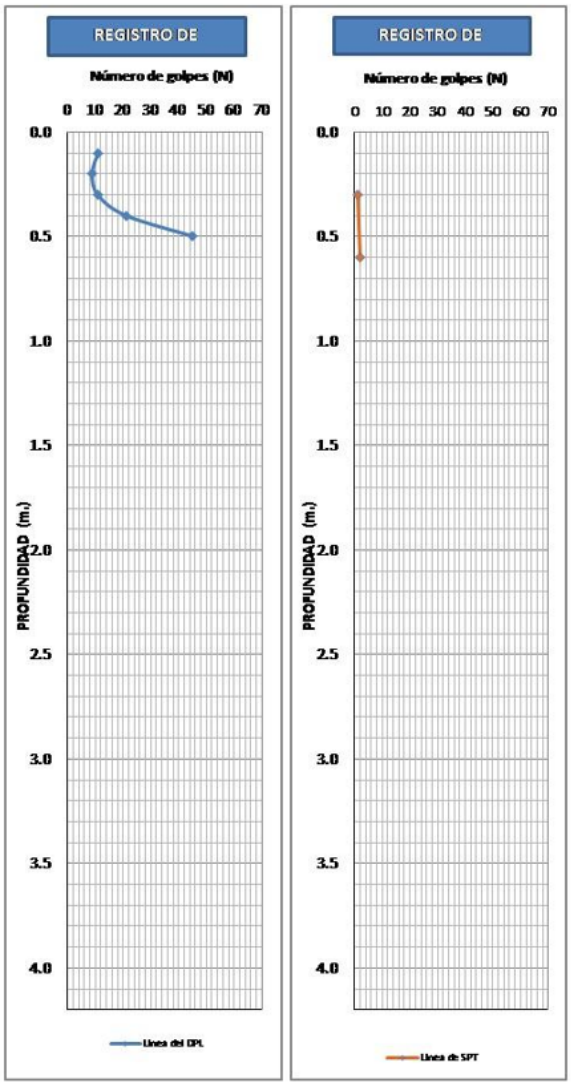
PROFUNDIDAD (m): 0.50
COORDENADAS (m): 335780 E
8663929 N
ELEVACIÓN (m s.n.m.) 1575
FECHA: Mayo, 2026
ELABORADO POR: Pilar Vivanco
APROBADO POR: Juan C. Gómez
RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera

ENSAYO: **ATQ-DPL6**
HOJA: 6/8

N.F: NO presenta nivel freático

PROF. (m.)	N_{dpl} (golpes)	N_{spt} (golpes)	C'_{spt} (Tn/m²)	$Ø'_{spt}$ (°)	Compacidad Relativa
0.00					
0.10	11				
0.20	9	3.97	0.0	23.9	Muy Suelta
0.30	11				
0.40	21				
0.50	45	11.40	0.0	30.1	Media
0.60					
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					
1.60					
1.70					
1.80					
1.90					
2.00					
2.10					
2.20					
2.30					
2.40					
2.50					
2.60					
2.70					
2.80					
2.90					
3.00					
3.10					
3.20					
3.30					
3.40					
3.50					
3.60					
3.70					
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					

Correlación teórica entre DPL y SPT



OBSERVACIONES: El ensayo se detiene a 0.50 m de profundidad debido que la punta no penetra en el suelo y alcanza el máximo número de golpes.

PERÚ Ministerio del Ambiente

IGP

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA
(NORMA DIN - 4094)

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA, PROVINCIA HUAROCHIRÍ, DEPARTAMENTO LIMA

UBICACIÓN:

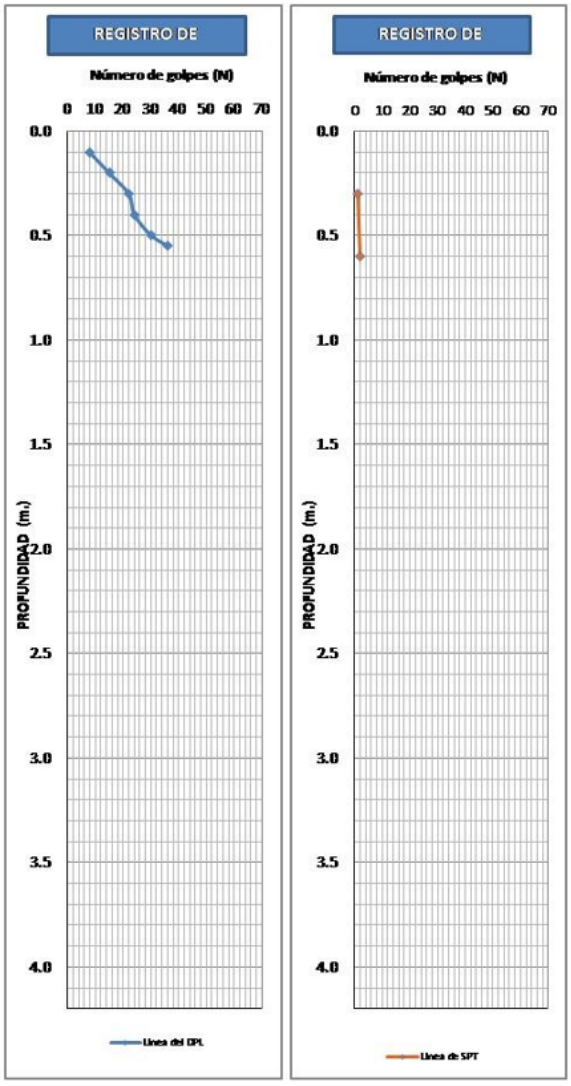
PROFUNDIDAD (m): 0.55
COORDENADAS (m): 335671 E
8664101 N
ELEVACIÓN (m s.n.m.) 1562
FECHA: Mayo, 2026
ELABORADO POR: Pilar Vivanco
APROBADO POR: Juan C. Gómez
RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera

ENSAYO: **ATQ-DPL7**
HOJA: 7/8

N.F: NO presenta nivel freático

PROF. (m.)	N_{dpl} (golpes)	N_{spt} (golpes)	C'_{spt} (Tn/m²)	$Ø'_{spt}$ (°)	Compacidad Relativa
0.00					
0.10	8				
0.20	15	6.91	0.0	26.8	Suelta
0.30	22				
0.40	24				
0.50	30	15.54	0.0	32.6	Media
0.55	36				
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					
1.60					
1.70					
1.80					
1.90					
2.00					
2.10					
2.20					
2.30					
2.40					
2.50					
2.60					
2.70					
2.80					
2.90					
3.00					
3.10					
3.20					
3.30					
3.40					
3.50					
3.60					
3.70					
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					

Correlación teórica entre DPL y SPT



OBSERVACIONES: El ensayo se detiene a 0.55 m de profundidad debido que la punta no penetra en el suelo y rebota.

PERÚ Ministerio del Ambiente

IGP

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA
(NORMA DIN - 4094)

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA, PROVINCIA HUAROCHIRÍ, DEPARTAMENTO LIMA

UBICACIÓN:

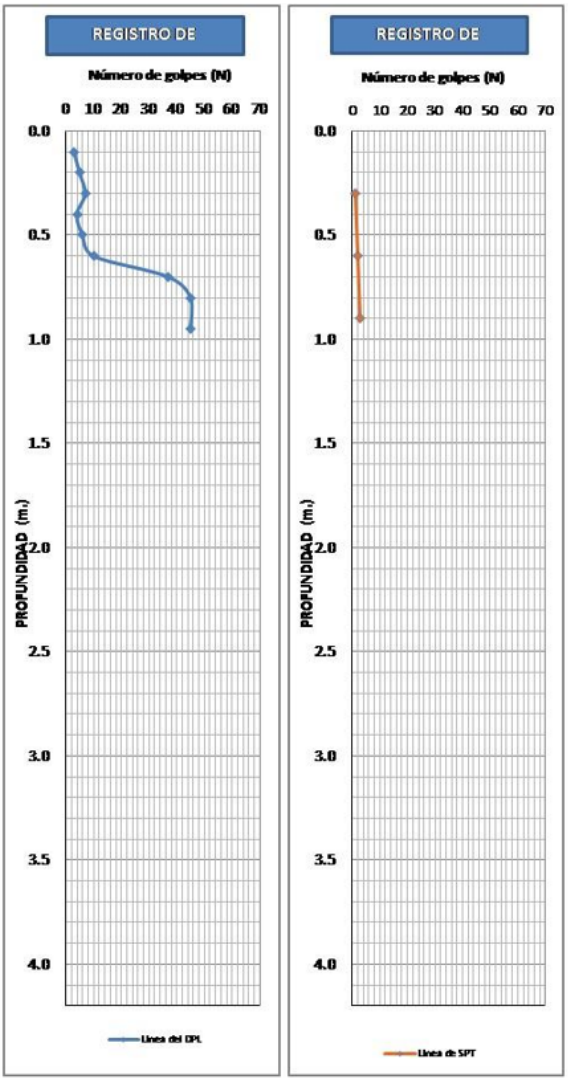
PROFUNDIDAD (m): 0.95
COORDENADAS (m): 335671 E
8664244 N
ELEVACIÓN (m s.n.m.) 1572
FECHA: Mayo, 2026
ELABORADO POR: Pilar Vivanco
APROBADO POR: Juan C. Gómez
RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera

ENSAYO: **ATQ-DPL8**
HOJA: 8/8

N.F: NO presenta nivel freático

PROF. (m.)	N_{dpl} (golpes)	N_{spt} (golpes)	C'_{spt} (Tn/m²)	$Ø'_{spt}$ (°)	Compacidad Relativa
0.00					
0.10	3				
0.20	5	2.59	0.0	22.2	Muy Suelta
0.30	7				
0.40	4				
0.50	6	3.45	0.0	23.3	Muy Suelta
0.60	10				
0.70	37				
0.80	45	21.93	0.0	35.9	Media
0.95	45				
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					
1.60					
1.70					
1.80					
1.90					
2.00					
2.10					
2.20					
2.30					
2.40					
2.50					
2.60					
2.70					
2.80					
2.90					
3.00					
3.10					
3.20					
3.30					
3.40					
3.50					
3.60					
3.70					
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					

Correlación teórica entre DPL y SPT



OBSERVACIONES: El ensayo se detiene a 0.95 m de profundidad debido que la punta no penetra en el suelo y alcanza el máximo número de golpes.

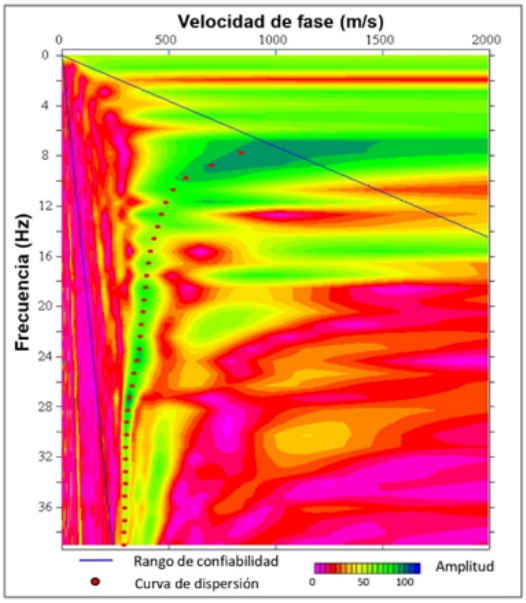
- **Anexo II:** Información geofísica

Perfiles sísmicos MASW-MAM

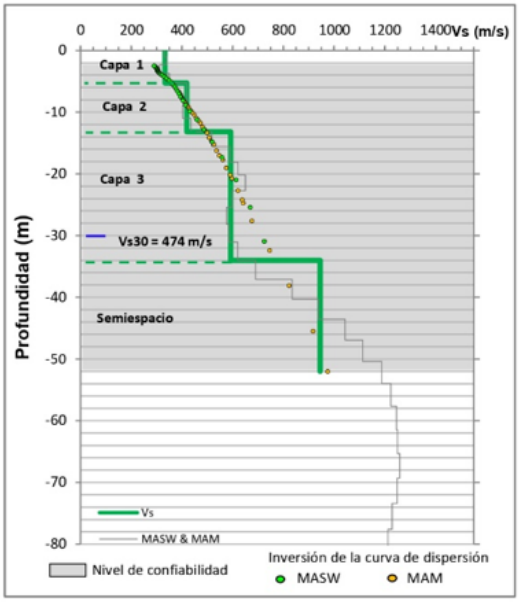
Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)

ATQ-LS1

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

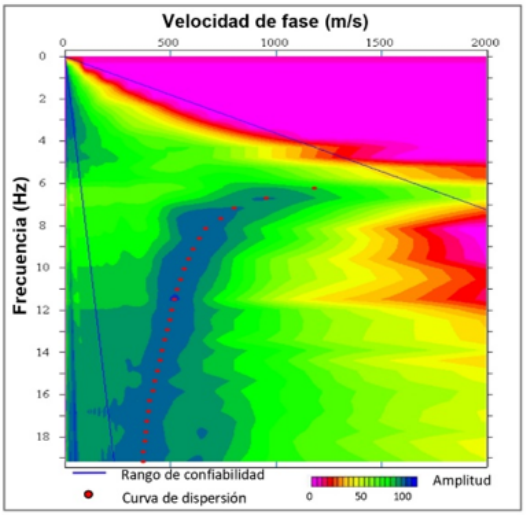


Tabla de resultados

Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	333	5	Material medianamente rígido
2	419	8	Material rígido
3	592	21	Material muy rígido
Semi-espacio	945	-	Roca moderamente dura a dura

Vs=Velocidad de ondas de corte promedio por capa



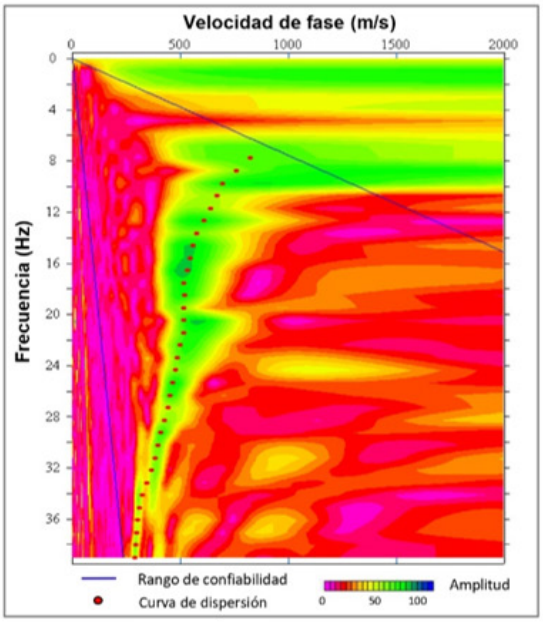
Caracterización Geofísica - Geotécnica de suelos

UBICACIÓN:	Al suroeste de la Plaza de Armas	**DISTRITO:**	Antioquia	**PROVINCIA / DEPARTAMENTO:**	Huarochiri/Lima
LONGITUD DE LA LINEA:	69 metros	**DATUM:**	WGS84	**FECHA:**	05/2026
COORDENADAS UTM 19S:	**NORTE (m) :** 8664055	**ESTE (m) :** 335528		**COTA (m s.n.m.) :** 1542	
ELABORADO POR:	J.Diaz	**REVISADO POR:**	I. Bernal	**APROBADO POR:**	H. Tavera

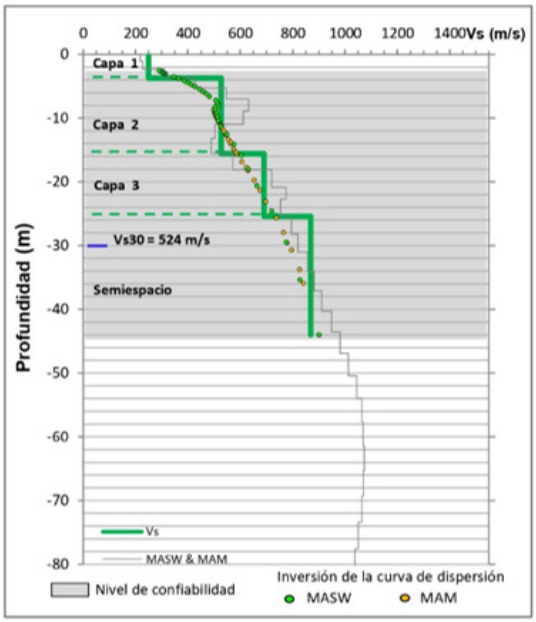
Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)

ATQ-LS2

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

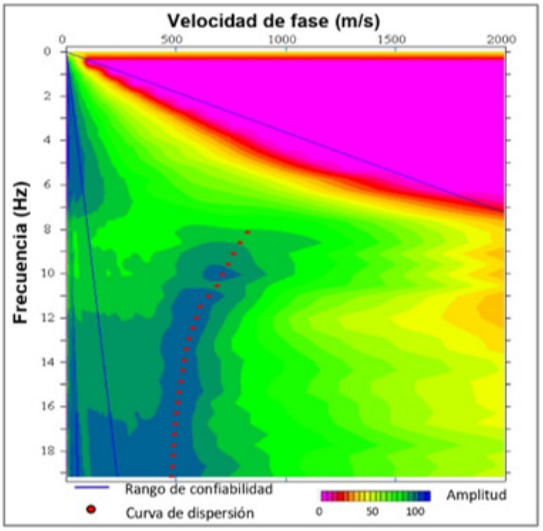
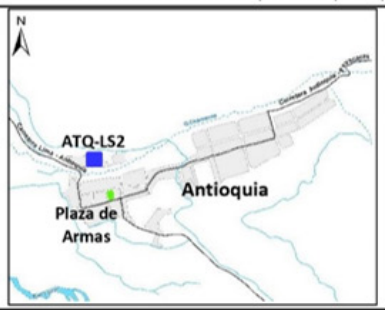


Tabla de resultados

Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	250	4	Material medianamente rígido
2	527	12	Material rígido
3	691	10	Material muy rígido
Semi-espacio	869	-	Roca moderamente dura a dura
Vs=Velocidad de ondas de corte promedio por capa			

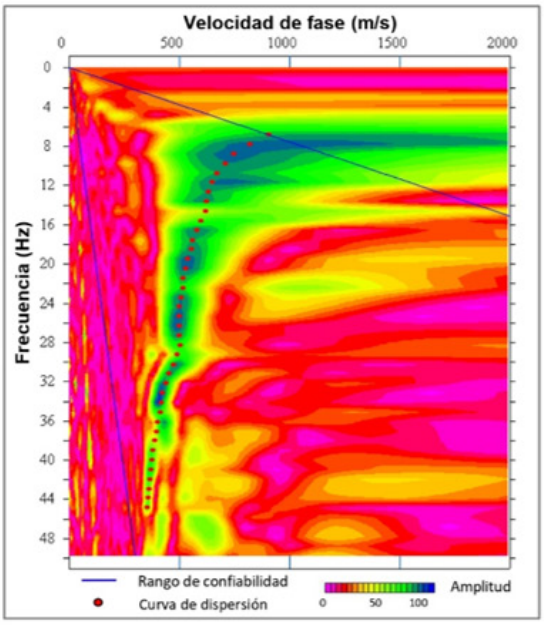


IGP		Caracterización Geofísica - Geotécnica de suelos				
		UBICACIÓN:	Al norte de la Plaza de Armas (Puente Malambo)	DISTRITO:	Antioquia	PROVINCIA / DEPARTAMENTO:	Huarochiri/Lima
		LONGITUD DE LA LINEA:	69 metros	DATUM:	WGS84	FECHA:	05/2026
		COORDENADAS UTM 19S:	NORTE (m) : 8664211	ESTE (m) : 335572		COTA (m s.n.m.) : 1550	
ELABORADO POR:	J.Diaz	REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:		H. Tavera	

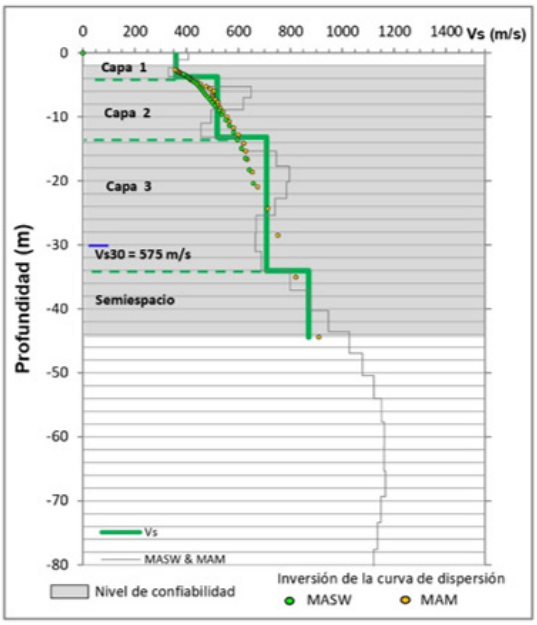
Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)

ATQ-LS3

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

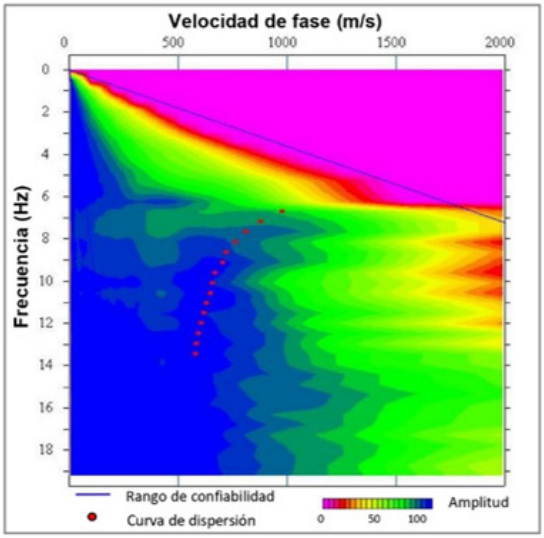


Tabla de resultados

Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	359	4	Material rígido
2	519	9	
3	708	21	Material muy rígido
Semi-espacio	871	-	Roca moderamente dura a dura

Vs=Velocidad de ondas de corte promedio por capa

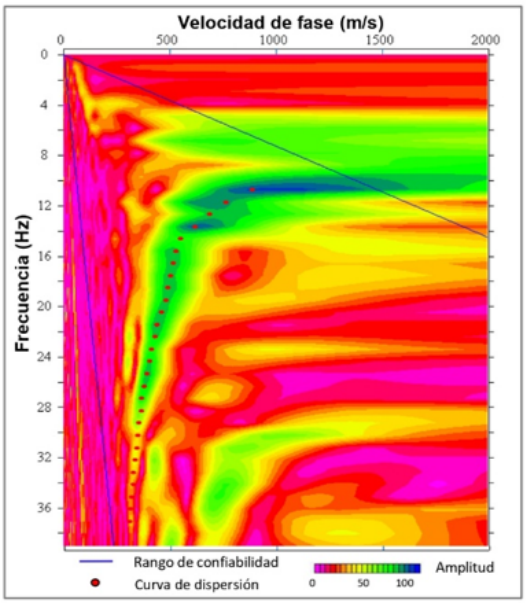


IGP		Caracterización Geofísica - Geotécnica de suelos				
		UBICACIÓN:	Este de la Plaza de Armas (Ca. Espíritu Santo)	DISTRITO:	Antioquia	PROVINCIA / DEPARTAMENTO:	Huarochirí/Lima
		LONGITUD DE LA LINEA:	69 metros	DATUM:	WGS84	FECHA:	05/2026
		COORDENADAS UTM 19S:	NORTE (m) : 8664111	ESTE (m) : 335754		COTA (m s.n.m.) : 1555	
ELABORADO POR:	J.Diaz	REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:		H. Tavera	

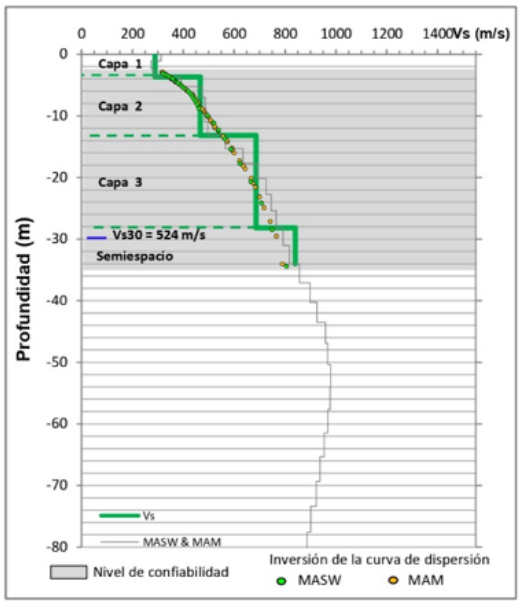
Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)

ATQ-LS4

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

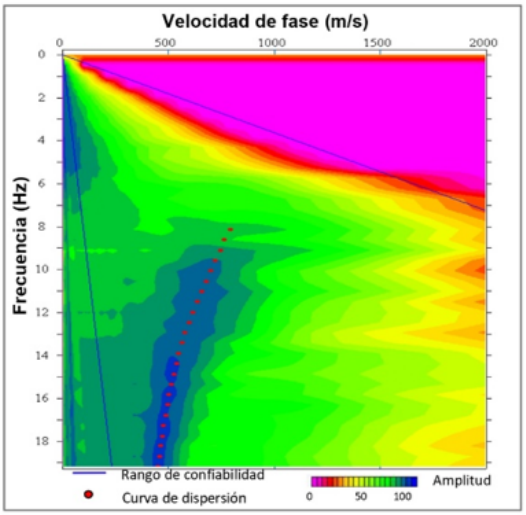
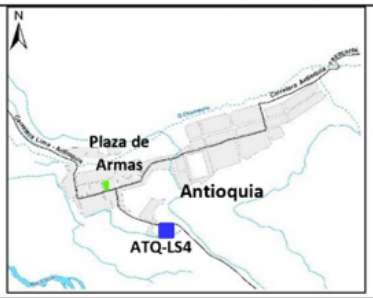


Tabla de resultados

Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	289	4	Material medianamente rígido
2	467	9	Material rígido
3	687	15	Material muy rígido
Semi-espacio	840	-	Roca moderamente dura a dura

Vs=Velocidad de ondas de corte promedio por capa



IGP

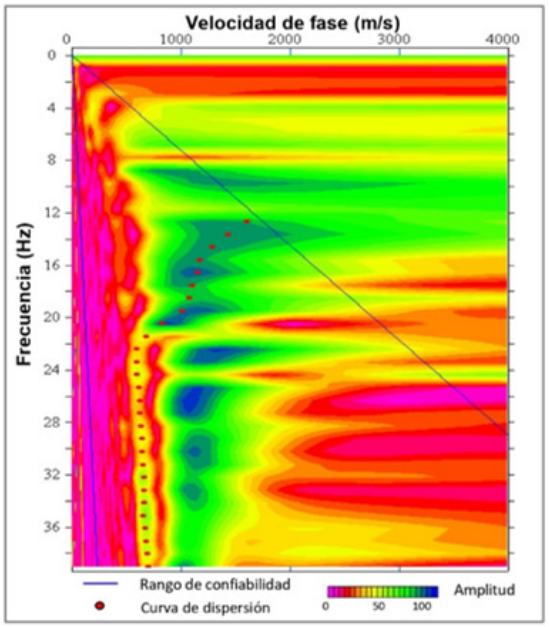
Caracterización Geofísica - Geotécnica de suelos

UBICACIÓN:	Carretera Antioquia-Langa	**DISTRITO:**	Antioquia	**PROVINCIA / DEPARTAMENTO:**	Huarochiri/Lima
LONGITUD DE LA LINEA:	69 metros	**DATUM:**	WGS84	**FECHA:**	05/2026
COORDENADAS UTM 19S:	**NORTE (m) :** 8663962	**ESTE (m) :** 335881		**COTA (m s.n.m.) :** 1562	
ELABORADO POR:	J.Diaz	**REVISADO POR:**	I. Bernal	**APROBADO POR:**	H. Tavera

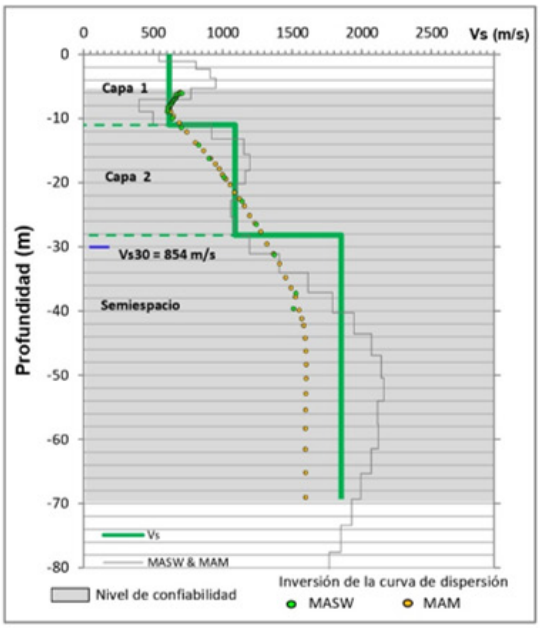
Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)

ATQ-LS5

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

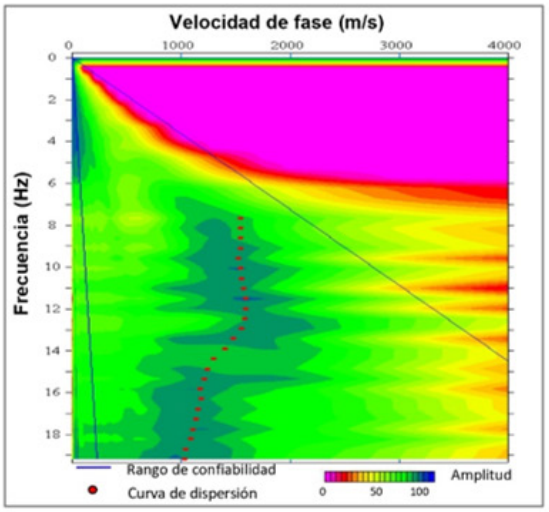
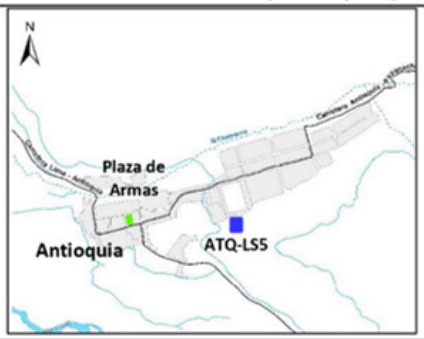


Tabla de resultados

Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	616	11	Material muy rígido
2	1090	17	Roca moderamente dura a dura
Semi-espacio	1852	-	

Vs=Velocidad de ondas de corte promedio por capa

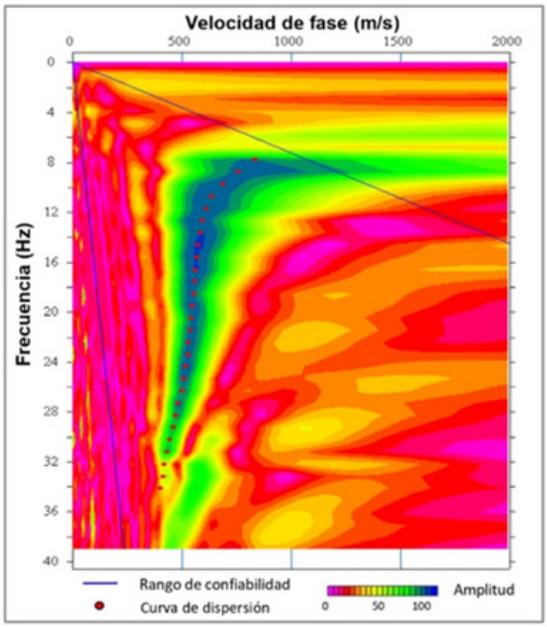


IGP		Caracterización Geofísica - Geotécnica de suelos				
		UBICACIÓN:	Proximo Mirador Antioquia	DISTRITO:	Antioquia	PROVINCIA / DEPARTAMENTO: Huarochiri/Lima
		LONGITUD DE LA LINEA:	69 metros	DATUM:	WGS84	FECHA: 05/2026
		COORDENADAS UTM 19S:	NORTE (m) : 8664081	ESTE (m) : 335994		COTA (m s.n.m.) : 1584
ELABORADO POR:	J.Diaz	REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:		H. Tavera

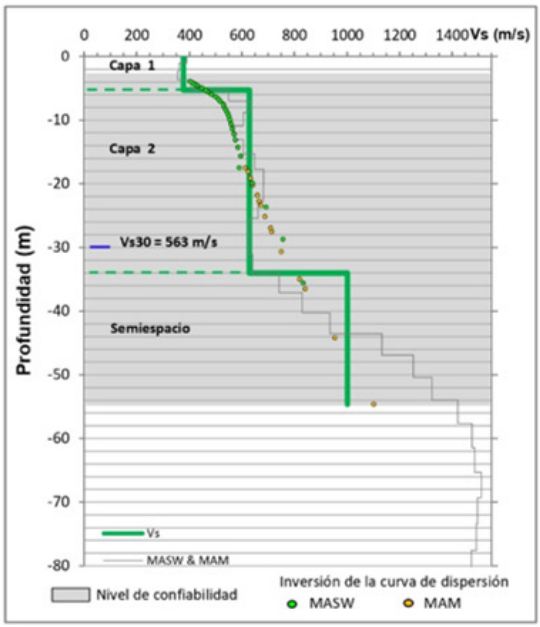
Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)

ATQ-LS6

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

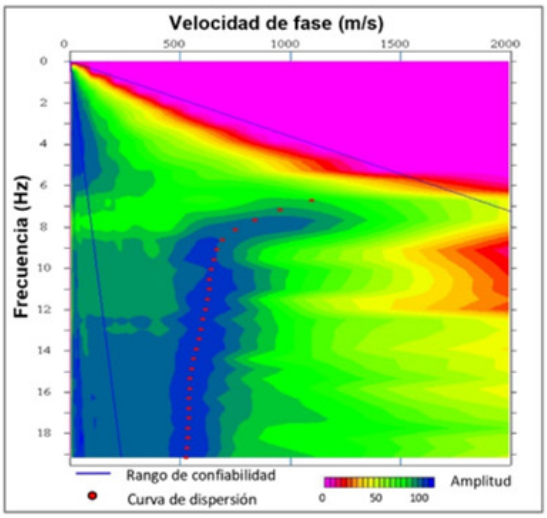


Tabla de resultados

Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	378	5	Material rígido
2	629	29	Material muy rígido
Semi-espacio	1002	-	Roca moderamente dura a dura
Vs=Velocidad de ondas de corte promedio por capa			



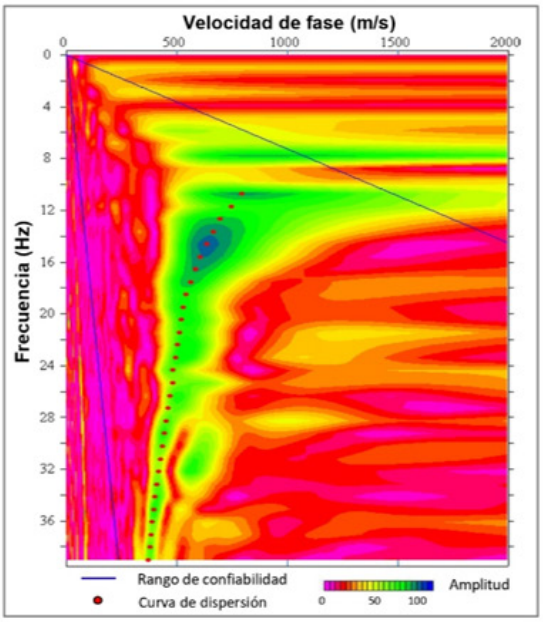
Caracterización Geofísica - Geotécnica de suelos

UBICACIÓN:	I.E. Andres Avelino Cáceres	**DISTRITO:**	Antioquia	**PROVINCIA / DEPARTAMENTO:**	Huarochiri/Lima
LONGITUD DE LA LINEA:	69 metros	**DATUM:**	WGS84	**FECHA:**	05/2026
COORDENADAS UTM 19S:	**NORTE (m) :** 8664260	**ESTE (m) :** 336066		**COTA (m s.n.m.) :** 1584	
ELABORADO POR:	J.Diaz	**REVISADO POR:**	I. Bernal	**APROBADO POR:**	H. Tavera

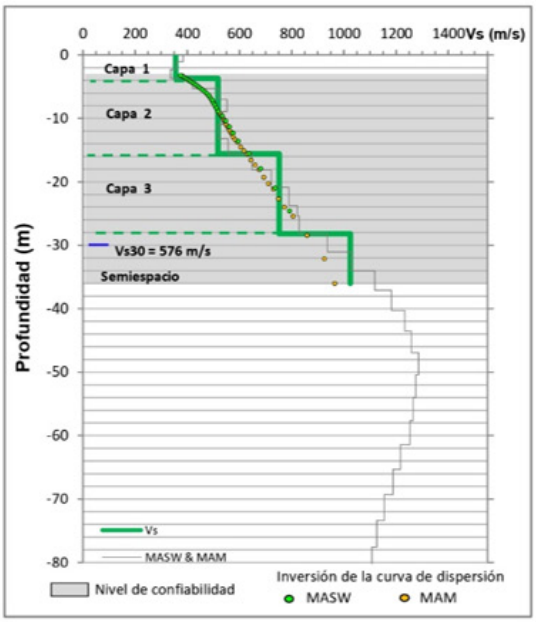
Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)

ATQ-LS7

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

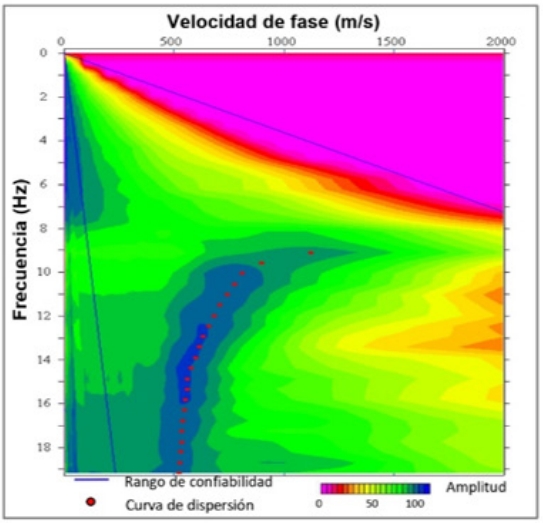
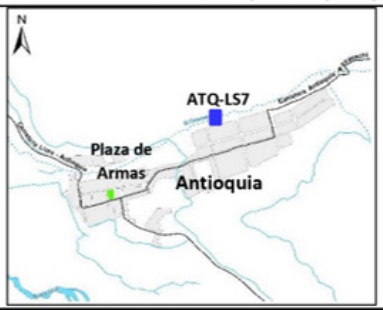


Tabla de resultados

Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	356	4	Material rígido
2	518	12	
3	752	13	Material muy rígido
Semi-espacio	1024	-	Roca moderamente dura a dura

Vs=Velocidad de ondas de corte promedio por capa



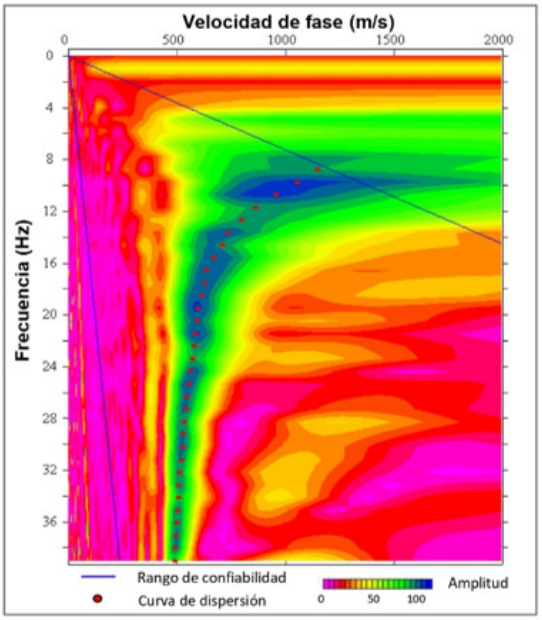
Caracterización Geofísica - Geotécnica de suelos

UBICACIÓN:	Carretera. Antioquia-Payacachi	**DISTRITO:**	Antioquia	**PROVINCIA / DEPARTAMENTO:**	Huarochiri/Lima
LONGITUD DE LA LINEA:	69 metros	**DATUM:**	WGS84	**FECHA:**	05/2026
COORDENADAS UTM 19S:	**NORTE (m) :** 8664358	**ESTE (m) :** 336038		**COTA (m s.n.m.) :** 1584	
ELABORADO POR:	J.Diaz	**REVISADO POR:**	I. Bernal	**APROBADO POR:**	H. Tavera

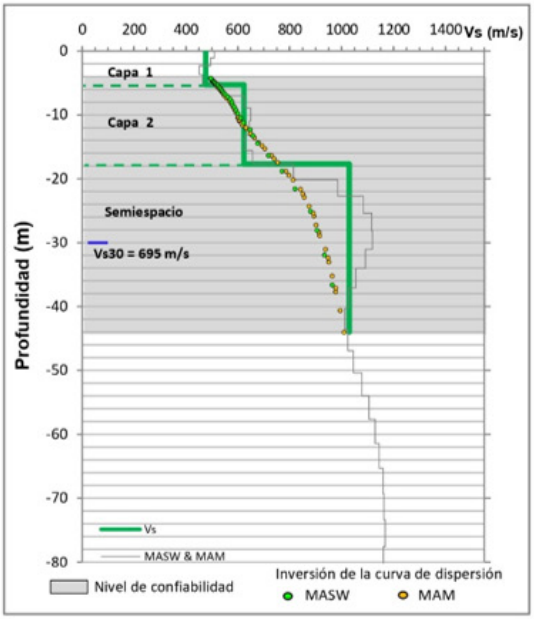
Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)

ATQ-LS8

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

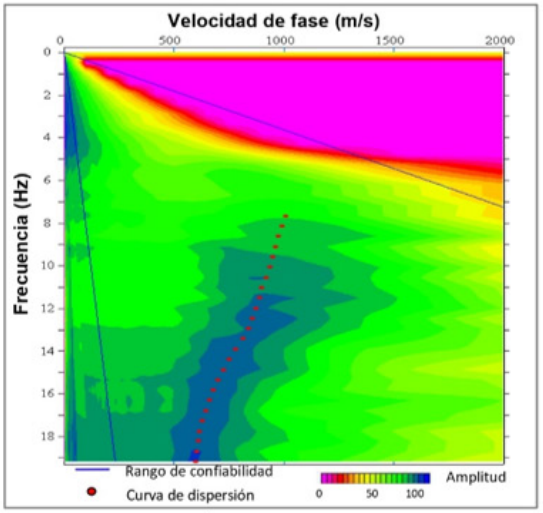
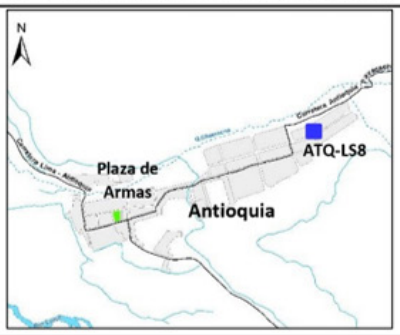


Tabla de resultados

Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	476	5	Material rígido
2	624	12	Material muy rígido
Semi-espacio	1029	-	Roca moderamente dura a dura
Vs=Velocidad de ondas de corte promedio por capa			



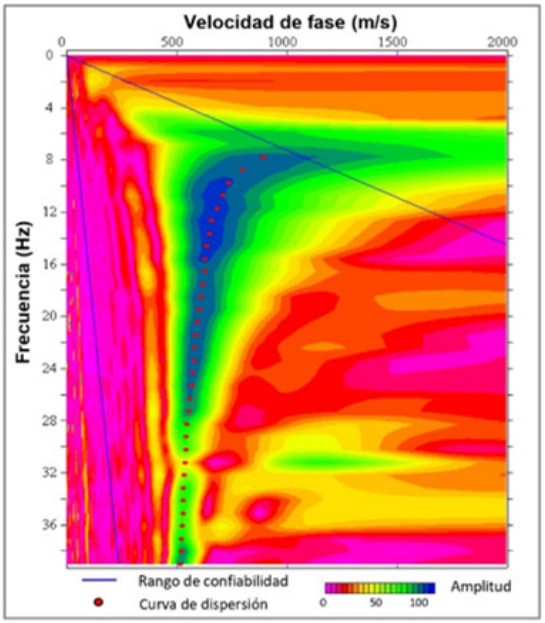
Caracterización Geofísica - Geotécnica de suelos

UBICACIÓN:	Al suroeste del sector Santa Rosa	**DISTRITO:**	Antioquia	**PROVINCIA / DEPARTAMENTO:**	Huarochiri/Lima
LONGITUD DE LA LINEA:	69 metros	**DATUM:**	WGS84	**FECHA:**	05/2026
COORDENADAS UTM 19S:	**NORTE (m) :** 8664381	**ESTE (m) :** 336317		**COTA (m s.n.m.) :** 1606	
ELABORADO POR:	J.Diaz	**REVISADO POR:**	I. Bernal	**APROBADO POR:**	H. Tavera

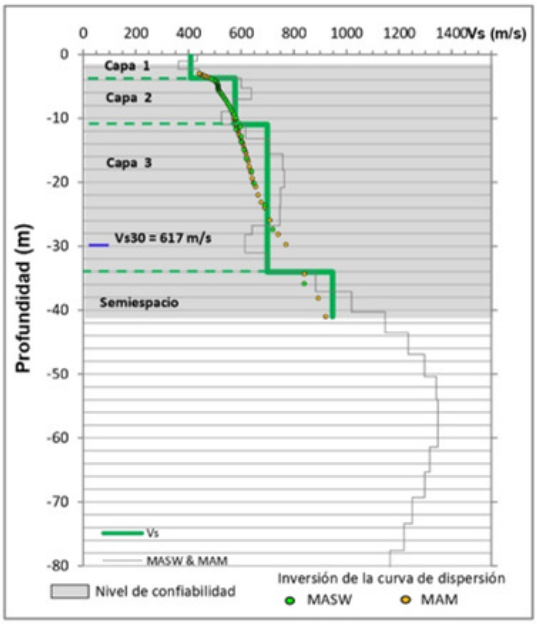
Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)

ATQ-LS9

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

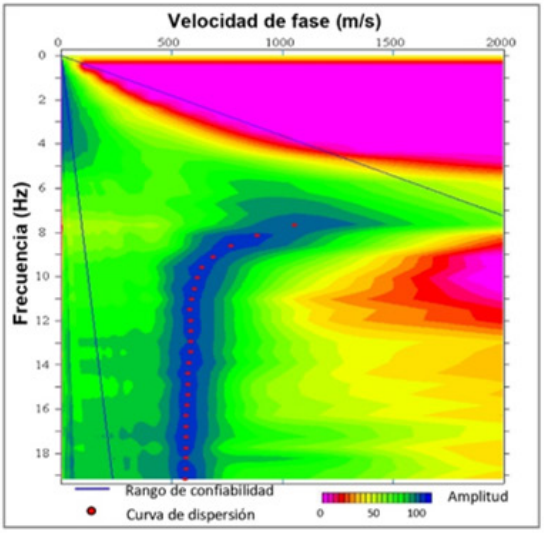


Tabla de resultados

Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	409	4	Material rígido
2	577	7	Material muy rígido
3	700	23	
Semi-espacio	948	-	Roca moderamente dura a dura

Vs=Velocidad de ondas de corte promedio por capa

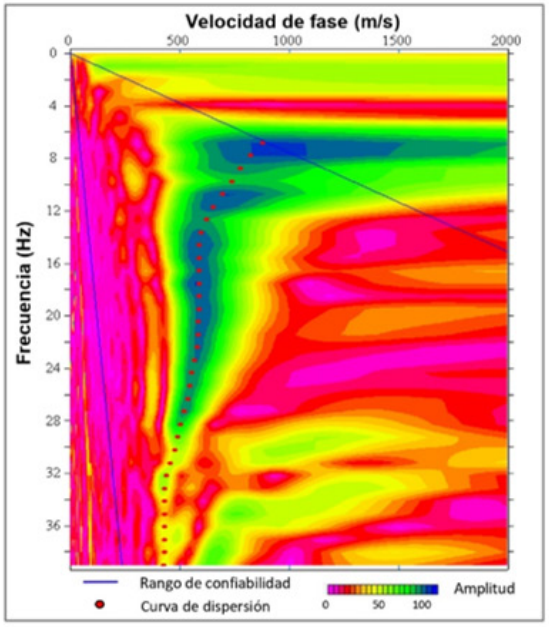


IGP		Caracterización Geofísica - Geotécnica de suelos				
		UBICACIÓN:	Sector Santa Rosa	DISTRITO:	Antioquia	PROVINCIA / DEPARTAMENTO:	Huarochiri/Lima
		LONGITUD DE LA LINEA:	69 metros	DATUM:	WGS84	FECHA:	05/2026
		COORDENADAS UTM 19S:	NORTE (m) : 8664515	ESTE (m) : 336441		COTA (m s.n.m.) : 1618	
ELABORADO POR:	J.Diaz	REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:		H. Tavera	

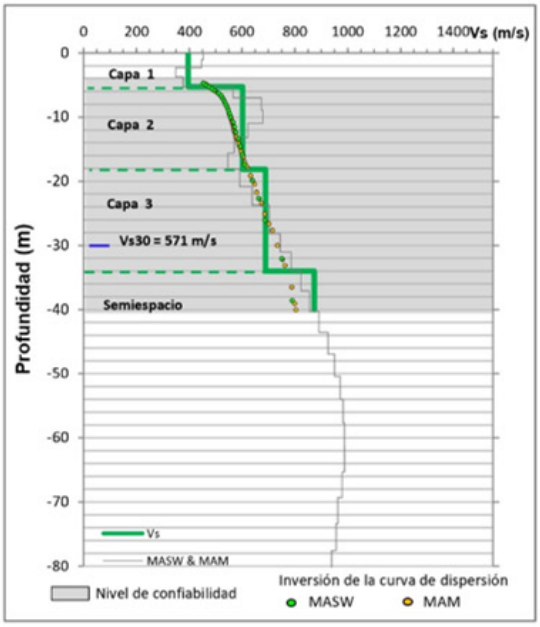
Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)

ATQ-LS10

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

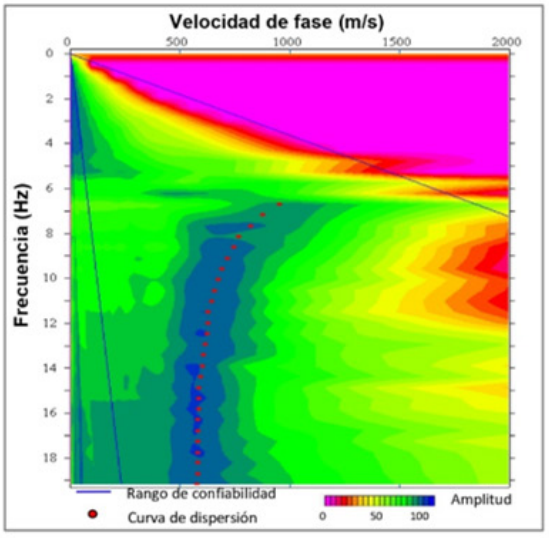
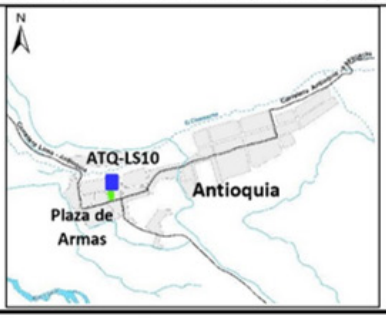


Tabla de resultados

Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	397	5	Material rígido
2	603	13	Material muy rígido
3	689	16	
Semi-espacio	874	-	Roca moderamente dura a dura

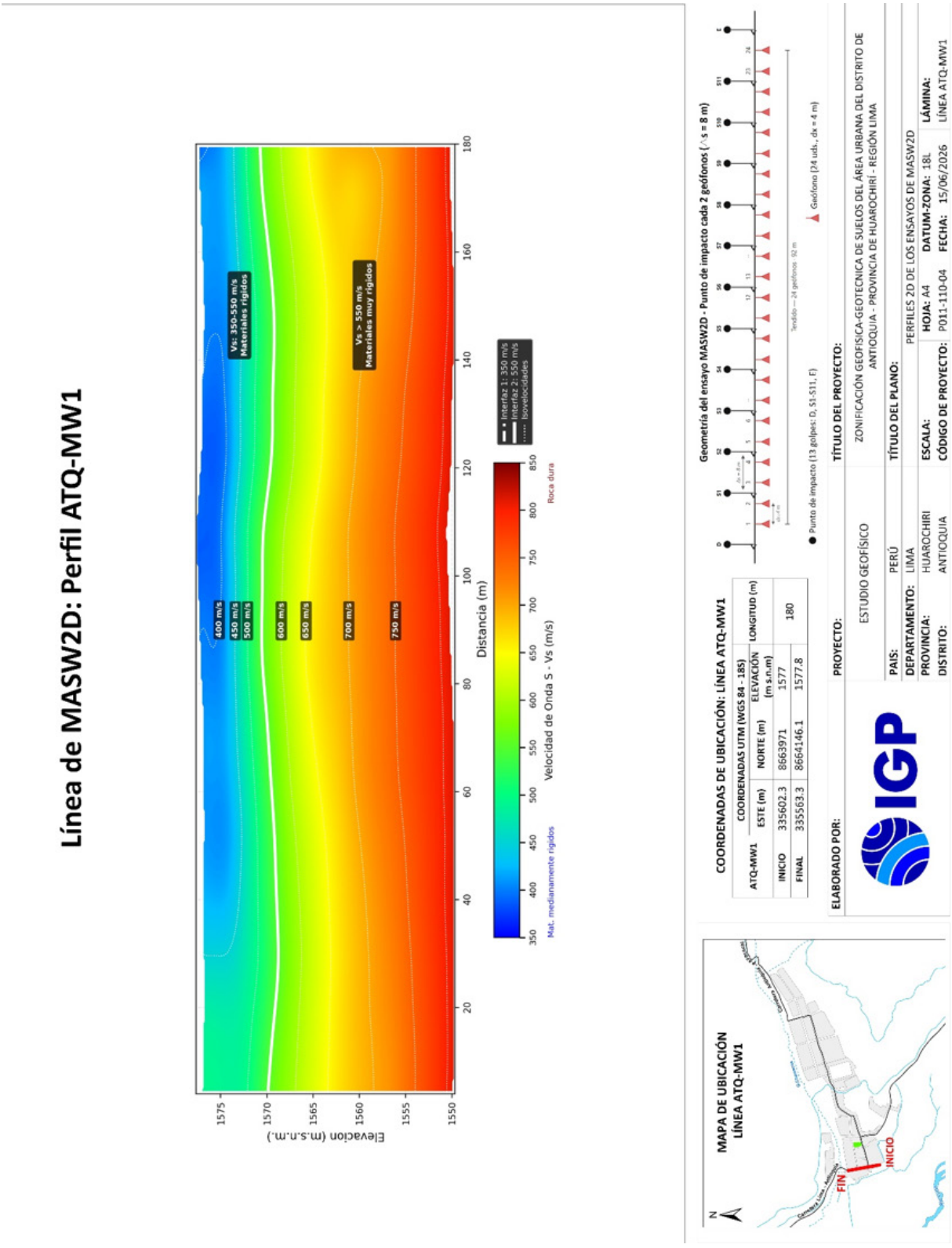
Vs=Velocidad de ondas de corte promedio por capa



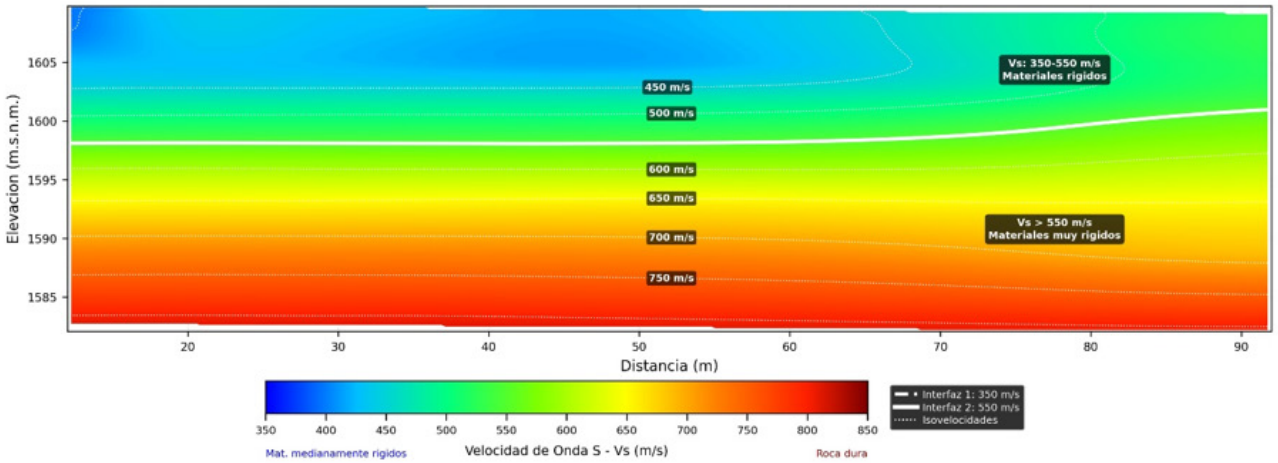
Caracterización Geofísica - Geotécnica de suelos					
UBICACIÓN:	Plaza de Armas	DISTRITO:	Antioquia	PROVINCIA / DEPARTAMENTO:	Huarochiri/Lima
LONGITUD DE LA LINEA:	69 metros	DATUM:	WGS84	FECHA:	05/2026
COORDENADAS UTM 19S:	NORTE (m) : 8664128	ESTE (m) : 335659		COTA (m s.n.m.) : 1554	
ELABORADO POR: J.Diaz	REVISADO POR: I. Bernal	APROBADO POR:		H. Tavera	

- Información geofísica

Perfiles MASW 2D



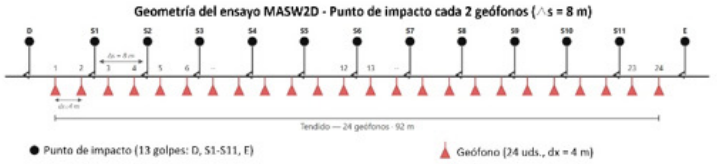
Línea de MASW2D: Perfil ATQ-MW2





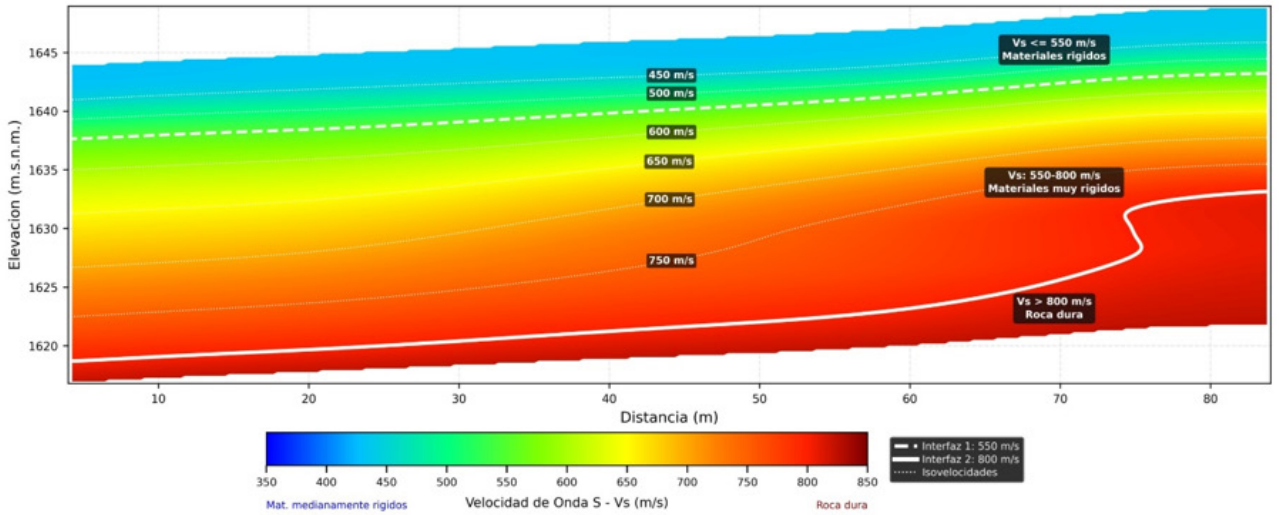
COORDENADAS DE UBICACIÓN: LÍNEA ATQ-MW2

ATQ-MW2	COORDENADAS UTM (WGS 84 - 18S)			LONGITUD (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)	ELEVACIÓN (m s.n.m)	
INICIO	336003.7	8664138.6	1610.3	92
FINAL	335978.1	8664227.0	1609.5	



ELABORADO POR:		**PROYECTO:**		**TÍTULO DEL PROYECTO:**		
IGP		ESTUDIO GEOFÍSICO		ZONIFICACIÓN GEOFISICA-GEOTECNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA - PROVINCIA DE HUAROCHIRÍ - REGIÓN LIMA		
PAIS:	PERÚ	**TÍTULO DEL PLANO:**				
DEPARTAMENTO:	LIMA	PERFILES 2D DE LOS ENSAYOS DE MASW2D				
PROVINCIA:	HUAROCHIRI	**ESCALA:**	**HOJA:** A4	**DATUM-ZONA:** 18L	**LÁMINA:**	
DISTRITO:	ANTIOQUIA	**CÓDIGO DE PROYECTO:**	P011-110-04	**FECHA:** 15/06/2026	LÍNEA ATQ-MW2	

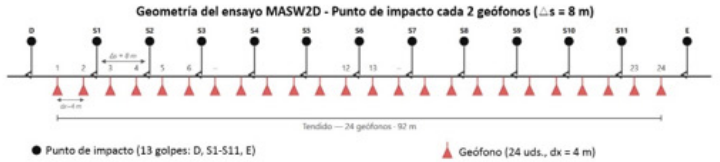
Línea de MASW2D: Perfil ATQ-MW3





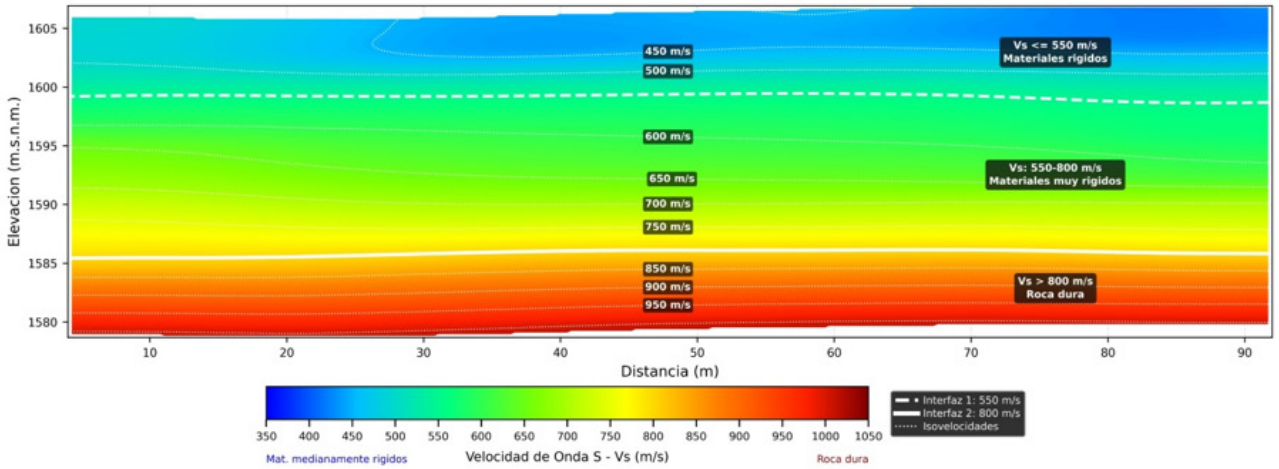
COORDENADAS DE UBICACIÓN: LÍNEA ATQ-MW3

ATQ-MW4	COORDENADAS UTM (WGS 84 - 18S)			LONGITUD (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)	ELEVACIÓN (m s.n.m)	
INICIO	336430	8664512	1644	92
FINAL	336480	8664434	1650	



ELABORADO POR:	PROYECTO:		TÍTULO DEL PROYECTO:			
IGP	ESTUDIO GEOFÍSICO		ZONIFICACIÓN GEOFISICA-GEOTECNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA - PROVINCIA DE HUAROCHIRÍ - REGIÓN LIMA			
	PAIS:	PERÚ	TÍTULO DEL PLANO:			
	DEPARTAMENTO:	LIMA	PERFILES 2D DE LOS ENSAYOS DE MASW2D			
	PROVINCIA:	HUAROCHIRI	ESCALA:	HOJA: A4	DATUM-ZONA: 18L	LÁMINA:
	DISTRITO:	ANTIOQUIA	CÓDIGO DE PROYECTO:	P011-110-04	FECHA: 15/06/2026	LÍNEA ATQ-MW3

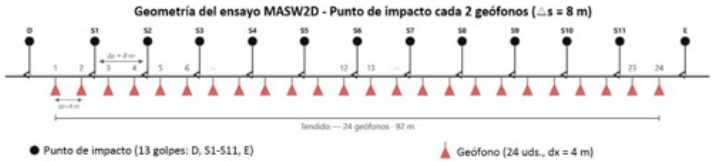
Línea de MASW2D: Perfil ATQ-MW4





COORDENADAS DE UBICACIÓN: LÍNEA ATQ-MW4

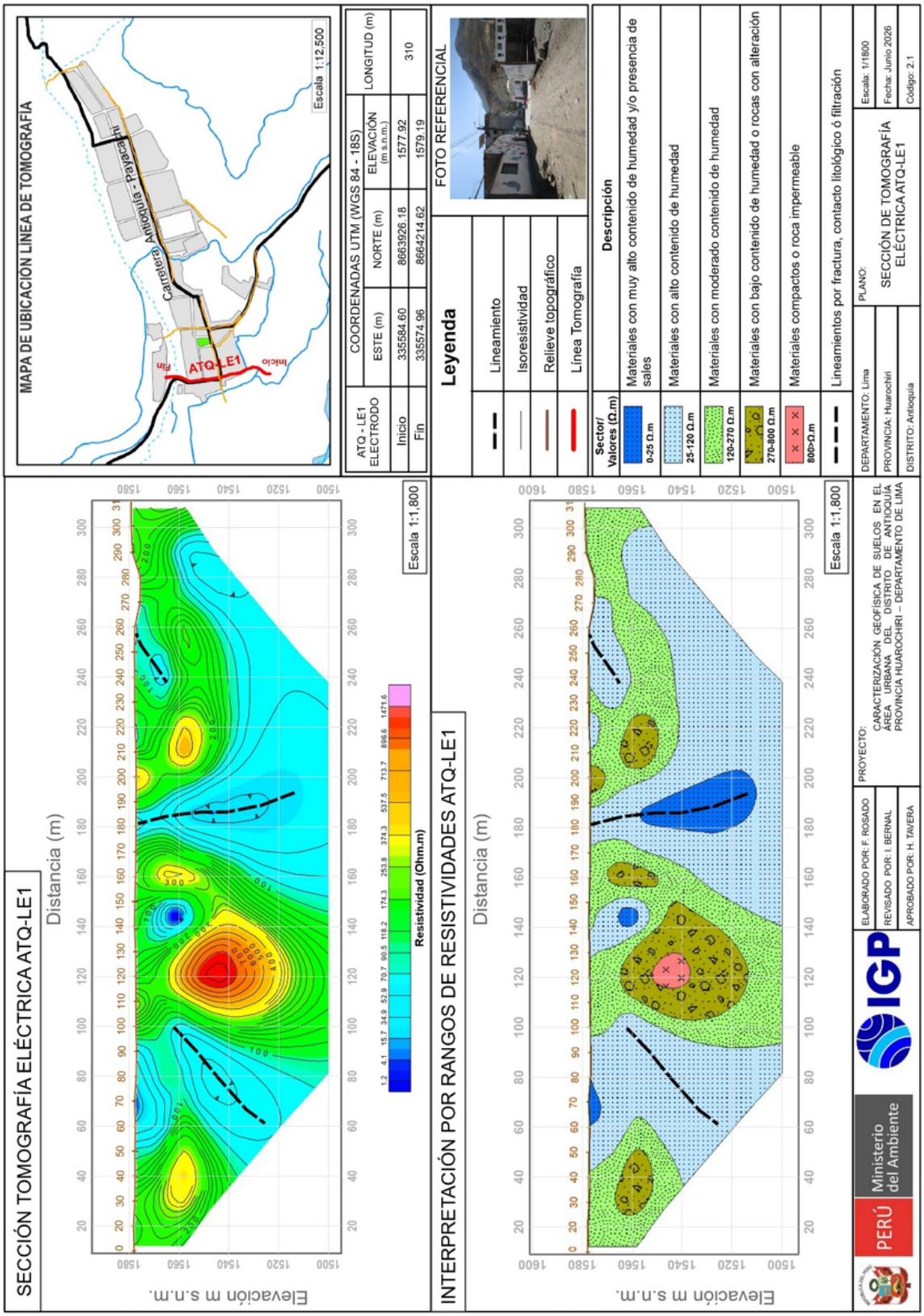
ATQ-MW4	COORDENADAS UTM (WGS 84 - 18S)			LONGITUD (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)	ELEVACIÓN (m s.n.m)	
INICIO	335975.5	8664237.5	1606.3	92
FINAL	335951.3	8664326.3	1607.3	



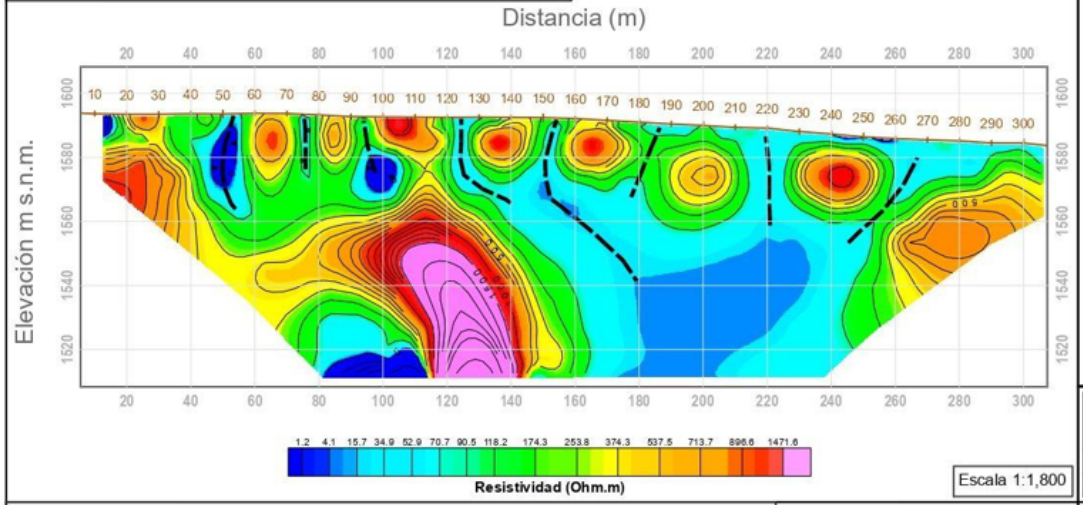
ELABORADO POR:	PROYECTO:		TÍTULO DEL PROYECTO:			
IGP	ESTUDIO GEOFÍSICO		ZONIFICACIÓN GEOFISICA-GEOTECNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUIA - PROVINCIA DE HUAROCHIRÍ - REGIÓN LIMA			
	PAIS:	PERÚ	TÍTULO DEL PLANO:			
	DEPARTAMENTO:	LIMA	PERFILES 2D DE LOS ENSAYOS DE MASW2D			
	PROVINCIA:	HUAROCHIRI	ESCALA:	HOJA: A4	DATUM-ZONA: 18L	LÁMINA:
	DISTRITO:	ANTIOQUIA	CÓDIGO DE PROYECTO:	P011-110-04	FECHA: 15/06/2026	LÍNEA ATQ-MW4

- Información geofísica

Secciones de tomografía eléctrica



SECCIÓN TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA ATQ-LE2



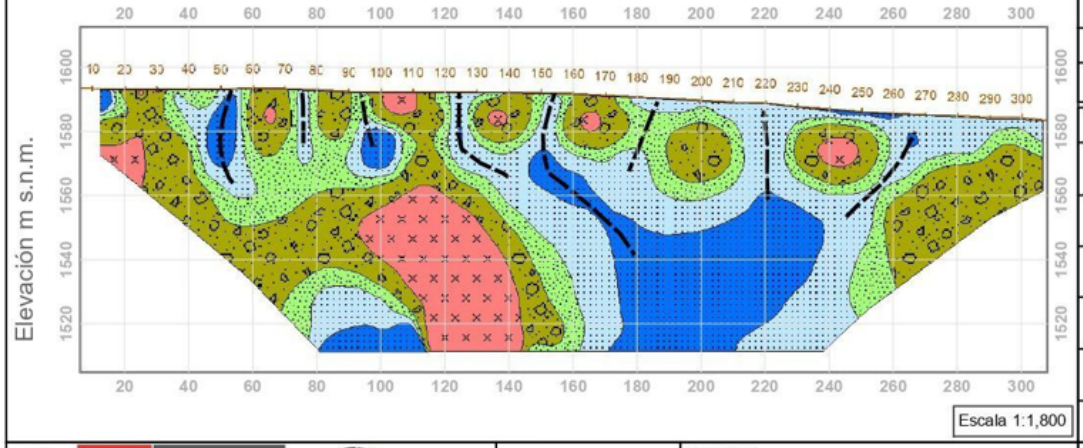
Escala 1:1,800

MAPA DE UBICACIÓN LINEA DE TOMOGRAFÍA



ATQ - LE2 ELECTRODO	COORDENADAS UTM (WGS 84 - 18S)			LONGITUD (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)	ELEVACIÓN (m s.n.m.)	
Inicio	335927.11	8663961.36	1594.01	310
Fin	335660.64	8664074.94	1583.39	

INTERPRETACIÓN POR RANGOS DE RESISTIVIDADES ATQ-LE2



Escala 1:1,800

Leyenda

	Lineamiento
	Isoresistividad
	Relieve topográfico
	Línea Tomografía

FOTO REFERENCIAL

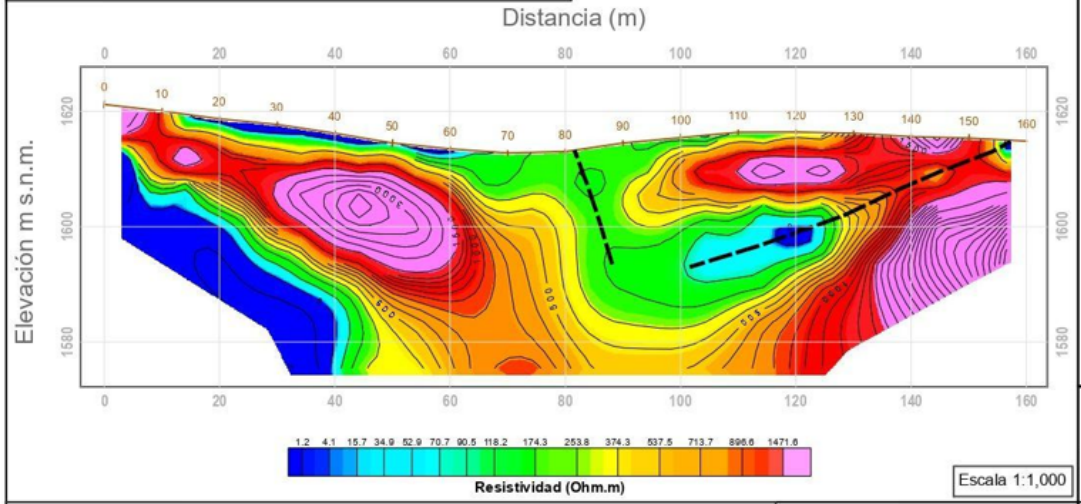


Sector/ Valores (Ω.m)	Descripción
0-25 Ω.m	Materiales con muy alto contenido de humedad y/o presencia de sales
25-120 Ω.m	Materiales con alto contenido de humedad
120-270 Ω.m	Materiales con moderado contenido de humedad
270-800 Ω.m	Materiales con bajo contenido de humedad o rocas con alteración
800>Ω.m	Materiales compactos o roca impermeable
	Lineamientos por fractura, contacto litológico ó filtración

PERÚ Ministerio del Ambiente — IGP

ELABORADO POR: F. ROSADO	PROYECTO: CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUÍA PROVINCIA HUAROCHIRI – DEPARTAMENTO DE LIMA	DEPARTAMENTO: Lima	PLANO: SECCIÓN DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA ATQ-LE2
REVISADO POR: I. BERNAL		PROVINCIA: Huarochiri	Escala: 1/1800
APROBADO POR: H. TAVERA		DISTRITO: Antioquía	Fecha: Junio 2026
			Código: 2.2

SECCIÓN TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA ATQ-LE3



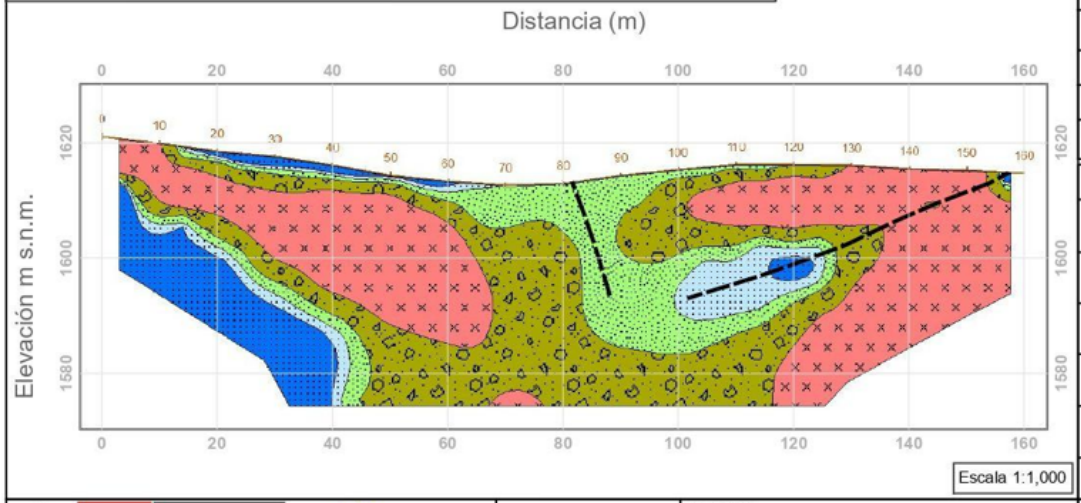
Escala 1:1,000

MAPA DE UBICACIÓN LINEA DE TOMOGRAFÍA



ATQ - LE3 ELECTRODO	COORDENADAS UTM (WGS 84 - 18S)			LONGITUD (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)	ELEVACIÓN (m s.n.m.)	
Inicio	335962.35	8664047.51	1621.22	160
Fin	336068.40	8664162.03	1614.84	

INTERPRETACIÓN POR RANGOS DE RESISTIVIDADES ATQ-LE3



Escala 1:1,000

Leyenda

- Lineamiento
- Isoresistividad
- Relieve topográfico
- Línea Tomografía

FOTO REFERENCIAL

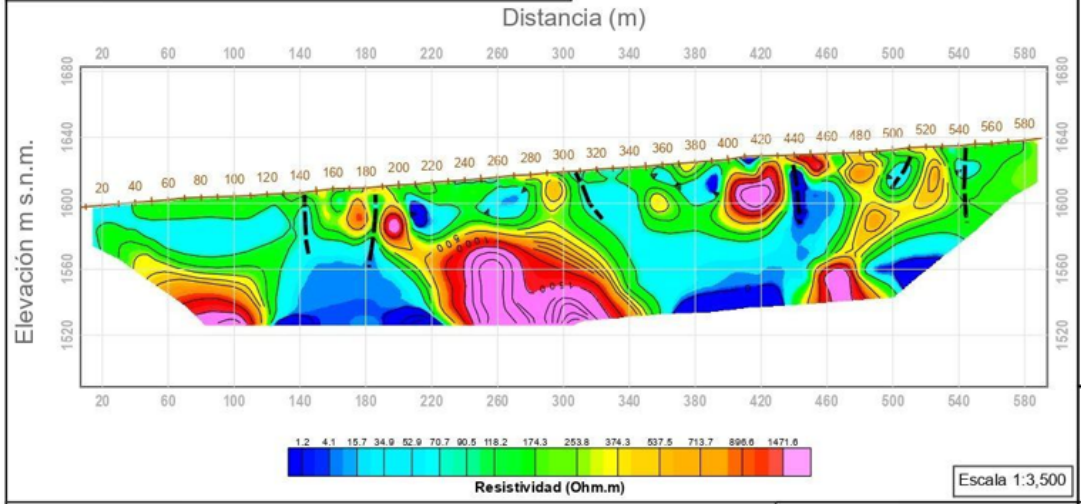


Sector/ Valores (Ω.m)	Descripción
0-25 Ω.m	Materiales con muy alto contenido de humedad y/o presencia de sales
25-120 Ω.m	Materiales con alto contenido de humedad
120-270 Ω.m	Materiales con moderado contenido de humedad
270-800 Ω.m	Materiales con bajo contenido de humedad o rocas con alteración
800>Ω.m	Materiales compactos o roca impermeable
	Lineamientos por fractura, contacto litológico ó filtración

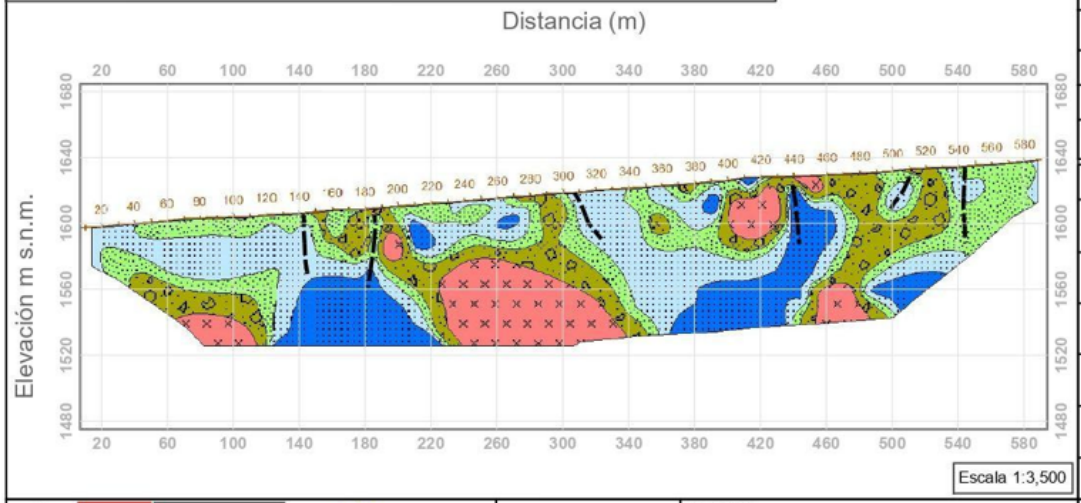
PERÚ Ministerio del Ambiente — IGP

ELABORADO POR: F. ROSADO	PROYECTO: CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUÍA PROVINCIA HUAROCHIRI – DEPARTAMENTO DE LIMA	DEPARTAMENTO: Lima	PLANO: SECCIÓN DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA ATQ-LE3
REVISADO POR: I. BERNAL		PROVINCIA: Huarochirí	Escala: 1/1000
APROBADO POR: H. TAVERA		DISTRITO: Antioquía	Fecha: Junio 2026
			Código: 2.3

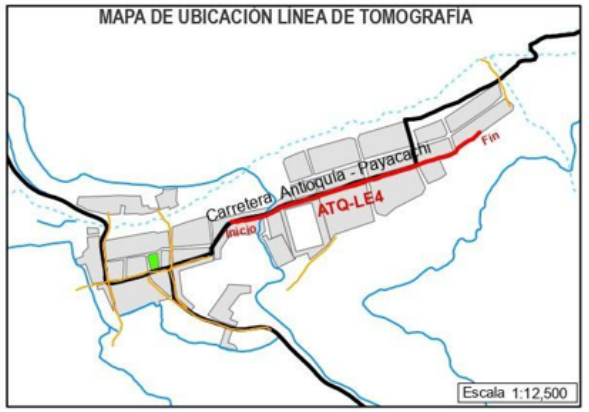
SECCIÓN TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA ATQ-LE4



INTERPRETACIÓN POR RANGOS DE RESISTIVIDADES ATQ-LE4



MAPA DE UBICACIÓN LINEA DE TOMOGRAFÍA



ATQ - LE4 ELECTRODO	COORDENADAS UTM (WGS 84 - 18S)			LONGITUD (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)	ELEVACIÓN (m s.n.m.)	
Inicio	335842.32	8664195.96	1596.93	590
Fin	336380.14	8664389.40	1639.50	

Leyenda

	Lineamiento
	Isoresistividad
	Relieve topográfico
	Línea Tomografía

FOTO REFERENCIAL

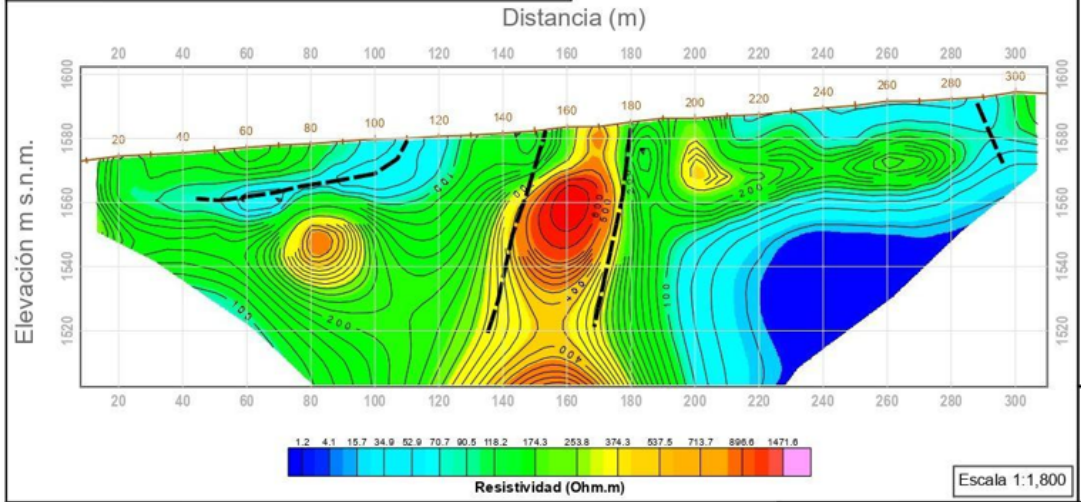


Sector/ Valores (Ω.m)	Descripción
0-25 Ω.m	Materiales con muy alto contenido de humedad y/o presencia de sales
25-120 Ω.m	Materiales con alto contenido de humedad
120-270 Ω.m	Materiales con moderado contenido de humedad
270-800 Ω.m	Materiales con bajo contenido de humedad o rocas con alteración
800>Ω.m	Materiales compactos o roca impermeable
	Lineamientos por fractura, contacto litológico ó filtración

PERÚ Ministerio del Ambiente — IGP

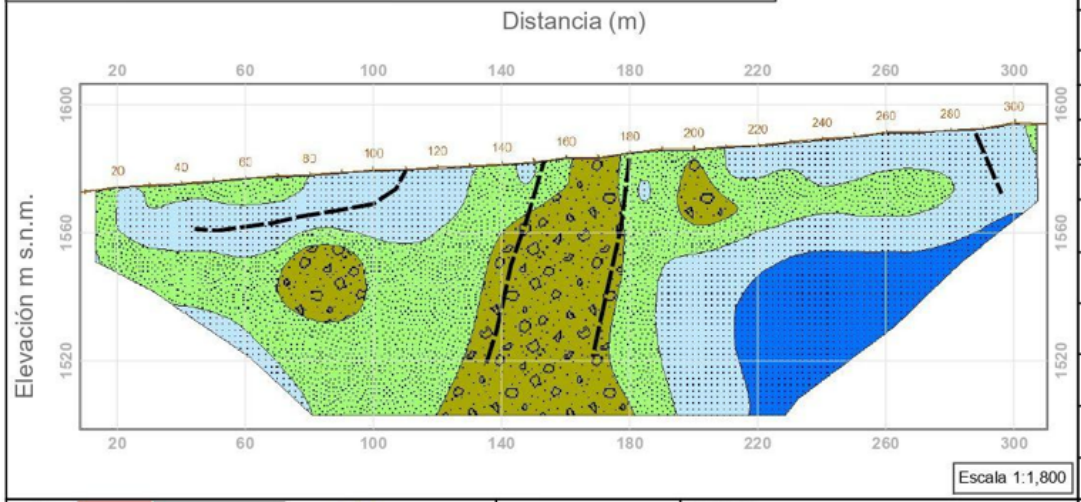
ELABORADO POR: F. ROSADO	PROYECTO: CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUÍA PROVINCIA HUAROCHIRI – DEPARTAMENTO DE LIMA	DEPARTAMENTO: Lima	PLANO: SECCIÓN DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA ATQ-LE4
REVISADO POR: I. BERNAL		PROVINCIA: Huarochiri	Escala: 1/3500
APROBADO POR: H. TAVERA		DISTRITO: Antioquía	Fecha: Junio 2026
			Código: 2.4

SECCIÓN TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA ATQ-LE5



Escala 1:1,800

INTERPRETACIÓN POR RANGOS DE RESISTIVIDADES ATQ-LE5



Escala 1:1,800

MAPA DE UBICACIÓN LINEA DE TOMOGRAFÍA



ATQ - LE5 ELECTRODO	COORDENADAS UTM (WGS 84 - 18S)			LONGITUD (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)	ELEVACIÓN (m s.n.m.)	
Inicio	335505.88	8664047.42	1572.06	310
Fin	335794.62	8664120.37	1594.06	

Leyenda

	Lineamiento
	Isoresistividad
	Relieve topográfico
	Línea Tomografía

FOTO REFERENCIAL

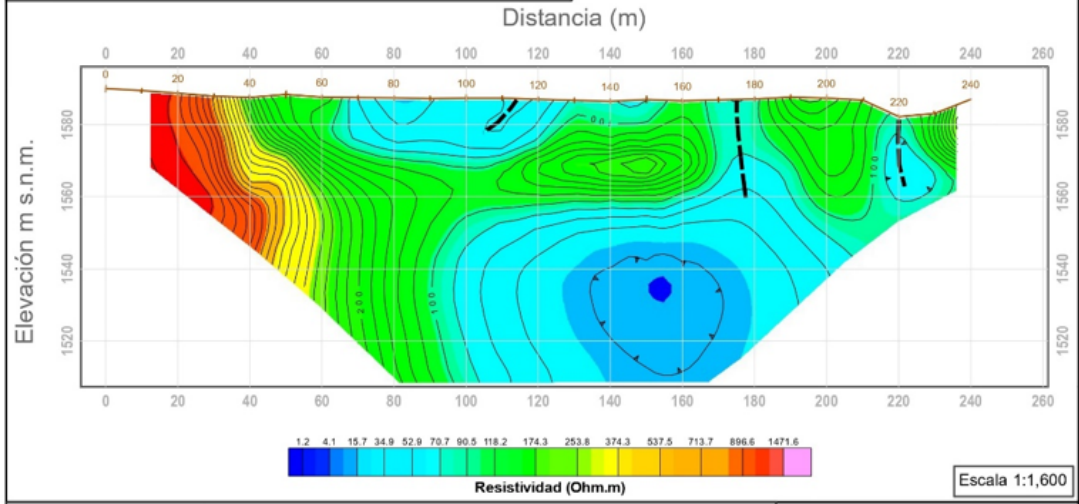


Sector/ Valores (Ω.m)	Descripción
0-25 Ω.m	Materiales con muy alto contenido de humedad y/o presencia de sales
25-120 Ω.m	Materiales con alto contenido de humedad
120-270 Ω.m	Materiales con moderado contenido de humedad
270-800 Ω.m	Materiales con bajo contenido de humedad o rocas con alteración
800>Ω.m	Materiales compactos o roca impermeable
	Lineamientos por fractura, contacto litológico ó filtración

PERÚ Ministerio del Ambiente — IGP

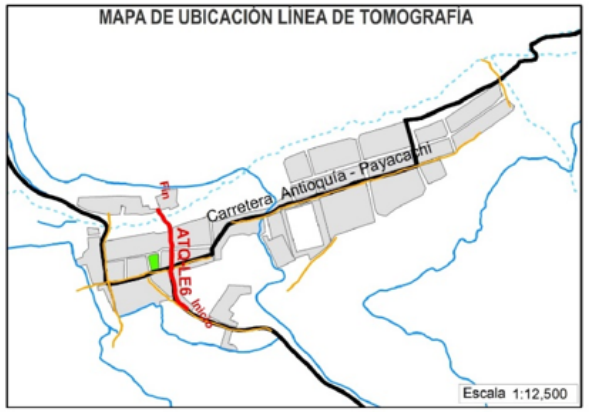
ELABORADO POR: F. ROSADO	PROYECTO: CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUÍA PROVINCIA HUAROCHIRI – DEPARTAMENTO DE LIMA	DEPARTAMENTO: Lima	PLANO: SECCIÓN DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA ATQ-LE5
REVISADO POR: I. BERNAL		PROVINCIA: Huarochiri	Escala: 1/1800
APROBADO POR: H. TAVERA		DISTRITO: Antioquia	Fecha: Junio 2026
			Código: 2.5

SECCIÓN TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA ATQ-LE6



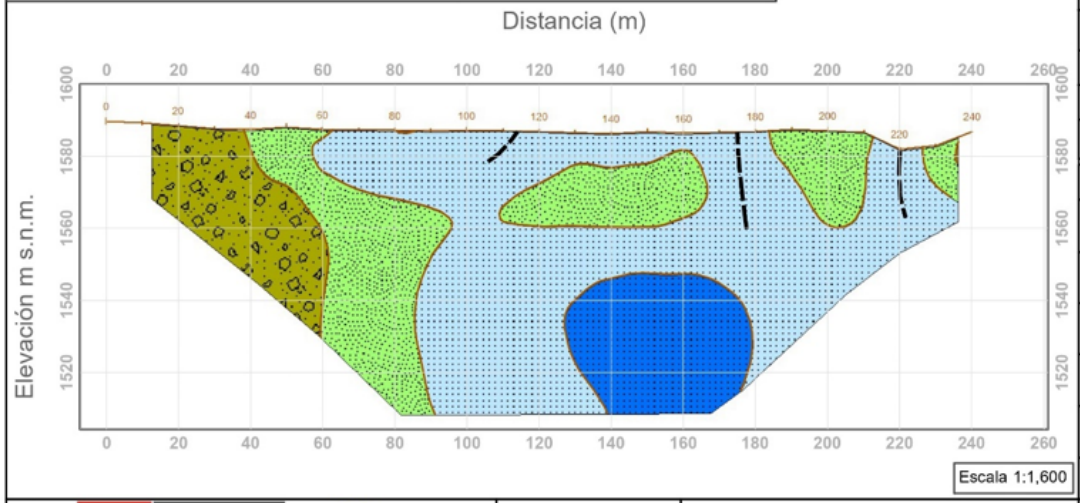
Escala 1:1,600

MAPA DE UBICACIÓN LÍNEA DE TOMOGRAFÍA



ATQ - LE6 ELECTRODO	COORDENADAS UTM (WGS 84 - 18S)			LONGITUD (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)	ELEVACIÓN (m s.n.m.)	
Inicio	335744.40	8664008.59	1590.00	240
Fin	335682.03	8664222.51	1587.08	

INTERPRETACIÓN POR RANGOS DE RESISTIVIDADES ATQ-LE6



Escala 1:1,600

Leyenda

- Lineamiento
- Isoresistividad
- Relieve topográfico
- Línea Tomografía

FOTO REFERENCIAL

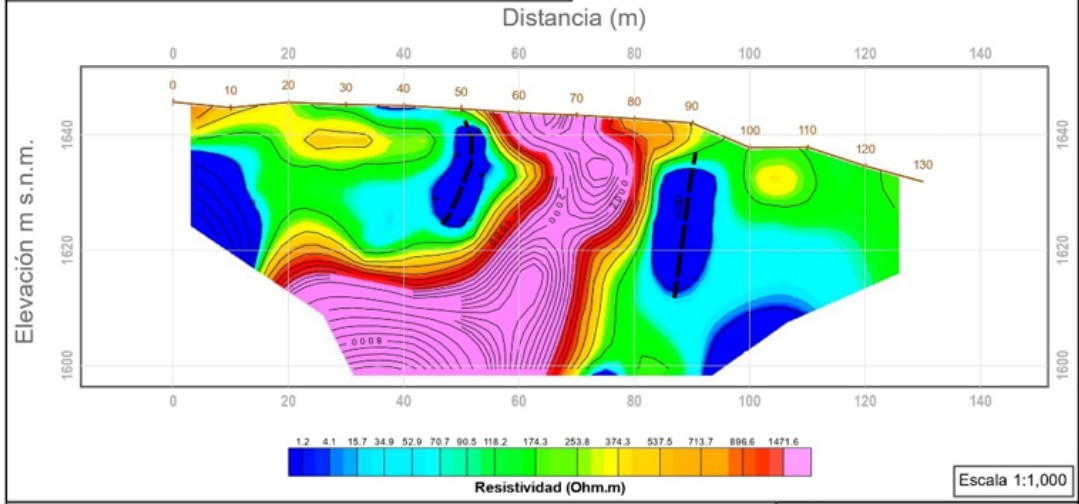


Sector/ Valores (Ω.m)	Descripción
0-25 Ω.m	Materiales con muy alto contenido de humedad y/o presencia de sales
25-120 Ω.m	Materiales con alto contenido de humedad
120-270 Ω.m	Materiales con moderado contenido de humedad
270-800 Ω.m	Materiales con bajo contenido de humedad o rocas con alteración
800>Ω.m	Materiales compactos o roca impermeable
	Lineamientos por fractura, contacto litológico ó filtración

PERÚ Ministerio del Ambiente — IGP

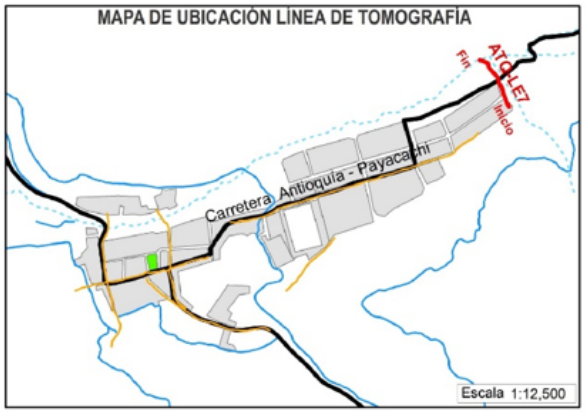
ELABORADO POR: F. ROSADO	PROYECTO: CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUÍA PROVINCIA HUAROCHIRI – DEPARTAMENTO DE LIMA	DEPARTAMENTO: Lima	PLANO: SECCIÓN DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA ATQ-LE6
REVISADO POR: I. BERNAL		PROVINCIA: Huarochiri	Escala: 1/1600
APROBADO POR: H. TAVERA		DISTRITO: Antioquía	Fecha: Junio 2026
			Código: 2.6

SECCIÓN TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA ATQ-LE7



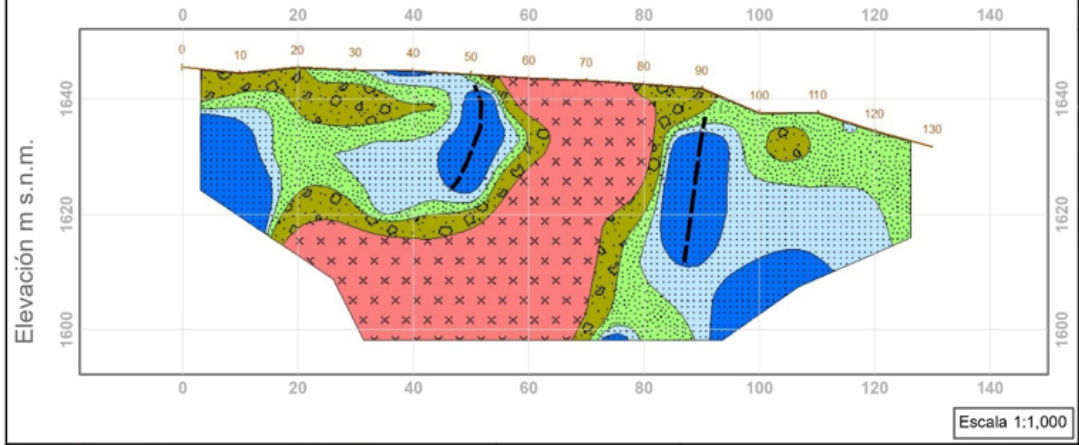
Escala 1:1,000

MAPA DE UBICACIÓN LÍNEA DE TOMOGRAFÍA



ATQ - LE7 ELECTRODO	COORDENADAS UTM (WGS 84 - 18S)			LONGITUD (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)	ELEVACIÓN (m s.n.m.)	
Inicio	336446.24	8664445.51	1645.71	130
Fin	336382.98	8664547.04	1631.89	

INTERPRETACIÓN POR RANGOS DE RESISTIVIDADES ATQ-LE7



Escala 1:1,000

Leyenda

- Lineamiento
- Isoresistividad
- Relieve topográfico
- Línea Tomografía

FOTO REFERENCIAL



Sector/ Valores (Ω.m)	Descripción
0-25 Ω.m	Materiales con muy alto contenido de humedad y/o presencia de sales
25-120 Ω.m	Materiales con alto contenido de humedad
120-270 Ω.m	Materiales con moderado contenido de humedad
270-800 Ω.m	Materiales con bajo contenido de humedad o rocas con alteración
800>Ω.m	Materiales compactos o roca impermeable
	Lineamientos por fractura, contacto litológico ó filtración

PERÚ Ministerio del Ambiente — IGP

ELABORADO POR: F. ROSADO	PROYECTO: CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE ANTIOQUÍA PROVINCIA HUAROCHIRI – DEPARTAMENTO DE LIMA	DEPARTAMENTO: Lima	PLANO: SECCIÓN DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA ATQ-LE7
REVISADO POR: I. BERNAL		PROVINCIA: Huarochiri	Escala: 1/1000
APROBADO POR: H. TAVERA		DISTRITO: Antioquia	Fecha: Junio 2026
			Código: 2.7

Información clave para ti

Puedes consultar, descargar y compartir desde el Repositorio Geofísico Nacional (REGEN) los diferentes **reportes**, **boletines** e **informes** que genera el IGP.

RECUERDA: La Gestión del Riesgo de Desastres (GRD) se fundamenta en la investigación científica. El IGP es una entidad líder en la generación de conocimiento científico en el país.

REGEN



Sede central del Instituto Geofísico del Perú (IGP)


IGP
Instituto
Geofísico
del Perú