PERÚ | Ministerio del Ambiente

IGP Instituto Geofísico del Perú

EVALUACIÓN GEOFÍSICA DE LOS SUELOS EN ZONAS DE LADERA EN LOS C.P. HUARIPAMPA BAJO Y SAN ANDRÉS DE RUNTU (Distrito de San Marcos, Provincia de Huari y Región Ancash)

Informe Técnico N°032-2026/IGP CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA



Lima – Perú
Noviembre, 2026

Instituto Geofísico del Perú

Jefe Institucional: Hernando Tavera

Director de Ciencias de la Tierra Sólida: Juan Carlos Gómez

Informe Técnico

Evaluación geofísica de los suelos en zonas de ladera en los C.P. Huaripampa Bajo y San Andrés de Runtu (Distrito de San Marcos, Provincia de Huari y Región Ancash)

Autores

Isabel Bernal, Jorge Salas, Cesar Huayhua, Yordi Gloria, Wilfredo Sulla y Hernando Tavera

Participantes:

Evaluación Geofísica: Isabel Bernal / Jorge Salas / Cesar Huayhua / Jonathan Díaz / Franco Saavedra / Wilfredo Sulla.
Cartografía: Juan Ramírez.
Geodinámica: Yordi Gloria / Juan Carlos Gómez.
Apoyo logístico: Robert Yupanqui.
Apoyo administrativo: Marisol Enríquez / Susana Huaccachi.

Este informe ha sido producido por el Instituto Geofísico del Perú
Calle Badajoz 169 Mayorazgo
Teléfono: 51-1-3172300

EVALUACIÓN GEOFÍSICA DE LOS SUELOS EN ZONAS DE LADERA EN LOS C.P. HUARIPAMPA BAJO Y SAN ANDRÉS DE RUNTU

(Distrito de San Marcos, Provincia de Huari y Región Ancash)

Lima - Perú
Noviembre, 2026

RESUMEN

La evaluación de las características físicas, dinámicas y geodinámicas de los suelos en zonas de ladera en el C.P. de Huaripampa Bajo –Sector del cerro Atoc y C.P. San Andrés de Runtu – Sector del cerro Pumahuillca (región Ancash), evidencian el predominio de materiales medianamente compactos en capas de 5 a 41 m de espesor, depositados sobre material compacto y/o roca, cubiertos por una capa delgada de material suelto. En el sector del cerro Atoc, los materiales medianamente compactos de mayor espesor y con alto contenido de humedad, se encuentran principalmente en su extremo noreste, que, sumados a la pendiente del terreno, contribuirían a su inestabilidad, evidenciada con la presencia de escarpes recientemente. En el sector del cerro Pumahuillca, los suelos medianamente compactos a sueltos y con alto contenido de humedad, se encuentran hacia su extremo suroeste, representando sectores con efectos de sitio e inestabilidad. Hacia su extremo norte, la inestabilidad de los materiales se asocia a efectos topográficos y a la presencia de quebradas. Asimismo, se identifica la existencia de escarpes antiguos y recientes, asociados a antiguos y nuevos deslizamientos. Desde el punto de vista geodinámico, se ha identificado la existencia de áreas expuestas a la ocurrencia de deslizamientos y/o movimientos en masa que deben ser cuantificadas a detalles para reducir el riesgo por exposición.

CONTENIDO

RESUMEN

1.- INTRODUCCIÓN
- 1.1. Estudios previos

2.- ASPECTOS GEODINÁMICOS
- 2.1. Geomorfología
  - 2.1.1.- Unidades Geomorfológicas
- 2.2. Geología
  - 2.2.1.- Unidades litológicas
- 2.3. Geodinámica superficial

3.- ASPECTOS GEOFÍSICOS
- 3.1.- Métodos sísmicos MASW y MAM
  - 3.1.1.- Adquisición de datos
  - 3.1.2.- Procesamiento y análisis
  - 3.1.3.- Resultados e interpretación
- 3.2.- Métodos Tomografía Eléctrica
  - 3.2.1.- Adquisición de datos
  - 3.2.2.- Procesamiento y análisis
  - 3.2.3.- Resultados e interpretación
- 3.3.- Método de razones espectrales (H/V)
  - 3.3.1.- Adquisición de datos
  - 3.3.2.- Procesamiento y análisis
  - 3.3.3.- Resultados e interpretación

4.- COMPORTAMIENTO DINÁMICO DEL SUELO

4.1. Estructura del subsuelo

4.2. Suelos susceptibles a movimientos en masa

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO 1: Perfiles MASW – MAM

ANEXO 2: Secciones de tomografía eléctrica

1.- INTRODUCCIÓN

En el marco del convenio específico de colaboración interinstitucional entre el Instituto Geofísico del Perú IGP y la Municipalidad de San Marcos, se realiza el estudio **"Evaluación geofísica de los suelos en zonas de ladera en C.P. de Huaripampa Bajo –Sector del cerro Atoc y C.P. San Andrés de Runtu – Sector del cerro Pumahuillca, distrito de San Marcos**, provincia de Huari, departamento de Ancash". Este estudio permitirá conocer las características físicas y dinámicas del suelo, específicamente en las zonas susceptibles a movimiento en masa.

Durante los últimos años, hacia el extremo inferior de las laderas de los cerros Atoc y Pumahuillca, los suelos vienen desplazándose en dirección al río Mosna y hacia la quebrada Carash respectivamente, formando grietas y escarpes en superficie debido a la presencia de suelos poco consolidados, pendientes pronunciadas, fracturamiento y meteorización de los materiales. En marzo del año 2025, en la ladera del cerro Pumahuillca, se reactivó un deslizamiento que comprometió un área aproximada de 20 703 m^2, afectando el sector Shushumia y represando temporalmente la quebrada Carash.

Uno de los pasos fundamentales para identificar el origen de los desplazamientos del suelo es conocer sus características físicas y dinámicas ante la ocurrencia de lluvias extremas y/o sismos que generen altos sacudimientos del suelo. La aplicación de métodos geofísicos (Método sísmico MASW - MAM, Tomografía Eléctrica y Vibración Ambiental) permitirá conocer los niveles de saturación de agua y/o contenido de humedad en los suelos, identificar los suelos blandos y compactos, espesores y su comportamiento dinámico ante precipitaciones extremas y/o demanda sísmica.

El área de estudio se ubica en la vertiente oriental de la Cordillera Blanca, sobre la margen derecha de la quebrada Mosna y margen izquierda de la quebrada Carash: La ladera del cerro Atoc, ubicado en el centro poblado de Huaripampa Bajo y la ladera del cerro Pumahuillca, ubicado en el centro poblado de San Andrés de Runtu. El relieve dentro del área de estudio es abrupto con desniveles superiores a 300 m; además las laderas presentan coberturas coluviales y suelos residuales sobre sustratos rocosos. En la Figura 1, se presenta el mapa geográfico con la delimitación del área de estudio a escala 1: 10,000.

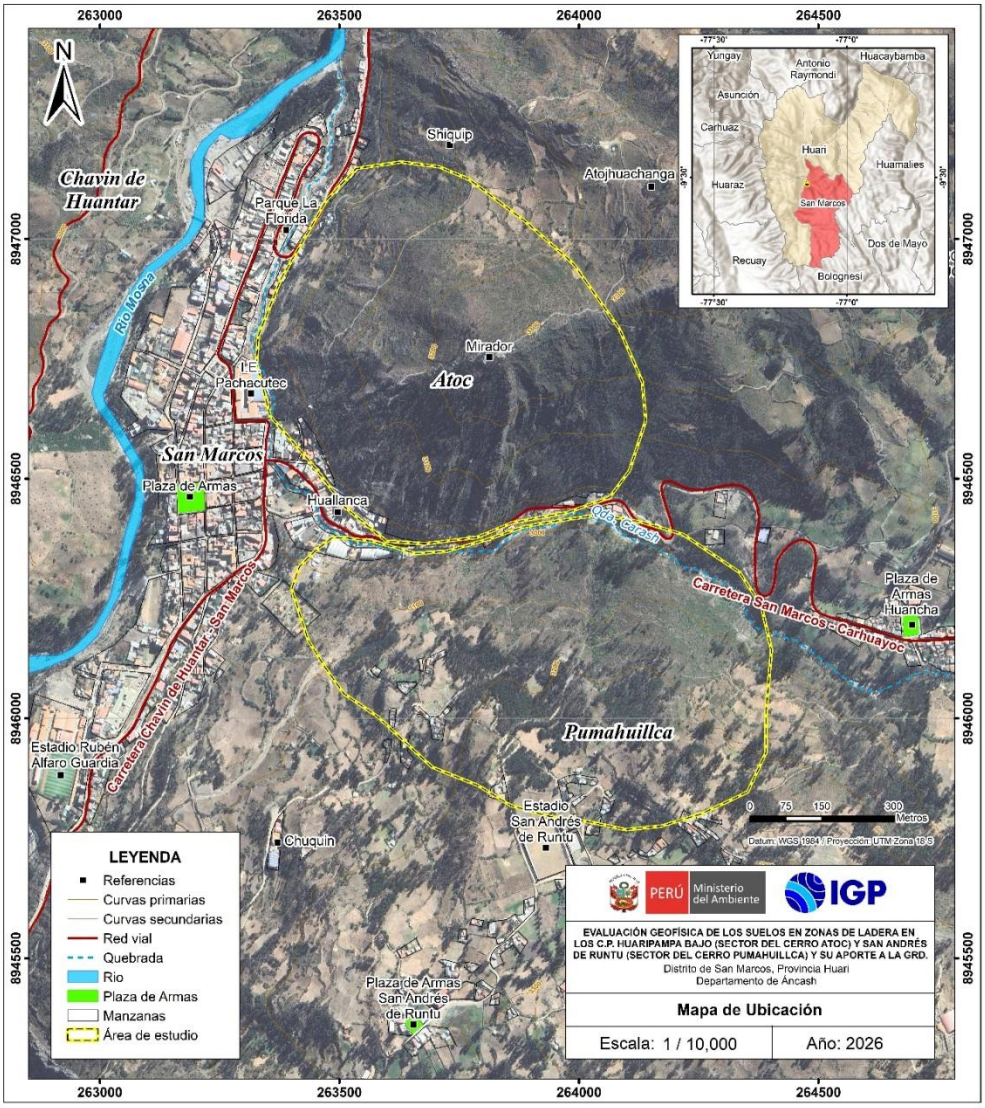


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio, sector del cerro Atoc (C.P. de Huaripampa Bajo) y sector del cerro Pumahillca (C.P. San Andrés de Runtu), delimitada por líneas discontinuas.

2.- ASPECTOS GEODINÁMICOS

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 las áreas de estudio: los sectores de las laderas del cerro Atoc y Pumahillca forman parte de un relieve montañoso desarrollado sobre rocas sedimentarias, con pendientes variables y depósitos superficiales que cubren parcialmente los afloramientos rocosos. Ambos cerros se encuentran separados por un sistema de cauces de quebradas en cuyos sectores bajos, presentan superficies de acumulación asociadas a depósitos aluviales. Estas características reflejan la interacción entre procesos tectónicos, meteorización, erosión, transporte y deposición de sedimentos, que han contribuido a configurar el relieve actual.

2.1.1.- Unidades geomorfológicas

Las principales unidades geomorfológicas identificadas en el área de estudio son:

Terrazas coluvio-aluviales. Corresponde a superficies relativamente planas y alargadas, ubicadas en las márgenes de la quebrada Carash, con alturas aproximadas de 2 a 7 m respecto del cauce adyacente (Figura 2). Su origen se relaciona con la acumulación de materiales transportados y depositados por procesos de escorrentía, flujos de quebrada y movimientos gravitacionales desde las laderas cercanas.

Estas terrazas están constituidas por clastos y materiales finos de origen coluvial y aluvial. Su configuración refleja la interacción entre los procesos de transporte desde las laderas y la deposición en sectores de menor pendiente. Debido a su proximidad al cauce, pueden estar expuestas a procesos de erosión lateral, socavación o acumulación de sedimentos durante episodios de incremento del caudal.



Figura 2. Terraza en la margen derecha de la quebrada Carash

Abanicos aluviales: Es una geoforma de origen deposicional con forma cónica o de abanico formados cuando los flujos de detritos descienden cargados de sedimentos hacia una zona de menor pendiente, lugar donde pierden velocidad y depositan materiales heterogéneos como bloques, gravas, arenas y limos. En este contexto, los abanicos aluviales se formaron por la acumulación sucesiva de

depósitos proluviales transportados por flujos de detritos, sobre los cuales se ha asentado parte del área urbana de San Marcos (Figura 3). Debido a su origen, estos depósitos pueden presentar una distribución heterogénea y, ante lluvias intensas, estar expuestos a nuevos procesos de transporte y deposición de sedimentos.



Figura 3. Abanico aluvial donde se asienta el área urbana de San Marcos

Cauce de quebrada: Corresponde a una geoforma de origen principalmente denudativo, constituida por un canal alargado y excavado por la acción erosiva de las aguas de escorrentía y el transporte de sedimentos. Por ejemplo, la quebrada Carash que separa a los cerros Atoc y Pumahuillca, presenta una trayectoria inicial en dirección este-oeste, y posteriormente cambia a sur-norte hasta su desembocadura en el río Mosna. Esta quebrada tiene un ancho aproximado de 10 m (Figura 4).

Durante los periodos de lluvias intensas, el incremento de la escorrentía favorece el transporte y la acumulación de materiales sólidos, lo que puede ocasionar la colmatación parcial del cauce. En contraste, durante periodos prolongados de sequía, puede permanecer seco. Estas variaciones evidencian su carácter estacional y su función como vía de concentración y transporte de agua y sedimentos.



Figura 4. Cauce de la quebrada Carash

Lechos fluviales: Corresponden a la superficie ocupada por el flujo del río Mosna, donde se desarrollan procesos de erosión, transporte y deposición de materiales. Presenta un ancho variable de aproximadamente 20 a 80 m (Figura 5). Está constituido por materiales detríticos de granulometría variable, principalmente bloques, gravas y arenas, procedentes de la erosión de las rocas y de la movilización de sedimentos aguas arriba. La distribución de estos materiales responde a la dinámica fluvial y a las variaciones en la capacidad de transporte de la corriente.



Figura 5. Lecho fluvial del río Mosna, ubicándose a su margen derecha el área urbana de San Marcos.

Montañas: Esta unidad geomorfológica comprende elevaciones del terreno de origen tectónico, con alturas superiores a 300 m y laderas de pendientes moderadas a fuertes. Se encuentras representadas por los cerros Atoc y Pumahuillca, constituidos principalmente por afloramientos de rocas sedimentarias de la Formación Oyón (Figura 6). Los afloramientos se encuentran parcialmente cubiertos por depósitos cuaternarios generados por procesos de meteorización, erosión y acumulación de materiales provenientes de las partes altas de las laderas. La presencia de rocas fracturadas, materiales meteorizados y depósitos superficiales poco consolidados condiciona la evolución del relieve y favorece la ocurrencia de movimientos en masa, especialmente donde las pendientes son pronunciadas con infiltración de agua.

Finalmente, en la Figura 7 se presenta la distribución de las unidades geomorfológicas identificadas en el área de estudio.



Figura 6. Cerro Atoc, conformado por arenisca y lutitas de la Formación Oyón.

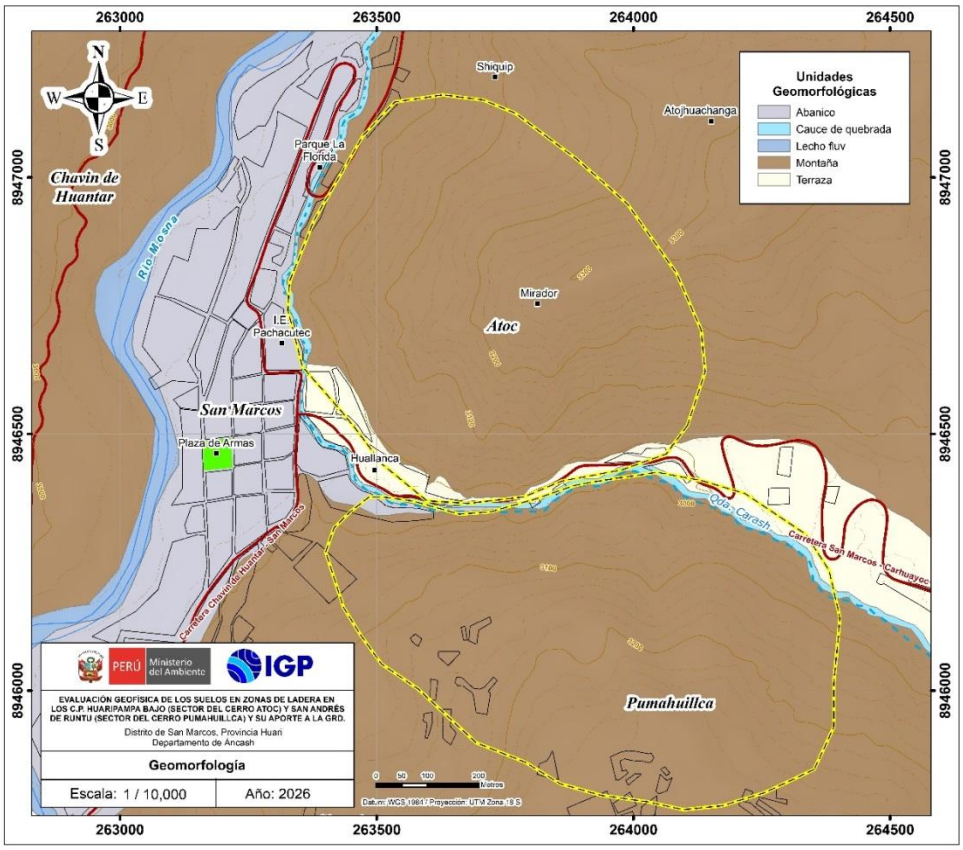


Figura 7. Unidades geomorfológicas del área de estudio

2.2. Geología

El análisis de la geología regional ha sido desarrollado, en base a información del Mapa geológico del Cuadrángulo de Recuay – hoja 21i1 a escala 1/50,000 (Mamani et al, 2025); mientras que, la geología local se ha desarrollado mediante el reconocimiento in situ.

2.2.1. Unidades litológicas

A continuación, se describe la geología local y las principales unidades litológicas identificadas en el área de estudio:

Formación Oyón (Ki-oy): Formación constituida por rocas sedimentarias, principalmente areniscas cuarzosas de tonalidad blanquecina intercaladas con lutitas negras. En el área de estudio, esta unidad conforma los cerros Atoc y Pumahuillca, donde presenta diferencias en la disposición de los estratos y en el grado de meteorización y fracturamiento.

En el cerro Atoc, los estratos presentan una disposición vertical a subvertical, con un rumbo promedio de 10° N y un buzamiento de aproximadamente 88°. Se observa una marcada diferenciación entre las areniscas y las lutitas: las primeras presentan un grado relativamente bajo de meteorización y fracturamiento leve a moderado, mientras que las lutitas muestran una meteorización intensa y una elevada disgregación (Figura 8). Esta diferencia de resistencia ha favorecido la erosión preferencial de las lutitas y la exposición de niveles de arenisca que sobresalen en forma de columnas.

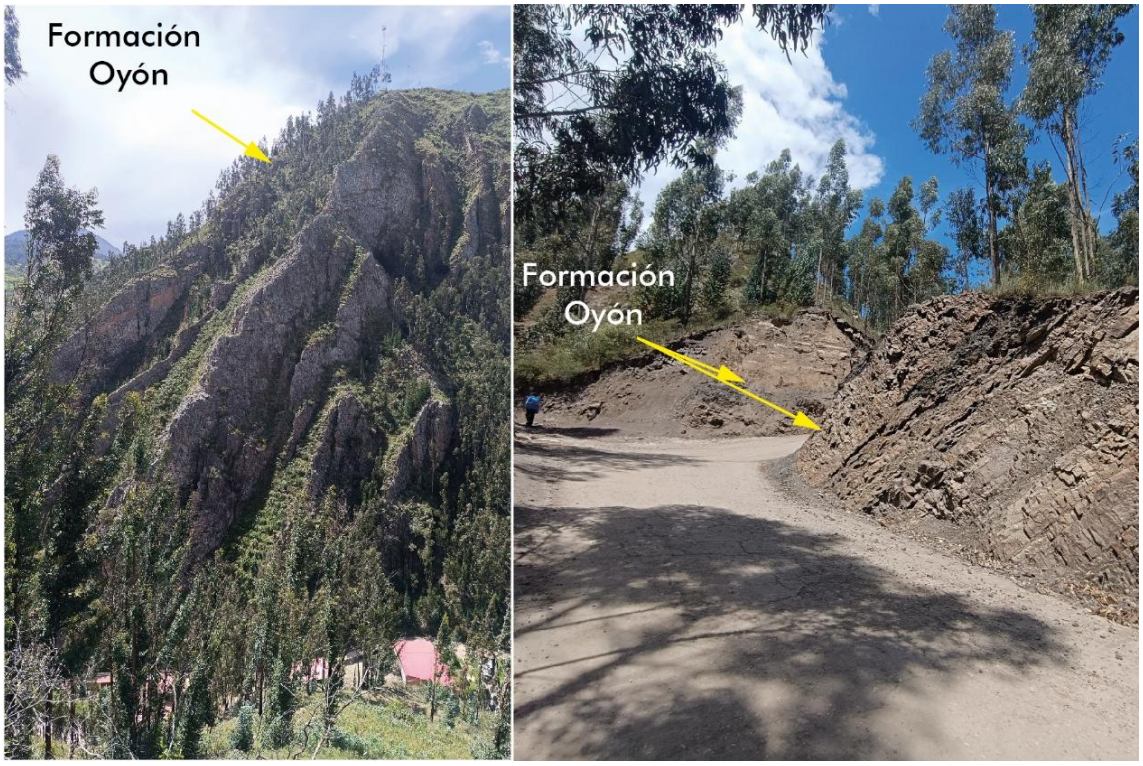


Figura 8. Vista de la Formación Oyón. Izquierda: Aflorando en el cerro Atoc. Derecha: Aflorando en el cerro Pumahuillca.

En el cerro Pumahuillca, los afloramientos presentan estratos horizontales a inclinados, con buzamientos de hasta 60°, aunque gran parte de ellos se encuentra cubierta por depósitos cuaternarios. En los sectores expuestos, las areniscas y las lutitas presentan grados de meteorización y fracturamiento similares; sin embargo, las areniscas conservan mejor la estructura de los estratos (Figura 8).

Las diferencias de resistencia entre ambas litologías, junto con el fracturamiento y la meteorización, favorecen la desintegración diferencial de la roca y la generación de fragmentos que pueden incorporarse a los depósitos de las laderas. En sectores de pendiente pronunciada, estas condiciones pueden contribuir a la inestabilidad de los afloramientos y a la ocurrencia de desprendimientos y movimientos en masa.

Depósitos proluviales (Q-pl): Depósitos cuaternarios conformados por la acumulación de materiales transportados por flujos de agua y sedimentos a través de quebradas, que posteriormente se depositan

en sectores de menor pendiente, como abanicos y superficies de acumulación próximas a los cauces (Figura 9). Están constituidos por materiales heterogéneos, que incluyen bloques de roca, gravas, arenas y limos. Esta variabilidad granulométrica refleja las diferencias en la capacidad de transporte de los flujos que los originaron y las condiciones de deposición. Según la información recopilada, sobre esta unidad se asienta parte del área urbana de San Marcos.



Figura 9. Depósitos proluviales en a la margen izquierda de la quebrada Carash.

Depósito coluvial, deluvial (Q-cldl): Estos depósitos se originan por la acumulación de materiales procedentes de la meteorización y erosión de las rocas, movilizados pendiente abajo por acción de la gravedad y la escorrentía superficial, generalmente sin experimentar un transporte prolongado. Están constituidos por gravas y bloques de arenisca de formas subangulosas a angulosas y tamaños variables, contenidos en una matriz predominantemente areno-limosa. La heterogeneidad granulométrica y el grado variable de consolidación

generan condiciones de estabilidad diferentes según la pendiente, la distribución de los materiales y el contenido de humedad (Figura 10).



Figura 10. Depósitos coluvial-deluvial en ladera de pendiente moderada

Se identifican en las laderas de los cerros, donde cubren parcialmente los afloramientos rocosos y, en determinados sectores, forman parte del cuerpo de deslizamientos. Su presencia es especialmente relevante en las laderas de mayor pendiente, debido a que pueden movilizarse cuando disminuye la resistencia del material, por ejemplo, ante la infiltración de agua durante periodos de lluvias intensas.

Depósitos coluviales (Q-cl): Son acumulaciones de bloques y clastos de diversos tamaños, generalmente angulosos y poco seleccionados, que se desprenden de afloramientos rocosos y se acumulan al pie de laderas escarpadas por acción de la gravedad. Estos depósitos presentan una disposición heterogénea y una matriz variable, y

pueden ser susceptibles a nuevos desprendimientos y movimientos en masa, especialmente en sectores de fuertes pendientes (Figura 11).



Figura 11. Depósitos coluviales cubriendo el sector de ladera de pendiente moderada.

Depósitos fluviales (Q-fl): Están constituidos por materiales procedentes de la meteorización y erosión de rocas preexistentes, transportados y depositados por corrientes fluviales. Se encuentran principalmente en el lecho del río Mosna (Figura 12). Presentan una composición detrítica de granulometría variable, que comprende bloques, gravas y arenas, cuya distribución depende de la energía de la corriente y de su capacidad para transportar sedimentos. Los materiales más gruesos tienden a acumularse en sectores donde disminuye la capacidad de transporte, mientras que las partículas más finas pueden ser movilizadas hacia otros sectores.

Finalmente, en la Figura 13 se muestra la distribución las unidades geológicas presentes en el área de estudio.



Figura 12. Depósitos fluviales en el lecho fluvial del río Mosna.

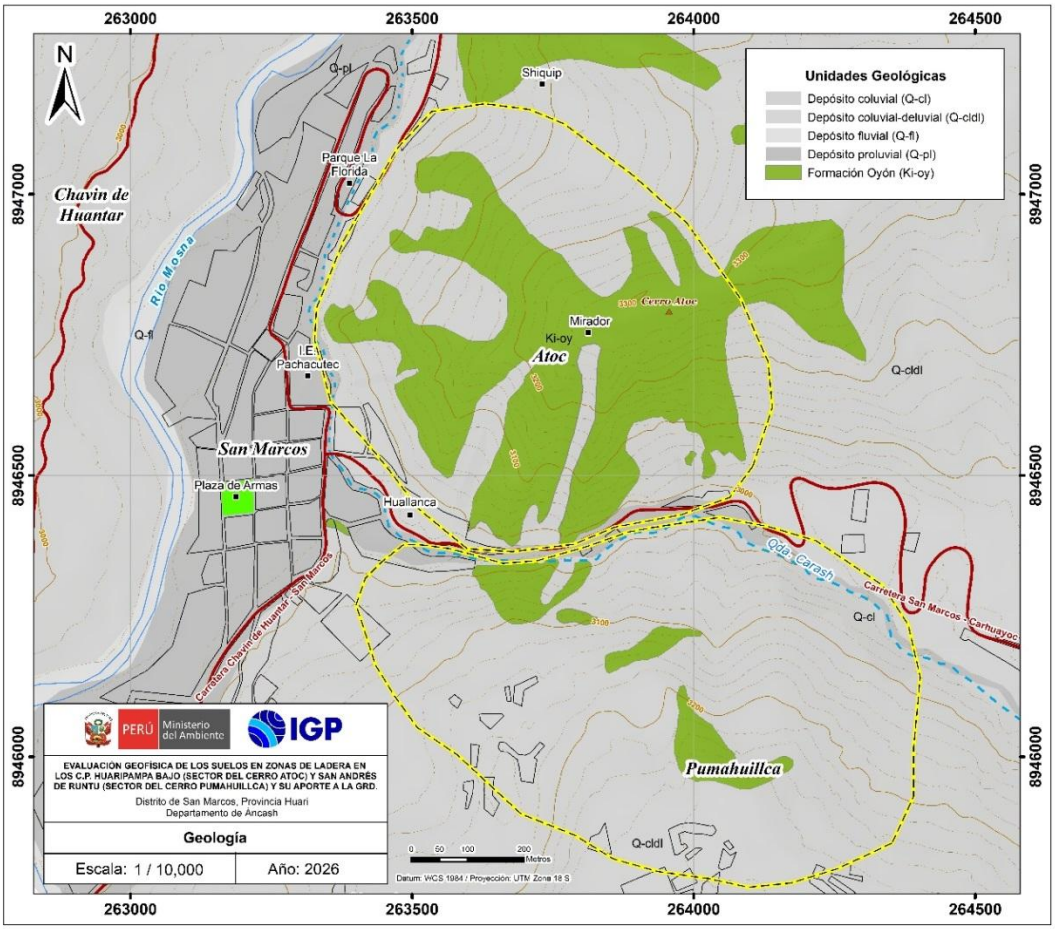


Figura 13. Unidades geológicas del área de estudio.

2.3. Geodinámica superficial

Estudia los fenómenos geológicos que provocan modificaciones en la superficie terrestre producto de la interacción de procesos geodinámicos (internos y externos) que originan cambios físicos, químicos y/o morfológicos que alteran y modifican el relieve actual. A continuación, se describen los eventos geodinámicos identificados en el área de estudio:

Deslizamiento: Son movimientos en masa en los que una porción de suelo, roca o una combinación de ambos se desplaza pendiente abajo a lo largo de una o varias superficies de rotura definidas, así como dentro de una zona de deformación por corte (Cruden y Varnes, 1996). En el área de estudio se delimitaron deslizamientos antiguos y recientes y su distribución está condicionada por la pendiente, el grado de meteorización y fracturamiento de las rocas, la presencia de depósitos coluvio-deluviales y las condiciones de humedad del terreno.

- ***Deslizamientos antiguos***: Se identificaron mediante evidencias morfológicas observadas en campo y en fotografías obtenidas con dron. Se identificaron en las laderas norte y noroeste del cerro Atoc y en la ladera norte del cerro Pumahuillca (Figura 14), donde se presentan los movimientos de mayor dimensión. En conjunto, los deslizamientos antiguos delimitados comprometen un área aproximada de 38 422 m^2 (3,8 ha). Estos movimientos se desarrollan sobre laderas de pendientes moderadas en el cerro Atoc y fuertes en el cerro Pumahuillca. En dichos sectores se reconocen depósitos coluvio-deluviales compuestos por clastos angulosos y bloques de diversos tamaños, contenidos en una matriz predominantemente limo-arenosa. La presencia de estos materiales, sumada a las pendientes y a la meteorización de las

rocas subyacentes, favorece la susceptibilidad de las laderas a nuevos desplazamientos o a la reactivación de sectores previamente movilizados.

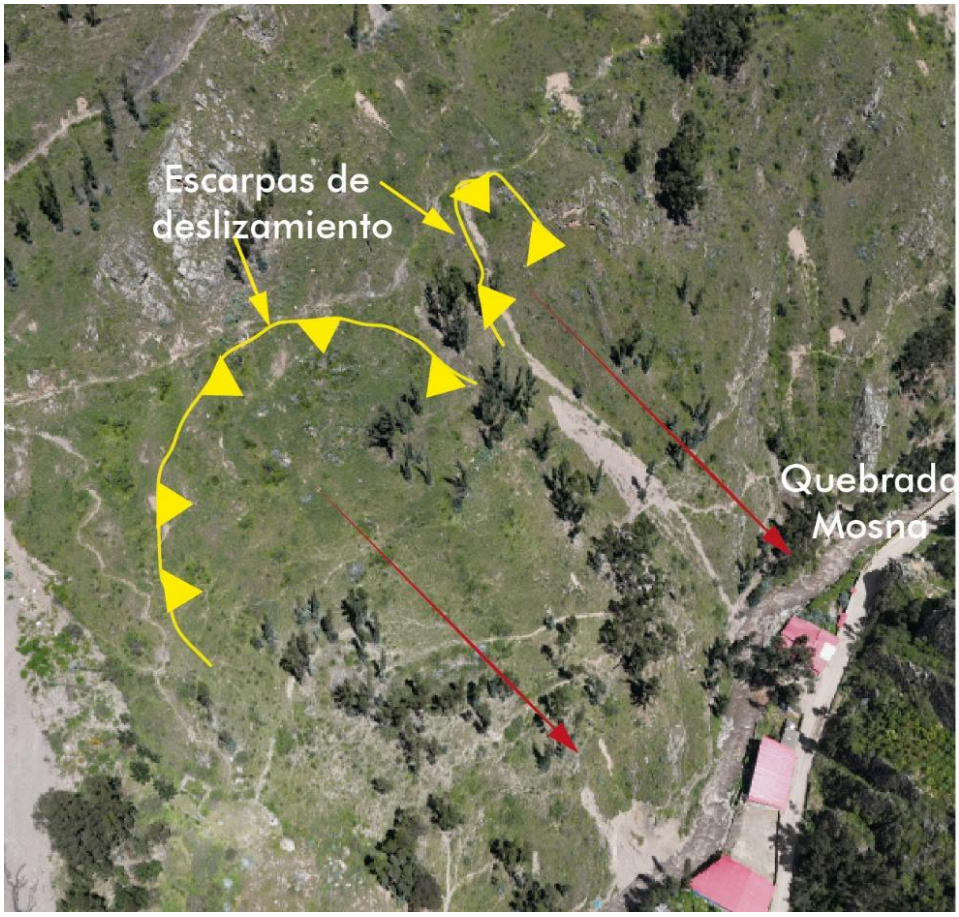


Figura 14. Deslizamientos antiguos en la ladera noroeste del cerro Atoc.

- ***Deslizamientos recientes***: Estos deslizamientos fueron identificados en la ladera norte del cerro Pumahuillca, reactivándose en marzo de 2025 para afectar el sector Shushumia y represando temporalmente el río Carash (INGEMMET, 2025; COEN-INDECI). El movimiento abarcó un área aproximada de 20 703 m² (2,07 ha) y constituye uno de los eventos de mayor dimensión identificados en el área estudiada. Se desarrolló bajo condiciones geológicas y geomorfológicas similares a las de otros deslizamientos de la

ladera norte del cerro Pumahuillca, donde predominan depósitos coluvio-deluviales y pendientes fuertes (Figura 15).

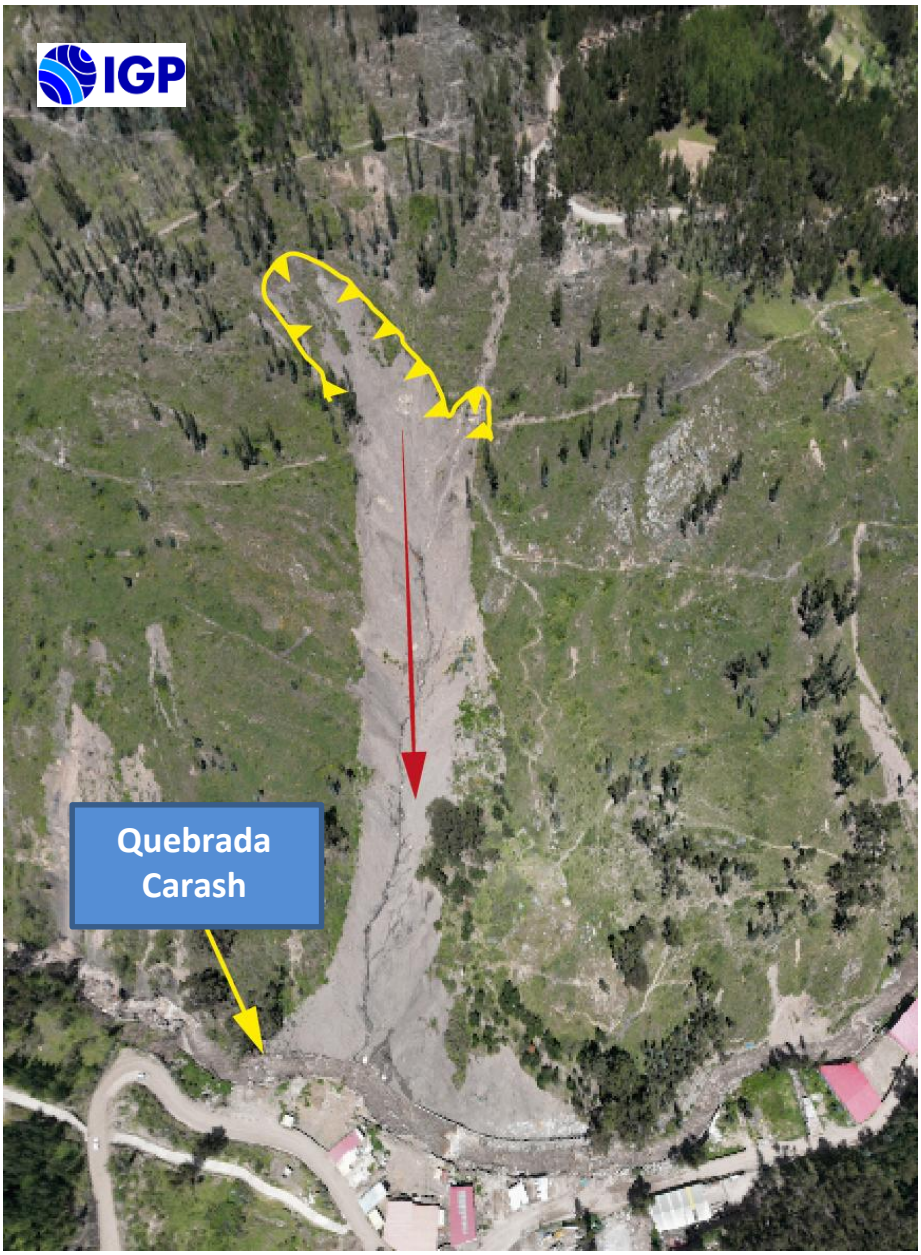


Figura 15. Deslizamiento reciente ocurrido en marzo del 2025, en la ladera del cerro Pumahuillca.

Asimismo, durante la inspección de campo se identificaron surgencias de agua que discurren por el cuerpo del deslizamiento hasta confluir con la quebrada Carash. Estas emanaciones constituyen una condición relevante para la estabilidad de la ladera, ya que la infiltración y la circulación de agua pueden incrementar la humedad del material y reducir su resistencia

al corte. En combinación con las precipitaciones intensas, estas condiciones favorecen la reactivación o evolución del movimiento en masa.

Flujo de detritos: Son movimientos en masa compuesto por una mezcla de agua y sedimentos; además de partículas finas, gravas y bloques de roca que se desplazan pendiente abajo con un comportamiento semejante al de un fluido. Se caracterizan por su capacidad para transportar grandes cantidades de material y por la posibilidad de alcanzar velocidades elevadas, dependiendo de la pendiente, el volumen movilizado y las características del flujo. En el área de estudio, estos procesos se asocian principalmente a la quebrada Carash y pueden desarrollarse durante periodos de lluvias intensas, cuando el incremento de la escorrentía favorece la movilización de sedimentos acumulados en el cauce y en las laderas adyacentes.

Durante la inspección no se identificaron evidencias de flujos de detritos recientes; sin embargo, se reconocieron evidencias de erosión y socavación en la base de las márgenes de la quebrada Carash, así como daños en estructuras de gaviones de contención. Estas condiciones evidencian la acción erosiva de los flujos y pueden contribuir a desestabilizar las márgenes, favoreciendo la ocurrencia de nuevos derrumbes y deslizamientos o la reactivación de movimientos preexistentes.

Derrumbes: Son movimientos en masa caracterizados por el desprendimiento y descenso de masas de suelo o roca a lo largo de una pendiente, mediante caída, rebote, rodadura o desplazamiento de corta duración. En el área de estudio se identificaron derrumbes en la ladera norte del cerro Pumahuillca y en determinados tramos de los accesos peatonales al mirador del cerro Atoc. Sin embargo, los derrumbes de mayor magnitud se localizan en el cerro Pumahuillca, en la margen izquierda de la quebrada Carash (Figura 16). Estos

procesos afectan principalmente depósitos coluvio-deluviales de composición heterogénea, constituidos por clastos y bloques de diferentes tamaños contenidos en una matriz predominantemente limo-arenosa.



Figura 16. Izquierda. Derrumbe en camino peatonal hacia la cima del Cerro Atoc. Derecha. Derrumbes en la ladera del cerro Pumahuillca, margen izquierda de la quebrada Carash.

Caída de rocas. Es un movimiento en masa que consiste en el desprendimiento de bloques o fragmentos rocosos desde afloramientos o laderas inclinadas, seguido de su descenso por efecto de la gravedad mediante caída libre, rebote y rodadura. En el área de estudio se identificó este proceso en la ladera sureste y sur del cerro Atoc (en el sector conocido como rocódromo). En la parte baja de estas laderas se observaron bloques de arenisca de hasta 5 m de diámetro, lo que indica que los estratos de arenisca constituyen una fuente importante del material desprendido (Figura 17).



Figura 17. Izquierda. Caída de rocas en la ladera oeste del cerro Atoc, a 10 m de viviendas. Derecha. Bloque 5 m de diámetro suspendido en la parte alta del cerro Atoc.

La disposición de los estratos, el fracturamiento y la meteorización pueden favorecer la separación de bloques respecto del macizo rocoso. Una vez desprendidos, estos bloques pueden desplazarse ladera abajo y alcanzar sectores ubicados al pie de las pendientes. Como medida de contención se han instalado mallas de retención, las cuales se observaron en buen estado durante la inspección. No obstante, su efectividad depende de las características del sistema, la energía de los bloques y el mantenimiento periódico de las estructuras.

Reptación. Movimiento en masa lento y progresivo de suelo o material superficial pendiente abajo, generalmente difícil de reconocer en periodos cortos. Puede manifestarse mediante deformaciones graduales del terreno, agrietamientos, inclinación o curvatura de troncos y otras alteraciones de elementos situados sobre la superficie. En el área de estudio se identificaron evidencias de

reptación en las partes altas del cerro Pumahuillca, aproximadamente 55 m cuesta arriba del escarpe del deslizamiento reactivado, así como en las laderas norte y sur del cerro Atoc (Figura 18).



Figura 18. Reptación de suelo provoca el crecimiento curvado de árboles, a 55 m del deslizamiento reciente en la ladera del cerro Pumahuillca.

El proceso se reconoce por la presencia de agrietamientos en las laderas y troncos de árboles curvados, evidencias compatibles con una deformación progresiva del terreno. Aunque la reptación suele desarrollarse a velocidades reducidas, puede generar deformaciones acumulativas y reflejar condiciones de inestabilidad en las laderas. Por ello, su presencia cerca de escarpes de deslizamiento debe considerarse dentro de la evaluación de la evolución de los movimientos en masa.

Finalmente, en la Figura 19 se muestra la distribución los eventos geodinámicos presentes en el área de estudio.

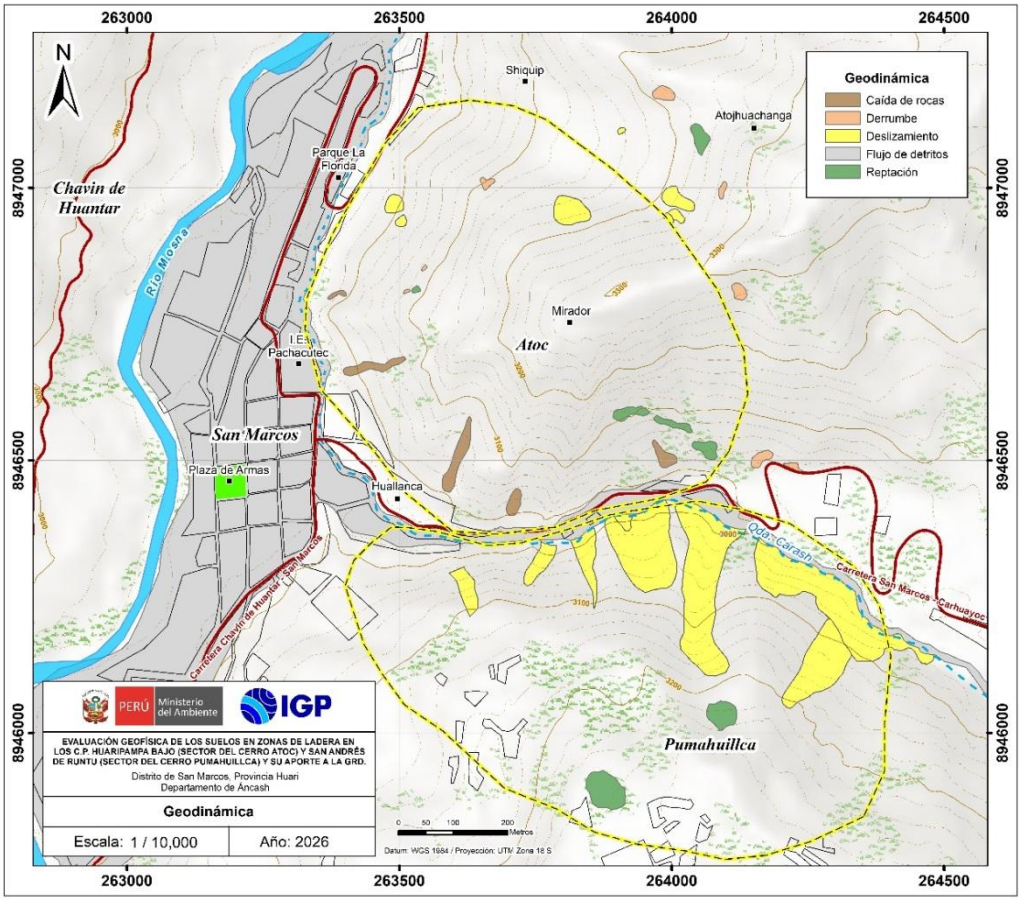


Figura 19. Eventos geodinámicos en el área de estudio.

3.- ASPECTOS GEOFÍSICOS

Las características físicas y dinámicas del subsuelo, permiten conocer su comportamiento dinámico ante la ocurrencia sísmica, intensas lluvias, suelos susceptibles a movimientos en masa, entre otros, y que pueden ser conocidas usando métodos geofísicos. En general, estos métodos permitirán, a partir del análisis e interpretación de los datos obtenidos directamente en el campo y usando instrumentación especializada, conocer los espesores de las capas del subsuelo a gran profundidad, su composición, rigidez y contenido de humedad, parámetros que influyen directamente en su respuesta dinámica. A continuación, se describe cada uno de los métodos geofísicos aplicados en este estudio y los resultados obtenidos.

3.1.- Métodos sísmicos MASW y MAM

El ensayo de Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW) o sísmica activa (Park, 1999), permite determinar la estratigrafía del subsuelo 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 registrada 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 subsuelo a partir de la velocidad de ondas de corte, pero en este caso se hace uso del registro de microtremores / ruido sísmico (vibración generada por la actividad humana), cuya contribución es principalmente en bajas frecuencias, lo que permite investigar a mayores profundidades. La combinación de los métodos MASW y MAM permite obtener información de subsuelo a niveles superficiales y en profundidad.

3.1.1.- Adquisición de datos

Para la aplicación de los ensayos sísmicos se ha utilizado un sismógrafo digital, modelo GEODE de Geometrics, 24 sensores o geófonos de baja frecuencia (4.5 Hz). Para el método de MASW, se usó como fuente de impacto y/o energía para generar las ondas sísmicas, un martillo de 20 lbs. (Figura 20) y para el método MAM, el ruido ambiental. La disposición de los tendidos fue variable, delimitados por la geomorfología y accesibilidad a la zona de estudio.



Figura 20. Equipos utilizados en la toma de datos por el método sísmico de MASW - MAM.

En el área de estudio, se realizaron 27 arreglos lineales MASW – MAM y 3 arreglos lineales de MASW2D con longitudes de 69 m, tal como se indica en la Tabla 1 y Figura 21.

Tabla 1.a) Coordenadas y características de las líneas sísmicas MASW y MAM.

Línea Sísmica	Coordenadas UTM – WGS84		Cota (m s.n.m.)
	Este (m)	Norte (m)	
MASW-MAM			
SAA-LS1	264176.16	8945937.99	3265
SAA-LS2	263612.00	8945952.00	3156
SAA-LS3	263863.00	8946149.57	3171
SAA-LS4	264055.00	8946081.00	3195
SAA-LS5	263947.00	8946227.00	3109
SAA-LS6	263554.00	8946327.00	2984
SAA-LS7	263874.00	8945898.00	3254
SAA-LS8	264024.00	8946368.00	3025
SAA-LS9	264347.00	8946126.00	3111
SAA-LS10	264383.00	8946044.00	3139
SAA-LS11	264241.00	8946123.00	3141
SAA-LS12	263398.00	8946831.00	2980
SAA-LS13	263504.00	8946975.00	3001
SAA-LS14	263563.00	8947088.00	3007
SAA-LS15	263640.00	8946102.00	3147
SAA-LS16	264014.00	8946951.00	3231
SAA-LS17	263906.00	8946793.00	3295
SAA-LS18	264063.00	8947121.00	3232
SAA-LS19	263910.00	8947034.00	3165
SAA-LS20	263765.00	8947079.00	3117
SAA-LS21	263554.00	8946854.00	3091
SAA-LS22	263515.00	8946581.00	3038
SAA-LS23	264070.00	8946537.00	3056
SAA-LS24	263191.00	8946653.00	2970
SAA-LS25	263349.00	8946581.00	2963
SAA-LS26	264347.00	8946522.00	3070
SAA-LS27	263466.00	8946035.00	3104

Durante todo el proceso de adquisición de datos con la técnica MASW, para mejorar la relación señal/ruido se realizó el apilamiento de las señales registradas (sumatoria de registros sísmicos) y generadas por más de cuatro golpes en cada punto (shot).

Tabla 1. b) Coordenadas y características de las líneas sísmicas MASW2D.

Línea Eléctrica	Electrodo	Coordenadas UTM-WGS84		Cota (m.s.n.m.)	Distancia entre geófonos (m)	Longitud Total (m)
		Este (m)	Norte (m)			
SAA-MW1	Inicio	263548.3	8946132.4	3106	5	225
	Fin	263734.5	8946213.1	3120		
SAA- MW2	Inicio	263983.9	8946365.4	3020	5	115
	Fin	263872.7	8946345.6	3030		
SAA- MW3	Inicio	263920.5	8946970.1	3185	3	198
	Fin	263731.7	8946914.9	3190		

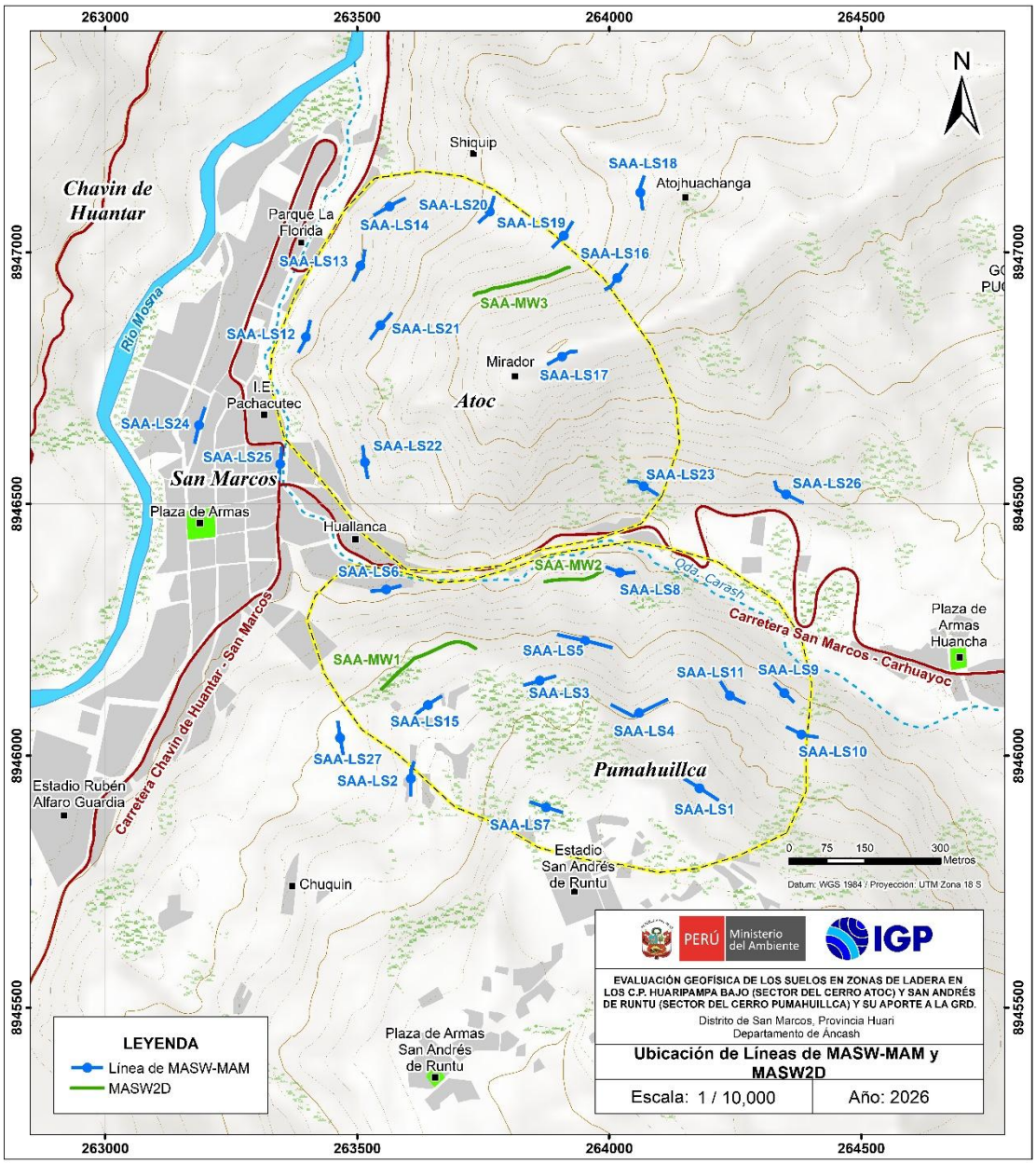


Figura 21. Distribución espacial de las líneas sísmicas (MASW- MAM y MASW2D) en el área de estudio, codificadas como SAA-LS01,…, SAA-LS27 y SAA-MW1,…, SAA-MW3.

3.1.2.- Procesamiento y análisis

Los datos sísmicos recolectados fueron procesados con el programa SeisImager y 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 (Reynolds, 2011). Seguidamente, cada curva de dispersión perteneciente a un mismo arreglo (MASW y MAM), fue sometida a un proceso de inversión a fin de obtener los perfiles de velocidad Vs en una dimensión (1D) para el punto central de la línea.

Para el análisis de los resultados obtenidos, se considera la clasificación de suelos propuesta por la Norma Técnica de Diseño Sismorresistente (2026). Básicamente, esta norma considera los perfiles de suelos (Tabla 2) en función de sus propiedades físicas, tomando en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte (Vs30).

Tabla 2. Clasificación de perfiles de suelos adaptados a la zona de estudio, a partir de lo establecido en la Norma Técnica de Diseño Sismorresistente E.030 (2026).

Perfil	**Velocidades de ondas de corte – V_{s30} (m/s)**	**Tipos de suelos**	**Descripción**	
S0	>800 m/s	Roca dura	Roca	
S1	550 a 800 m/s	Suelos muy rígidos o roca fracturada	Material muy compacto	
S2	350 a 550 m/s	Suelos rígidos	Material compacto	
S3	200 a 350 m/s	Suelos intermedios (medianamente rígidos)	Material medianamente compacto)	
S4	<200 m/s	Suelos blandos	Material suelto	
	Condiciones Excepcionales	-	Suelos inestables por su composición (pantanos, rellenos antrópicos, eólicos)	
			Suelos inestables por topografía	

3.1.3.- Resultados e interpretación

A continuación, se describen las características observadas en los perfiles de velocidad de ondas de corte (Vs) obtenidos con los métodos

sísmicos MASW – MAM con resolución de 50 a 80 m de profundidad. A modo de ejemplo, en la Figura 22 se presenta el resultado obtenido para la línea sísmica SAA-LS1, mientras que en el Anexo 1 se presenta los correspondientes al resto de las líneas.

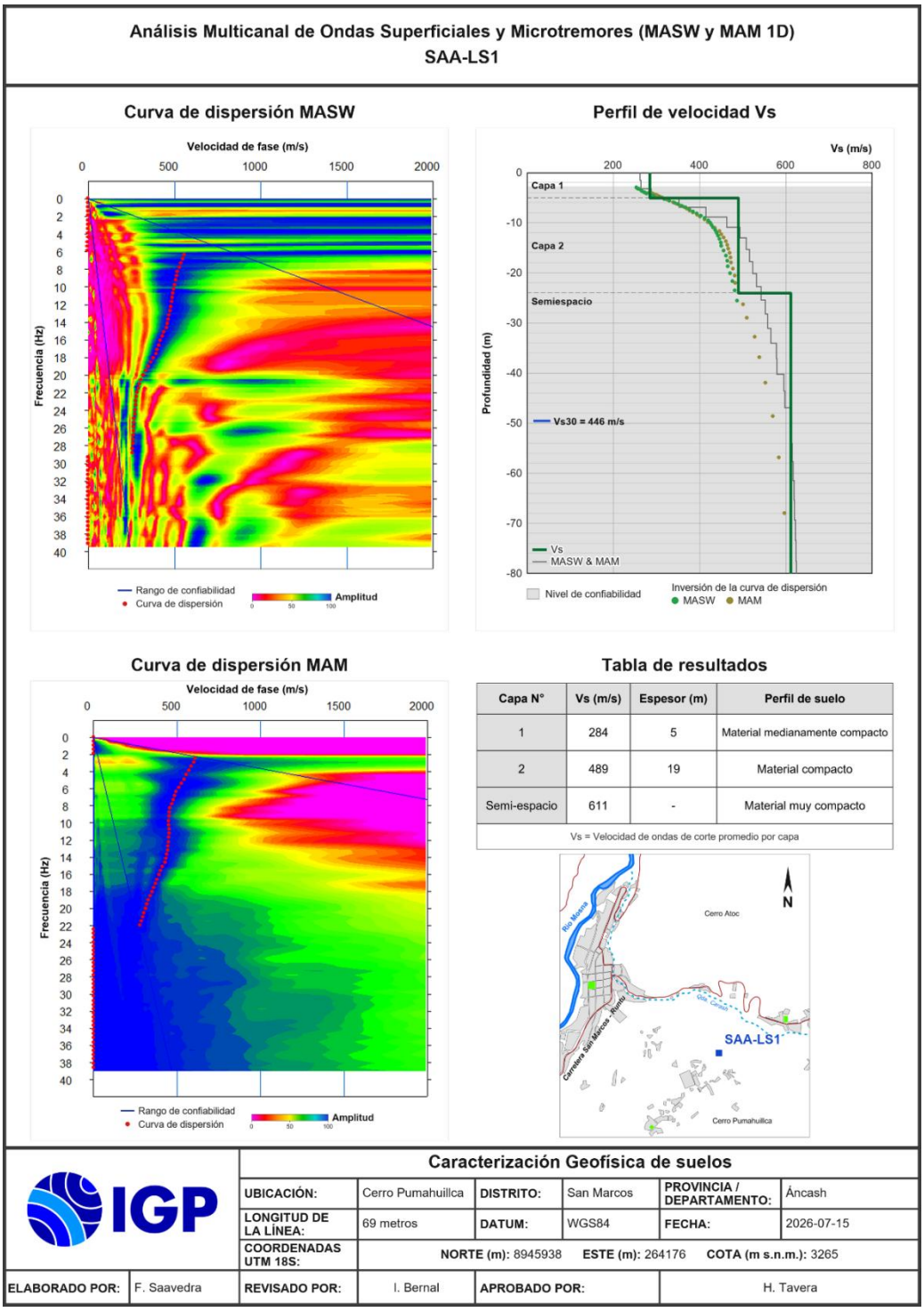


Figura 22. Resultados obtenidos con la técnica MASW y MAM para la línea sísmica SAA-LS1.

En la Tabla 3, se presenta un resumen de los resultados obtenidos para cada uno de los perfiles del suelo, valores de velocidades de ondas de corte (Vs) y espesores de capas del subsuelo. Asimismo, se indica el valor de las velocidades de ondas de corte para los 30 primeros metros de profundidad (Vs30) del suelo, para cada línea sísmica.

Los resultados del método sísmico en el área de estudio definen una estratigrafía de tres capas símicas (Figura 23 y 24). Las dos primeras capas superficiales están conformadas por materiales sueltos a medianamente compactos (Vs=197 a 493 m/s), cuyos espesores combinados varían entre 5 y 41 m. Los mayores espesores, se presenta en el extremo suroeste de la ladera del cerro Pumahuillca, próximo al estadio San Andrés de Runtu y hacia el extremo noreste de la ladera del cerro Atoc (Figura 24).

Subyaciendo a estas dos primeras capas, se identificó una tercera capa correspondiente a materiales compactos (Vs=509 a 785 m/s) con espesores de 5 a 28 m, presentándose los mayores espesores en el extremo sureste de la ladera del cerro Pumahuillca. Asimismo, se identifica materiales muy compactos y/o roca (Vs > 880 m/s), en el extremo superior (NE) e inferior (SO) en la ladera del cerro Atoc, a profundidades de 33 y 16 m respectivamente y hacia el extremo noreste de la ladera del cerro Pumahuillca, a profundidades de entre 27 y 38 m. No obstante, hacia el extremo sur de la ladera del cerro Pumahuillca, no se alcanzó al basamento o estrato muy compacto dentro del alcance del método.

En este contexto, los suelos de menor consistencia corresponden a depósitos coluviales y rocas de la Formación Oyón, que consisten de areniscas cuarzosas intercaladas con lutitas, las cuales presentan diferencias en la disposición de los estratos, grado de meteorización y fracturamiento.

Tabla 3. Valores de espesor y velocidades de ondas de corte (Vs) de los perfiles sísmicos obtenidos para el área de estudio.

Superficie → Profundidad									
Línea Sísmica	N° DE CAPA								
	1		2		3		Semiespacio		VS30 (m/s)
	Vs (m/s)	Esp. (m)	Vs (m/s)	Esp. (m)	Vs (m/s)	Esp. (m)	Vs (m/s)	Esp. (m)	
SAA-LS1	284	5	489	19	611	-	-	-	446
SAA-LS2	463	16	697	-	-	-	-	-	517
SAA-LS3	299	5	509	-	-	-			405
SAA-LS4	283	6	468	14	663	-	-	-	450
SAA-LS5	493	7	679	5	1137	-	-	-	749
SAA-LS6	331	4	440	4	694	18	1264	-	595
SAA-LS7	346	3	450	27	600	-	-	-	440
SAA-LS8	447	11	705	28	899	-	-	-	569
SAA-LS9	318	3	473	4	671	11	1027	-	638
SAA-LS10	292	5	465	11	715	-	-	-	474
SAA-LS11	298	4	464	13	785	-	-	-	497
SAA-LS12	352	3	429	6	695	7	1132	-	639
SAA-LS13	441	9	703	7	887	-	-	-	651
SAA-LS14	470	6	696	10	1061	-	-	-	709
SAA-LS15	197	3	275	8	452	24	612	-	347
SAA-LS16	437	12	676	14	1042	-	-	-	564
SAA-LS17	306	7	609	-	-	-	-	-	420
SAA-LS18	341	4	470	8	710	20	880	-	549
SAA-LS19	331	5	440	15	688	12	927	-	466
SAA-LS20	308	4	467	16	635	-	-	-	470
SAA-LS21	468	7	701	13	1021	-	-	-	663
SAA-LS22	515	7	707	9	1273	-	-	-	715
SAA-LS23	626	16	1000	-	-	-	-	-	738
SAA-LS24	329	3	472	27	658	-	-	-	456
SAA-LS25	302	4	459	28	586	-	-	-	424
SAA-LS26	290	4	478	8	717	-	-	-	521
SAA-LS27	262	9	490	32	563	-	-	-	382

Material suelto (Vs < 200 m/s)
Material suelto a medianamente compacto (180–350m/s)
Material medianamente compacto (350 – 500 m/s)
Material compacto (500 – 800 m/s)
Material muy compacto (800 – 1500 m/s)
Roca (Vs > 1500 m/s)

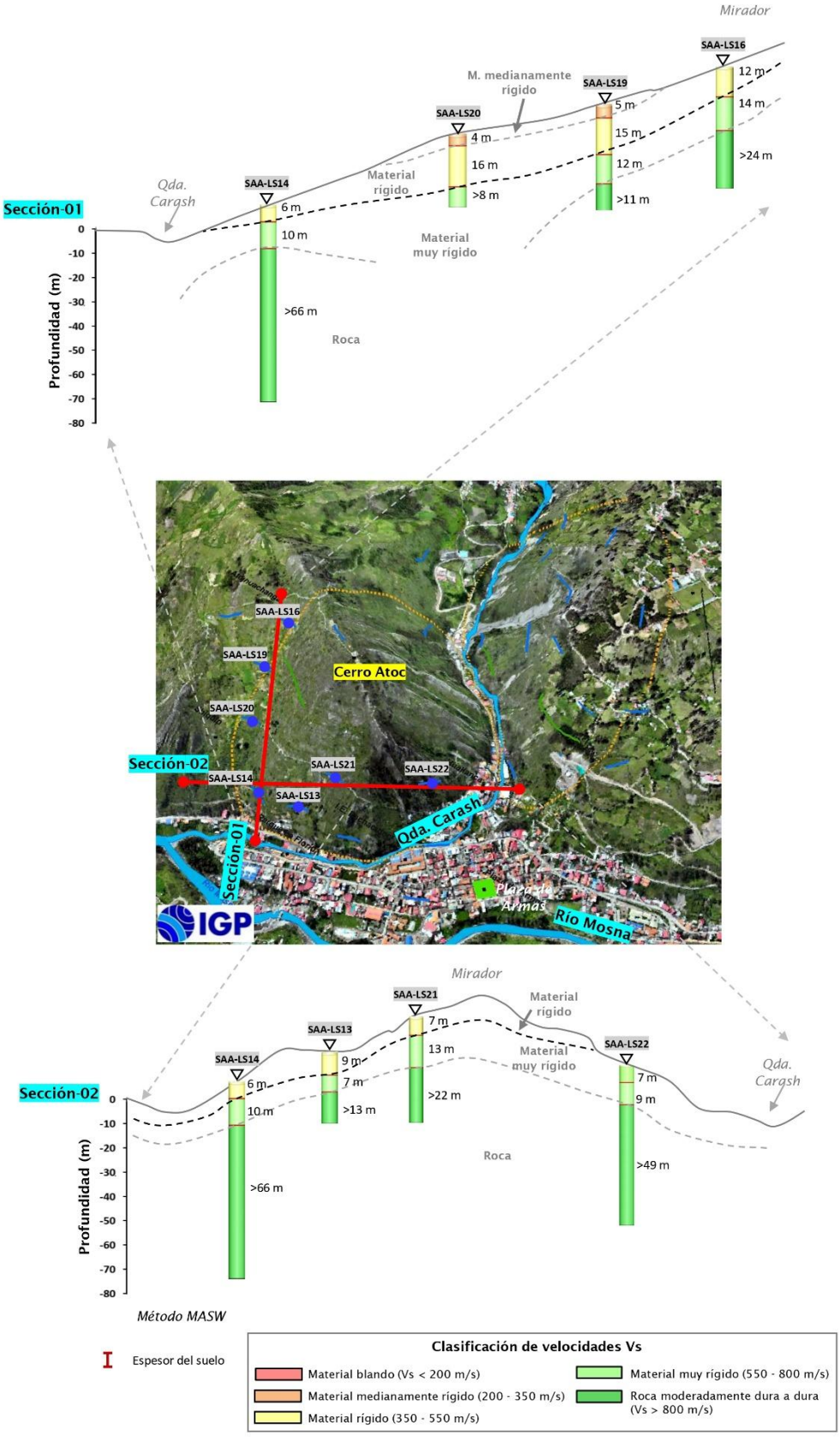


Figura 23. Resultados obtenidos con la aplicación de los métodos MASW - MAM a lo largo de las secciones 01 y 02, para el sector de la ladera del cerro Atoc.

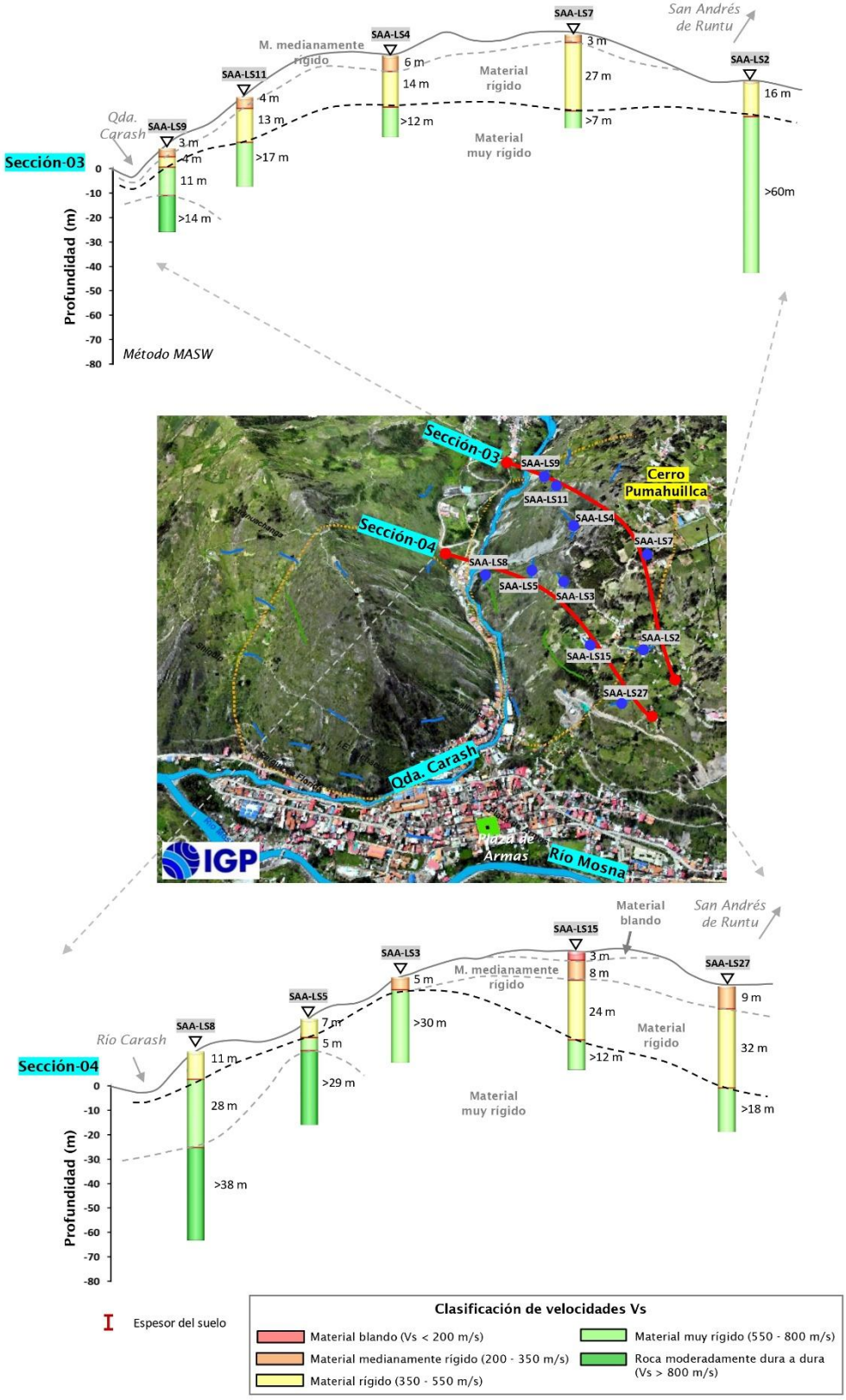


Figura 24. Resultados obtenidos con la aplicación de los métodos MASW - MAM a lo largo de las secciones 03 y 04, para para el sector de la ladera del cerro Pumahuillca.

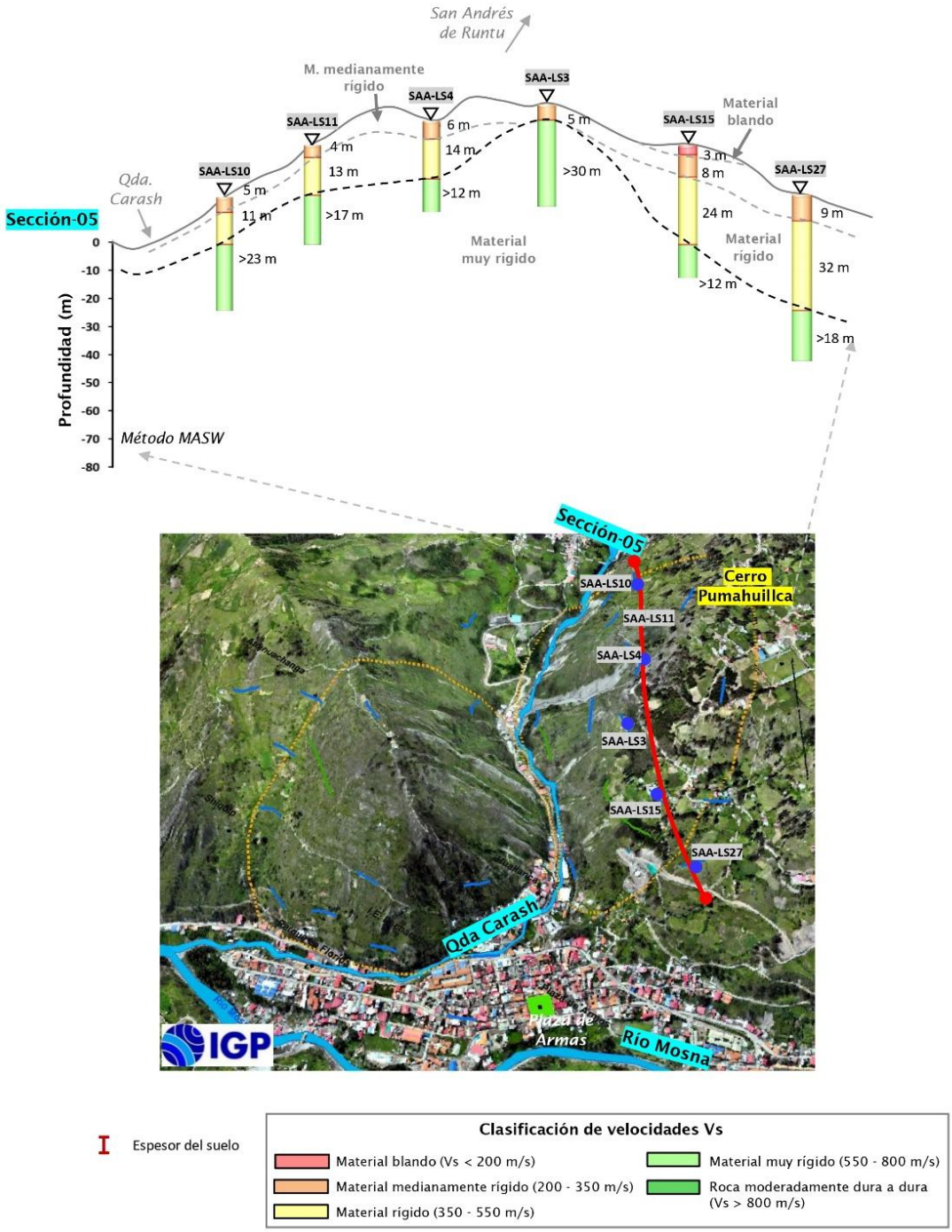


Figura 24. … Continuación/. Resultados obtenidos con la aplicación de los métodos MASW - MAM a lo largo de las secciones 05, para para el sector de la ladera del cerro Pumahuillca.

De acuerdo a estos resultados, los suelos del área de estudio corresponden a depósitos de variada compactación o rigidez, lo cual queda evidenciado por la variación de las velocidades de ondas de corte calculadas

hasta los 30 m de profundidad (Vs30) definiendo dos tipos de depósitos según lo establecido en la Norma Técnica E.030: materiales muy compactos caracterizados por valores de Vs30 entre 610 y 719 m/s, los cuales predominan de manera sectorizada hacia el pie y cima de la ladera del cerro Atoc y materiales compactos, caracterizados por valores de Vs30 entre 441 y 555 m/s, los cuales se identifican en el extremo norte de la ladera del cerro Atoc y hacia el extremo sureste y norte de la ladera del cerro Pumahuillca. Asimismo, también se identifica un sector donde predominan materiales medianamente compactos, caracterizados por valores de Vs30 entre 334 y 390 m/s, los cuales se presentan en el SO de la ladera del cerro Pumahuillca, cubiertos por una capa delgada de suelos poco compactos.

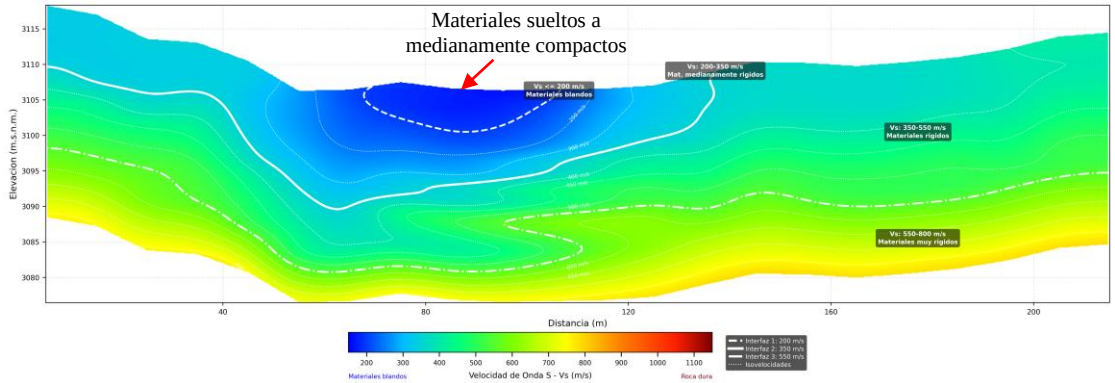
Estos resultados se correlacionan con los obtenidos mediante la aplicación del método MASW2D (Figura 25), donde se resalta la presencia de las tres capas sísmicas, las cuales presentan gran irregularidad hacia los extremos de la sección, característica que se asocia a la geomorfología irregular de la estratigrafía del subsuelo. En la sección SAA-MW1, resalta una capa superficial con velocidad muy bajas asociadas a materiales sueltos a medianamente compactos que se presenta de manera muy local en medio de la sección, que corresponde a una zona de quebrada.

3.2.- Método de Tomografía Eléctrica

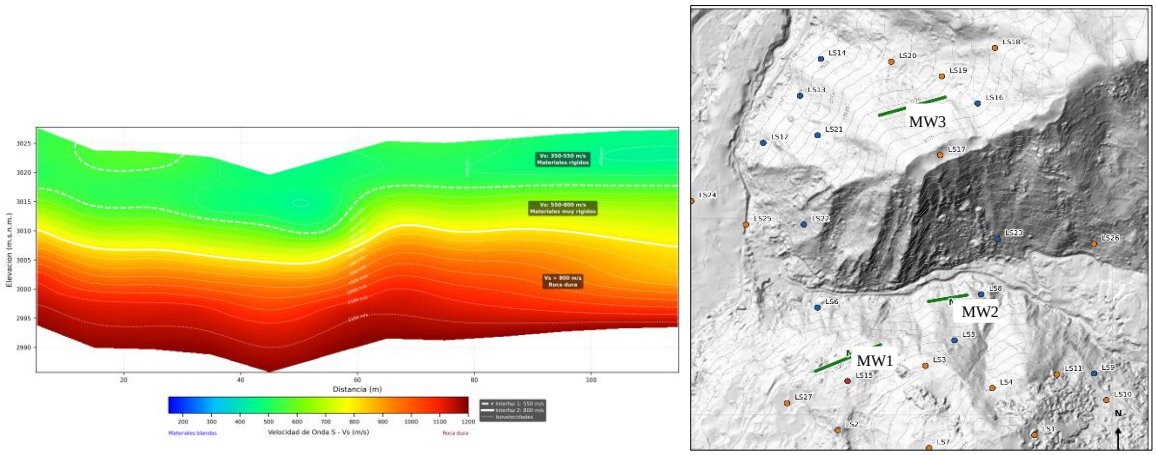
El método de Tomografía de Resistividad Eléctrica (ERT) permite determinar las variaciones de resistividad y conductividad eléctrica de las rocas y suelos, permitiendo conocer el contenido de humedad del subsuelo y/o identificar niveles freáticos en su estructura. En general, los materiales que conforman el subsuelo muestran diversos rangos de valores de resistividad (ρ) que dependen principalmente de la porosidad del suelo, conductividad de las partículas y del contenido de agua o de sales disueltas en las fracturas de las rocas.

Secciones MASW2D

SAA-MW1



SAA-MW2



SAA-MW3

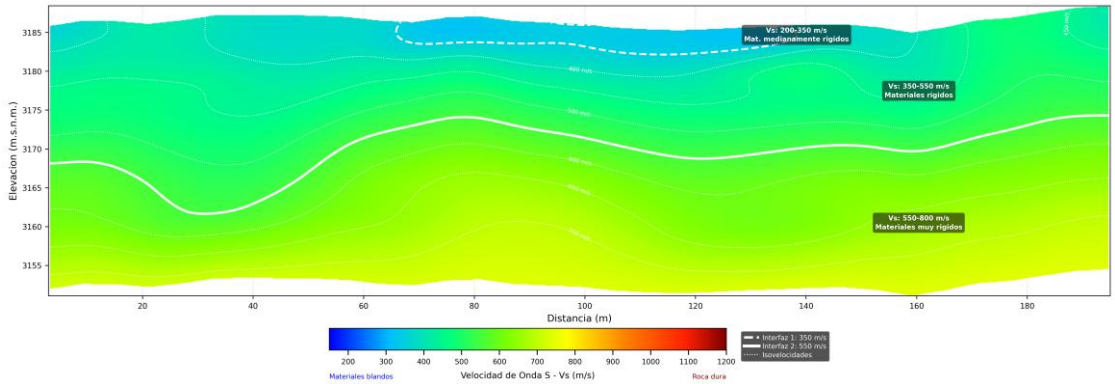


Figura 25. Resultados obtenidos con la aplicación de los métodos MASW2D a lo largo de las líneas SAA-MW1, SAA-MW2 y SAA-MW3.

3.2.1.- Adquisición de datos

Para la recolección de los datos en campo, correspondiente al registro de valores de resistividad obtenidos en 14 líneas de ERT (el intervalo entre

electrodos es de10 m), se ha utilizado un equipo de eléctrica modelo Syscal Pro (Figura 26) y la distribución espacial de las líneas de ERT en el área de estudio, se presenta en la Figura 27 y sus características se detallan en la Tabla 4.



Figura 26. Equipos utilizados en la adquisición de datos ERT. Fotos de adquisición de datos área de estudio

3.2.2.-Procesamiento y análisis

Para el procesamiento de los datos recolectados en campo, fue necesario realizar la corrección por efectos de topografía usando algoritmos de inversión propios de métodos geoeléctricos y de procesamiento de imágenes. Asimismo, para la interpretación de los resultados se debe tener en cuenta que son varios los factores que influyen en las propiedades físicas de los suelos (grado de saturación, porosidad y forma del poro, salinidad del fluido, tipo y composición de la roca, temperatura, procesos geológicos que

afectan a los materiales); es decir, el incremento de fluidos en el terreno se verá reflejado por una disminución en los valores de resistividad. En la Tabla 5, se presentan algunos valores de resistividad relacionados con los diferentes tipos de suelos y rocas.

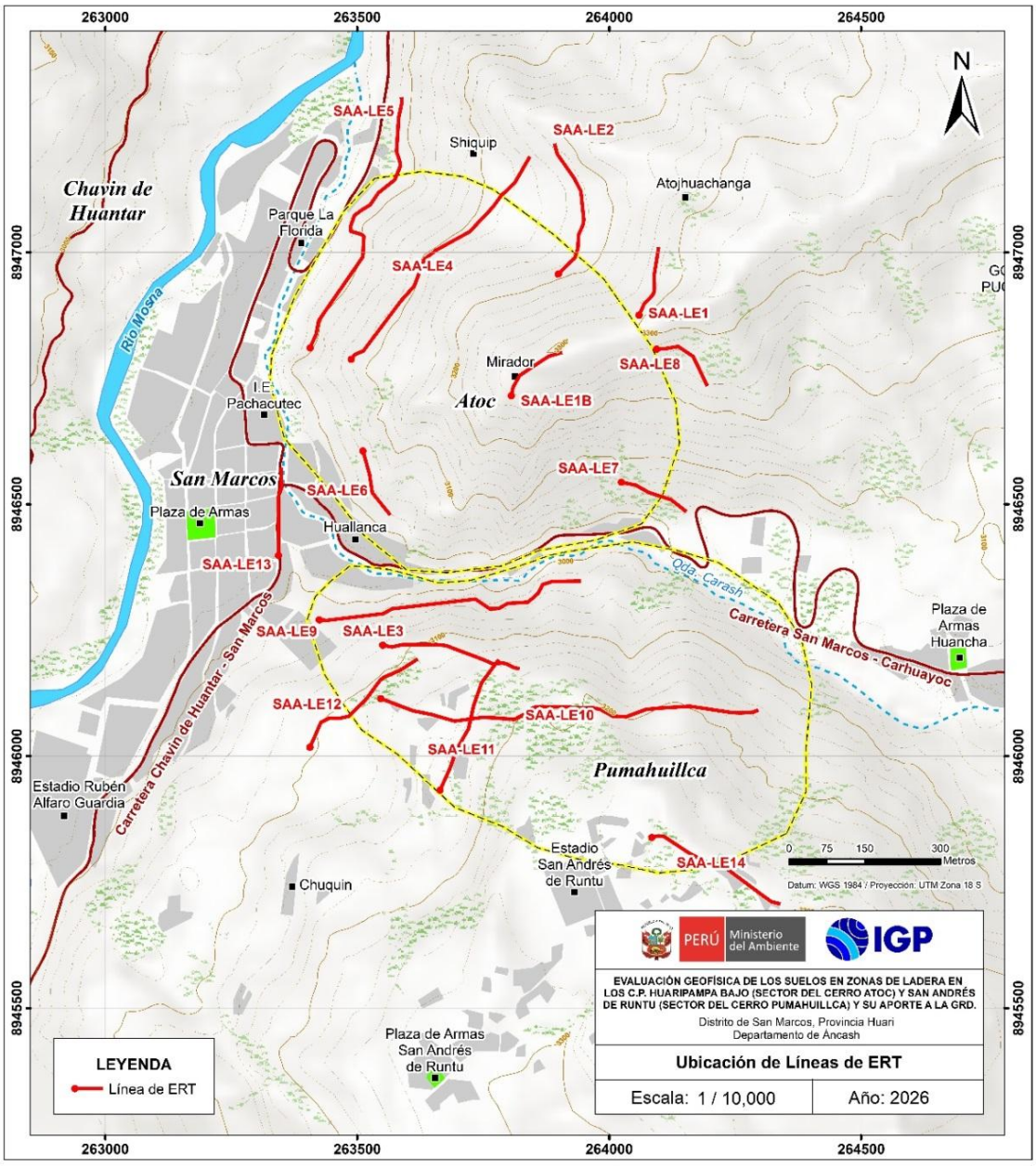


Figura 27. Distribución espacial de las líneas de tomografía eléctrica (líneas de color rojo), codificadas como SAA-LE1,…, SAA-LE14.

Tabla 4: Parámetros físicos de los tendidos de tomografía eléctrica. Los códigos resaltados en negrita corresponden a las líneas distribuidas en el Sector A.

Línea Eléctrica	Electrodo	Coordenadas UTM-WGS84		Cota (m.s.n.m.)	Longitud Total (m)
		Este (m)	Norte (m)		
SAA-LE1	Inicio	264056.47	8946869.19	3292.638	250
	Fin	264098.21	8947010.30	3265.516	
SAA-LE1B	Inicio	263804.08	8946709.08	3268.088	60
	Fin	263906.75	8946801.55	3295.688	
SAA-LE2	Inicio	263893.84	8946952.40	3193.872	310
	Fin	263891.55	8947215.80	3185.876	
SAA-LE3	Inicio	263543.31	8946221.31	3077.943	310
	Fin	263822.23	8946174.11	3150.514	
SAA-LE4	Inicio	263483.65	8946782.53	3071.365	590
	Fin	263842.39	8947190.27	3150.135	
SAA-LE5	Inicio	263403.38	8946804.50	2995.703	590
	Fin	263587.62	8947308.39	2982.096	
SAA-LE6	Inicio	263509.24	8946612.87	3044.06	160
	Fin	263565.43	8946478.68	3020.548	
SAA-LE7	Inicio	264017.40	8946545.33	3055.802	160
	Fin	264153.19	8946485.21	3019.789	
SAA-LE8	Inicio	264086.94	8946807.87	3275.519	160
	Fin	264194.67	8946734.66	3237.614	
SAA-LE9	Inicio	263417.68	8946271.53	3018.321	590
	Fin	263944.60	8946347.61	3021.592	
SAA-LE10	Inicio	263540.18	8946116.94	3123.622	830
	Fin	264296.00	8946091.67	3145.579	
SAA-LE11	Inicio	263661.34	8945926.42	3152.589	310
	Fin	263780.77	8946191.81	3134.616	
SAA-LE12	Inicio	263403.16	8946011.55	3093.89	310
	Fin	263620.03	8946193.13	3108.245	
SAA-LE13	Inicio	263343.79	8946391.56	2980.714	180
	Fin	263348.70	8946572.48	2963.903	
SAA-LE14	Inicio	264077.70	8945837.07	3287.236	310
	Fin	264339.90	8945706.92	3291.82	

Tabla 5: Valores representativos de resistividad (UNC, 2000).

*MATERIAL	RESISTIVIDAD (ohm-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
Roca sana	>5000

Para el análisis de los resultados obtenidos mediante tomografía eléctrica, se estableció una interpretación general basada en rangos de resistividad, presentados en la Tabla 6. En dicha tabla se resumen los principales sectores de resistividad identificados en este informe, los cuales fueron incorporados en cada sección interpretada. Esta sectorización constituye una base de referencia para correlacionar la respuesta geofísica con las condiciones geológicas y geotécnicas del área evaluada.

Tabla 6: Sectorización de los rangos de resistividad y su descripción asociada al contenido de humedad.

Interpretación de Zona		
Símbolo	**Valores (Ω.m)**	**Descripción**
	0.0 - 15.0	Materiales con muy alto contenido de humedad y/o presencia de sales
	15.0 - 100.0	Materiales con alto contenido de humedad
	100.0 - 300.0	Materiales con moderado contenido de humedad
	300.0 -800	Materiales con bajo contenido de humedad o rocas con alteración
	800>	Materiales compactos o roca impermeable
	De acuerdo con la escala de colores	Lineamiento asociado a fracturas en roca/suelo, contactos litológicos o filtraciones.

3.2.3.- Resultados e interpretación

A continuación, se describen las características observadas en las secciones geoeléctricas, obtenidos mediante el método de tomografía eléctrica con profundidades de resolución de hasta 60 m. A modo de ejemplo, en la Figuras 28, se presentan los resultados obtenido para las líneas eléctricas SSA-LE1, mientras que en el Anexo 2 se presenta los correspondientes al resto de las líneas.

Para la zona de ladera que corresponde al cerro Atoc (C.P. de Huaripamapa Bajo) se obtuvieron 08 secciones geoeléctricas y en el cerro Pumahuillca (C.P. de San Andrés de Runtu) se obtuvieron 06 secciones.

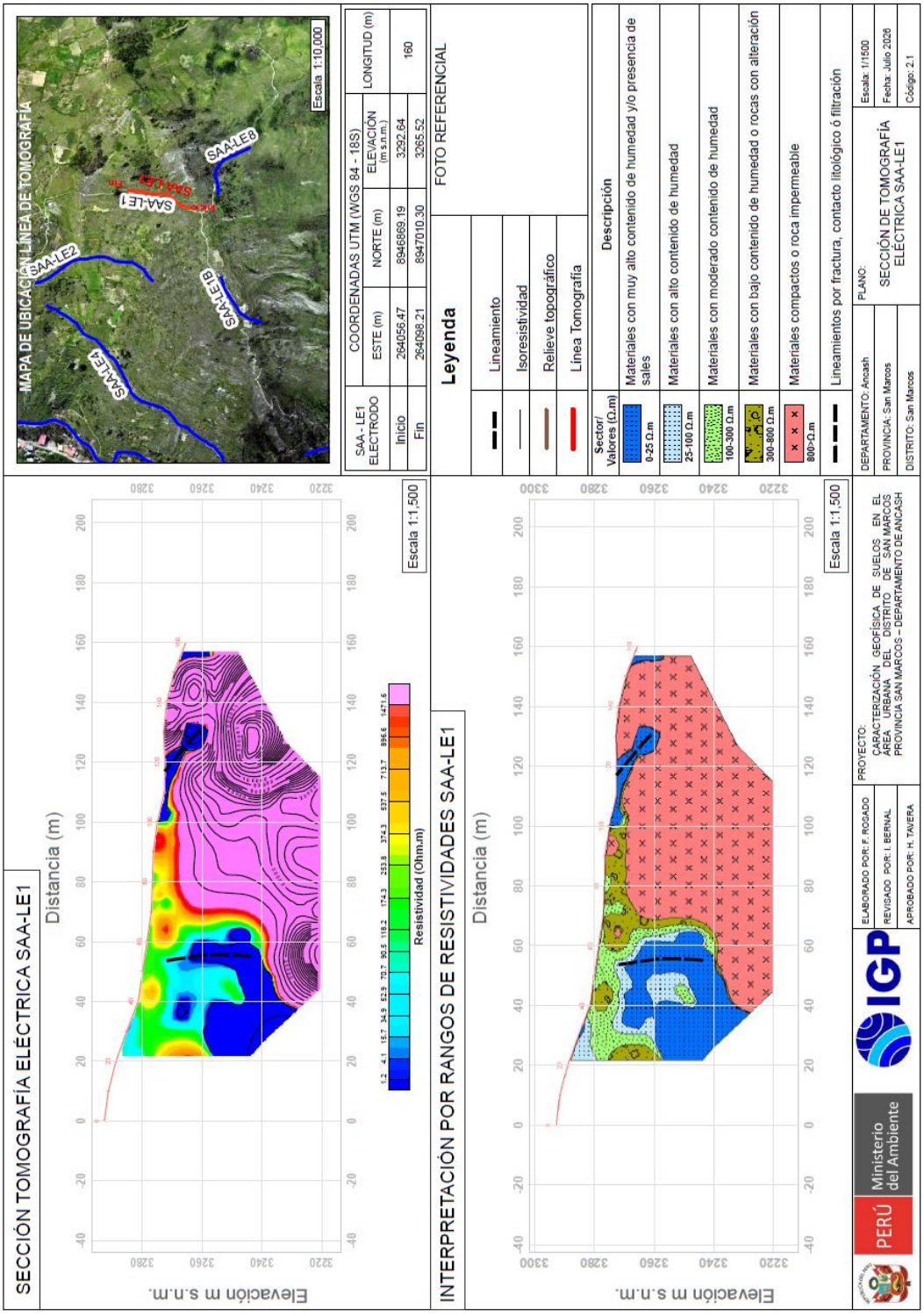


Figura 28. Resultado de tomografía eléctrica para la línea SAA-LE1.

Los resultados de las secciones de tomografía eléctrica evidencian un contraste recurrente entre dominios de alta resistividad, asociados principalmente con roca de la Formación Oyón poco alterada o materiales compactos e impermeables, y dominios de baja resistividad vinculados con materiales húmedos, permeables, alterados o fracturados. Conforme a la sectorización adoptada en el estudio, los valores inferiores a 300 Ω·m representan contenidos de humedad de moderados a muy altos, mientras que los valores superiores a 800 Ω·m corresponden a materiales compactos o roca impermeable; no obstante, la interpretación debe mantenerse condicionada por la litología, el grado de alteración y la posible presencia de vacíos sin agua.

En la ladera del cerro Atoc (Figura 29), la alternancia de resistividades altas y bajas observada en SAA-LE1A/SAA-LE1B, SAA-LE4, SAA-LE6, SAA-LE7 y SAA-LE8 es coherente con la estratificación, el fracturamiento y la alteración de la Formación Oyón, localmente asociados con filtraciones. La expresión más continua de materiales permeables con humedad se reconoce en la hondonada comprendida entre SAA-LE1, SAA-LE2, SAA-LE4 y SAA-LE5, donde el propio estudio estima espesores variables de 30 a 45 m, con incertidumbre respecto de su continuidad y geometría en profundidad.

En la ladera del cerro Pumahuillca (Figura 30) predominan cuerpos resistivos atribuibles a roca de la Formación Oyón, interrumpidos por anomalías conductivas y lineamientos que sugieren discontinuidades estructurales y circulación de agua. Destacan la continuidad de bajas resistividades entre SAA-LE10 y SAA-LE11, el lineamiento casi vertical con probable fractura y filtración en SAA-LE12, y la geometría cóncava de SAA-LE14 asociada con material no consolidado hasta aproximadamente 30 m y roca fracturada con posibles filtraciones por debajo; estas interpretaciones son indicativas y requieren correlación geológica y

geotécnica para confirmar fallas, contactos y condiciones de estabilidad.

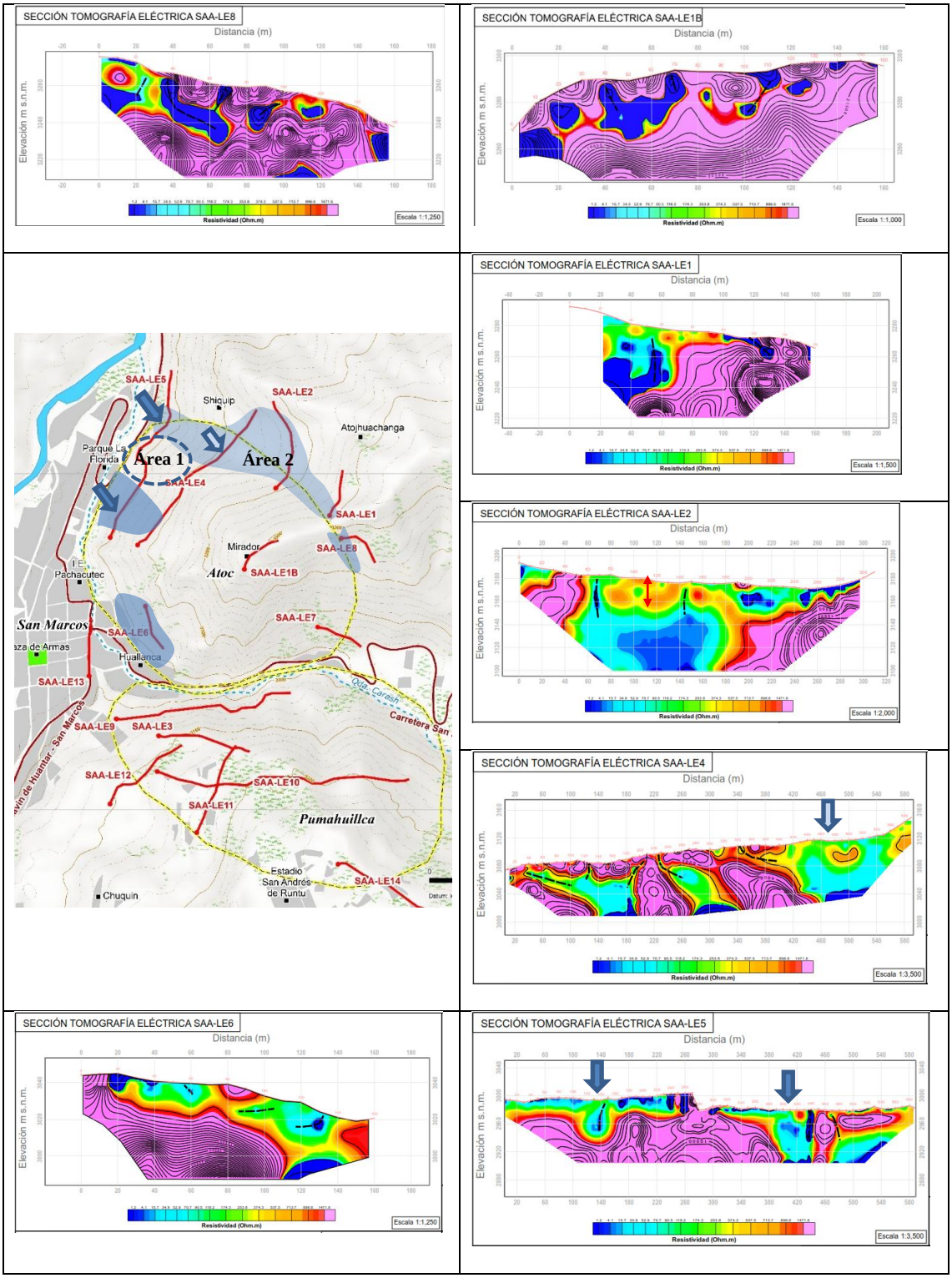


Figura 29. Distribución espacial de las secciones de tomografía eléctrica en la ladera del cerro Atoc y su delimitación en función a sus resultados. El área sombreada de azul sobre el mapa, delimita a suelos con alto contenido de humedad y las líneas interlineadas en las secciones, se asociarían a lineamientos de filtraciones de agua.

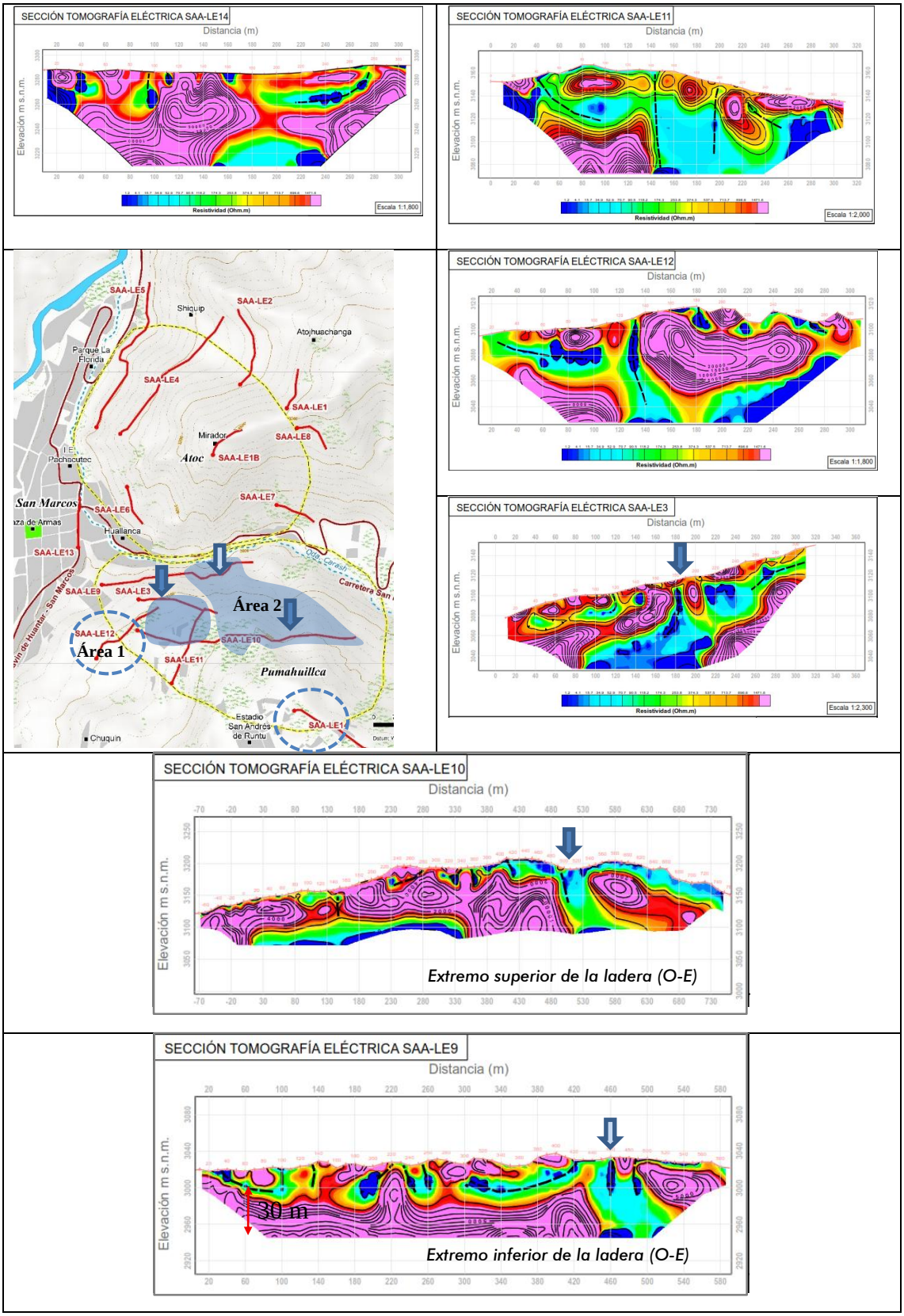


Figura 30. Distribución espacial de las secciones de tomografía eléctrica en la ladera del cerro Pumahuillca y su delimitación en función de sus resultados. El área sombreada de azul sobre el mapa, delimita a suelos con alto contenido de humedad y las líneas interlineadas en las secciones, se asociarían a lineamientos de filtraciones de agua.

La distribución espacial de las secciones de tomografía, permite distinguir dos áreas principales: **área 1**, corresponde a zonas con resistividades altas en superficie o a poca profundidad. Estas pueden asociarse con rocas de la Formación Oyón poco alteradas o, en su defecto, con rocas muy alteradas que presentan una mayor proporción de poros sin agua. No obstante, debido a su posición y a su permeabilidad, también pueden estar condicionadas por un discurrimiento de agua muy rápido. El **área 2**, indica la presencia de zonas con materiales permeables con agua o humedad. Por su ubicación, se asocia con zonas de deflexión en las laderas de montaña generadas por el discurrimiento de agua durante las épocas de lluvia. En algunos casos, estos sectores se extienden en profundidad a lo largo de toda la sección, lo que puede asociarse con roca alterada.

En la ladera del cerro Atoc, en el área 2 (entre las líneas SAA-LE1, SAA-LE2, SAA-LE4 y SAA-LE5) ubicada en una hondonada al extremo norte de la ladera del cerro Atoc, se observa superficialmente la presencia de materiales de reciente formación y áreas de cultivo. Estas características indicarían que esta zona presenta el mayor potencial para generar movimientos de masa, debido a la pendiente y a las condiciones inferidas a partir de sus resistividades. El área presenta espesores variables, de 30 a 45 m; sin embargo, estos valores son presumibles por la forma de las anomalías, ya que estas podrían ser más profundas o delgadas si debajo del material reciente hubiera roca fracturada.

En la ladera del cerro Pumahuillca, en el área 1 se presenta materiales resistivos, asociados principalmente con la presencia de rocas, esta condición indicaría un cierto nivel de estabilidad en esta área. A diferencia del área 2, donde se observa una zona de baja resistividad asociada superficialmente con materiales sueltos a medianamente compactos con alto contenido de humedad. Sin embargo, la anomalía continúa en profundidad, lo que permite asociarla con una estructura principal de la zona, como una falla o

una fractura de la roca que condiciona este sector. Además, según manifestaciones anteriores, esta zona ha presentado deslizamiento de material.

3.3.- Método de razones espectrales (H/V)

El método de razones espectrales (H/V) permite caracterizar la respuesta dinámica del suelo a partir del periodo de respuesta del suelo y en algunos casos, estimar su amplificación, ante la solicitación sísmica (Nakamura, 1989; SESAME, 2004, Bernal, 2006). El método hace uso de 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. Debe entenderse que la variación de las propiedades físicas de cada capa estratigráfica superficial, de diferente espesor, geometría y composición litológica, causarán o no, la amplificación de las ondas sísmicas incidentes a la ocurrencia de un sismo de gran magnitud.

3.3.1.- Adquisición de datos

Durante los trabajos en campo se recolectaron 54 registros de vibración ambiental utilizando sensores Lennartz y registradores CityShark II (Figura 31). Los puntos de adquisición fueron distribuidos de manera homogénea en el área de estudio, ver Figura 32.

En la Figura 33, se muestran 02 ejemplos de señales de vibración ambiental registrados, el primero ubicado próximo al estadio de San Andrés de Runtu, donde existe ruido de poca amplitud y/o saltos transitorios (SAA-08) y el segundo en próximo al sector de Chuquin (extremo oeste de la ladera del cerro Pumahuillca), con presencia de altos niveles de ruido (SAA-23). Los resultados evidencian que dichos puntos están ubicados en suelos con diferente consistencia o rigidez, permitiendo clasificarlos y a la vez zonificar el área de estudio en base a la respuesta sísmica del suelo.



Figura 31. Equipo sísmico utilizado para el registro de vibraciones ambientales: sensor Lennartz (2N) y registrador CityShark II.

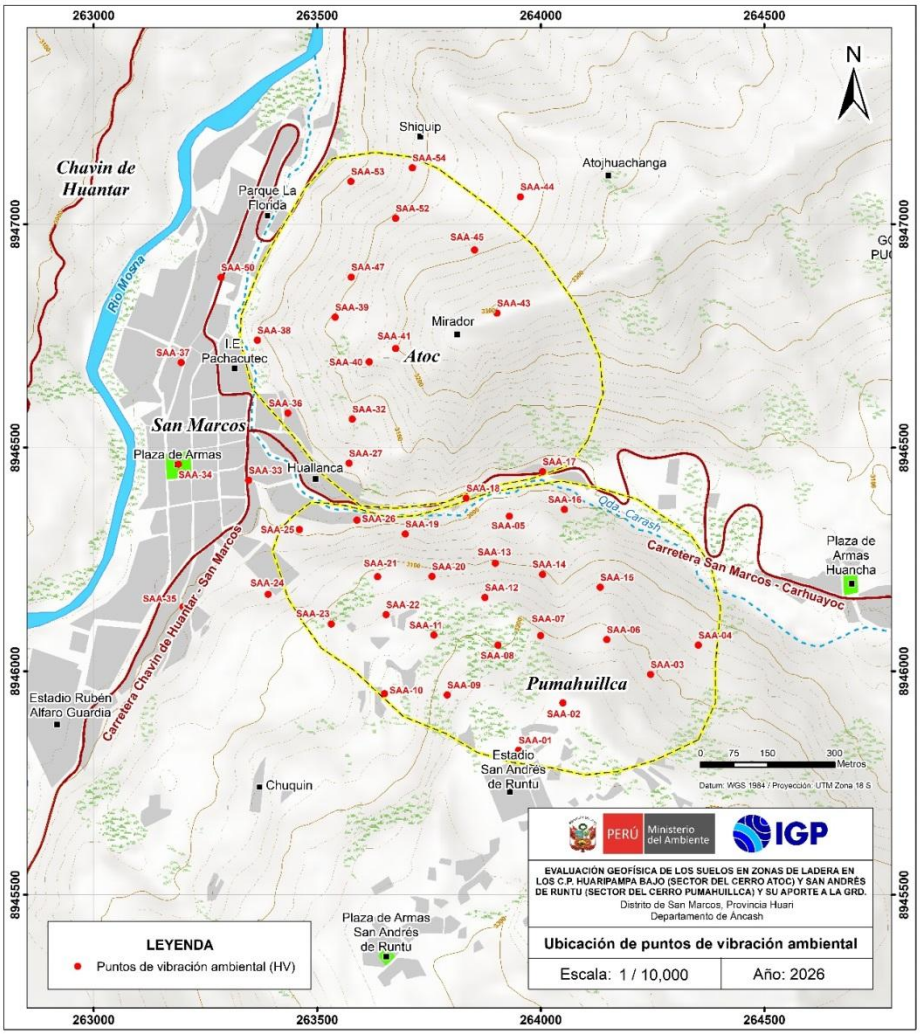


Figura 32. Distribución espacial de los puntos de registros de vibración ambiental, en el área de estudio.

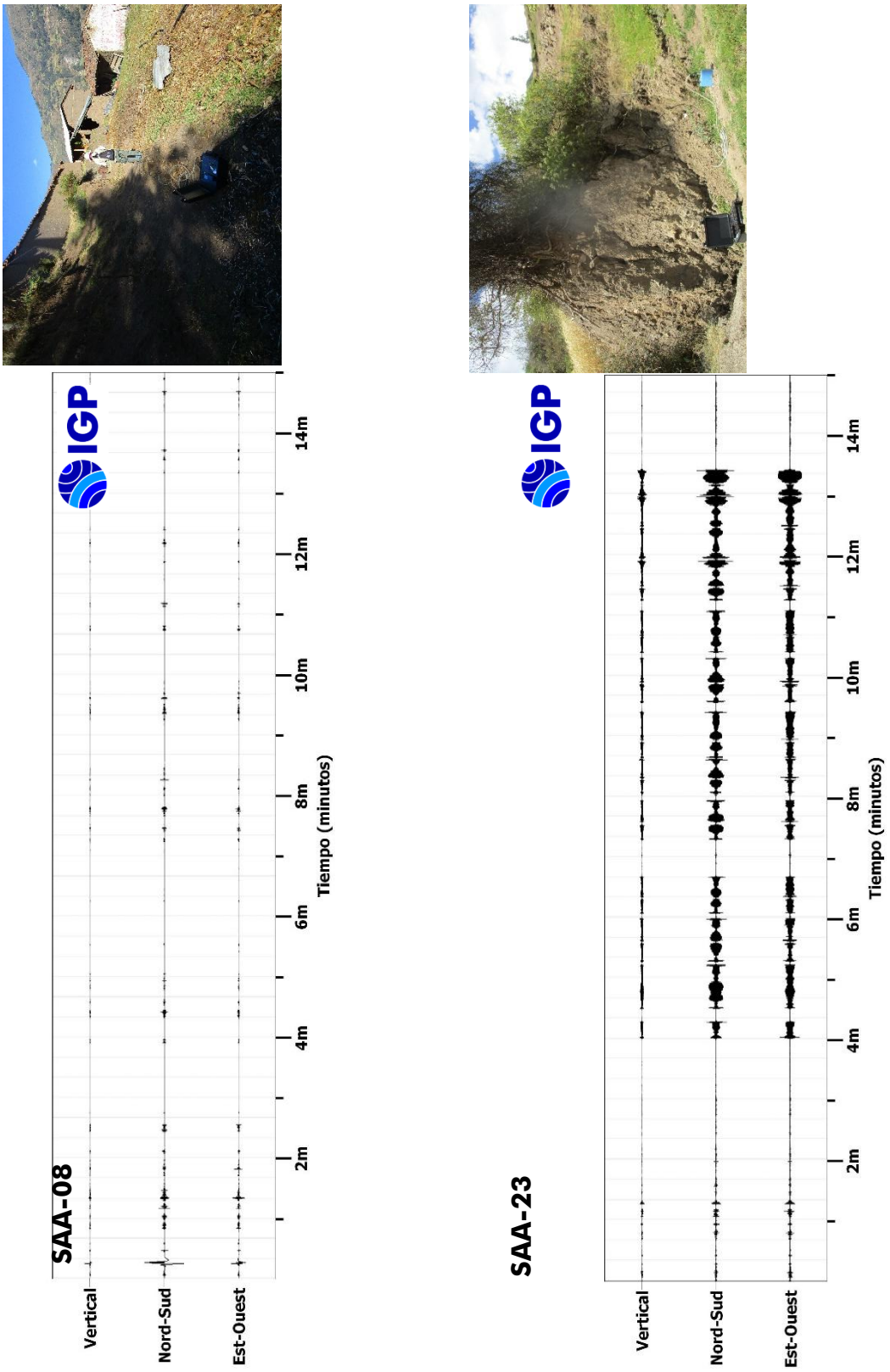


Figura 33. Ejemplos de registros de vibración ambiental obtenidos en los puntos SAA-08 y SAA-23, la diferencia en contenido frecuencial y amplitudes de la señal se asocia al tipo de suelo donde se ubican estos puntos.

3.3.2.-Procesamiento y análisis

Para la técnica de razones espectrales H/V, los registros de vibración ambiental fueron tratados por ventanas de 20 segundos para luego calcular los espectros FFT por componente (N-S, E-O y V) dividiendo el promedio de las componentes horizontales entre la vertical (H/V). Finalmente, en la curva promedio de las razones espectrales, se procedió a identificar la frecuencia predominante en el rango de 0.5 a 20 Hz, considerando amplificaciones relativas de al menos 2 veces y su correlación con los aspectos geodinámicos del área de estudio. En la Figura 34 se muestran los resultados para del punto SAA-50.

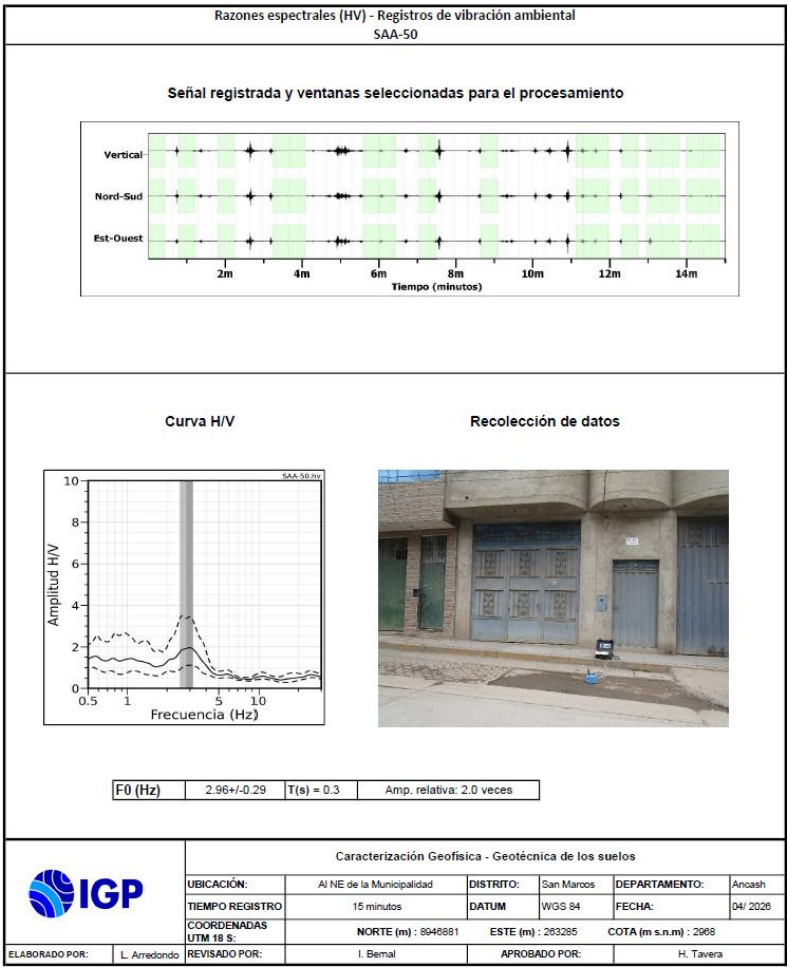


Figura 34. Resultados obtenidos con el método de razones espectrales (H/V) para el punto SAA-50. Arriba, la señal registrada y abajo la curva promedio de las razones espectrales (H/V) en línea gruesa y su desviación estándar en líneas discontinuas. Las barras grises, definen la frecuencia predominante.

3.3.3.- Resultados e interpretación

Los suelos en los sectores de ladera de los cerros Atoc y Pumahuillca de los centros poblados de Huaripampa Bajo y San Andrés de Runtu, respectivamente, responden a periodos de entre 0.1 y 0.5 s. En la Figura 35, se presenta la distribución espacial de los periodos, donde se observa que en el área de estudio predominan periodos (To) que varían entre 0.1 y 0.2 s.

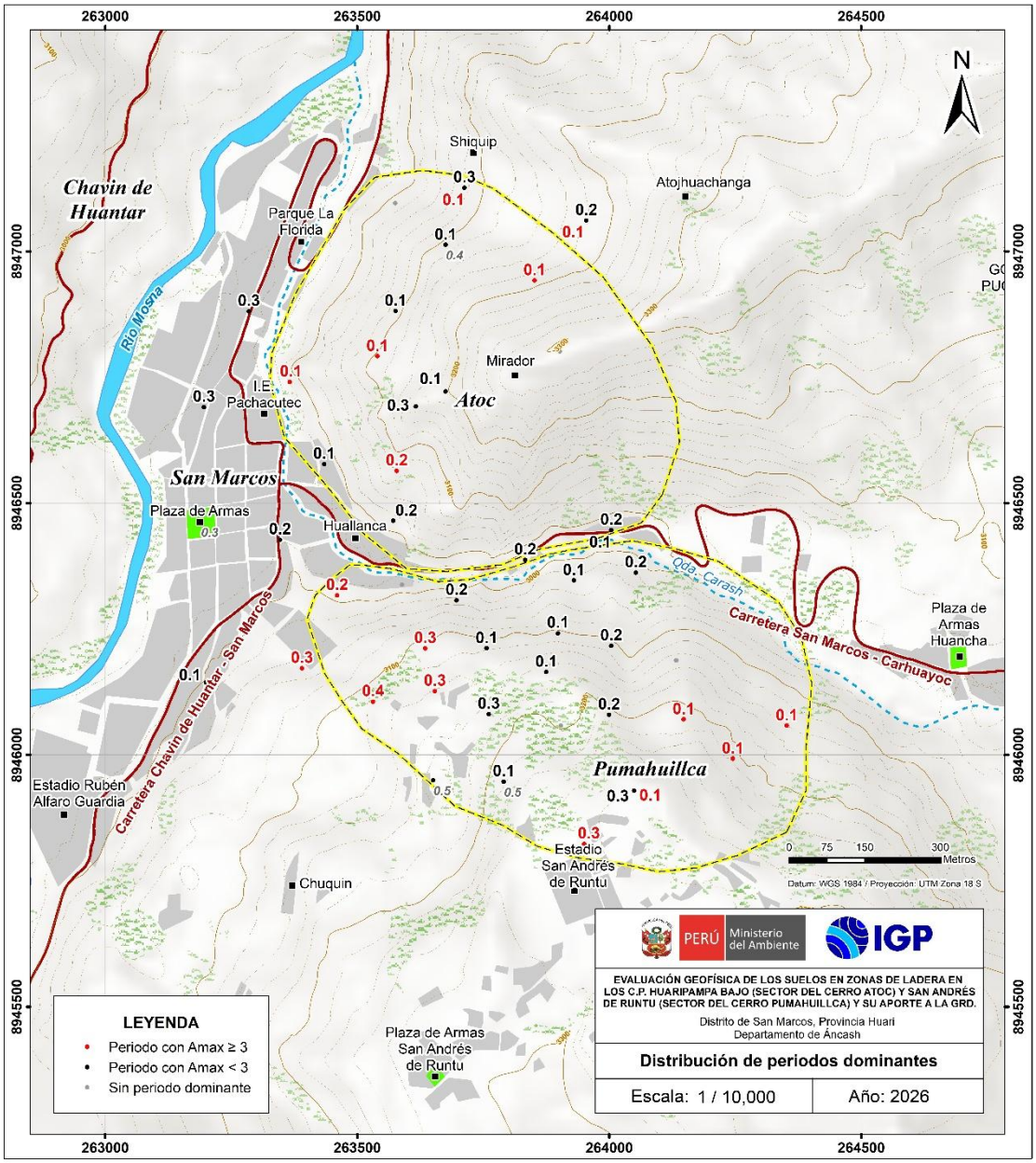


Figura 35. Distribución espacial de los periodos dominantes de la respuesta de suelo. Los valores en rojo, corresponden a puntos con amplificaciones mayores a 3 veces.

Las mayores amplificaciones relativas se presentan hacia el extremo suroeste de la ladera del cerro Pumahuillca y en la zona central del extremo norte de la ladera del cerro Atoc. Asimismo, los suelos de los centros poblados de San Andrés de Runtu y Huaripampa responden principalmente entre periodos de 0.3 y 0.4 s con amplificaciones moderadas, evidenciando la presencia de suelos relativamente homogéneos con diferentes espesores y un comportamiento dinámico moderadamente complejo.

En la Figura 36, se muestra la distribución de las curvas de razones espectrales (H/V) representativas para 03 sectores identificados en el área de estudio:

-Área I	Abarca la mayor parte del área de estudio; donde los suelos responden a un único periodo que fluctúa entre 0.1 y 0.3 s, con amplificaciones de hasta 3 veces.
-Área II	Identificado en dos sectores del extremo norte, de la ladera del cerro Atoc. En estas zonas los materiales responden a periodos cortos (0.1 s) con amplificaciones de hasta 5 veces. Asimismo, se evidencia una irregularidad lateral y altura. En la parte alta del cerro no se identifica ningún periodo predominante. Estos resultados se asocian a la irregularidad topográfica que presenta en este sector.
-Área III	Identificado hacia los extremos suroeste y sur de la ladera del cerro Pumahuillca. Los suelos responden en una banda de frecuencias que fluctúa entre 0.2 y 0.5 s, con amplificaciones de hasta 5 veces, lo cual evidencia la presencia de materiales moderadamente compactos con un comportamiento dinámico complejo ante la demanda sísmica.

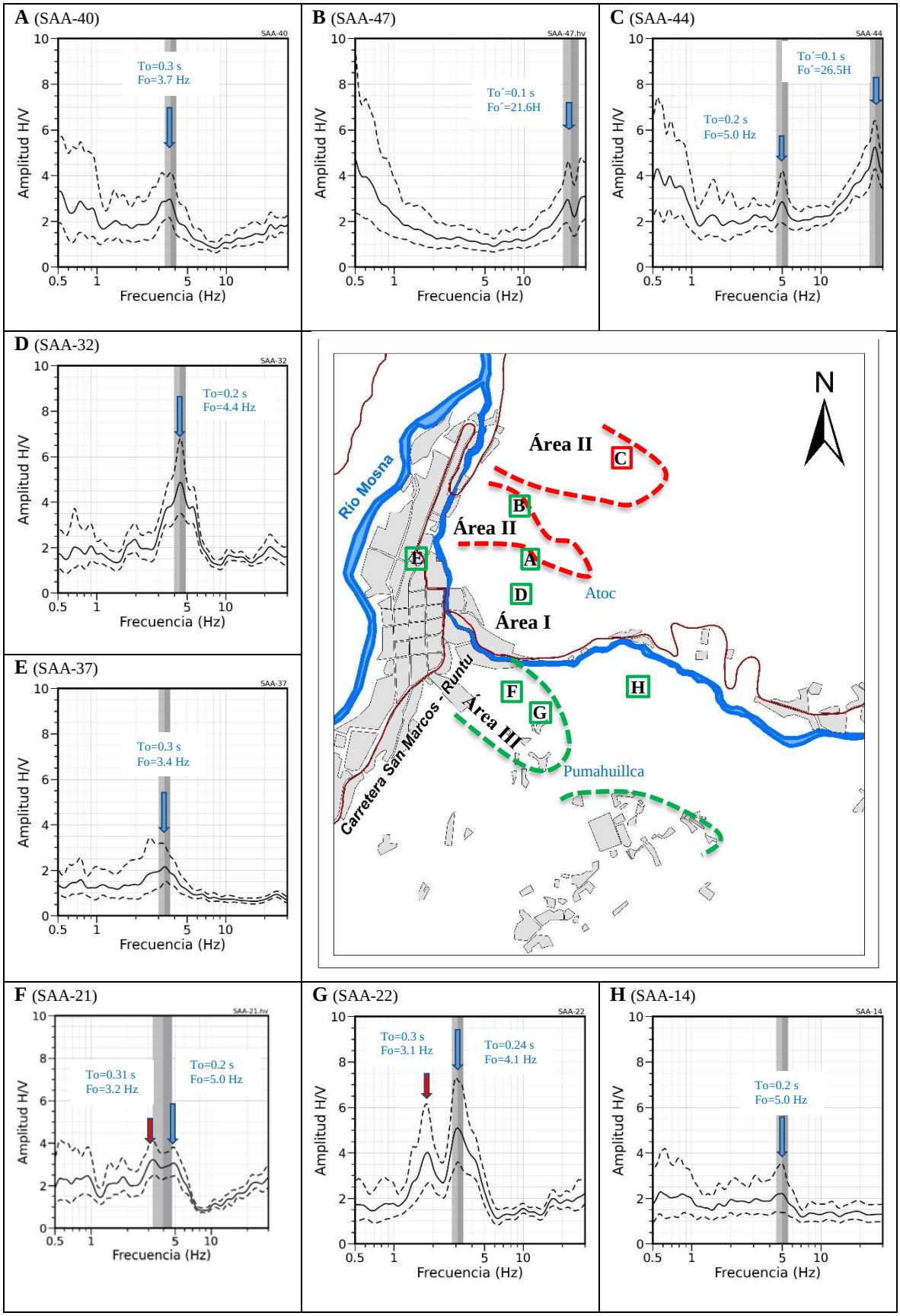


Figura 36. Razones espectrales obtenidas para los puntos de A hasta H, distribuidas en el área de estudio. Las flechas indican el periodo predominante de respuesta del suelo.

4. COMPORTAMIENTO DINÁMICO DEL SUELO

La exploración de la estructura y caracterización física del subsuelo en zonas de ladera del cerro Atoc en el C.P. de Huaripampa Bajo y del cerro Pumahuillca en el C.P. San Andrés de Runtu, fue realizada usando datos e información generada a partir de los métodos geofísicos y su correlación con la información geológica y geotécnica, siendo los resultados obtenidos los siguientes:

4.1. Estructura del subsuelo

Las laderas de los cerros de Atoc y Pumahuillca, presentan estratos con una disposición vertical y horizontal de unidades litológicas de la Formación Oyón respectivamente, formación que consisten de areniscas cuarzosas de tonalidad blanquecina intercaladas con lutitas negras que presentan diferente grado de meteorización y fracturamieno. Estos afloramientos se encuentran parcialmente cubiertos por depósitos cuaternarios generados por procesos de meteorización, erosión y acumulación de materiales provenientes de las partes altas de las laderas. La presencia de rocas fracturadas, materiales meteorizados y depósitos superficiales poco consolidados condiciona la evolución del relieve y favorece la ocurrencia de movimientos en masa

En base a los resultados obtenidos, se generan dos perfiles de interpretación con el fin de mostrar las características físicas y comportamiento dinámico del área de estudio.

Perfil 01

Con una orientación O-E (Figura 37), se inicia desde la parte baja del cerro Atoc (próximo a la quebrada Carash) y continua sobre la ladera

del cerro hacia su cima (el Mirador), siendo sus características las siguientes:

- *A lo largo del perfil se ha identificado suelos constituidos por materiales medianamente compactos en capas con espesores de hasta 20 m en el sector central de la sección que corresponde a la parte media de la ladera del cerro, este espesor disminuye hacia la parte baja de la ladera (6 m) y hacia su cima (12 m). Por debajo de estas capas, hacia ambos extremos se identifica material compacto con espesores de 10 a 14 m, emplazados sobre material muy compacto o la roca sana; a diferencia de lo obtenido en la parte media de la ladera, que en profundidad solo se alcanza al material compacto sin alcanzar la base rocosa.*

- *A lo largo del perfil este material presenta, hacia la parte baja de la ladera alto contenido de humedad hasta los 20 m de profundidad y en la parte media este contenido de humedad se profundiza y alcanza espesores de hasta 40 m en promedio, factor que contribuye a la generación escarpes identificados en este sector de la ladera del cerro Atoc (extremo norte).*

- *Los resultados del periodo de respuesta del suelo muestran una buena correspondencia con los espesores identificados; es decir, que los materiales medianamente compactos de mayor espesor y mayores amplificaciones se presentan hacia el extremo noreste del cerro Atoc*

Las características físicas mostradas en el perfil de suelo, en este sector de la ladera del cerro Atoc, sumado a las lluvias intensas y/o movimientos sísmicos, podrían contribuir con los efectos de movimientos en masa del terreno.

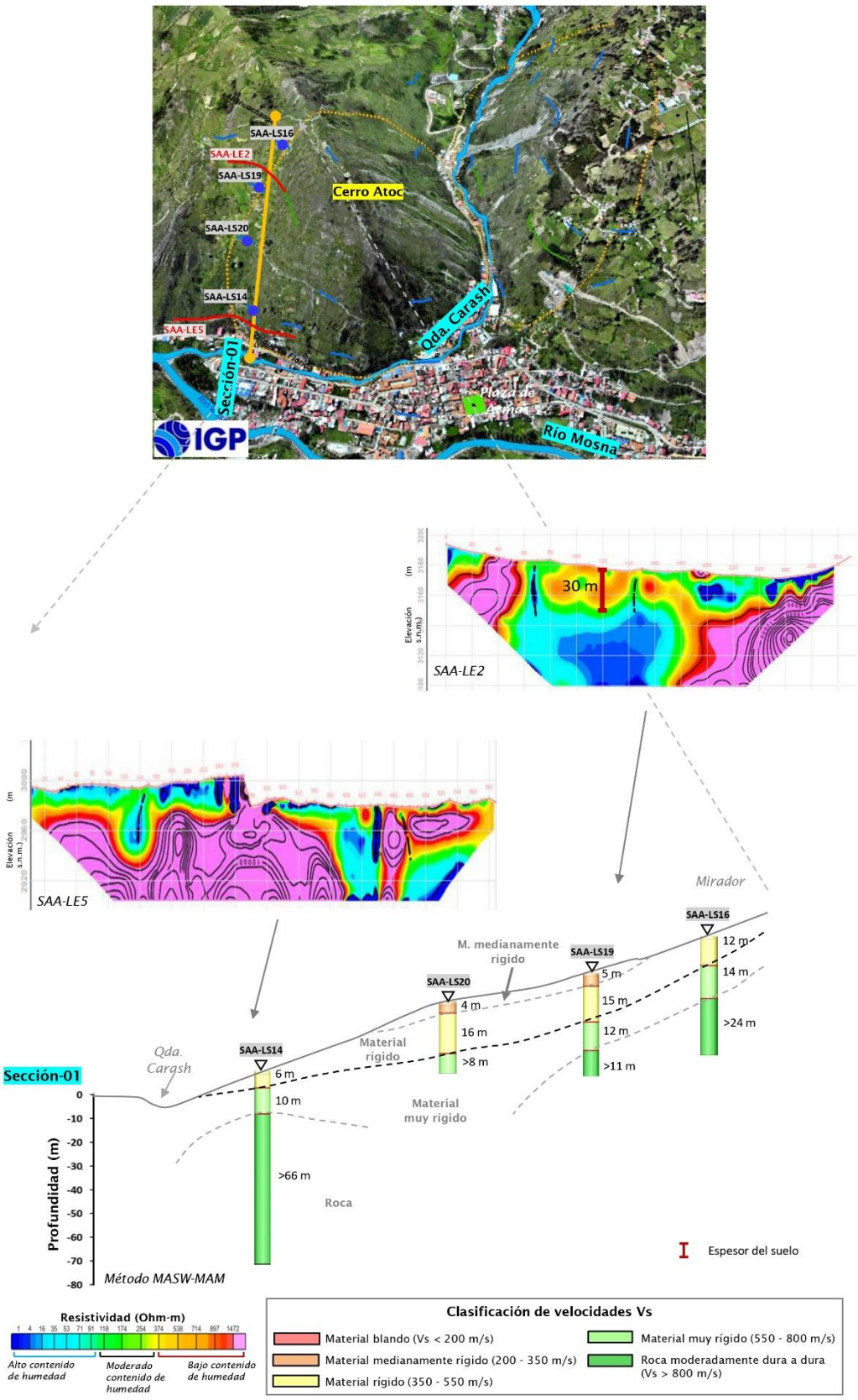


Figura 37. Correlación de los resultados obtenidos en la ladera del cerro Atoc. con los métodos de tomografía eléctrica y el método sísmico de MASW-MAM, para el Perfil 01.

Perfil 02

Con una orientación NE-SO (Figura 38), cruza por la ladera del cerro Pumahuillca, siendo sus características las siguientes:

- *A lo largo del perfil se ha identificado suelos constituidos por materiales medianamente compactos en capas con espesores de hasta 41 m en promedio, presentándose los mayores espesores hacia el extremo suroeste de la ladera del cerro Pumahuillca. Por debajo de esta capa, se identifica materiales compactos con espesores de 5 a 28 m, emplazados sobre material muy compacto o la roca sana, en dirección noreste próximo a la quebrada Carash; a diferencia de lo obtenido hacia el extremo suroeste, que en profundidad solo se alcanza al material compacto sin alcanzar la base rocosa.*

- *A lo largo del perfil, el suelo presenta alto contenido de humedad, hasta una profundidad de 20 metros en promedio en dirección suroeste de la ladera del cerro y conforme se tiende hacia la quebrada Carash se incrementa en profundidad. Sin embargo, hacia el extremo noreste se encuentra horizontes húmedos a los 40 m de profundidad. La concentración de humedad, incrementando su inestabilidad.*

- *Los resultados del periodo de respuesta del suelo muestran buena consistencia con los espesores de los materiales identificados; es decir, los periodos mayores a 0.2 s se concentran hacia el extremo sur del área de estudio donde se identificó los mayores espesores de materiales mediamente compactos. Asimismo, las mayores amplificaciones se identifican hacia el extremo suroeste de la ladera del cerro Pumahuillca.*

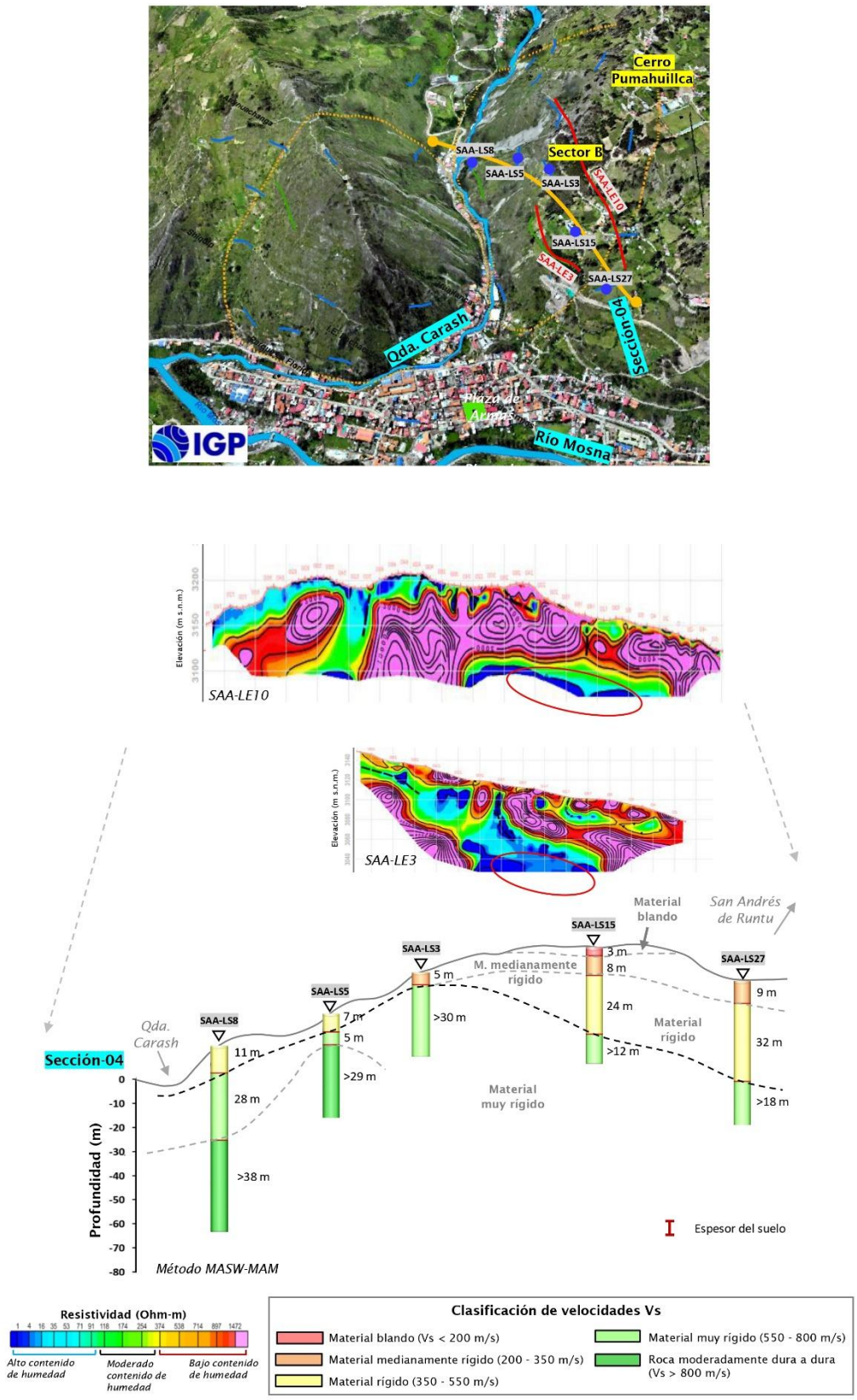


Figura 38. Correlación de los resultados obtenidos en la ladera del cerro Pumahuillca. con los métodos de tomografía eléctrica y el método sísmico de MASW-MAM, para el Perfil 02.

Las características físicas mostradas en el perfil de suelo, principalmente hacia el extremo noreste y sureste del área de estudio, a pesar que muestran materiales más compactos, debido a la concentración alta de humedad en profundidad contribuyen con el movimiento en masa y/o aparición de escarpes en superficie. Asimismo, hacia el extremo suroeste de la ladera del cerro Pumahuillca, donde se presentan los suelos mediamente rígidos, alto contenido de humedad y altos factores de amplificaciones, indican que representa una zona de alto peligro ante sismos y lluvias intensas.

4.2. Suelos susceptibles a movimientos en masa

La caracterización física de los suelos y la identificación de eventos geodinámicos en zonas de ladera del cerro Atoc, en el C.P. de Huaripampa Bajo y del cerro Pumahuillca en el C.P. San Andrés de Runtu, han permitido determinar y delimitar espacialmente los depósitos de materiales poco a medianamente consolidados, mediante la generación del mapa de iso-espesores y la identificación de zonas con alto contenido de humedad e inestables (Figura 39). Finalmente, el análisis de los resultados se describe a continuación:

En la ladera del cerro Atoc: *Los lugares con suelos susceptibles a movimientos en masa son identificados en hacia el extremo norte de la ladera del cerro Atoc (Figura 39), entre los sectores de Shiquip y Atojhuachanga, donde predominan depósitos coluvial-deluvial (acumulación de materiales procedentes de la meteorización y erosión de las rocas) con espesores de 20 m en promedio, con mayor concentración de humedad entre los 10 y 40 m de profundidad y con una geomorfología compleja. Estas características influyen en el comportamiento dinámico de esta ladera, dando origen al desprendimiento de rocas y/o movimiento en masa del lugar. Asimismo, el afloramiento rocoso hacia el extremo sur y suroeste de la ladera del*

cerro Atoc, con pendiente fuerte a muy fuerte, favorece a la generación de caída de rocas y derrumbes.

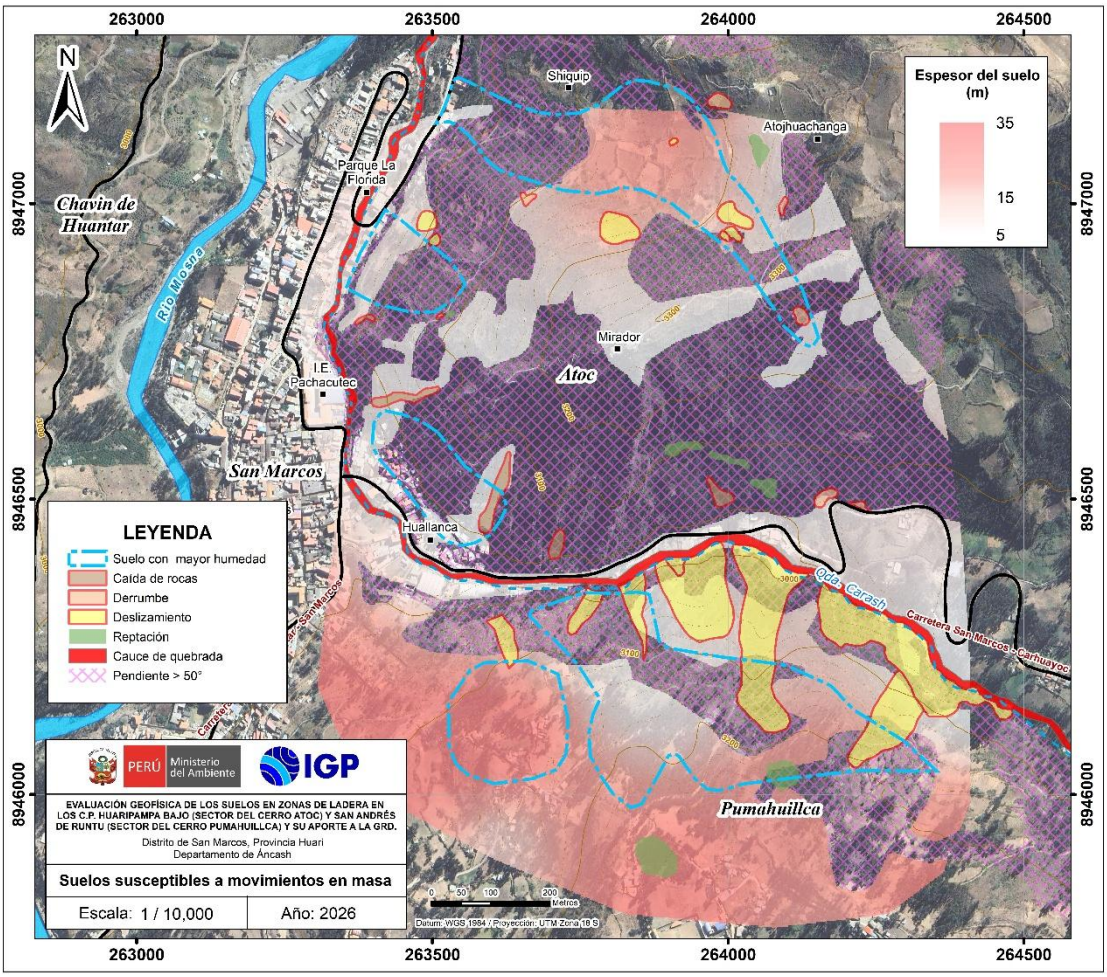


Figura 39. Mapa con la caracterización de depósitos de materiales susceptibles a movimientos en masa y caídas de rocas, en sectores de la ladera de los cerros Atoc y Pumahuillca. Las zonas de color rojo con mayor intensidad, corresponden a suelos con mayor espesor y las líneas discontinuas en celeste, a zonas con mayor concentración de humedad.

Hacia el extremo oeste de la ladera del cerro Atoc, se identifica en su extremo inferior, que los materiales presentan diferente rigidez, identificándose sectores con materiales consolidados y muy consolidados, pero está expuesto a la geodinámica de la ladera y presnetar moderado contenido se generan pequeños derrumbes. Estas condiciones pueden contribuir a la inestabilidad de los afloramientos y a la ocurrencia de desprendimientos y movimientos en masa.

En la ladera del cerro Pumahuillca: *Los lugares con suelos susceptibles a movimientos en masa son identificados en los extremos suroeste y norte de la ladera del cerro Pumahuillca (Figura 39), donde predominan depósitos coluvial-deluvial (acumulación de materiales procedentes de la meteorización y erosión de las rocas) con espesores de 40 m en promedio, con mayor concentración de humedad hasta los 20 m de profundidad y por sectores alcanzan mayor profundidad y con una geomorfología compleja. Estas características influyen en el comportamiento dinámico de esta ladera, presentando susceptibilidad a generarse movimientos en masa. Asimismo, el afloramiento rocoso hacia el extremo norte de la ladera del cerro Pumahuillca, con pendiente fuerte a muy fuerte, favorece a la generación de caída de rocas y derrumbes.*

Hacia el extremo sureste de la ladera del cerro Pumahuillca, se identifica sectores con materiales consolidados con espesores de hasta 30 m, con moderado contenido de humedad y hacia el extremo noreste, predomina alta pendiente, pero que, al estar expuesto a la geodinámica de la ladera, se genera derrumbes y deslizamientos como el ocurrido en el año 2025 que afectó al sector Shushumia. En estos sectores de pendiente pronunciada, por efectos de la erosión y humedad se genera la inestabilidad de los afloramientos causando desprendimientos de roca y/o movimientos en masa.

CONCLUSIONES

El análisis geofísico de los suelos en el en zonas de ladera del cerro Atoc en el C.P. de Huaripampa Bajo y del cerro Pumahuillca en el C.P. San Andrés de Runtu, ha permitido llegar a las siguientes conclusiones:

- *Los sectores de ladera de los cerros de Atoc y Pumahuillca, se emplazan sobre rocas de la Formación Oyón y los depósitos cuaternarios coluvio-deluviales, proluviales y fluviales. Esta formación está compuesta por areniscas cuarzosas intercaladas con lutitas negras donde la mayor susceptibilidad de estas últimas a la meteorización favorece la erosión diferencial y los depósitos coluvio-deluviales, constituidos por gravas y bloques de arenisca en una matriz arenoso-limosa, presentan una consolidación variable.*

- *De la inspección visual, se delimitaron deslizamientos antiguos en las laderas norte y noroeste del cerro Atoc y en la ladera norte del cerro Pumahuillca. Asimismo, se identificaron sectores de derrumbes en la ladera norte del cerro Pumahuillca y en sectores de los accesos peatonales al mirador Atoc, así como caída de bloques de arenisca de hasta 2 m de diámetro en las laderas sureste y sur del cerro Atoc y sectores de reptación de suelos. Estos procesos se relacionan con la meteorización, el fracturamiento y las condiciones de alta pendiente en zonas de ladera.*

- *En el área de estudio, la humedad se encuentra presente a diferentes niveles de profundidad del estrato del suelo, identificándose una mayor concentración en dos sectores principalmente: Hacia el extremo norte de la ladera del cerro Atoc, concentrándose en la parte media de dicha ladera y hacia el extremo suroestes de la ladera del cerro Pumahuillca, alcanzando profundidades de 20 a 40 m respectivamente. El contenido*

de humedad y la presencia de material fino, influye en la variación de la rigidez del suelo y en la inestabilidad de los materiales en zonas de ladera.

- En el área de estudio predominan *suelos medianamente consolidados que corresponden al depósito coluvio-deluvial, con espesores de hasta 20 m hacia el extremo norte del cerro Atoc y de hasta 40 m en dirección suroeste de la ladera del cerro Pumahuillca, estos últimos* cubiertos por una capa delgada *de suelos poco compactos. A mayor profundidad estos suelos se emplazan sobre material compacto conformadas por roca fracturada a roca sana.*

- *Desde el punto de vista geodinámico, en el área de estudio se encontrarían los afloramientos parcialmente cubiertos por depósitos cuaternarios generados por procesos de meteorización, erosión y acumulación de materiales provenientes de las partes altas de las laderas. En sectores ubicados hacia los extremos norte de la ladera del cerro Atoc; suroeste y norte de la ladera del cerro Pumahuillca, se concentran rocas fracturadas, materiales meteorizados sueltos y mediamente compactos.*

- *La integración de los métodos geofísicos aplicados demuestra que tanto el Cerro Pumahuillca como el Cerro Atoc presentan un fuerte control estructural y geomorfológico sobre la distribución de materiales alterados y depósitos coluviales. Las anomalías de baja resistividad identificadas se asocian principalmente a zonas de fracturamiento, roca meteorizada y acumulación de materiales superficiales con contenido variable de humedad. Los sectores localizados en quebradas y laderas de fuerte pendiente constituyen las áreas con mayor susceptibilidad a procesos de inestabilidad, por lo que deben ser considerados zonas prioritarias en la planificación territorial, el manejo de riesgos geológicos y el diseño de futuras obras de ingeniería*

BIBLIOGRAFÍA

Bernal, I. (2006). Microzonificación sísmica de la ciudad de Tlaxcala, México [Tesis de Maestría de la Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio de la Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales de Información UNAM. https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000608034

Bernal, I.; Sulla W. y Tavera H. (2022). Análisis geofísico de suelos en el Caserío Millhuish y su aporte en la reducción del riesgo de desastres Centro Poblado de Rancas, Distrito de San Marcos, Provincia de Huari – Ancash. Pag. 99. Publicado en el REGEN IGP

COEN - INDECI (2025 - Reporte complementario N° 3745 – 18/3/2025/COEN-INDECI

Cruden, D. M., Varnes, D.J.,1996, Landslide Types and Processes, Transportation Research Board, U.S. National Academy of Sciences, Special Report, 247: 36-75. Special Report - National Research Council, Transportation Research Board. 247. 36-57

Gloria Echenique Y. (2026). Informe de caracterización geológica en los centros poblados de San Andrés de Runtu y Huaripampa Bajo, del distrito de San Marcos-Ancash. Informe Técnico IGP, 36p.

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, 347-364. https://doi.org/10.1785/0120000098.

INGEMMET (2025). "Evaluación de peligros geológicos por Movimientos en masa en el sector Shushumia, del caserío Huallanca, centro poblado Huaripampa Bajo". Distrito San Marcos, provincia Huari, departamento de Áncash. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N°A7692, 43p.

Mamani, Y.; Ramos, W.; Cervantes, J. & Fabian, C.; (2025) - Geología de los cuadrángulos de Recuay (hojas 20i1 y 20i4) y La Unión (hojas

20j1, 20j2, 20j3 y 20j4). Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, 142 p. INGEMMET, Boletín Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional (Escala 1: 50 000), 69

Nakamura, Y. (1989): A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremors on the ground surface, Quaterly 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.

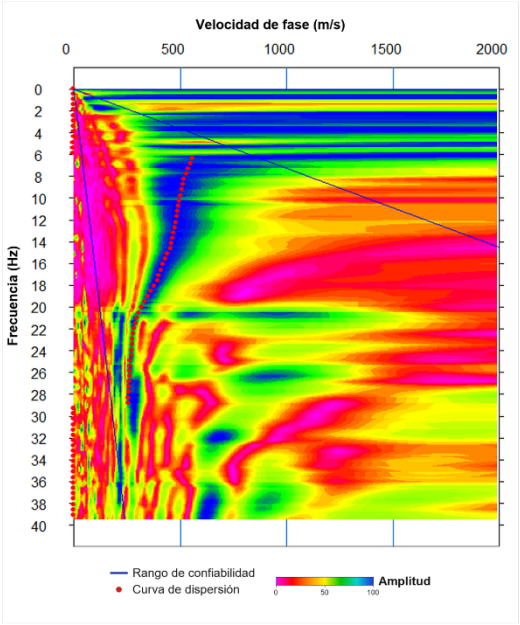
SESAME (2004). Guidelines for the Implementation of the H/V Spectral Ratio Technique on Ambient Vibrations, Research Report WP12, Available online at: htpp://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/index.htm.

ANEXO 1

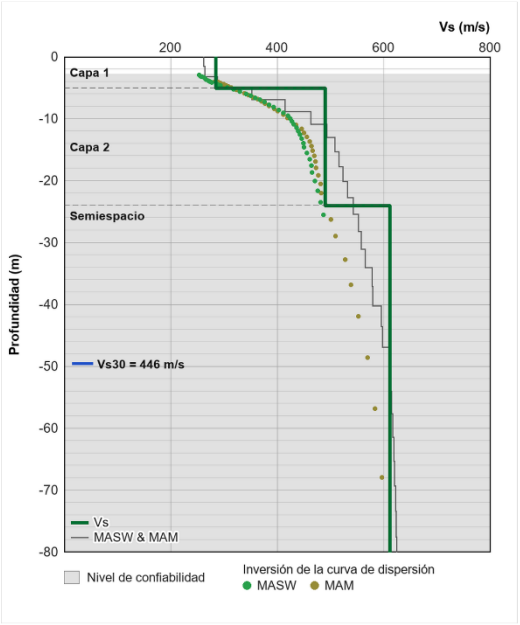
Perfiles MASW y MAM.

Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)
SAA-LS1

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

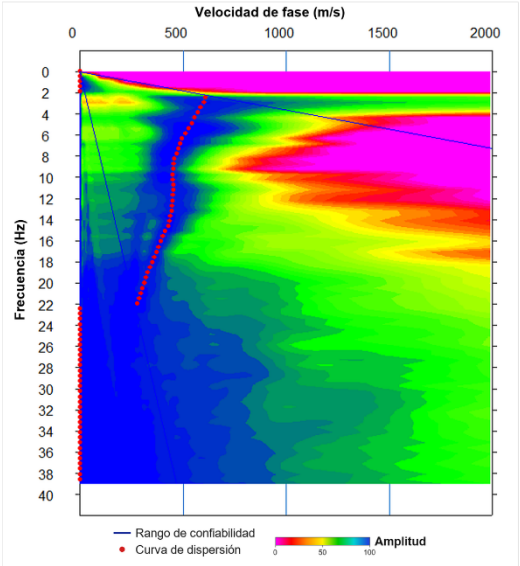
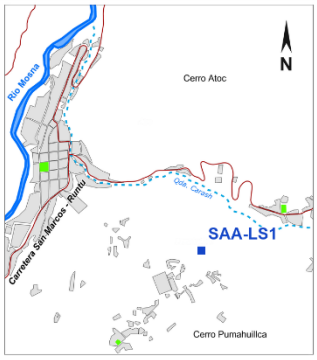


Tabla de resultados

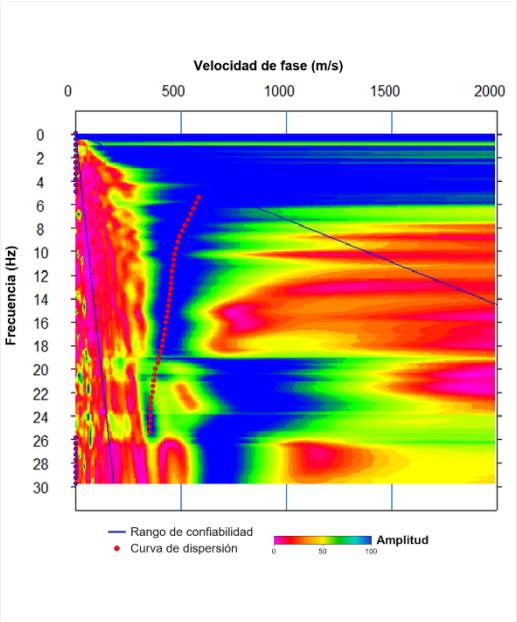
Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	284	5	Material medianamente compacto
2	489	19	Material compacto
Semi-espacio	611	-	Material muy compacto
Vs = Velocidad de ondas de corte promedio por capa			



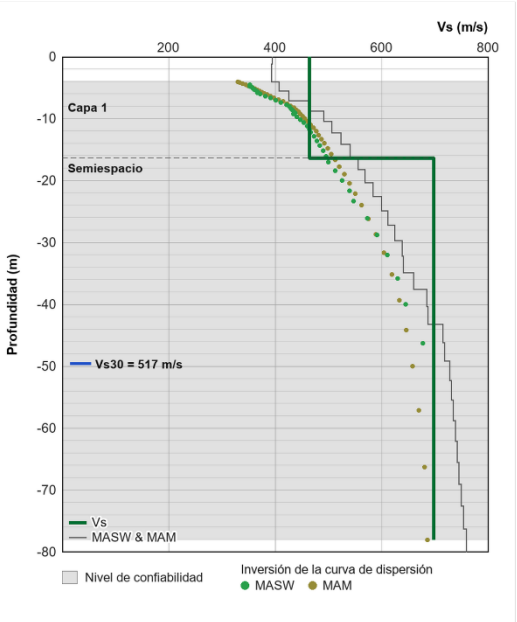
IGP		**Caracterización Geofísica de suelos**				
		UBICACIÓN:	Cerro Pumahuillca	**DISTRITO:**	San Marcos	**PROVINCIA / DEPARTAMENTO:** Áncash
		LONGITUD DE LA LÍNEA:	69 metros	**DATUM:**	WGS84	**FECHA:** 2026-07-15
		COORDENADAS UTM 18S:	**NORTE (m):** 8945938	**ESTE (m):** 264176	**COTA (m s.n.m.):** 3265	
ELABORADO POR:	F. Saavedra	**REVISADO POR:**	I. Bernal	**APROBADO POR:**	H. Tavera	

Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)
SAA-LS2

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

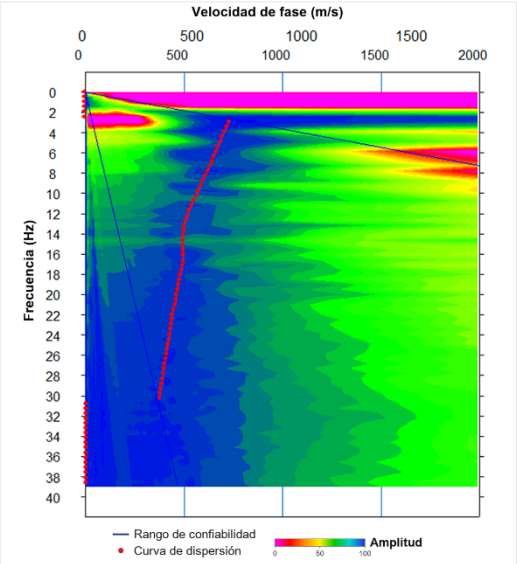
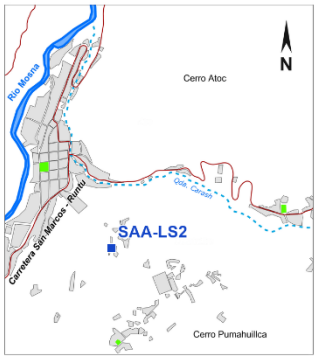


Tabla de resultados

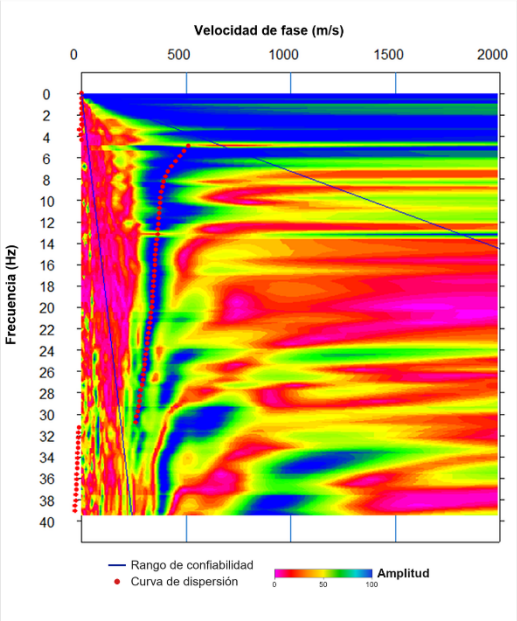
Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	463	16	Material compacto
Semi-espacio	697	-	Material muy compacto
Vs = Velocidad de ondas de corte promedio por capa			



IGP	**Caracterización Geofísica de suelos**				
	UBICACIÓN:	Cerro Pumahuillca	**DISTRITO:**	San Marcos	**PROVINCIA / DEPARTAMENTO:** Áncash
	LONGITUD DE LA LÍNEA:	69 metros	**DATUM:**	WGS84	**FECHA:** 2026-07-15
	COORDENADAS UTM 18S:	**NORTE (m):** 8945952	**ESTE (m):** 263612	**COTA (m s.n.m.):** 3156	
ELABORADO POR: F. Saavedra	**REVISADO POR:**	I. Bernal	**APROBADO POR:**	H. Tavera	

Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)
SAA-LS3

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs

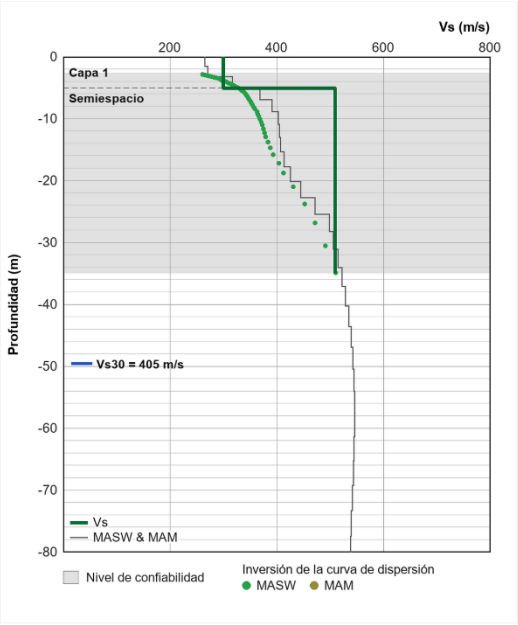
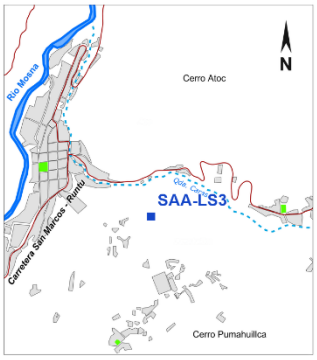


Tabla de resultados

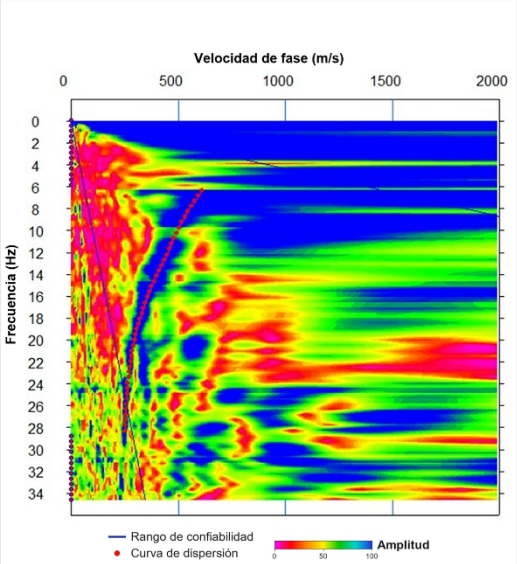
Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	299	5	Material medianamente compacto
Semi-espacio	509	-	Material compacto
Vs = Velocidad de ondas de corte promedio por capa			



Caracterización Geofísica de suelos					
UBICACIÓN:	Cerro Pumahuillca	DISTRITO:	San Marcos	PROVINCIA / DEPARTAMENTO:	Áncash
LONGITUD DE LA LÍNEA:	69 metros	DATUM:	WGS84	FECHA:	2026-07-15
COORDENADAS UTM 18S:	NORTE (m): 8946150	ESTE (m): 263863	COTA (m s.n.m.): 3171		
ELABORADO POR: F. Saavedra	REVISADO POR: I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera		

Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)
SAA-LS4

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs

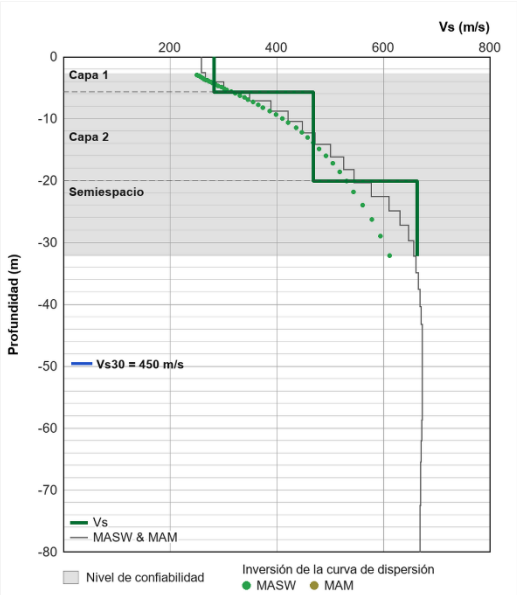
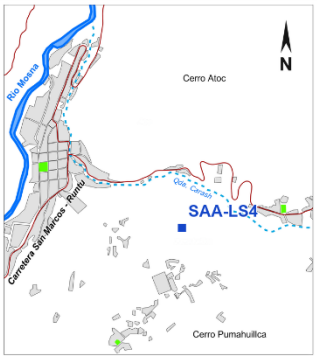


Tabla de resultados

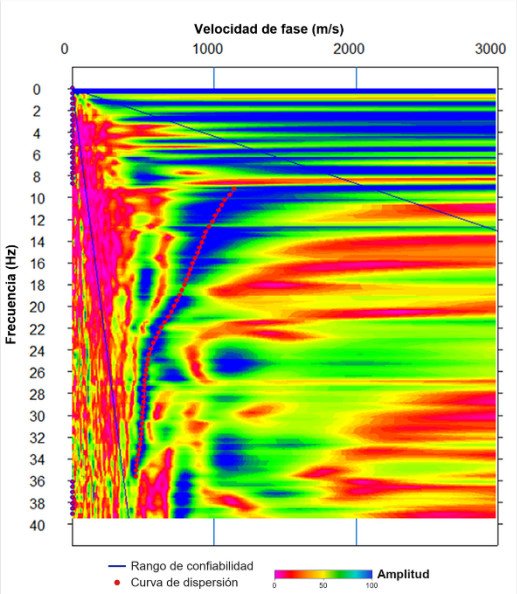
Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	283	6	Material medianamente compacto
2	468	14	Material compacto
Semi-espacio	663	-	Material muy compacto
Vs = Velocidad de ondas de corte promedio por capa			



IGP		**Caracterización Geofísica de suelos**				
		UBICACIÓN:	Cerro Pumahuillca	**DISTRITO:**	San Marcos	**PROVINCIA / DEPARTAMENTO:** Áncash
		LONGITUD DE LA LÍNEA:	69 metros	**DATUM:**	WGS84	**FECHA:** 2026-07-15
		COORDENADAS UTM 18S:	**NORTE (m):** 8946081	**ESTE (m):** 264055	**COTA (m s.n.m.):** 3195	
ELABORADO POR:	F. Saavedra	**REVISADO POR:**	I. Bernal	**APROBADO POR:**	H. Tavera	

Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)
SAA-LS5

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs

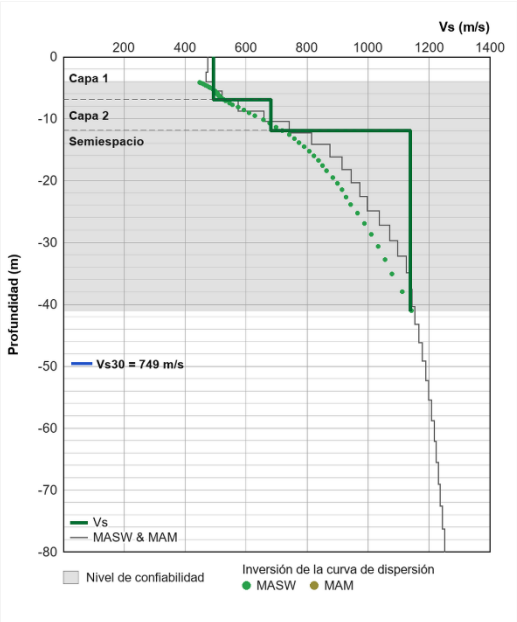
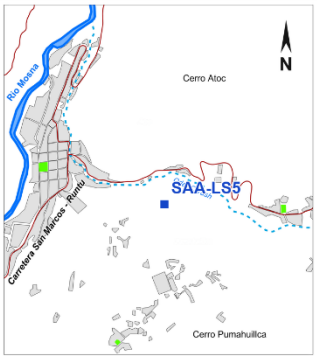


Tabla de resultados

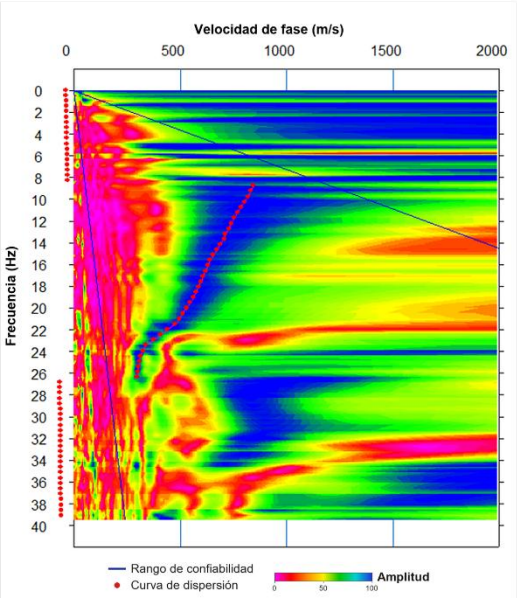
Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	493	7	Material compacto
2	679	5	Material muy compacto
Semi-espacio	1137	-	Roca
Vs = Velocidad de ondas de corte promedio por capa			



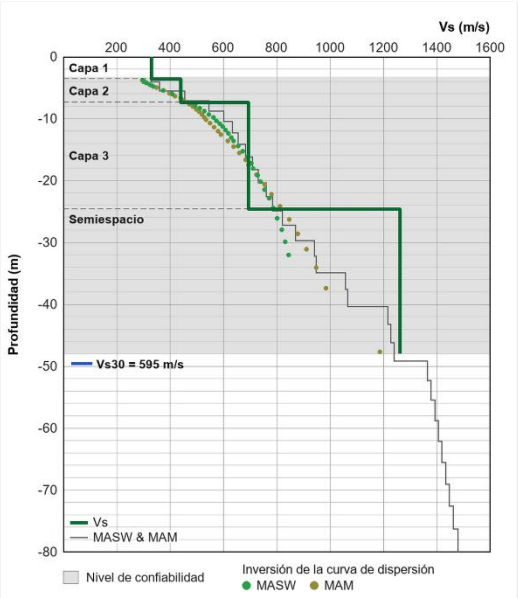
IGP	Caracterización Geofísica de suelos					
	UBICACIÓN:	Cerro Pumahuillca	**DISTRITO:**	San Marcos	**PROVINCIA / DEPARTAMENTO:**	Áncash
	LONGITUD DE LA LÍNEA:	69 metros	**DATUM:**	WGS84	**FECHA:**	2026-07-15
	COORDENADAS UTM 18S:	**NORTE (m):** 8946227	**ESTE (m):** 263947	**COTA (m s.n.m.):** 3109		
ELABORADO POR: F. Saavedra	**REVISADO POR:**	I. Bernal	**APROBADO POR:**	H. Tavera		

Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)
SAA-LS6

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

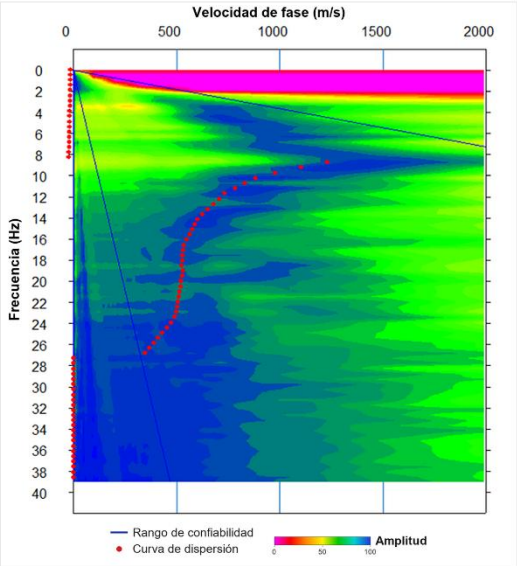
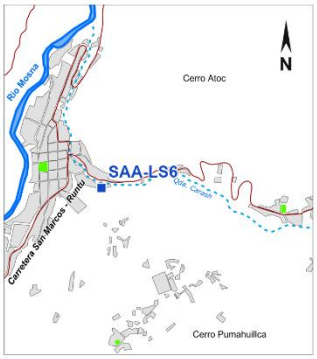


Tabla de resultados

Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	331	4	Material medianamente compacto
2	440	4	Material compacto
3	694	18	Material muy compacto
Semi-espacio	1264	-	Roca
Vs = Velocidad de ondas de corte promedio por capa			

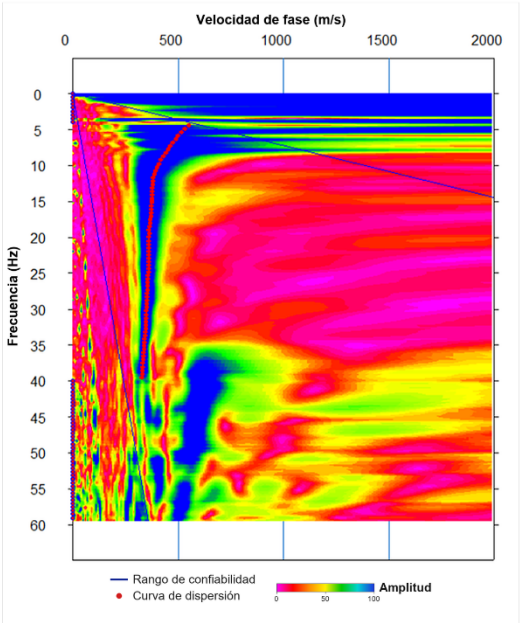


Caracterización Geofísica de suelos

UBICACIÓN:	Cerro Pumahuillca	**DISTRITO:**	San Marcos	**PROVINCIA / DEPARTAMENTO:**	Áncash
LONGITUD DE LA LÍNEA:	69 metros	**DATUM:**	WGS84	**FECHA:**	2026-07-15
COORDENADAS UTM 18S:	**NORTE (m):** 8946327	**ESTE (m):** 263554	**COTA (m s.n.m.):** 2984		
ELABORADO POR: F. Saavedra	**REVISADO POR:** I. Bernal	**APROBADO POR:** H. Tavera			

Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)
SAA-LS7

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs

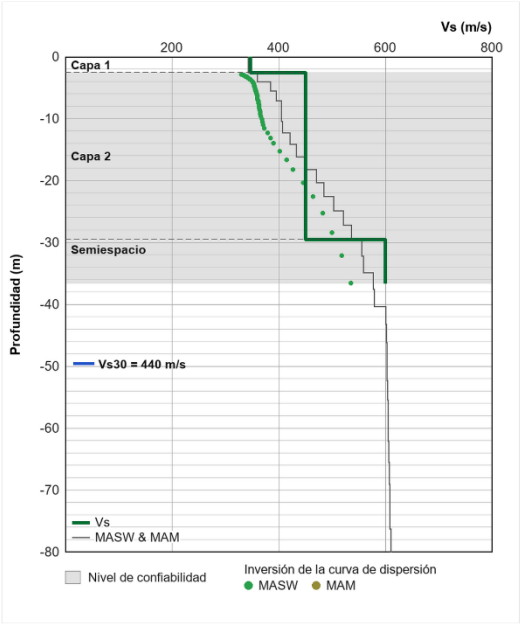
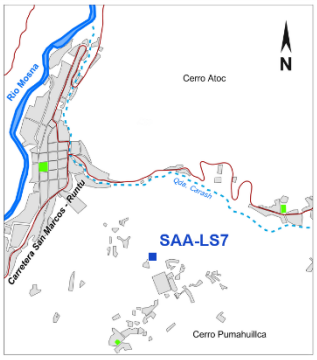


Tabla de resultados

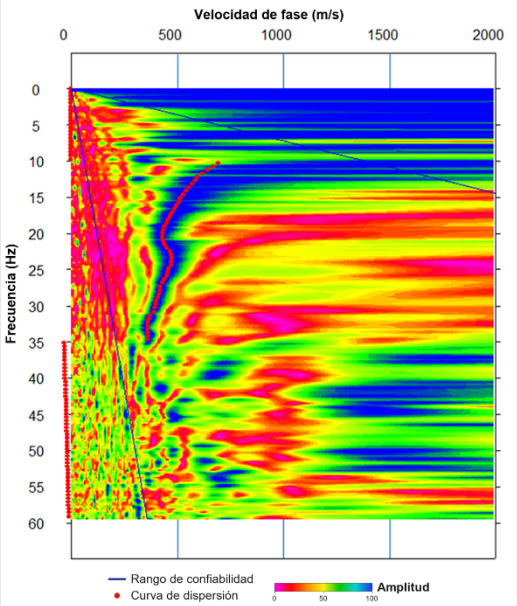
Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	346	3	Material medianamente compacto
2	450	27	Material compacto
Semi-espacio	600	-	Material muy compacto
Vs = Velocidad de ondas de corte promedio por capa			



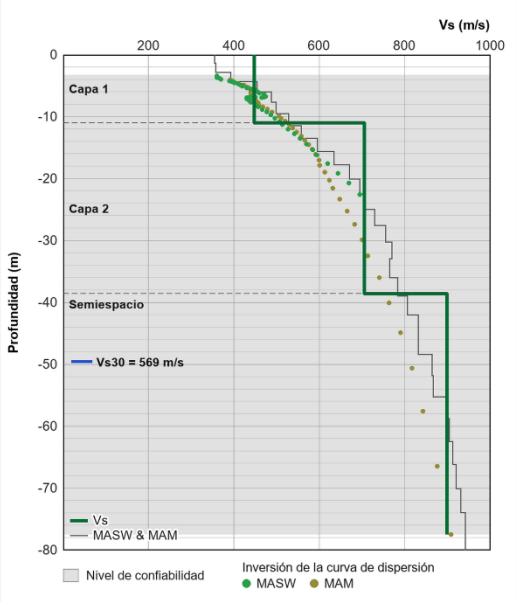
IGP		**Caracterización Geofísica de suelos**				
		UBICACIÓN:	Cerro Pumahuillca	**DISTRITO:**	San Marcos	**PROVINCIA / DEPARTAMENTO:** Áncash
		LONGITUD DE LA LÍNEA:	69 metros	**DATUM:**	WGS84	**FECHA:** 2026-07-15
		COORDENADAS UTM 18S:	**NORTE (m):** 8945898	**ESTE (m):** 263874	**COTA (m s.n.m.):** 3254	
ELABORADO POR:	F. Saavedra	**REVISADO POR:**	I. Bernal	**APROBADO POR:**	H. Tavera	

Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)
SAA-LS8

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

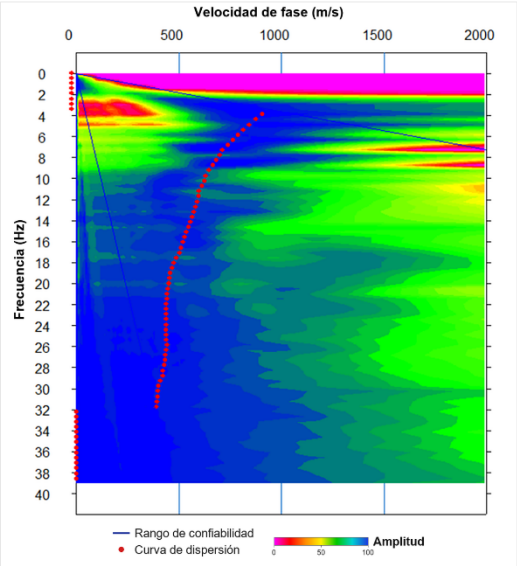
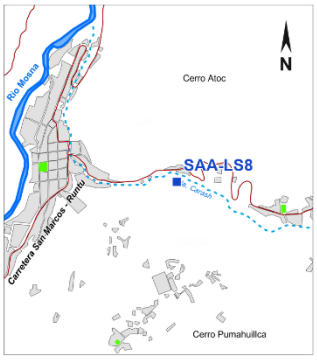


Tabla de resultados

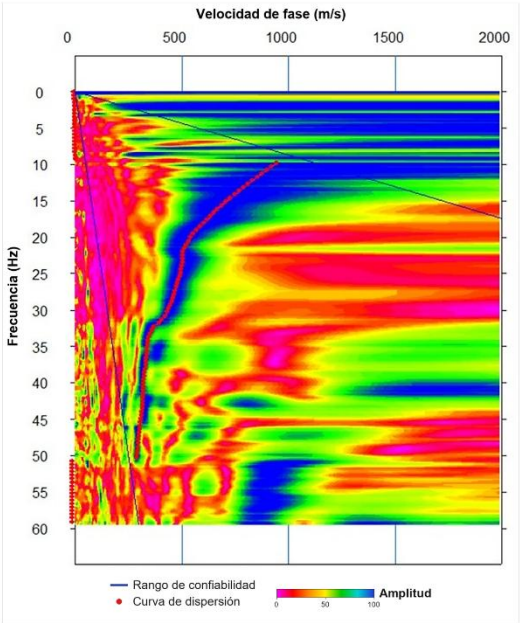
Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	447	11	Material compacto
2	705	28	Material muy compacto
Semi-espacio	899	-	Roca
Vs = Velocidad de ondas de corte promedio por capa			



IGP		**Caracterización Geofísica de suelos**				
		UBICACIÓN:	Cerro Pumahuillca	**DISTRITO:**	San Marcos	**PROVINCIA / DEPARTAMENTO:** Áncash
		LONGITUD DE LA LÍNEA:	69 metros	**DATUM:**	WGS84	**FECHA:** 2026-07-15
		COORDENADAS UTM 18S:	**NORTE (m):** 8946368	**ESTE (m):** 264024	**COTA (m s.n.m.):** 3025	
ELABORADO POR:	F. Saavedra	**REVISADO POR:**	I. Bernal	**APROBADO POR:**	H. Tavera	

Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)
SAA-LS9

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs

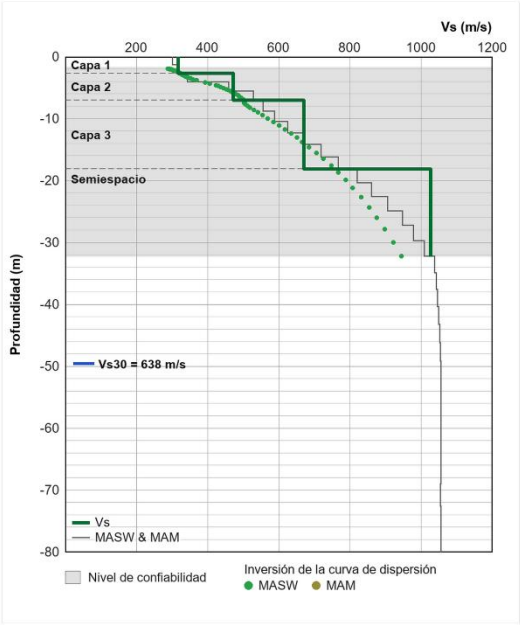
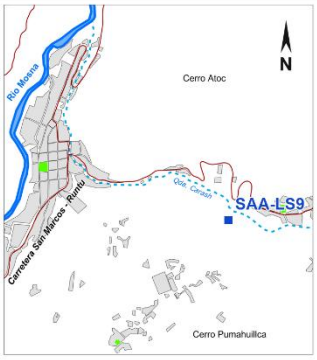


Tabla de resultados

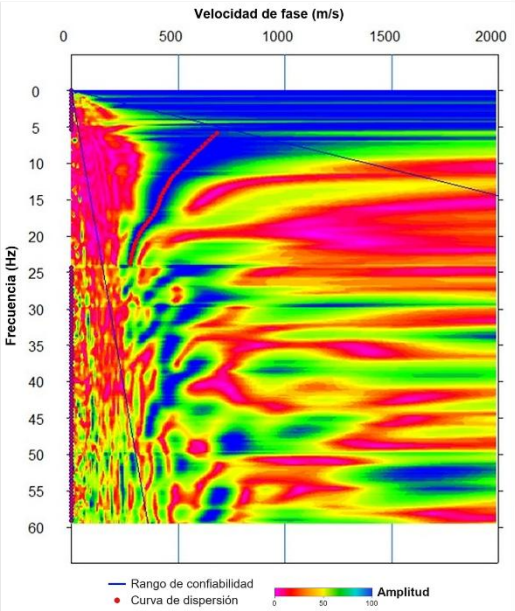
Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	318	3	Material medianamente compacto
2	473	4	Material compacto
3	671	11	Material muy compacto
Semi-espacio	1027	-	Roca
Vs = Velocidad de ondas de corte promedio por capa			



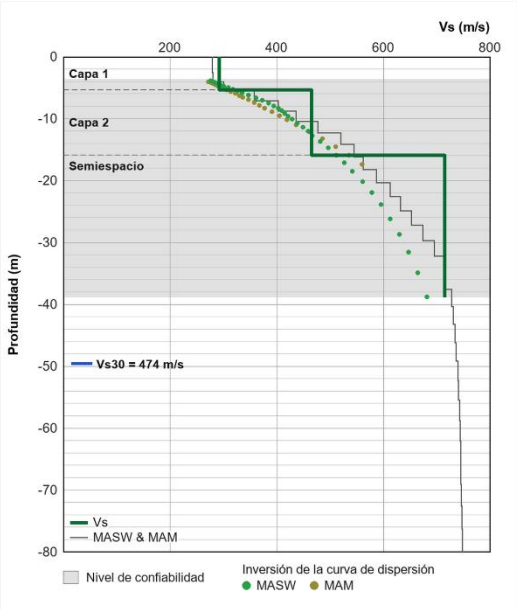
IGP		**Caracterización Geofísica de suelos**				
		UBICACIÓN:	Cerro Pumahuillca	**DISTRITO:**	San Marcos	**PROVINCIA / DEPARTAMENTO:** Áncash
		LONGITUD DE LA LÍNEA:	57.5 metros	**DATUM:**	WGS84	**FECHA:** 2026-07-15
		COORDENADAS UTM 18S:	**NORTE (m):** 8946126	**ESTE (m):** 264347	**COTA (m s.n.m.):** 3111	
ELABORADO POR:	F. Saavedra	**REVISADO POR:**	I. Bernal	**APROBADO POR:**	H. Tavera	

Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)
SAA-LS10

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

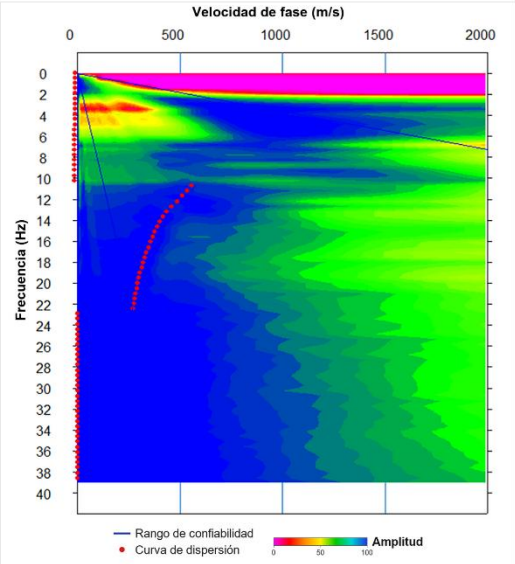
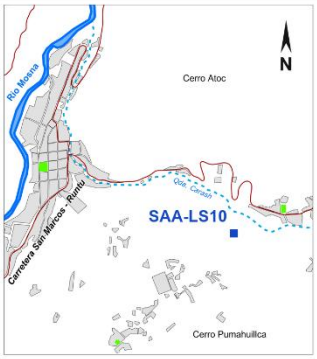


Tabla de resultados

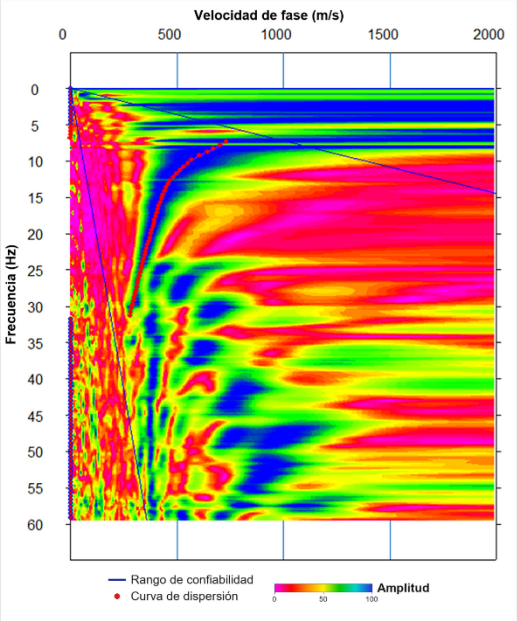
Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	292	5	Material medianamente compacto
2	465	11	Material compacto
Semi-espacio	715	-	Material muy compacto
Vs = Velocidad de ondas de corte promedio por capa			



IGP	**Caracterización Geofísica de suelos**				
	UBICACIÓN:	Cerro Pumahuillca	**DISTRITO:**	San Marcos	**PROVINCIA / DEPARTAMENTO:** Áncash
	LONGITUD DE LA LÍNEA:	69 metros	**DATUM:**	WGS84	**FECHA:** 2026-07-15
	COORDENADAS UTM 18S:	**NORTE (m):** 8946044	**ESTE (m):** 264383	**COTA (m s.n.m.):** 3139	
ELABORADO POR: F. Saavedra	**REVISADO POR:**	I. Bernal	**APROBADO POR:**	H. Tavera	

Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)
SAA-LS11

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs

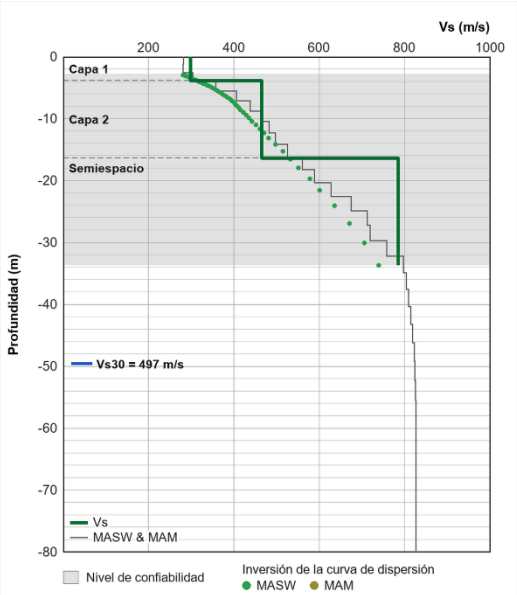
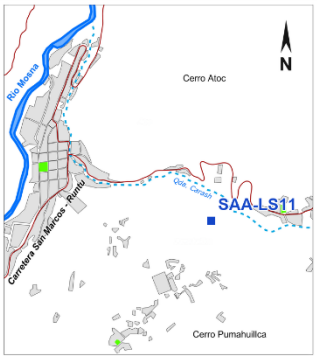


Tabla de resultados

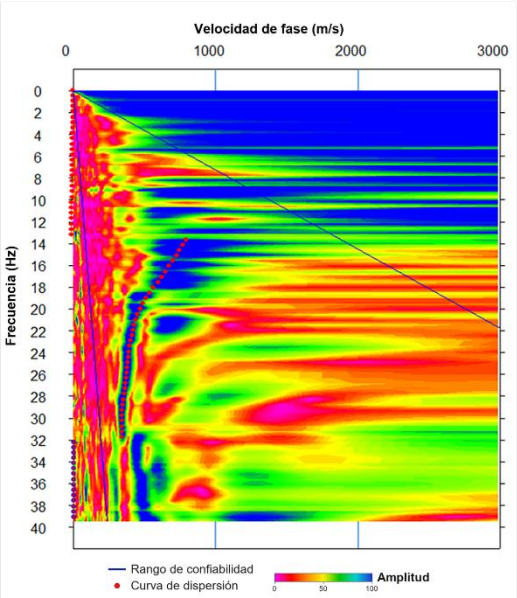
Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	298	4	Material medianamente compacto
2	464	13	Material compacto
Semi-espacio	785	-	Material muy compacto
Vs = Velocidad de ondas de corte promedio por capa			



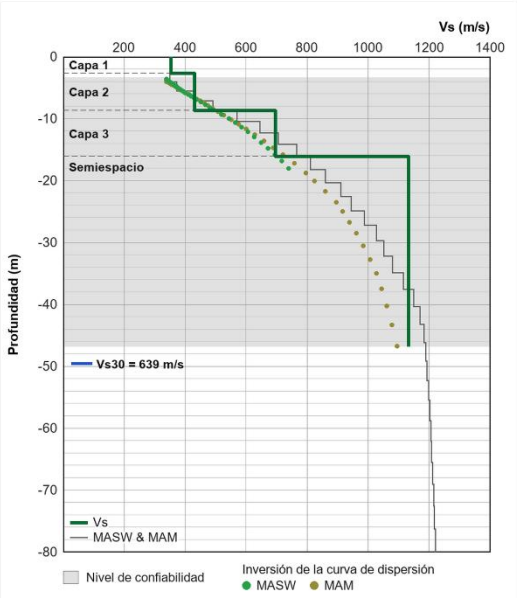
IGP	Caracterización Geofísica de suelos					
	UBICACIÓN:	Cerro Pumahuillca	**DISTRITO:**	San Marcos	**PROVINCIA / DEPARTAMENTO:**	Áncash
	LONGITUD DE LA LÍNEA:	69 metros	**DATUM:**	WGS84	**FECHA:**	2026-07-15
	COORDENADAS UTM 18S:	**NORTE (m):** 8946123		**ESTE (m):** 264241	**COTA (m s.n.m.):** 3141	
ELABORADO POR: F. Saavedra	**REVISADO POR:**	I. Bernal	**APROBADO POR:**		H. Tavera	

Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)
SAA-LS12

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

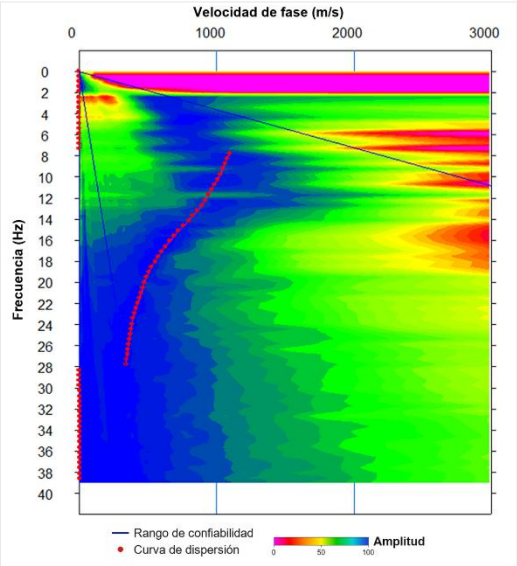
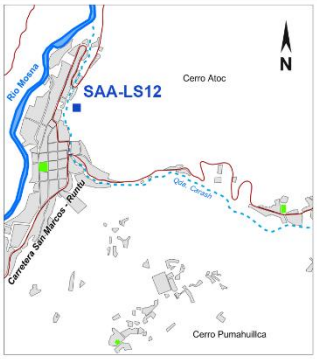


Tabla de resultados

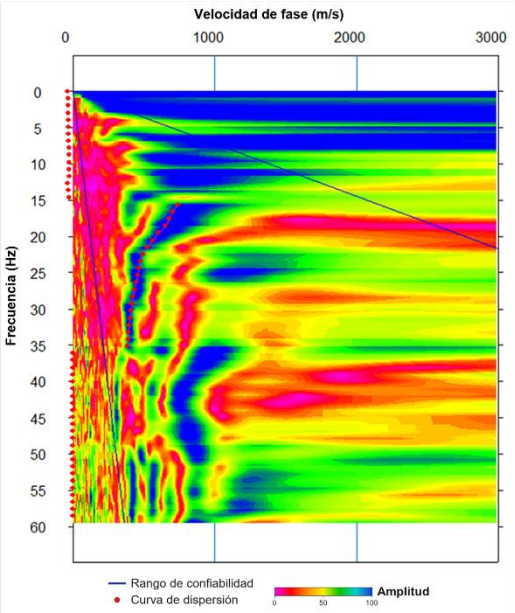
Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	352	3	Material compacto
2	429	6	
3	695	7	Material muy compacto
Semi-espacio	1132	-	Roca
Vs = Velocidad de ondas de corte promedio por capa			



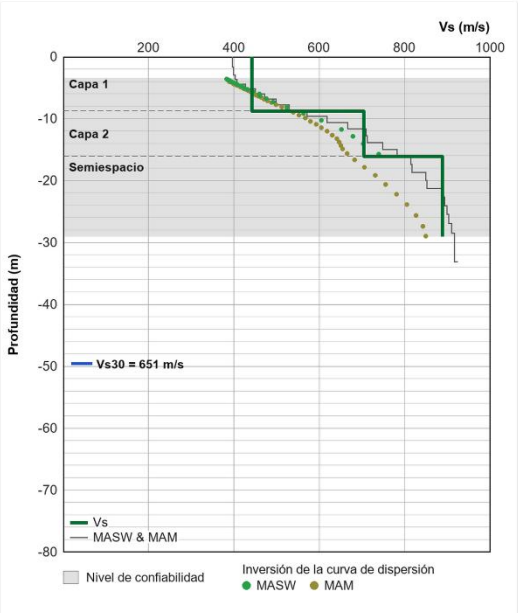
Caracterización Geofísica de suelos					
UBICACIÓN:	Cerro Atoc	DISTRITO:	San Marcos	PROVINCIA / DEPARTAMENTO:	Áncash
LONGITUD DE LA LÍNEA:	69 metros	DATUM:	WGS84	FECHA:	2026-07-15
COORDENADAS UTM 18S:	NORTE (m): 8946831	ESTE (m): 263398	COTA (m s.n.m.): 2980		
ELABORADO POR: F. Saavedra	REVISADO POR: I. Bernal	APROBADO POR: H. Tavera			

Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)
SAA-LS13

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

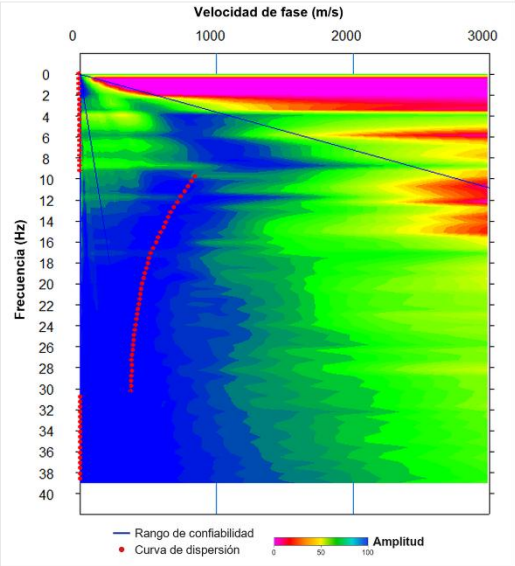
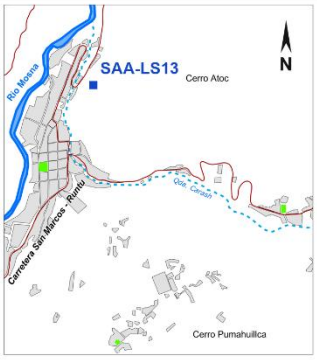


Tabla de resultados

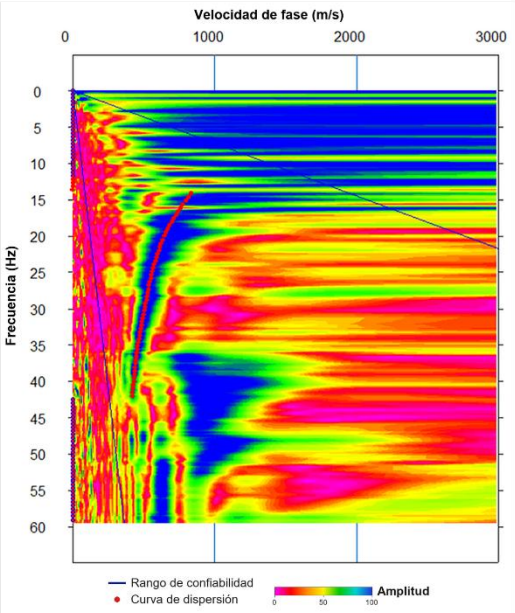
Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	441	9	Material compacto
2	703	7	Material muy compacto
Semi-espacio	887	-	Roca
Vs = Velocidad de ondas de corte promedio por capa			



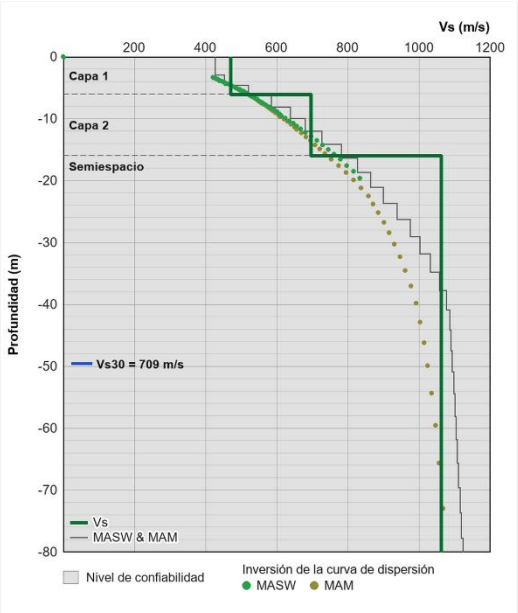
IGP		**Caracterización Geofísica de suelos**			
		UBICACIÓN:	Cerro Atoc	**DISTRITO:**	San Marcos
		LONGITUD DE LA LÍNEA:	69 metros	**DATUM:**	WGS84
		COORDENADAS UTM 18S:	**NORTE (m):** 8946975 **ESTE (m):** 263504 **COTA (m s.n.m.):** 3001		
ELABORADO POR:	F. Saavedra	**REVISADO POR:**	I. Bernal	**APROBADO POR:**	H. Tavera

Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)
SAA-LS14

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

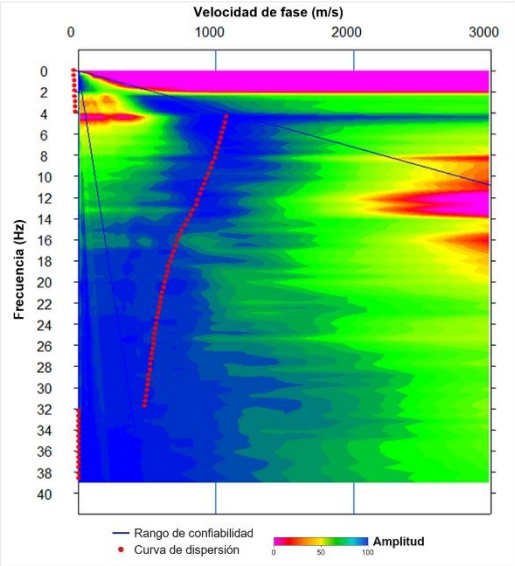
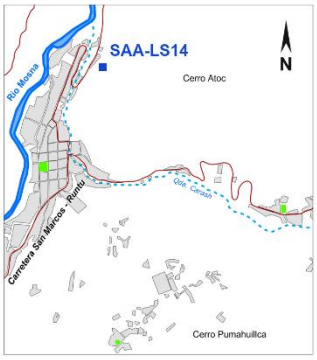


Tabla de resultados

Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	470	6	Material compacto
2	696	10	Material muy compacto
Semi-espacio	1061	-	Roca
Vs = Velocidad de ondas de corte promedio por capa			

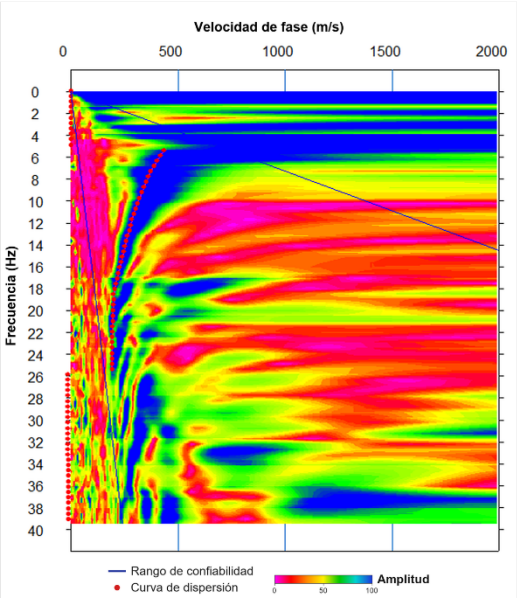


Caracterización Geofísica de suelos

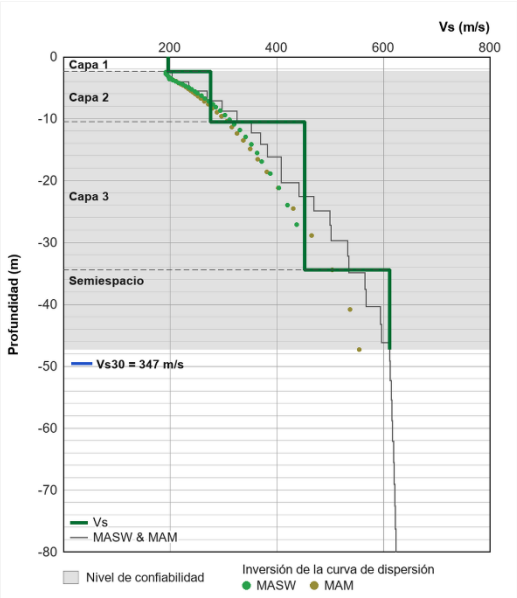
UBICACIÓN:	Cerro Atoc	**DISTRITO:**	San Marcos	**PROVINCIA / DEPARTAMENTO:**	Áncash
LONGITUD DE LA LÍNEA:	69 metros	**DATUM:**	WGS84	**FECHA:**	2026-07-15
COORDENADAS UTM 18S:	**NORTE (m):** 8947088	**ESTE (m):** 263563	**COTA (m s.n.m.):** 3007		
ELABORADO POR: F. Saavedra	**REVISADO POR:** I. Bernal	**APROBADO POR:**	H. Tavera		

Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)
SAA-LS15

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

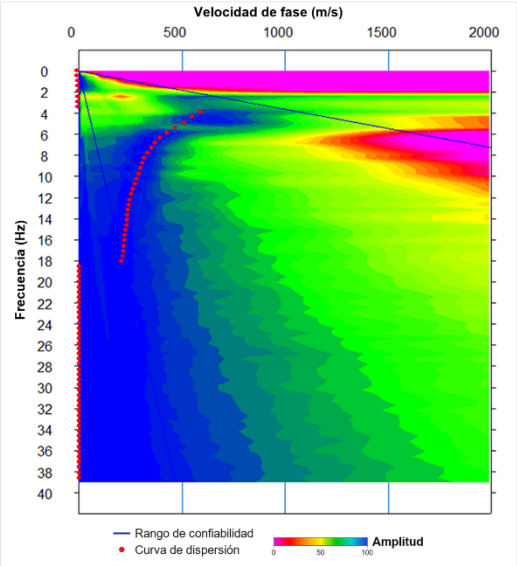
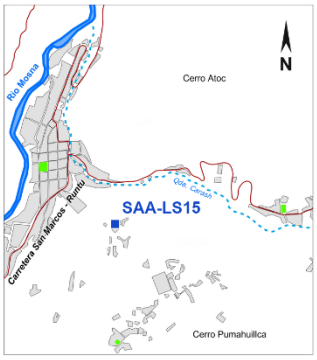


Tabla de resultados

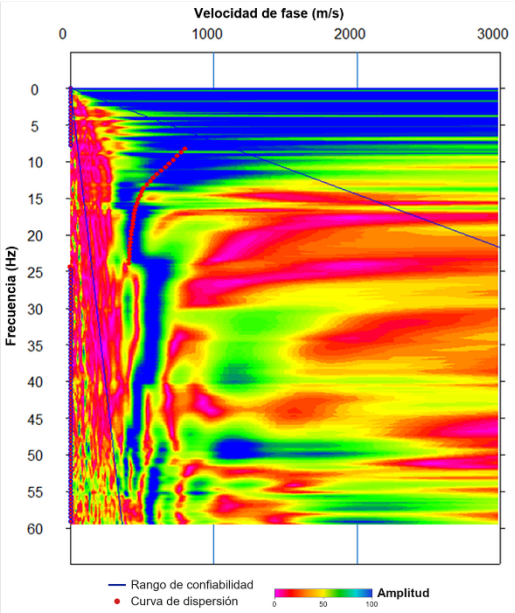
Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	197	2	Material suelto
2	275	8	Material medianamente compacto
3	452	24	Material compacto
Semi-espacio	612	-	Material muy compacto
Vs = Velocidad de ondas de corte promedio por capa			



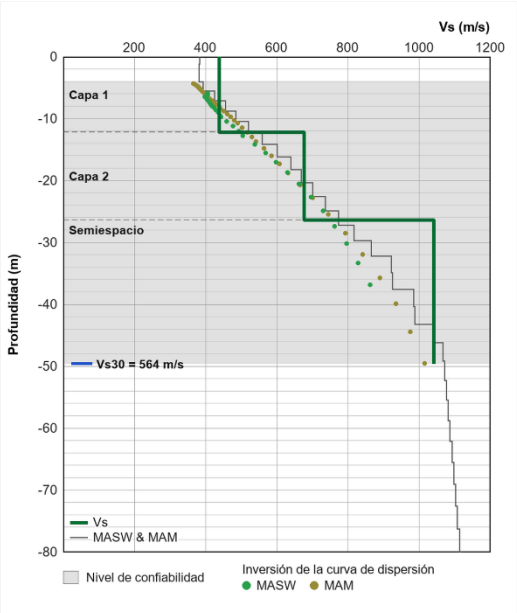
IGP	**Caracterización Geofísica de suelos**				
	UBICACIÓN:	Cerro Pumahuillca	**DISTRITO:**	San Marcos	**PROVINCIA / DEPARTAMENTO:** Áncash
	LONGITUD DE LA LÍNEA:	69 metros	**DATUM:**	WGS84	**FECHA:** 2026-07-15
	COORDENADAS UTM 18S:	**NORTE (m):** 8946102	**ESTE (m):** 263640	**COTA (m s.n.m.):** 3147	
ELABORADO POR: F. Saavedra	**REVISADO POR:**	I. Bernal	**APROBADO POR:**	H. Tavera	

Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)
SAA-LS16

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

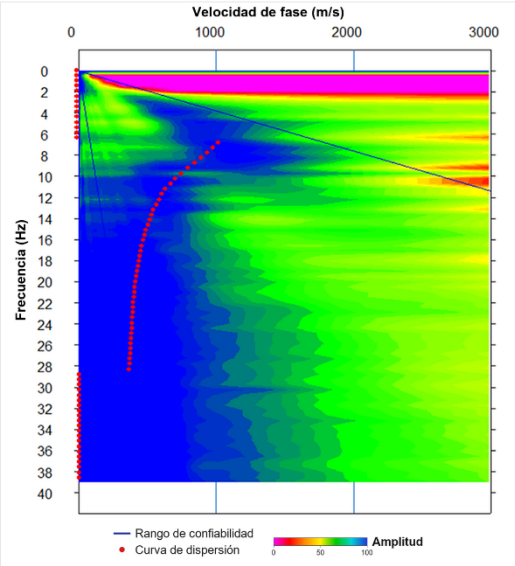
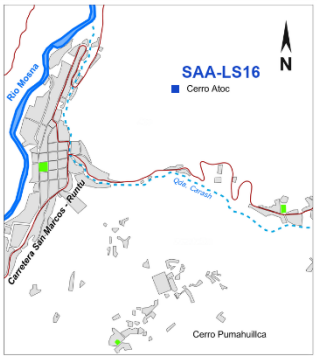


Tabla de resultados

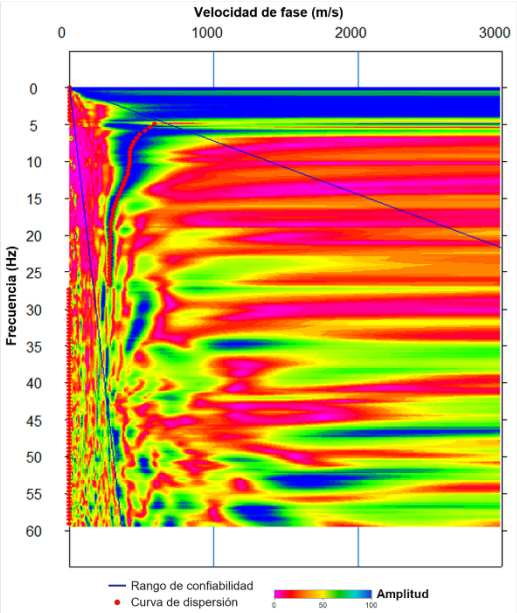
Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	437	12	Material compacto
2	676	14	Material muy compacto
Semi-espacio	1042	-	Roca
Vs = Velocidad de ondas de corte promedio por capa			



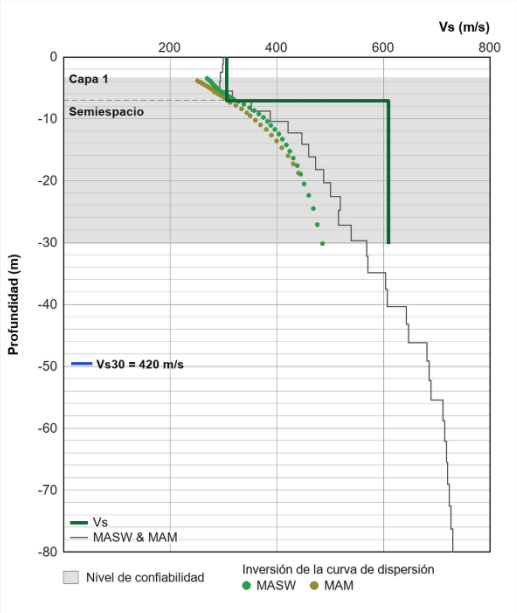
IGP		**Caracterización Geofísica de suelos**			
		UBICACIÓN:	Cerro Atoc	**DISTRITO:**	San Marcos
		LONGITUD DE LA LÍNEA:	69 metros	**DATUM:**	WGS84
		COORDENADAS UTM 18S:	**NORTE (m):** 8946951	**ESTE (m):** 264014	**COTA (m s.n.m.):** 3231
ELABORADO POR:	F. Saavedra	**REVISADO POR:**	I. Bernal	**APROBADO POR:**	H. Tavera

Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)
SAA-LS17

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

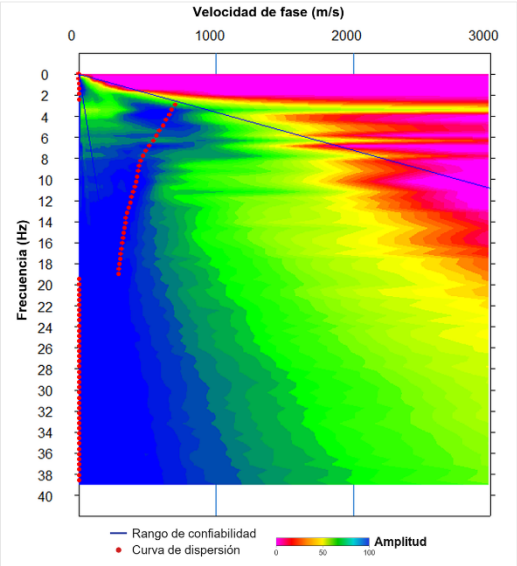
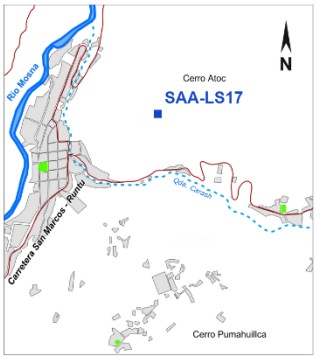


Tabla de resultados

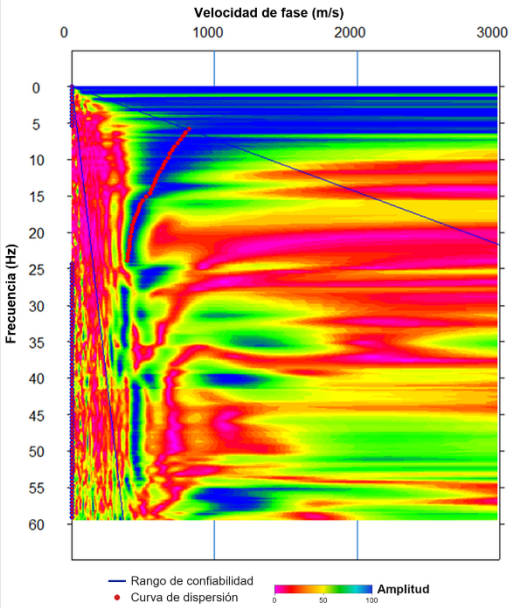
Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	306	7	Material medianamente compacto
Semi-espacio	609	-	Material muy compacto
Vs = Velocidad de ondas de corte promedio por capa			



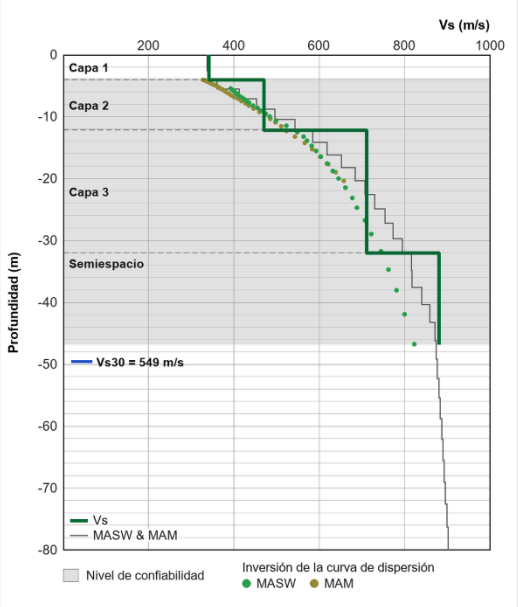
IGP	**Caracterización Geofísica de suelos**				
	UBICACIÓN:	Cerro Atoc	**DISTRITO:**	San Marcos	**PROVINCIA / DEPARTAMENTO:** Áncash
	LONGITUD DE LA LÍNEA:	69 metros	**DATUM:**	WGS84	**FECHA:** 2026-07-15
	COORDENADAS UTM 18S:	**NORTE (m):** 8946793	**ESTE (m):** 263906	**COTA (m s.n.m.):** 3295	
ELABORADO POR:	F. Saavedra	**REVISADO POR:**	I. Bernal	**APROBADO POR:**	H. Tavera

Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)
SAA-LS18

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

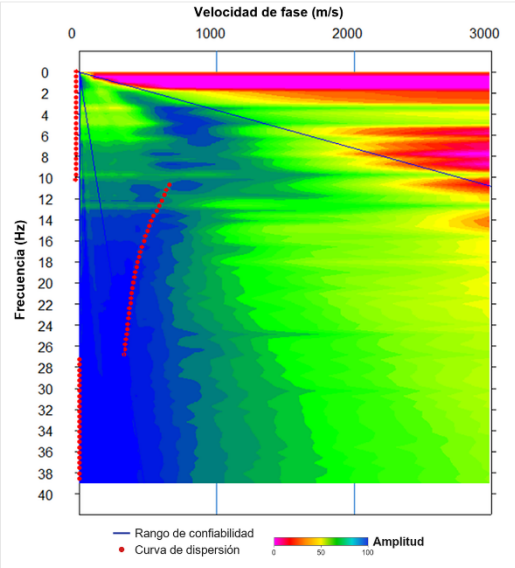
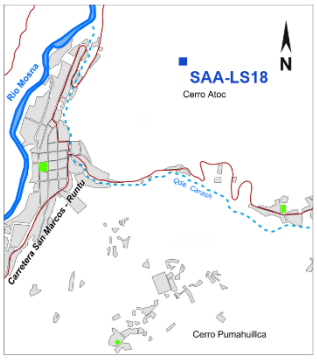


Tabla de resultados

Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	341	4	Material medianamente compacto
2	470	8	Material compacto
3	710	20	Material muy compacto
Semi-espacio	880	-	Roca
Vs = Velocidad de ondas de corte promedio por capa			



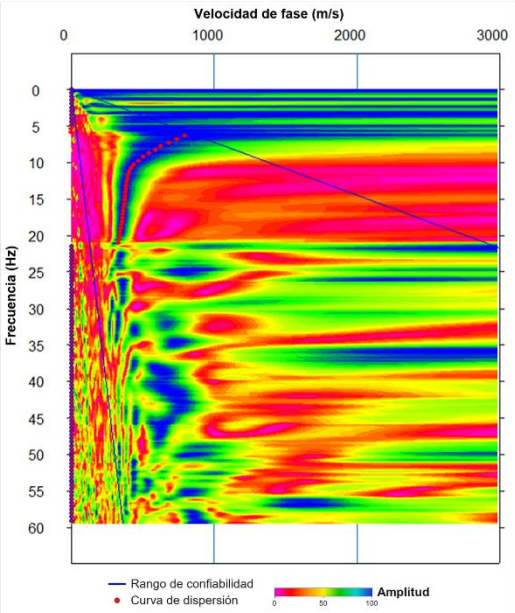
Caracterización Geofísica de suelos

UBICACIÓN:	Cerro Atoc	**DISTRITO:**	San Marcos	**PROVINCIA / DEPARTAMENTO:**	Áncash
LONGITUD DE LA LÍNEA:	69 metros	**DATUM:**	WGS84	**FECHA:**	2026-07-15
COORDENADAS UTM 18S:	**NORTE (m):** 8947121	**ESTE (m):** 264063	**COTA (m s.n.m.):** 3232		

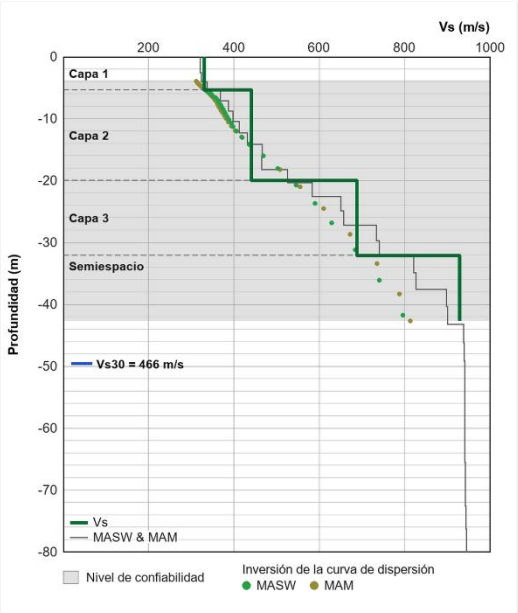
ELABORADO POR:	F. Saavedra	**REVISADO POR:**	I. Bernal	**APROBADO POR:**	H. Tavera

Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)
SAA-LS19

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

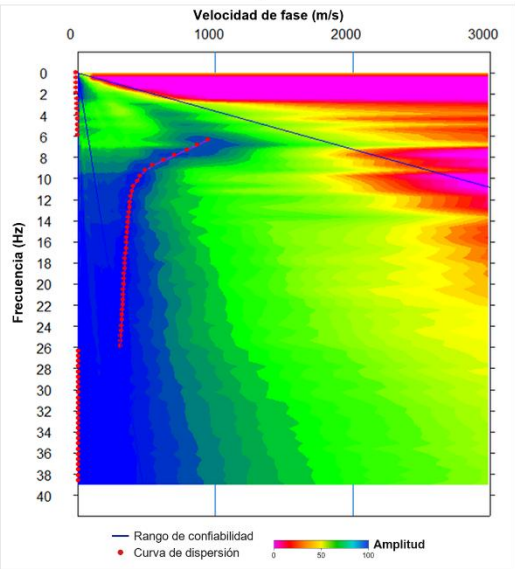
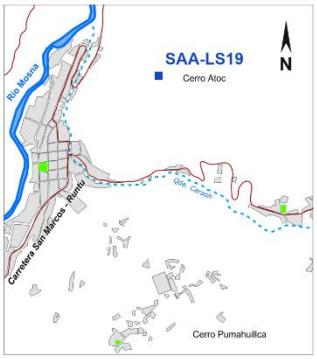


Tabla de resultados

Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	331	5	Material medianamente compacto
2	440	15	Material compacto
3	688	12	Material muy compacto
Semi-espacio	927	-	Roca
Vs = Velocidad de ondas de corte promedio por capa			



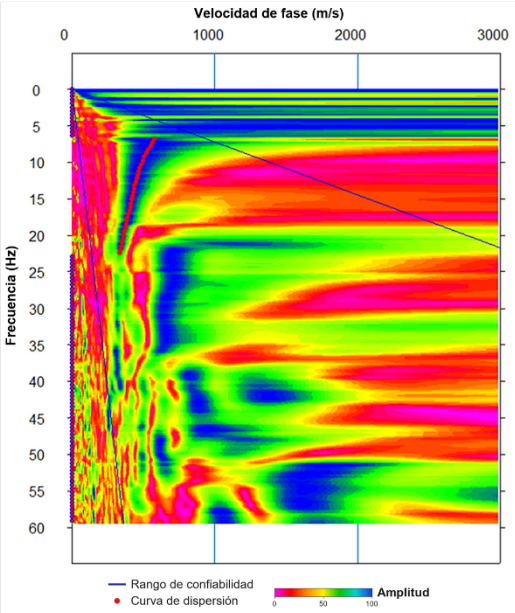
Caracterización Geofísica de suelos

UBICACIÓN:	Cerro Atoc	**DISTRITO:**	San Marcos	**PROVINCIA / DEPARTAMENTO:**	Áncash
LONGITUD DE LA LÍNEA:	69 metros	**DATUM:**	WGS84	**FECHA:**	2026-07-15
COORDENADAS UTM 18S:	**NORTE (m):** 8947034	**ESTE (m):** 263910	**COTA (m s.n.m.):** 3165		

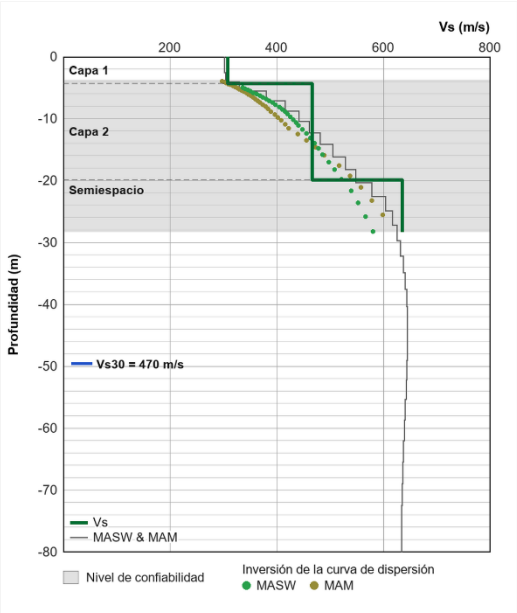
ELABORADO POR:	F. Saavedra	**REVISADO POR:**	I. Bernal	**APROBADO POR:**	H. Tavera

Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)
SAA-LS20

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

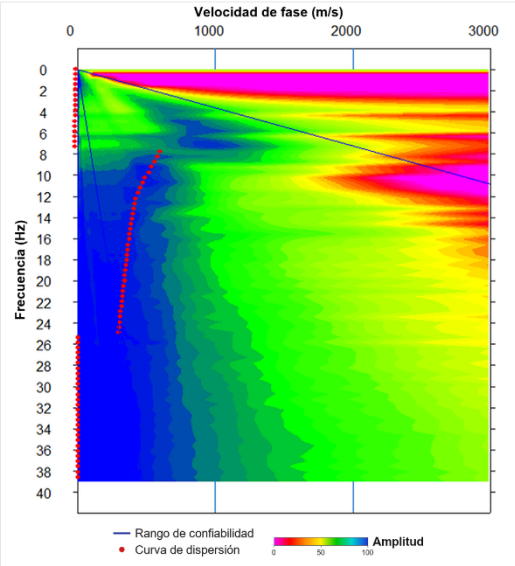
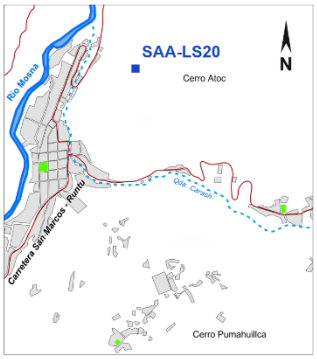


Tabla de resultados

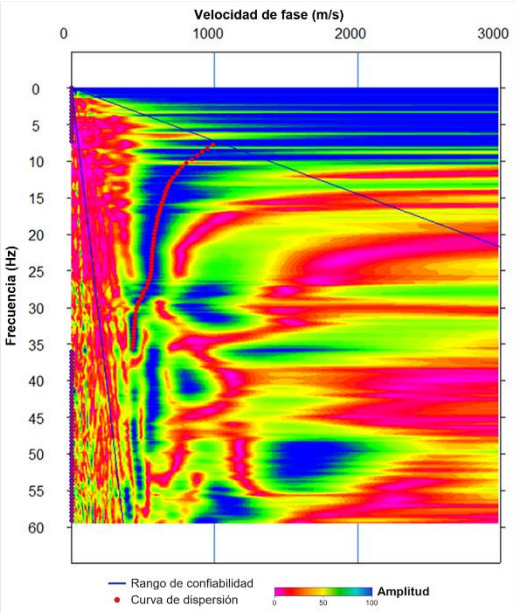
Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	308	4	Material medianamente compacto
2	467	16	Material compacto
Semi-espacio	635	-	Material muy compacto
Vs = Velocidad de ondas de corte promedio por capa			



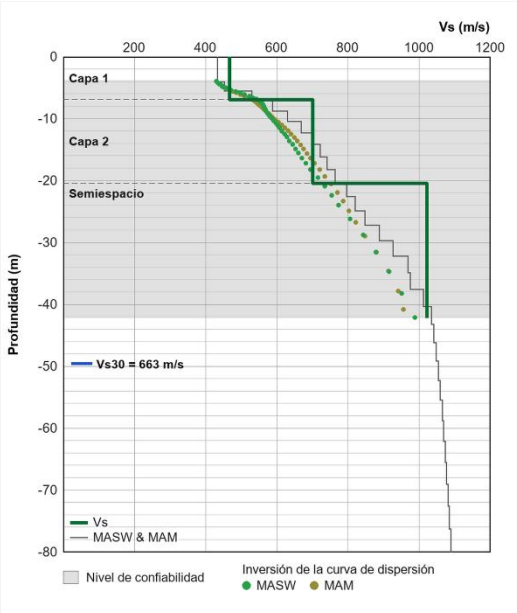
Caracterización Geofísica de suelos					
UBICACIÓN:	Cerro Atoc	DISTRITO:	San Marcos	PROVINCIA / DEPARTAMENTO:	Áncash
LONGITUD DE LA LÍNEA:	69 metros	DATUM:	WGS84	FECHA:	2026-07-15
COORDENADAS UTM 18S:	NORTE (m): 8947079 ESTE (m): 263765 COTA (m s.n.m.): 3117				
ELABORADO POR: F. Saavedra	REVISADO POR: I. Bernal	APROBADO POR: H. Tavera			

Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)
SAA-LS21

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

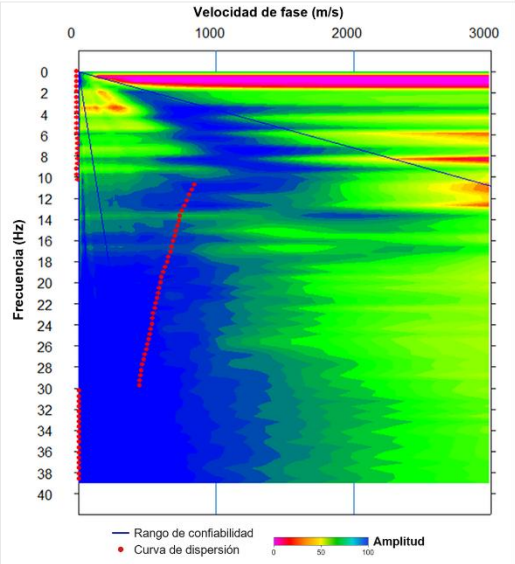
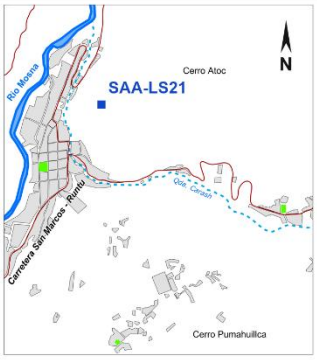


Tabla de resultados

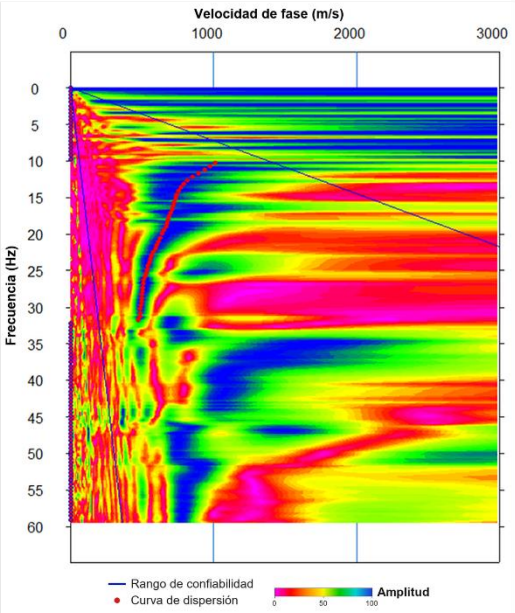
Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	468	7	Material compacto
2	701	13	Material muy compacto
Semi-espacio	1021	-	Roca
Vs = Velocidad de ondas de corte promedio por capa			



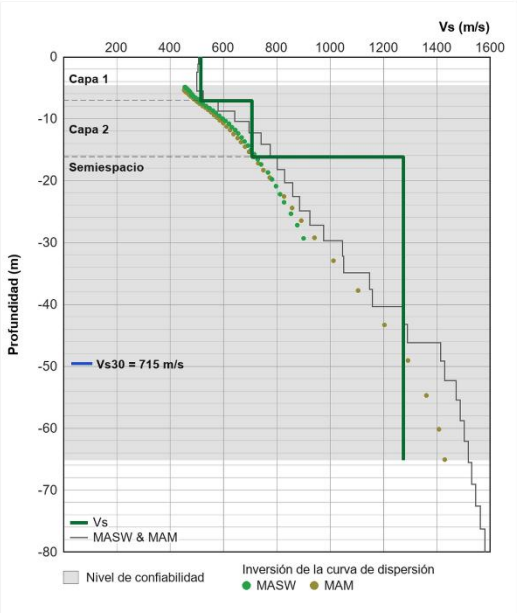
IGP		**Caracterización Geofísica de suelos**			
		UBICACIÓN:	Cerro Atoc	**DISTRITO:**	San Marcos
		LONGITUD DE LA LÍNEA:	69 metros	**DATUM:**	WGS84
		COORDENADAS UTM 18S:	**NORTE (m):** 8946854	**ESTE (m):** 263554	**COTA (m s.n.m.):** 3091
ELABORADO POR:	F. Saavedra	**REVISADO POR:**	I. Bernal	**APROBADO POR:**	H. Tavera

Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)
SAA-LS22

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

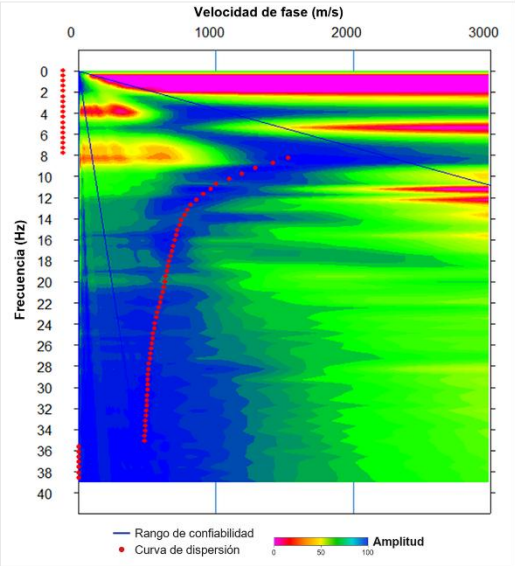
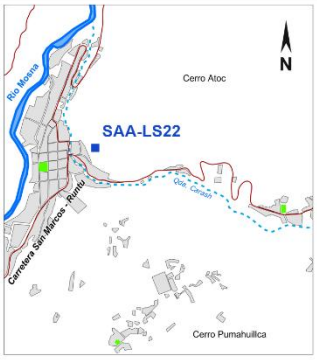


Tabla de resultados

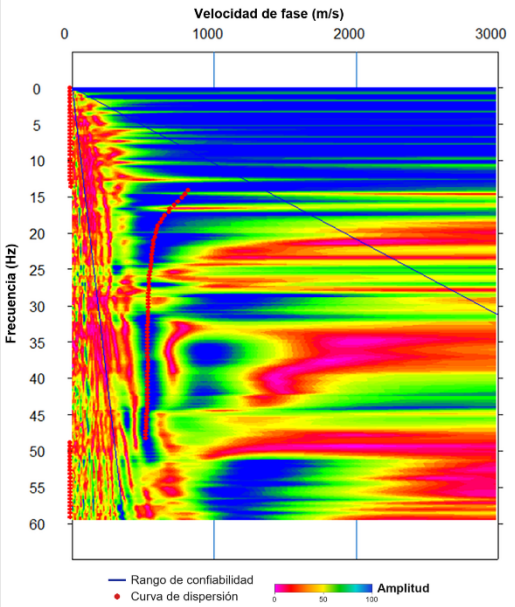
Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	515	7	Material compacto
2	707	9	Material muy compacto
Semi-espacio	1273	-	Roca
Vs = Velocidad de ondas de corte promedio por capa			



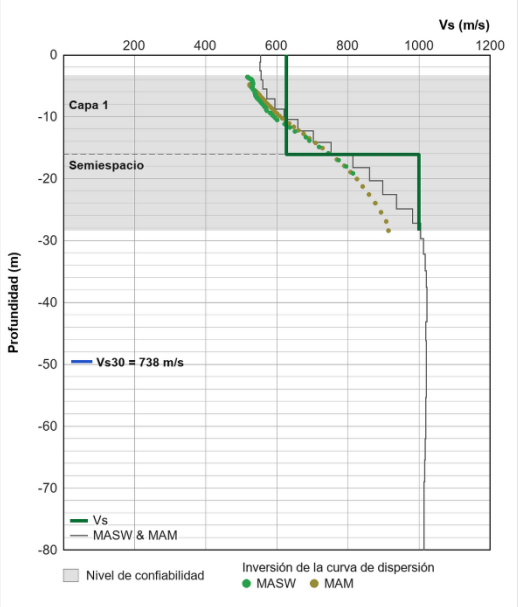
IGP	**Caracterización Geofísica de suelos**				
	UBICACIÓN:	Cerro Atoc	**DISTRITO:**	San Marcos	**PROVINCIA / DEPARTAMENTO:** Áncash
	LONGITUD DE LA LÍNEA:	69 metros	**DATUM:**	WGS84	**FECHA:** 2026-07-15
	COORDENADAS UTM 18S:	**NORTE (m):** 8946581	**ESTE (m):** 263515	**COTA (m s.n.m.):** 3038	
ELABORADO POR: F. Saavedra	**REVISADO POR:**	I. Bernal	**APROBADO POR:**	H. Tavera	

Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)
SAA-LS23

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

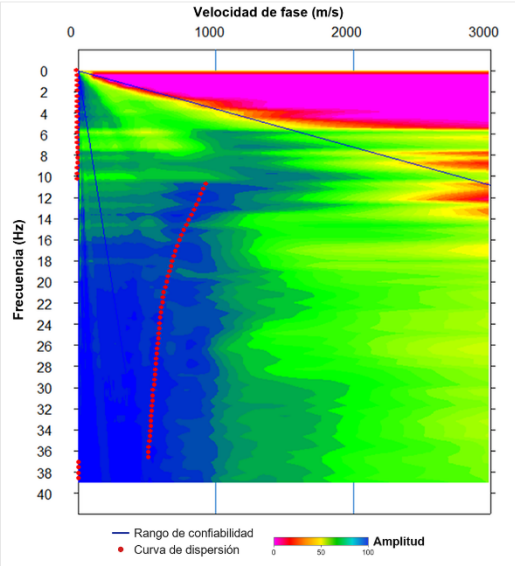
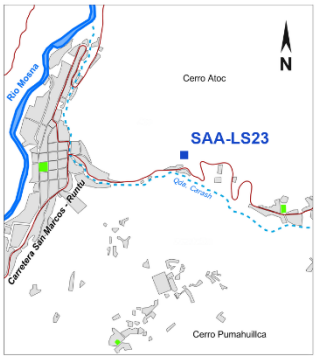


Tabla de resultados

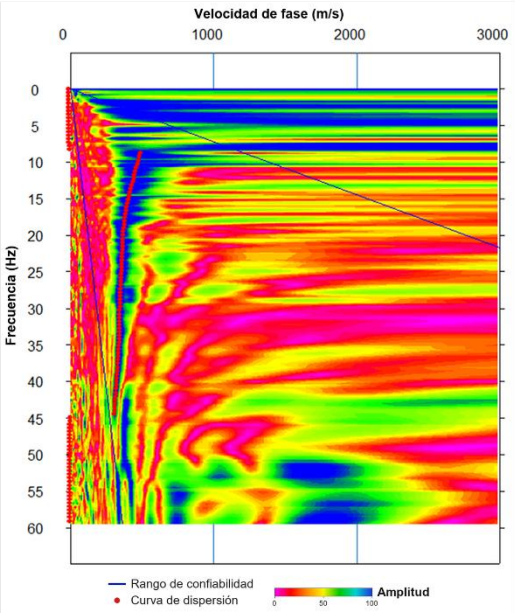
Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	626	16	Material muy compacto
Semi-espacio	1000	-	Roca
Vs = Velocidad de ondas de corte promedio por capa			



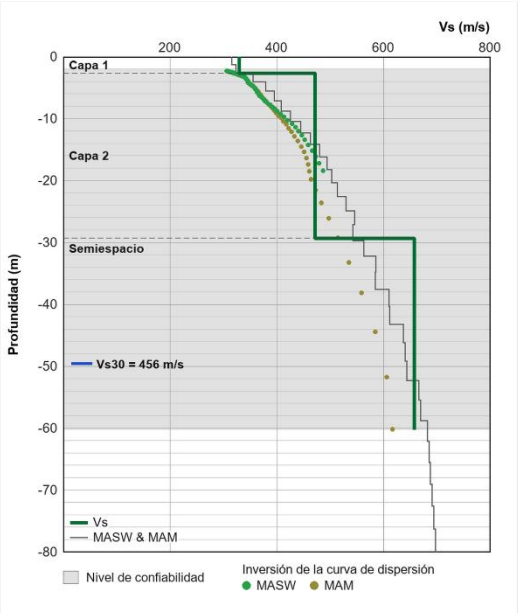
IGP		**Caracterización Geofísica de suelos**			
		UBICACIÓN:	Cerro Atoc	**DISTRITO:** San Marcos	**PROVINCIA / DEPARTAMENTO:** Áncash
		LONGITUD DE LA LÍNEA:	69 metros	**DATUM:** WGS84	**FECHA:** 2026-07-15
		COORDENADAS UTM 18S:	**NORTE (m):** 8946537	**ESTE (m):** 264070	**COTA (m s.n.m.):** 3056
ELABORADO POR:	F. Saavedra	**REVISADO POR:**	I. Bernal	**APROBADO POR:**	H. Tavera

Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)
SAA-LS24

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

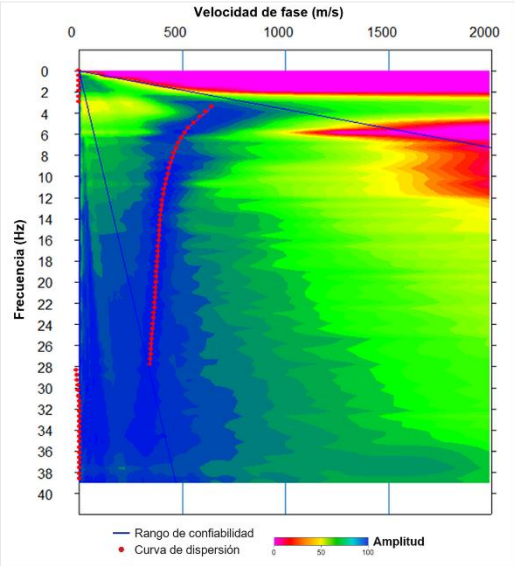
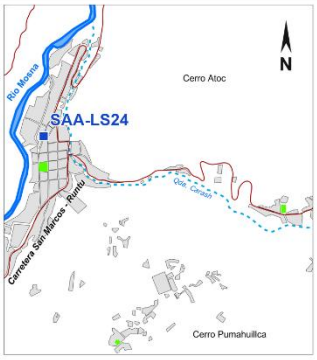


Tabla de resultados

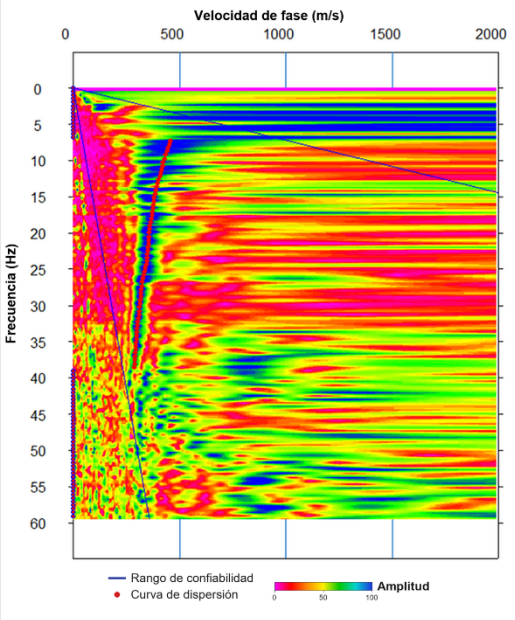
Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	329	3	Material medianamente compacto
2	472	27	Material compacto
Semi-espacio	658	-	Material muy compacto
Vs = Velocidad de ondas de corte promedio por capa			



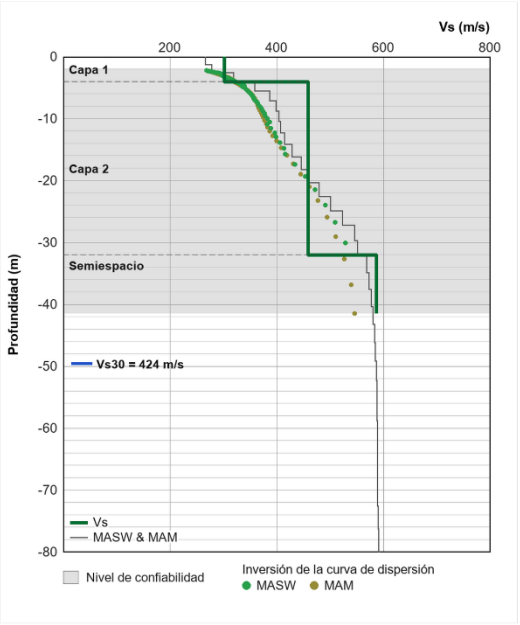
IGP	**Caracterización Geofísica de suelos**				
	UBICACIÓN:	Cerro Atoc	**DISTRITO:**	San Marcos	**PROVINCIA / DEPARTAMENTO:** Áncash
	LONGITUD DE LA LÍNEA:	69 metros	**DATUM:**	WGS84	**FECHA:** 2026-07-15
	COORDENADAS UTM 18S:	**NORTE (m):** 8946653	**ESTE (m):** 263191	**COTA (m s.n.m.):** 2970	
ELABORADO POR: F. Saavedra	**REVISADO POR:**	I. Bernal	**APROBADO POR:**	H. Tavera	

Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)
SAA-LS25

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

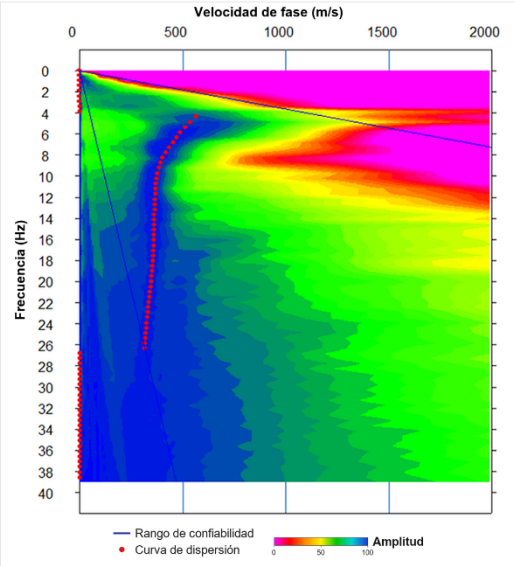
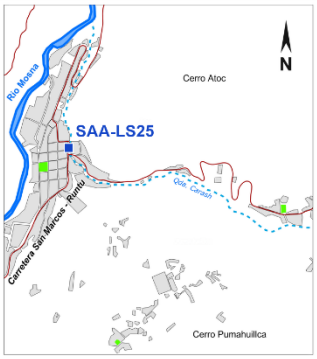


Tabla de resultados

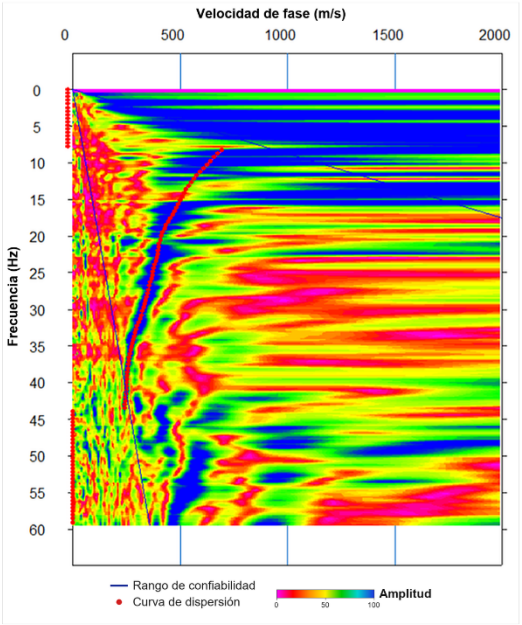
Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	302	4	Material medianamente compacto
2	459	28	Material compacto
Semi-espacio	586	-	Material muy compacto
Vs = Velocidad de ondas de corte promedio por capa			



IGP		**Caracterización Geofísica de suelos**			
		UBICACIÓN:	Cerro Atoc	**DISTRITO:** San Marcos	**PROVINCIA / DEPARTAMENTO:** Áncash
		LONGITUD DE LA LÍNEA:	69 metros	**DATUM:** WGS84	**FECHA:** 2026-07-15
		COORDENADAS UTM 18S:	**NORTE (m):** 8946581 **ESTE (m):** 263349 **COTA (m s.n.m.):** 2963		
ELABORADO POR:	F. Saavedra	**REVISADO POR:**	I. Bernal	**APROBADO POR:**	H. Tavera

Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)
SAA-LS26

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs

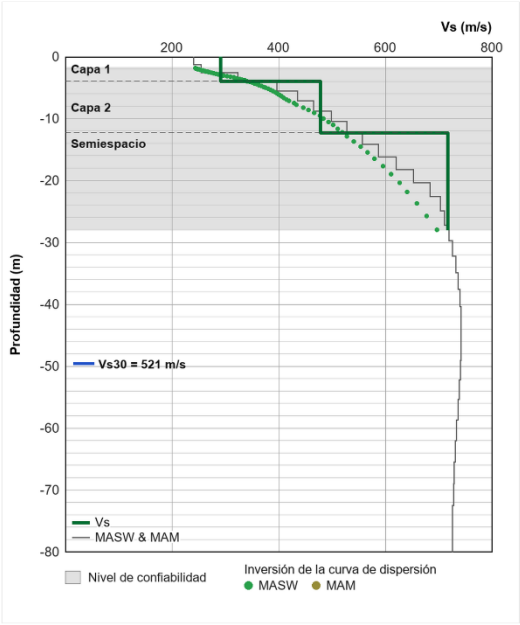
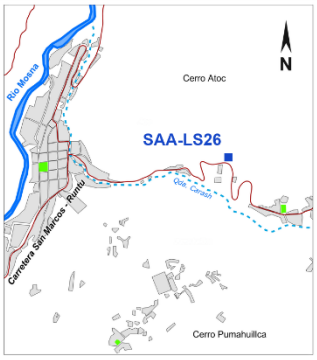


Tabla de resultados

Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	290	4	Material medianamente compacto
2	478	8	Material compacto
Semi-espacio	717	-	Material muy compacto
Vs = Velocidad de ondas de corte promedio por capa			



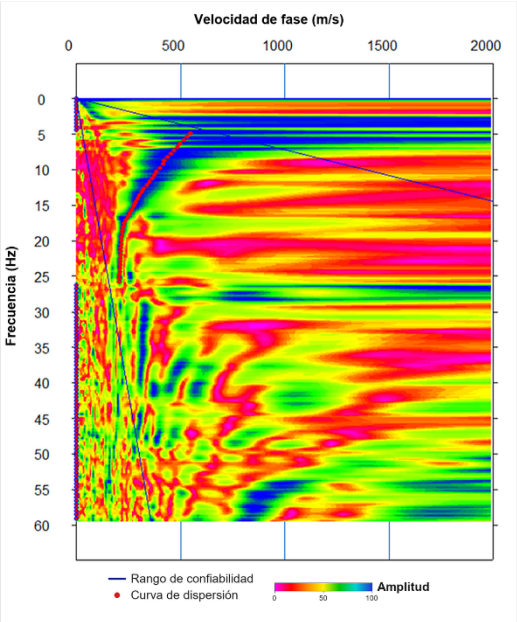
Caracterización Geofísica de suelos

UBICACIÓN:	Cerro Atoc	**DISTRITO:**	San Marcos	**PROVINCIA / DEPARTAMENTO:**	Áncash
LONGITUD DE LA LÍNEA:	69 metros	**DATUM:**	WGS84	**FECHA:**	2026-07-15
COORDENADAS UTM 18S:	**NORTE (m):** 8946522	**ESTE (m):** 264347	**COTA (m s.n.m.):** 3070		

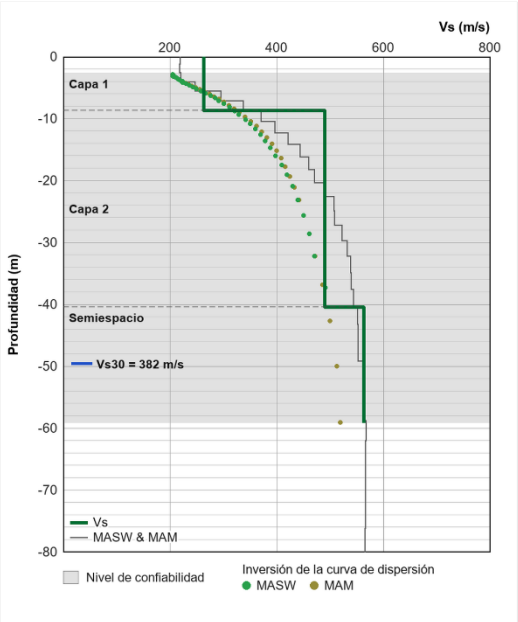
ELABORADO POR:	F. Saavedra	**REVISADO POR:**	I. Bernal	**APROBADO POR:**	H. Tavera

Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)
SAA-LS27

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

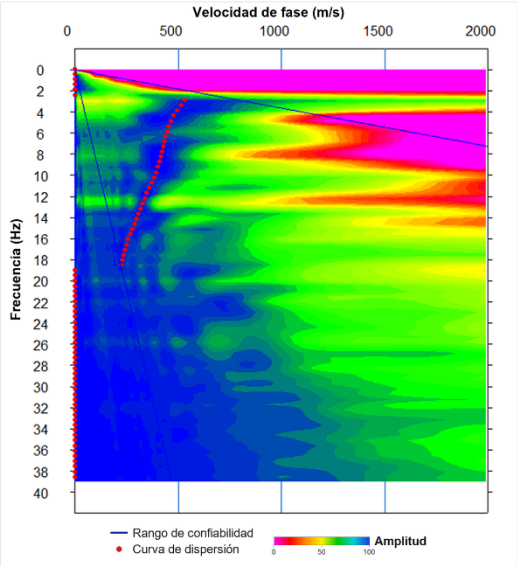
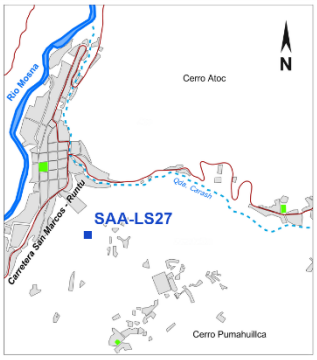


Tabla de resultados

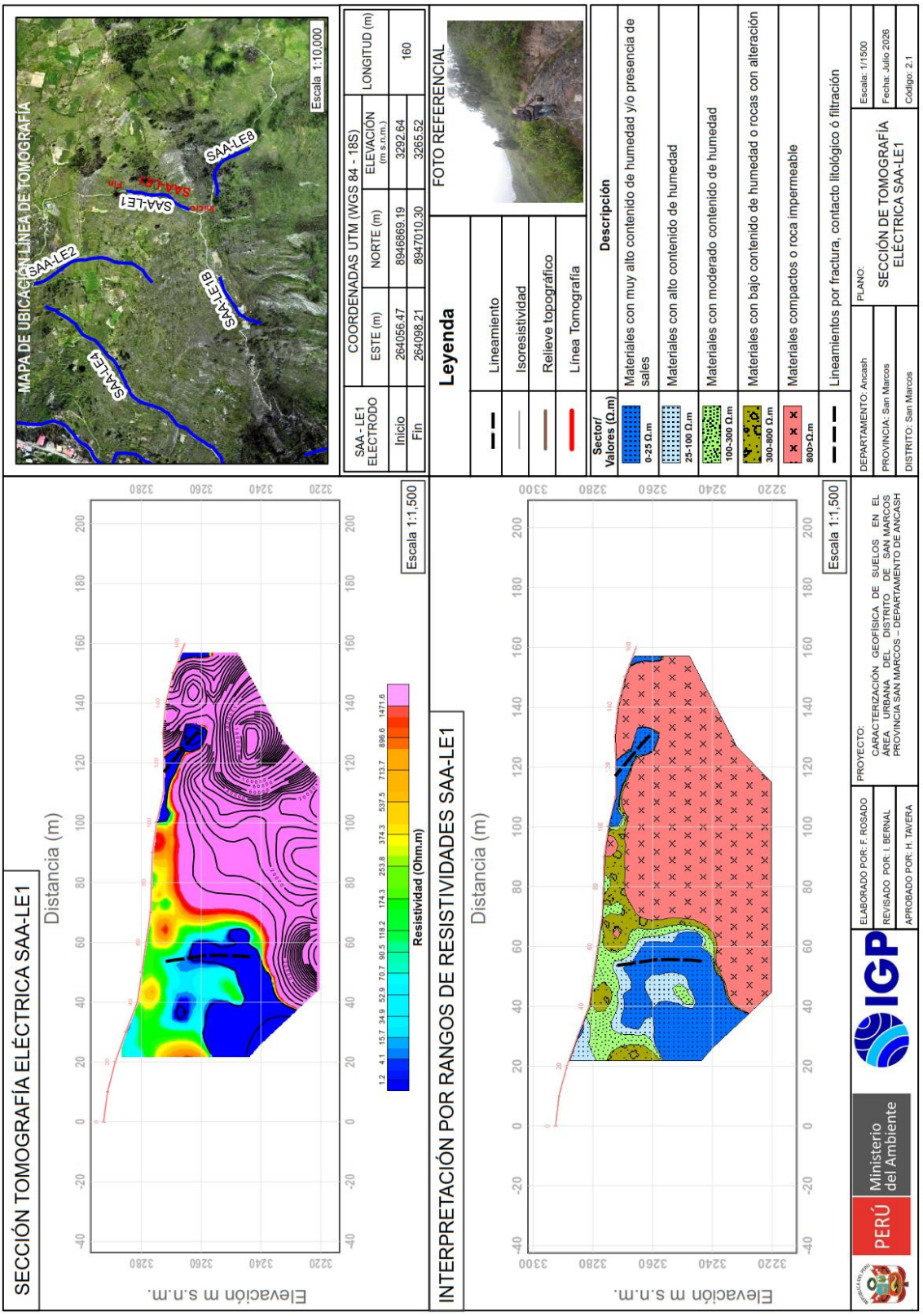
Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	262	9	Material medianamente compacto
2	490	32	Material compacto
Semi-espacio	563	-	Material muy compacto
Vs = Velocidad de ondas de corte promedio por capa			

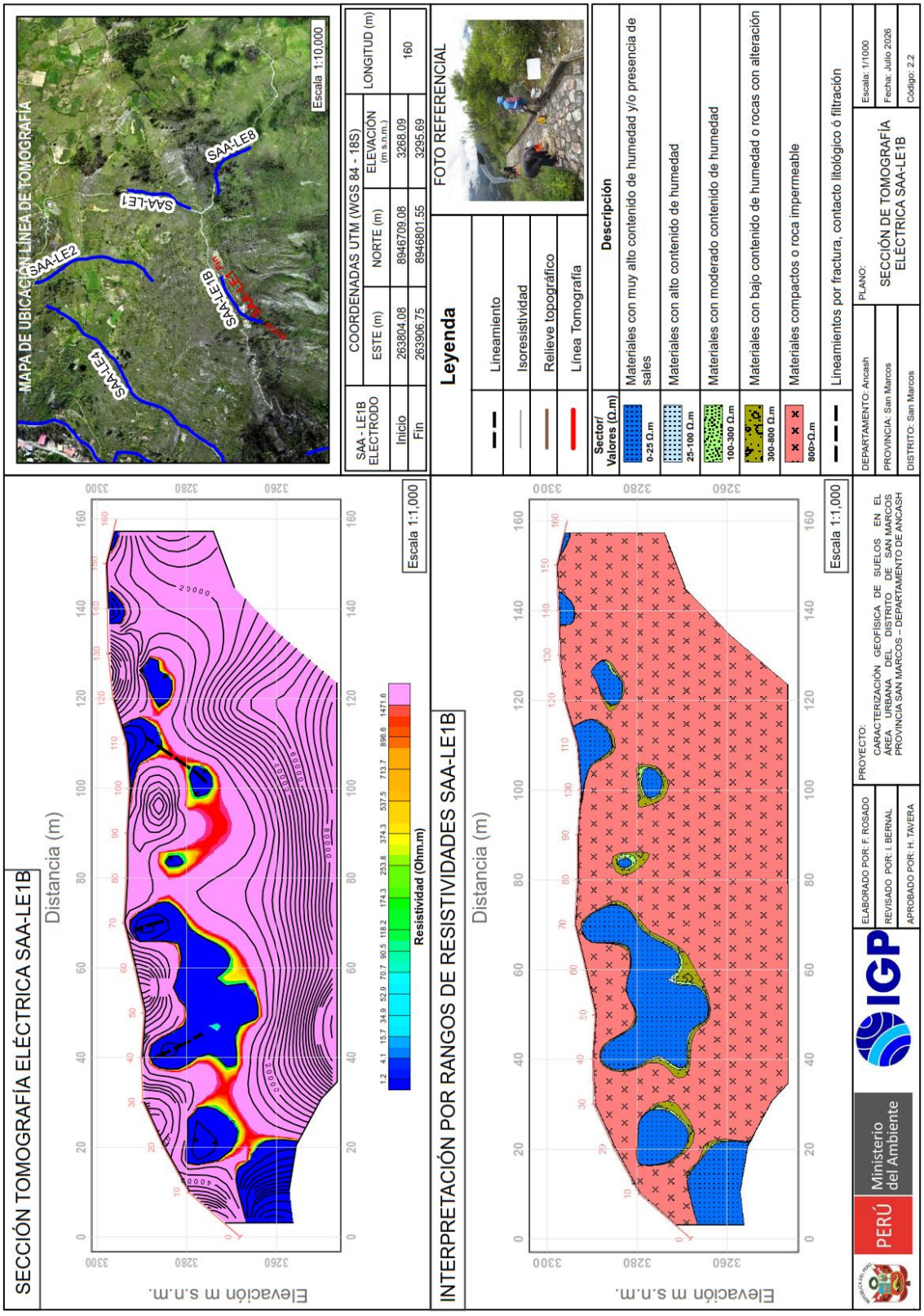


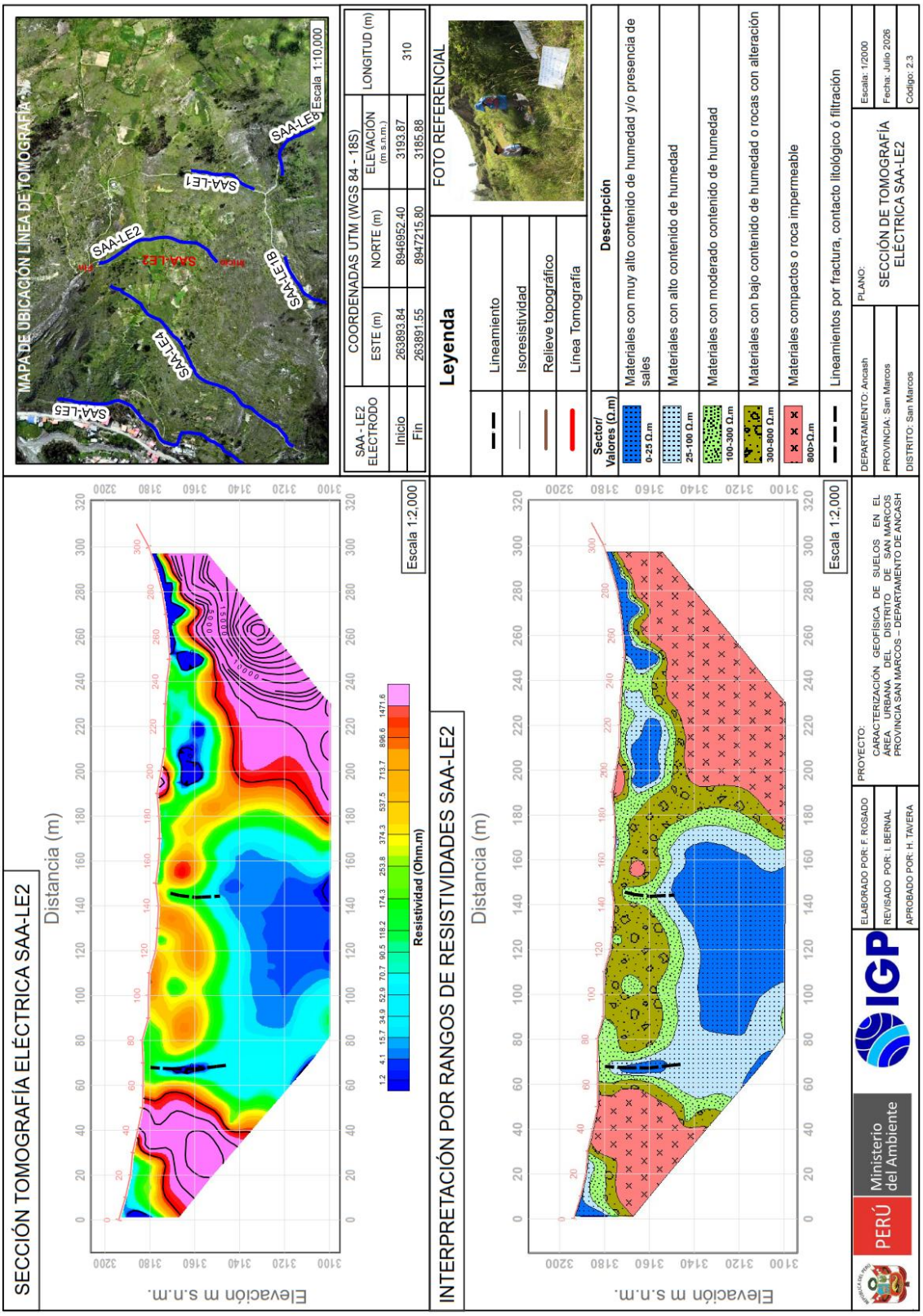
Caracterización Geofísica de suelos					
UBICACIÓN:	Cerro Pumahuillca	DISTRITO:	San Marcos	PROVINCIA / DEPARTAMENTO:	Áncash
LONGITUD DE LA LÍNEA:	69 metros	DATUM:	WGS84	FECHA:	2026-07-15
COORDENADAS UTM 18S:	NORTE (m): 8946035	ESTE (m): 263466	COTA (m s.n.m.): 3104		
ELABORADO POR: F. Saavedra	REVISADO POR: I. Bernal	APROBADO POR: H. Tavera			

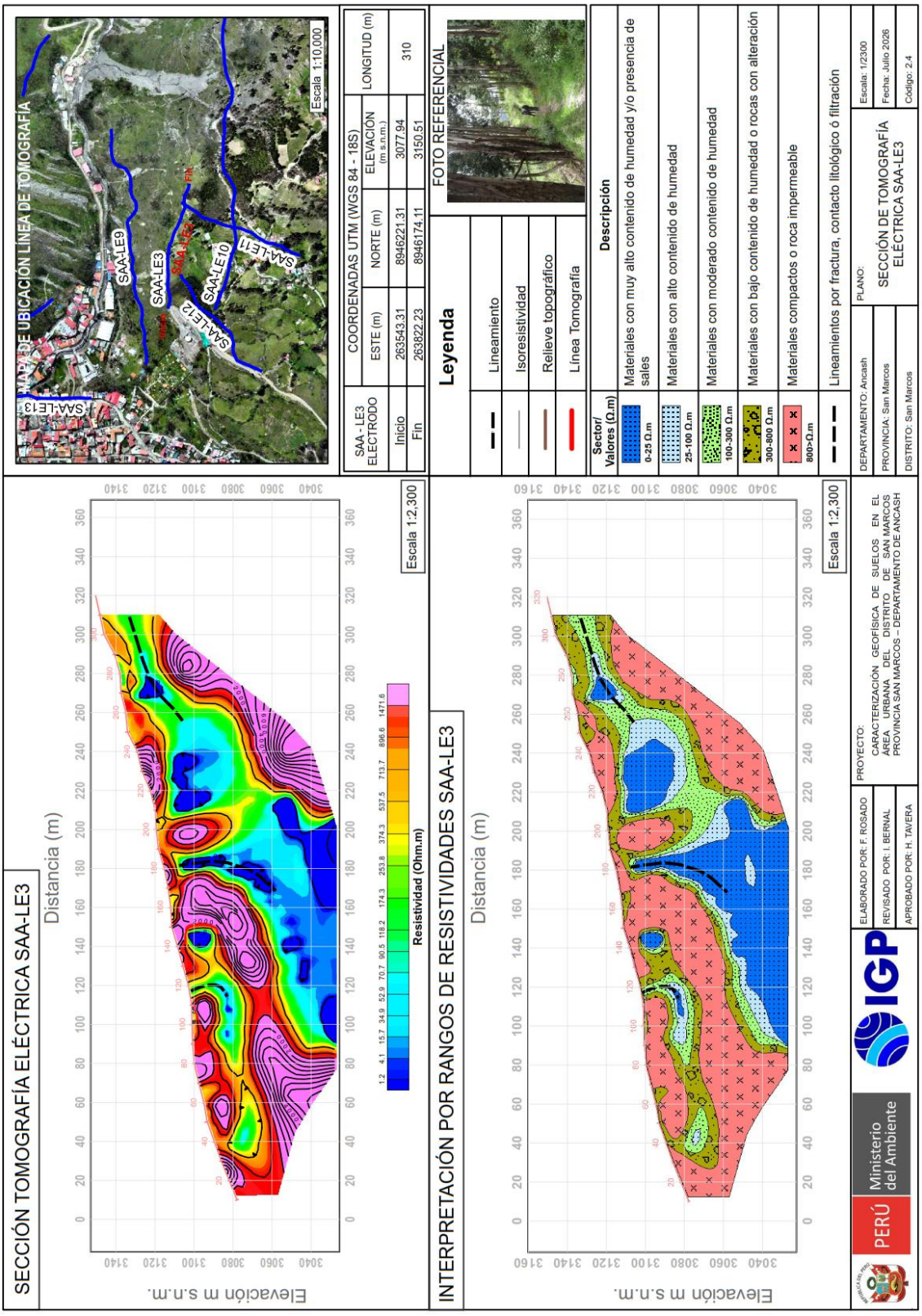
ANEXO 2

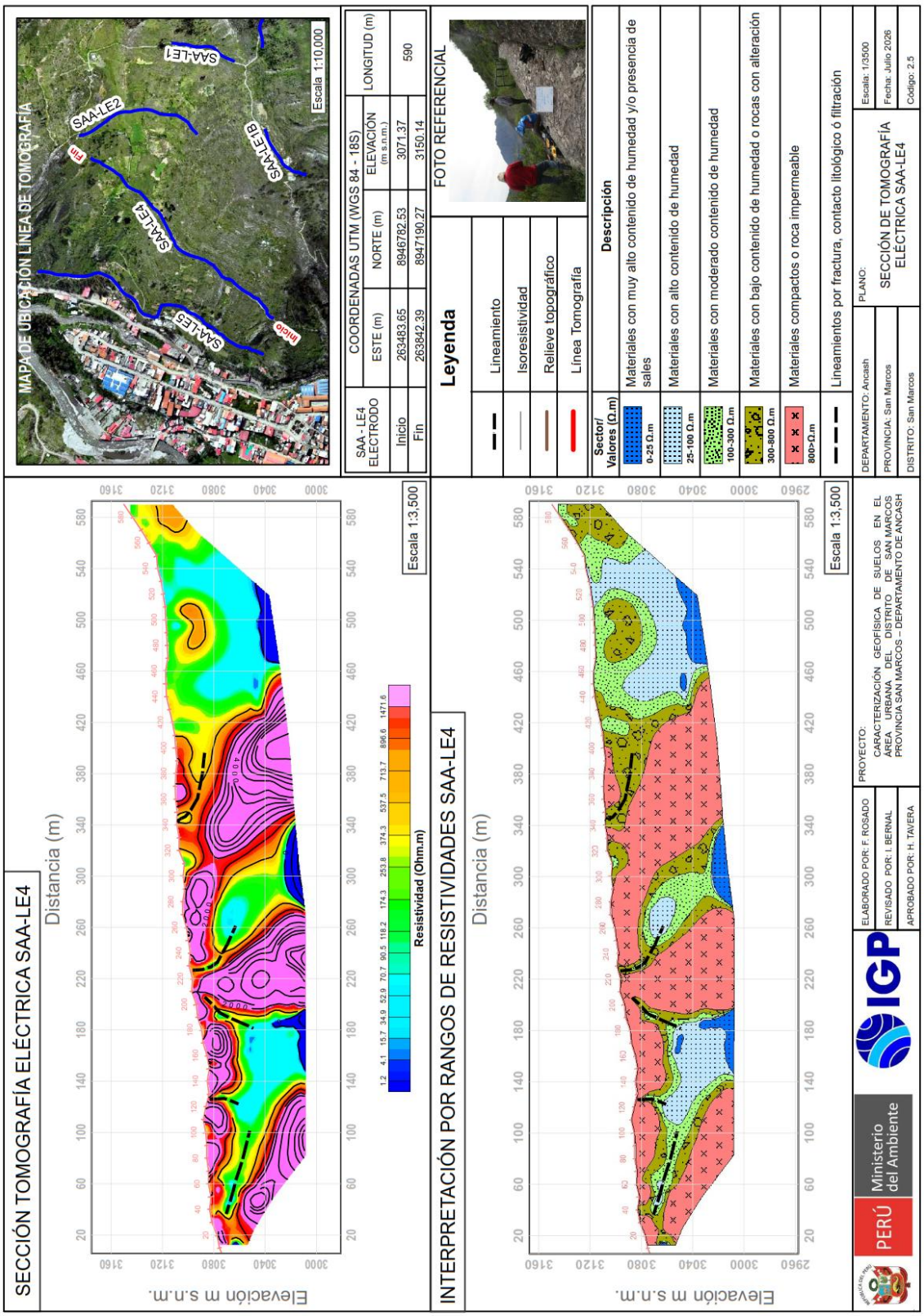
Secciones de Tomografía Eléctrica

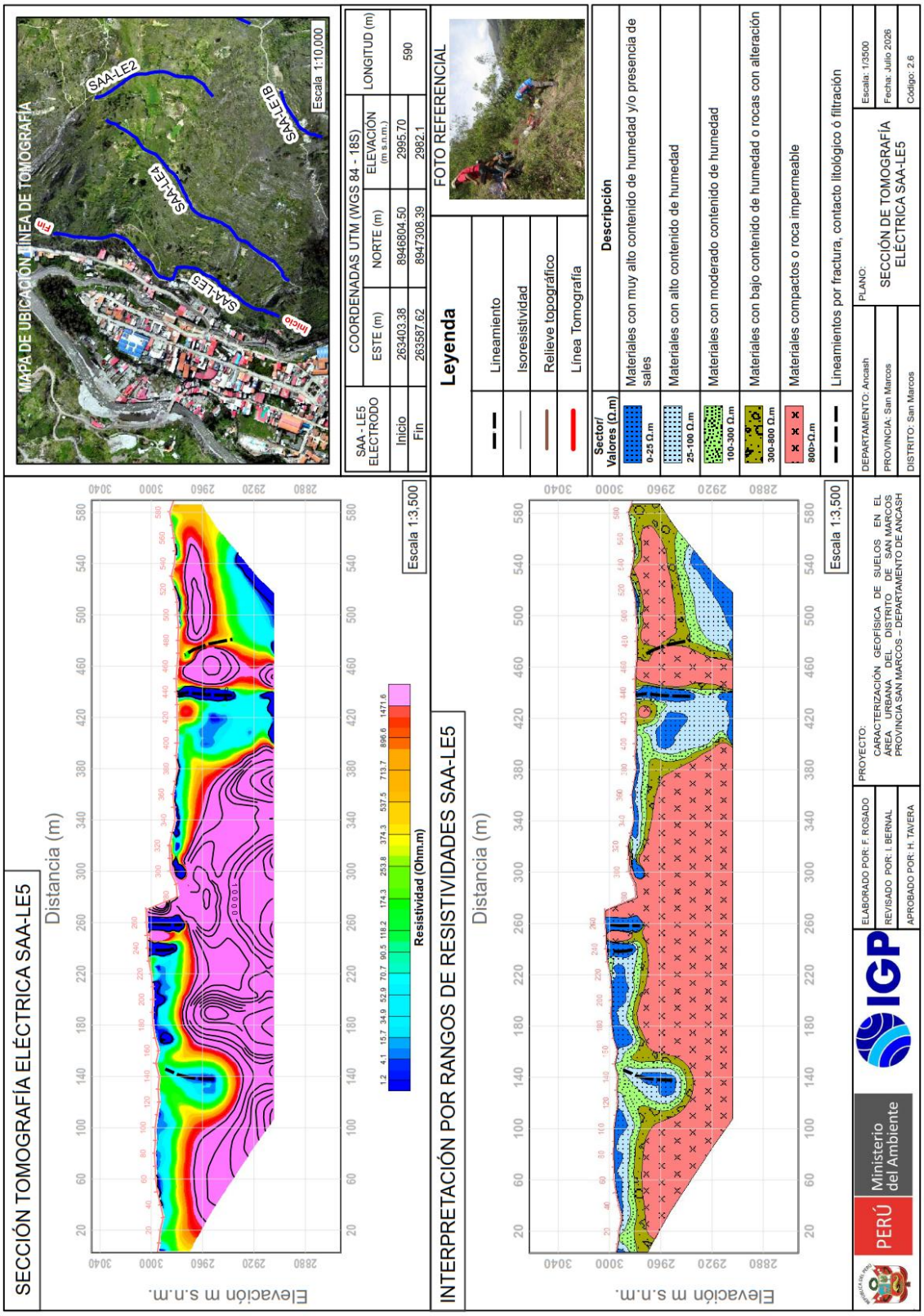

SECCIÓN TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA SAA-LE1
Distancia (m)
Elevación m s.n.m.
Escala 1:1,500
Resistividad (Ohm.m)
INTERPRETACIÓN POR RANGOS DE RESISTIVIDADES SAA-LE1
Distancia (m)
Elevación m s.n.m.
Escala 1:1,500
MAPA DE UBICACIÓN LÍNEA DE TOMOGRAFÍA
Escala 1:10,000
SAA-LE1
SAA-LE2
SAA-LE4
SAA-LE8
SAA-LE3
Inicio
Fin
SAA - LE1 ELECTRODO
COORDENADAS UTM (WGS 84 - 18S)
ESTE (m)
NORTE (m)
ELEVACIÓN (m s.n.m.)
LONGITUD (m)
Inicio 264056.47 8946869.19 3292.64
Fin 264098.21 8947010.30 3265.52
160
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
25-100 Ω.m
Materiales con alto contenido de humedad
100-300 Ω.m
Materiales con moderado contenido de humedad
300-800 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
ELABORADO POR: F. ROSADO
REVISADO POR: I. BERNAL
APROBADO POR: H. TAVERA
PROYECTO:
CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE SAN MARCOS PROVINCIA SAN MARCOS – DEPARTAMENTO DE ANCASH
DEPARTAMENTO: Ancash
PROVINCIA: San Marcos
DISTRITO: San Marcos
PLANO:
SECCIÓN DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA SAA-LE1
Escala: 1/1500
Fecha: Julio 2026
Código: 2.1
PERÚ
Ministerio del Ambiente
IGP

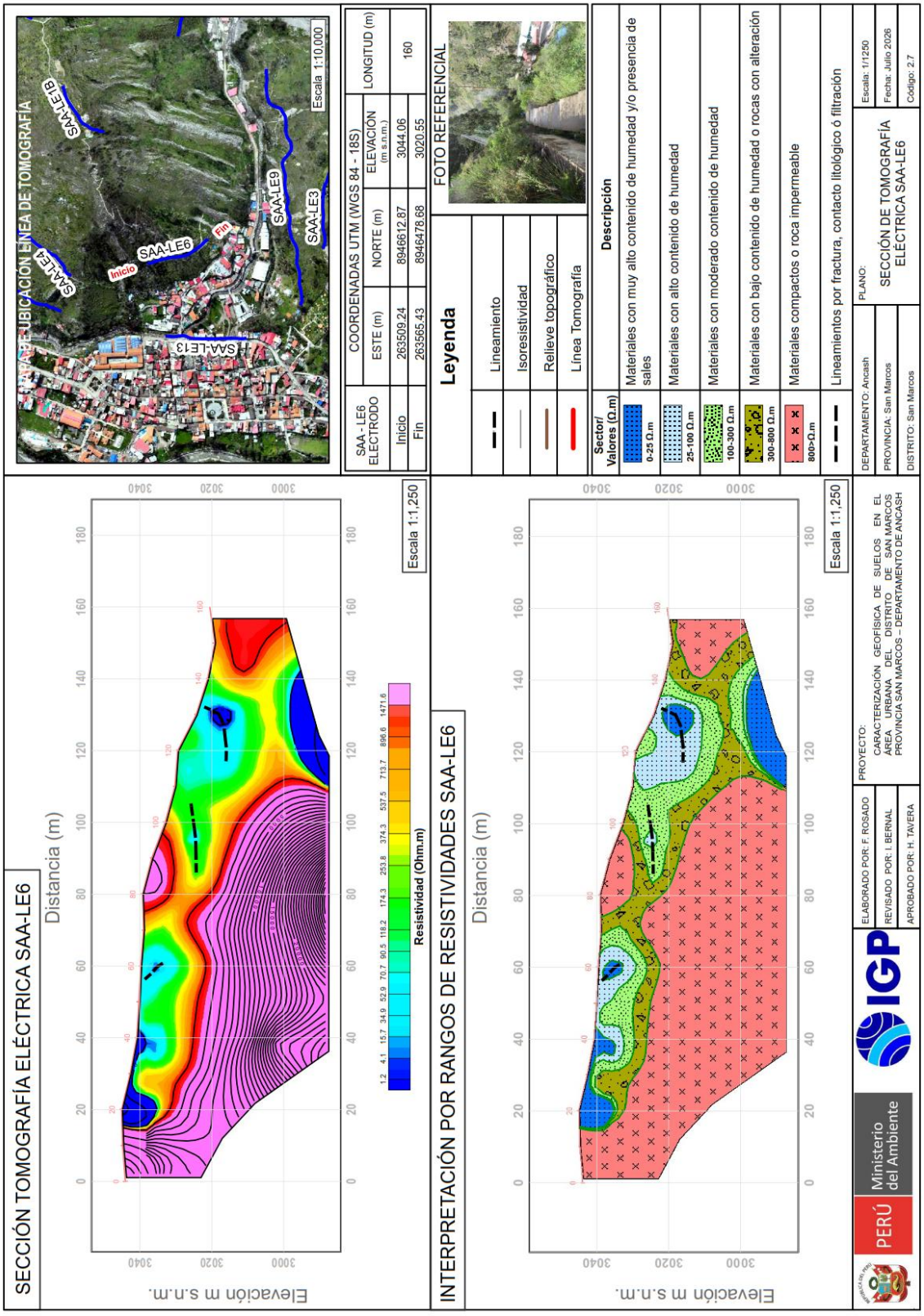

MAPA DE UBICACIÓN LÍNEA DE TOMOGRAFÍA
Escala 1:10,000
SAA-LE1
SAA-LE2
SAA-LE4
SAA-LE8
SAA-LE1B
SAA - LE1B ELÉCTRODO
COORDENADAS UTM (WGS 84 - 18S)
ESTE (m)
NORTE (m)
ELEVACIÓN (m s.n.m.)
LONGITUD (m)
Inicio 263804.08 8946709.08 3268.09 160
Fin 263906.75 8946801.55 3295.69
Leyenda
Lineamiento
Isoresistividad
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
25-100 Ω.m
Materiales con alto contenido de humedad
100-300 Ω.m
Materiales con moderado contenido de humedad
300-800 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
SECCIÓN TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA SAA-LE1B
Distancia (m)
Elevación m s.n.m.
Escala 1:1,000
Resistividad (Ohm.m)
INTERPRETACIÓN POR RANGOS DE RESISTIVIDADES SAA-LE1B
Distancia (m)
Elevación m s.n.m.
Escala 1:1,000
PERÚ
Ministerio del Ambiente
IGP
ELABORADO POR: F. ROSADO
REVISADO POR: I. BERNAL
APROBADO POR: H. TAVERA
PROYECTO:
CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL AREA URBANA DEL DISTRITO DE SAN MARCOS PROVINCIA SAN MARCOS – DEPARTAMENTO DE ANCASH
DEPARTAMENTO: Ancash
PROVINCIA: San Marcos
DISTRITO: San Marcos
PLANO:
SECCIÓN DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA SAA-LE1B
Escala: 1/1000
Fecha: Julio 2026
Código: 2.2

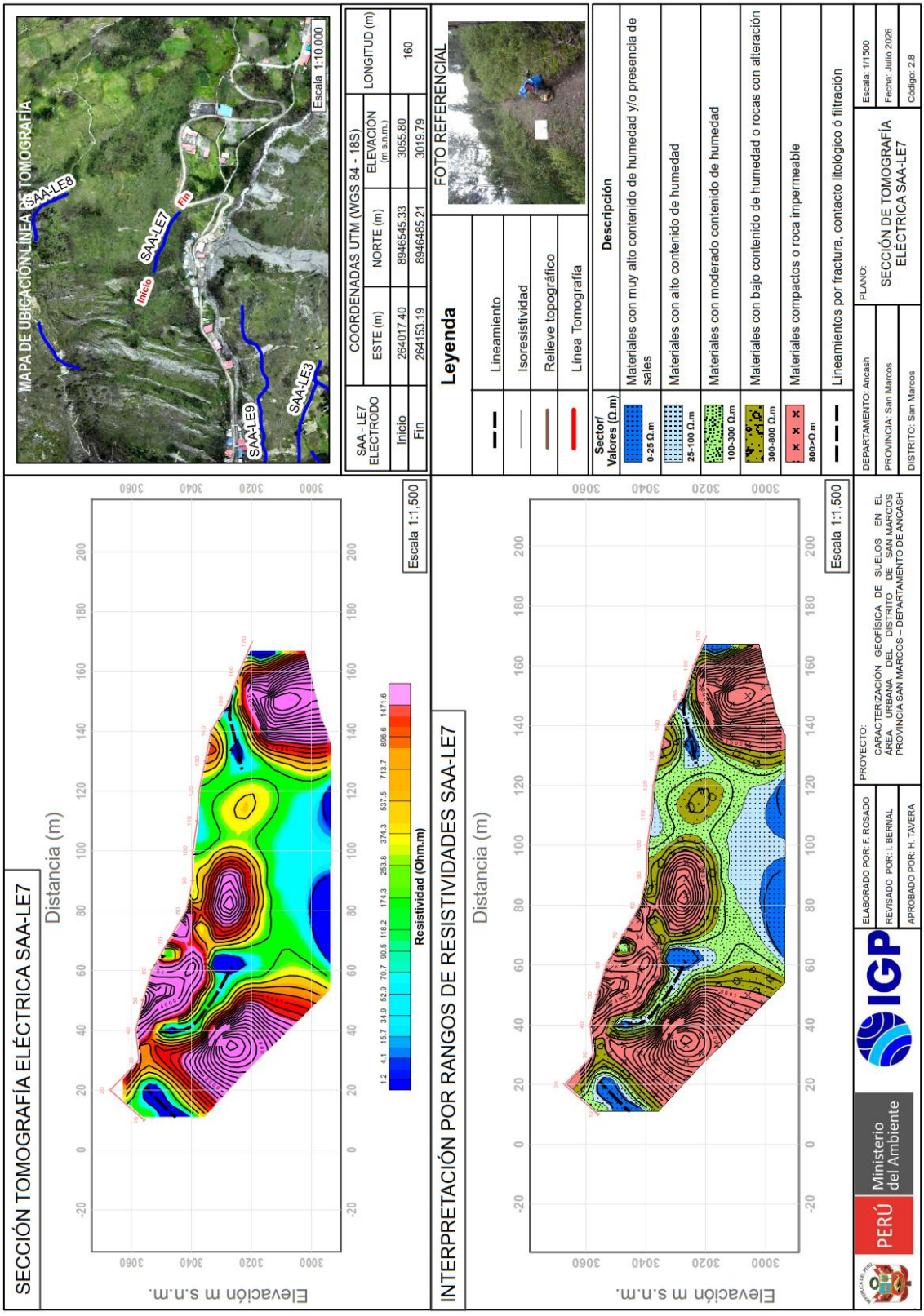

SECCIÓN TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA SAA-LE2
Distancia (m)
Elevación m s.n.m.
Escala 1:2,000
Resistividad (Ohm.m)
INTERPRETACIÓN POR RANGOS DE RESISTIVIDADES SAA-LE2
MAPA DE UBICACIÓN LÍNEA DE TOMOGRAFÍA
Escala 1:10,000
SAA-LE5
SAA-LE4
SAA-LE2
SAA-LE1
SAA-LE3
SAA-LE6
SAA-LE1B
SAA - LE2 ELECTRODO
COORDENADAS UTM (WGS 84 - 18S)
ESTE (m)
NORTE (m)
ELEVACIÓN (m s.n.m.)
LONGITUD (m)
Inicio
263893.84
8946952.40
3193.87
310
Fin
263891.55
8947215.80
3185.88
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
25-100 Ω.m
Materiales con alto contenido de humedad
100-300 Ω.m
Materiales con moderado contenido de humedad
300-800 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
REVISADO POR: I. BERNAL
APROBADO POR: H. TAVERA
PROYECTO:
CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE SAN MARCOS PROVINCIA SAN MARCOS – DEPARTAMENTO DE ANCASH
DEPARTAMENTO: Ancash
PROVINCIA: San Marcos
DISTRITO: San Marcos
PLANO:
SECCIÓN DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA SAA-LE2
Escala: 1/2000
Fecha: Julio 2026
Código: 2.3

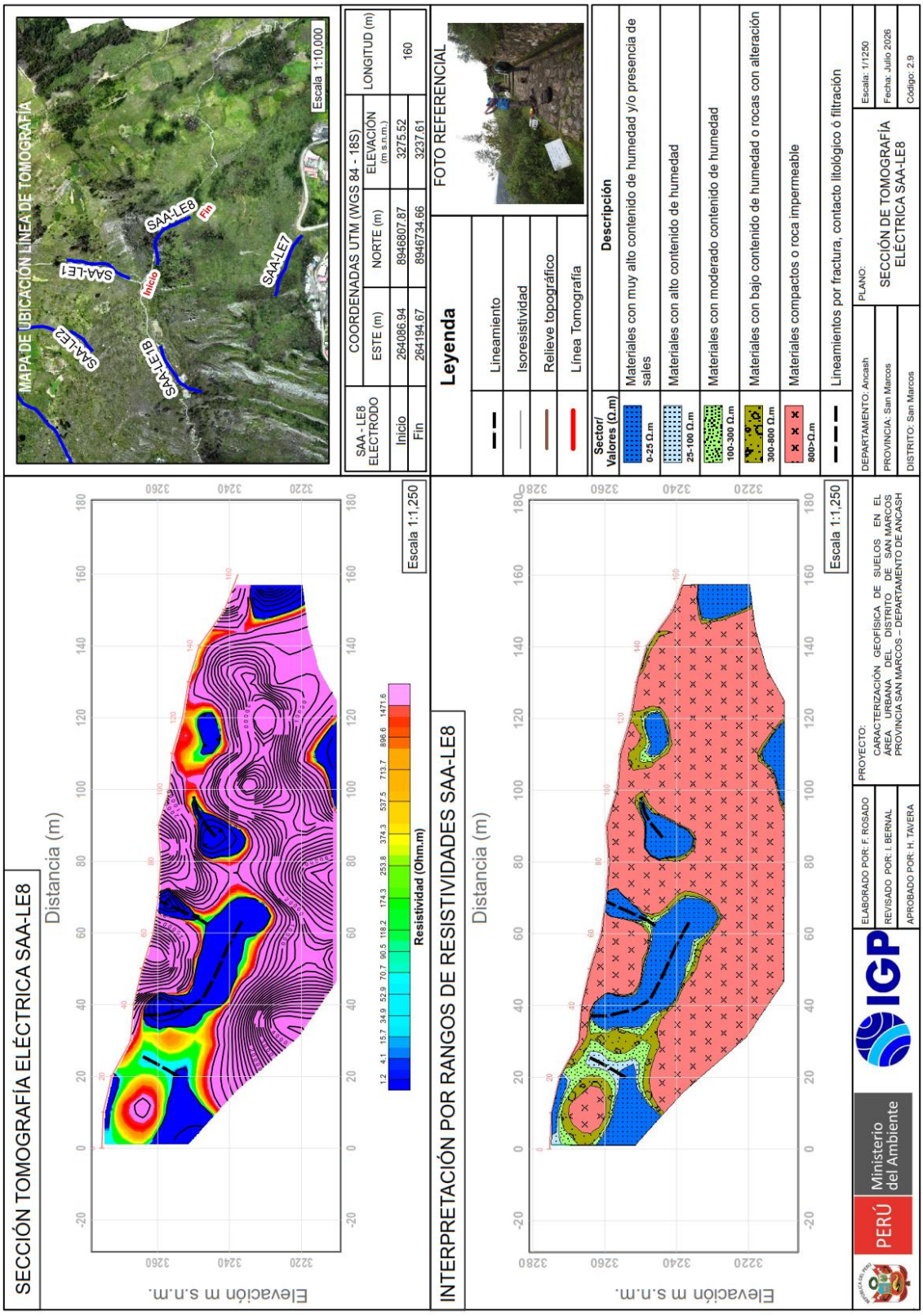

SECCIÓN TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA SAA-LE3
Distancia (m)
Elevación m s.n.m.
Escala 1:2,300
Resistividad (Ohm.m)
INTERPRETACIÓN POR RANGOS DE RESISTIVIDADES SAA-LE3
Distancia (m)
Elevación m s.n.m.
Escala 1:2,300
MAPA DE UBICACIÓN LÍNEA DE TOMOGRAFÍA
Escala 1:10,000
SAA-LE13
SAA-LE9
SAA-LE3
SAA-LE12
SAA-LE10
SAA-LE11
Inicio
Fin
SAA - LE3 ELECTRODO
COORDENADAS UTM (WGS 84 - 18S)
ESTE (m)
NORTE (m)
ELEVACIÓN (m s.n.m.)
LONGITUD (m)
Inicio 263543.31 8946221.31 3077.94
Fin 263822.23 8946174.11 3150.51
310
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
25-100 Ω.m
Materiales con alto contenido de humedad
100-300 Ω.m
Materiales con moderado contenido de humedad
300-800 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
REVISADO POR: I. BERNAL
APROBADO POR: H. TAVERA
PROYECTO:
CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE SAN MARCOS PROVINCIA SAN MARCOS – DEPARTAMENTO DE ANCASH
DEPARTAMENTO: Ancash
PROVINCIA: San Marcos
DISTRITO: San Marcos
PLANO:
SECCIÓN DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA SAA-LE3
Escala: 1/2300
Fecha: Julio 2026
Código: 2-4

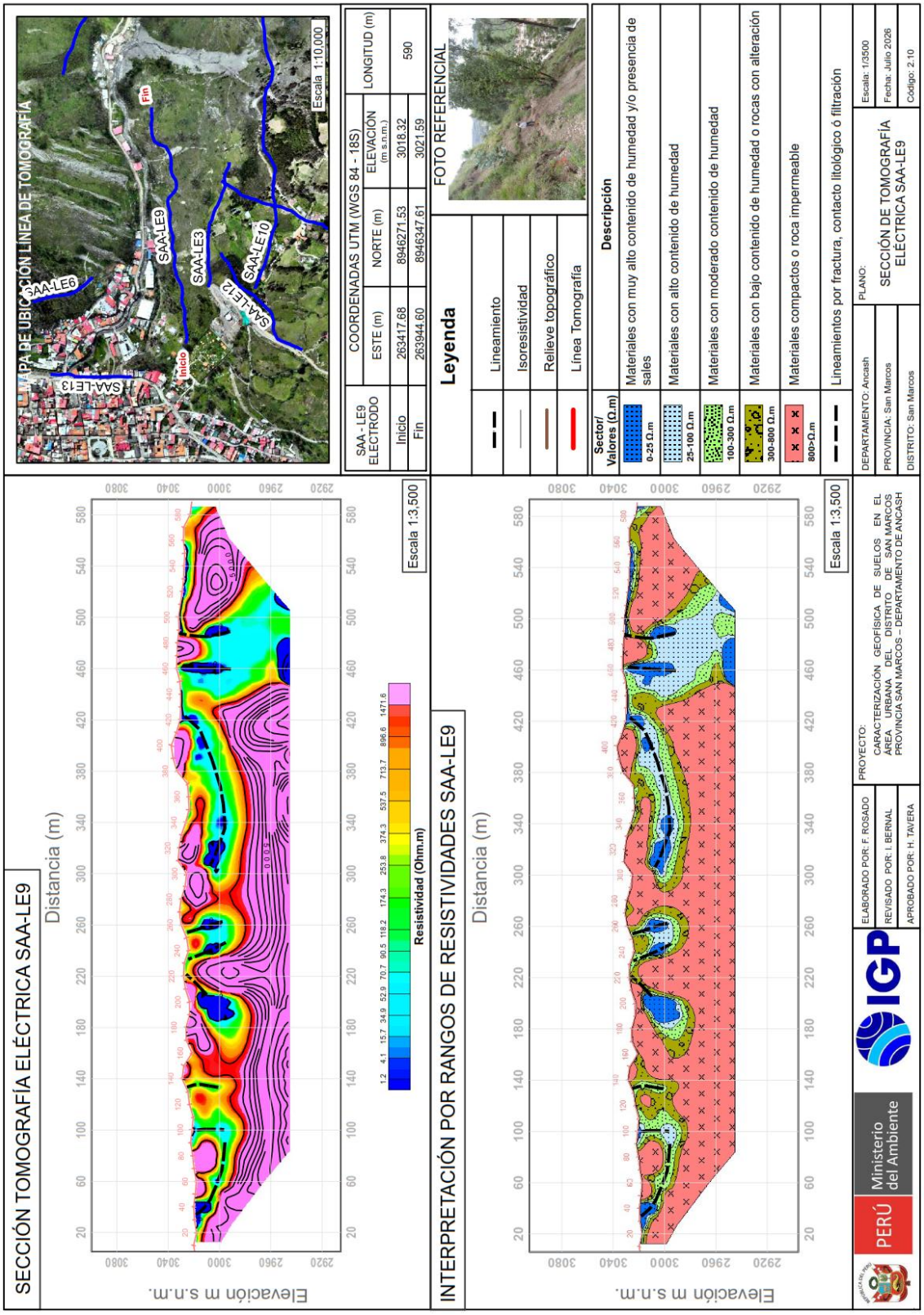

SECCIÓN TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA SAA-LE4
Distancia (m)
Elevación m s.n.m.
Escala 1:3,500
Resistividad (Ohm.m)
INTERPRETACIÓN POR RANGOS DE RESISTIVIDADES SAA-LE4
Distancia (m)
Elevación m s.n.m.
Escala 1:3,500
MAPA DE UBICACIÓN LÍNEA DE TOMOGRAFÍA
Escala 1:10,000
SAA-LE1
SAA-LE2
SAA-LE3
SAA-LE4
SAA-LE5
Inicio
Fin
SAA - LE4 ELECTRODO
COORDENADAS UTM (WGS 84 - 18S)
ESTE (m)
NORTE (m)
ELEVACIÓN (m s.n.m.)
LONGITUD (m)
Inicio 263483.65 8946782.53 3071.37 590
Fin 263842.39 8947190.27 3150.14
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
25-100 Ω.m
Materiales con alto contenido de humedad
100-300 Ω.m
Materiales con moderado contenido de humedad
300-800 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
REVISADO POR: I. BERNAL
APROBADO POR: H. TAVERA
PROYECTO:
CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE SAN MARCOS PROVINCIA SAN MARCOS – DEPARTAMENTO DE ANCASH
DEPARTAMENTO: Ancash
PROVINCIA: San Marcos
DISTRITO: San Marcos
PLANO:
SECCIÓN DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA SAA-LE4
Escala: 1/3500
Fecha: Julio 2026
Código: 2.5

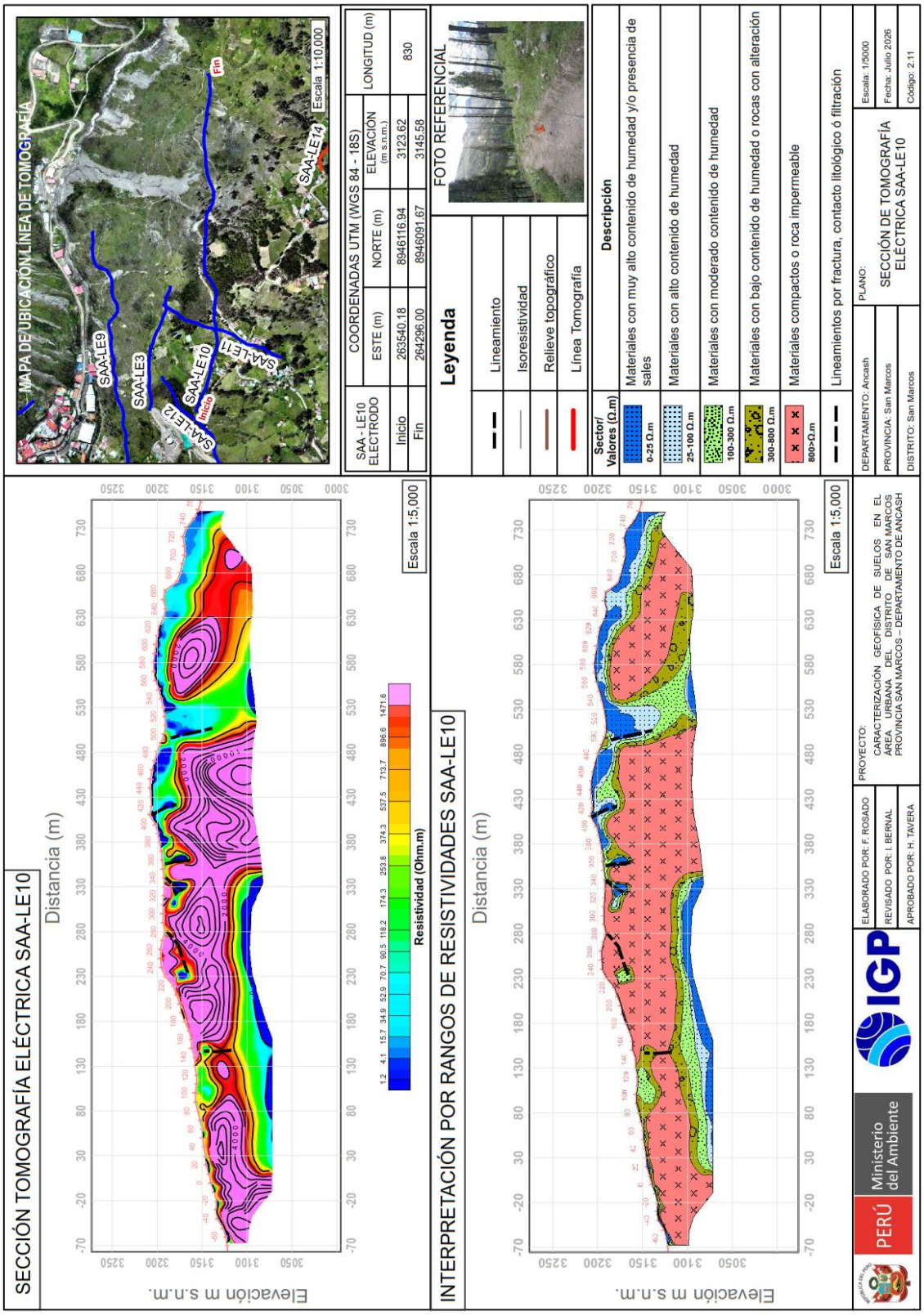

SECCIÓN TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA SAA-LE5
Distancia (m)
Elevación m s.n.m.
Escala 1:3,500
Resistividad (Ohm.m)
INTERPRETACIÓN POR RANGOS DE RESISTIVIDADES SAA-LE5
Distancia (m)
Elevación m s.n.m.
Escala 1:3,500
MAPA DE UBICACIÓN LÍNEA DE TOMOGRAFÍA
Escala 1:10,000
Inicio
Fin
SAA-LE1
SAA-LE2
SAA-LE3
SAA-LE4
SAA-LE5
SAA - LE5 ELECTRODO
COORDENADAS UTM (WGS 84 - 18S)
ESTE (m)
NORTE (m)
ELEVACIÓN (m s.n.m.)
LONGITUD (m)
Inicio 263403.38 8946804.50 2995.70
Fin 263587.62 8947308.39 2982.1
590
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
25-100 Ω.m
Materiales con alto contenido de humedad
100-300 Ω.m
Materiales con moderado contenido de humedad
300-800 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
REVISADO POR: I. BERNAL
APROBADO POR: H. TAVERA
PROYECTO:
CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE SAN MARCOS PROVINCIA SAN MARCOS – DEPARTAMENTO DE ANCASH
DEPARTAMENTO: Ancash
PROVINCIA: San Marcos
DISTRITO: San Marcos
PLANO:
SECCIÓN DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA SAA-LE5
Escala: 1/3500
Fecha: Julio 2026
Código: 2.6

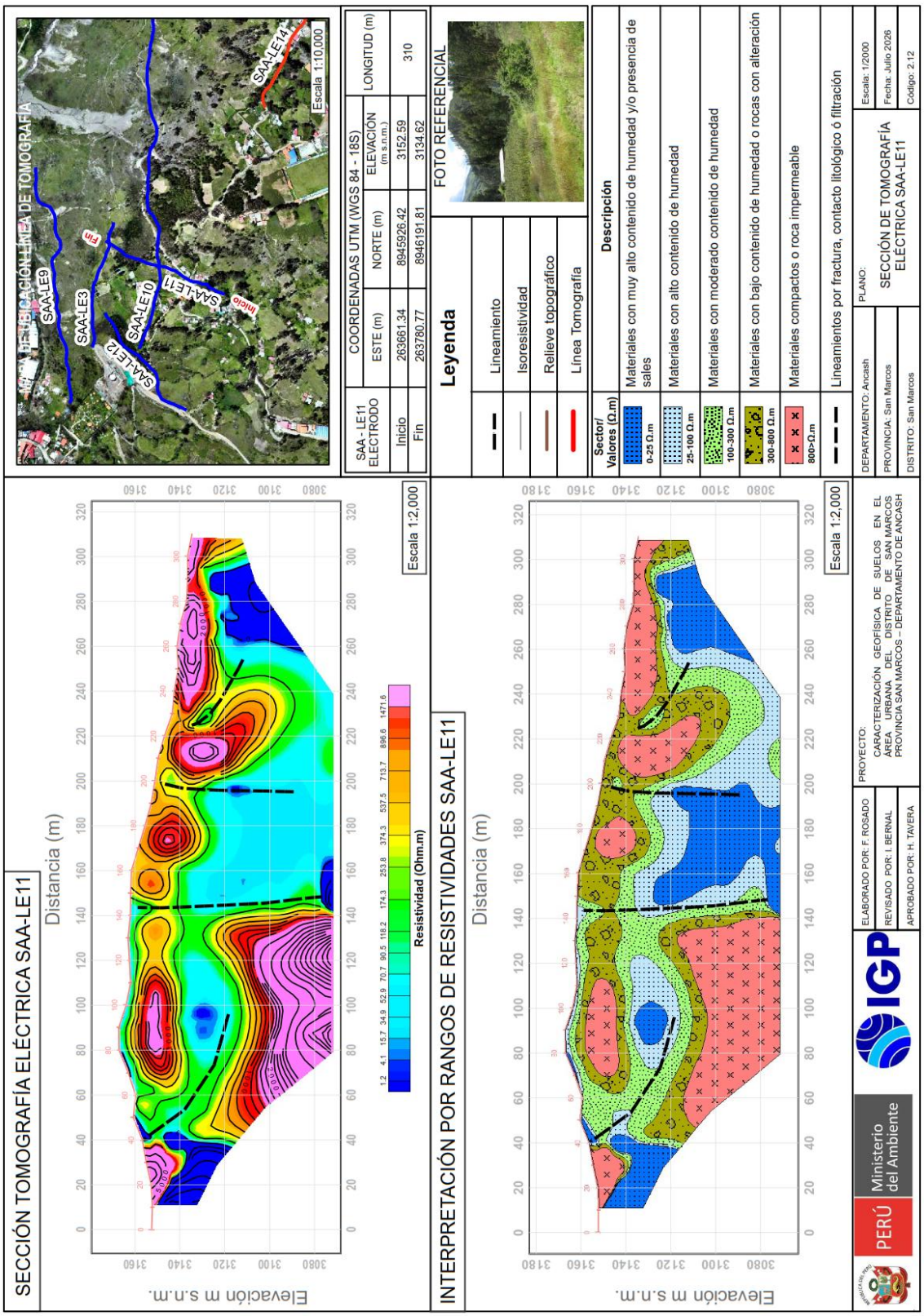

SECCIÓN TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA SAA-LE6
Distancia (m)
Elevación m s.n.m.
Escala 1:1,250
Resistividad (Ohm.m)
INTERPRETACIÓN POR RANGOS DE RESISTIVIDADES SAA-LE6
Distancia (m)
Elevación m s.n.m.
Escala 1:1,250
MAPA DE UBICACIÓN LÍNEA DE TOMOGRAFÍA
SAA-LE4
SAA-LE5
SAA-LE6
SAA-LE13
SAA-LE9
SAA-LE3
Inicio
Fin
Escala 1:10,000
SAA-LE6 ELECTRODO
COORDENADAS UTM (WGS 84 - 18S)
ESTE (m)
NORTE (m)
ELEVACIÓN (m s.n.m.)
LONGITUD (m)
Inicio 263509.24 8946612.87 3044.06
Fin 263565.43 8946478.68 3020.55
160
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
25-100 Ω.m
Materiales con alto contenido de humedad
100-300 Ω.m
Materiales con moderado contenido de humedad
300-800 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
ELABORADO POR: F. ROSADO
REVISADO POR: I. BERNAL
APROBADO POR: H. TAVERA
PROYECTO:
CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE SAN MARCOS PROVINCIA SAN MARCOS – DEPARTAMENTO DE ANCASH
DEPARTAMENTO: Ancash
PROVINCIA: San Marcos
DISTRITO: San Marcos
PLANO:
SECCIÓN DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA SAA-LE6
Escala: 1/1250
Fecha: Julio 2026
Código: 2.7
PERÚ
Ministerio del Ambiente
IGP

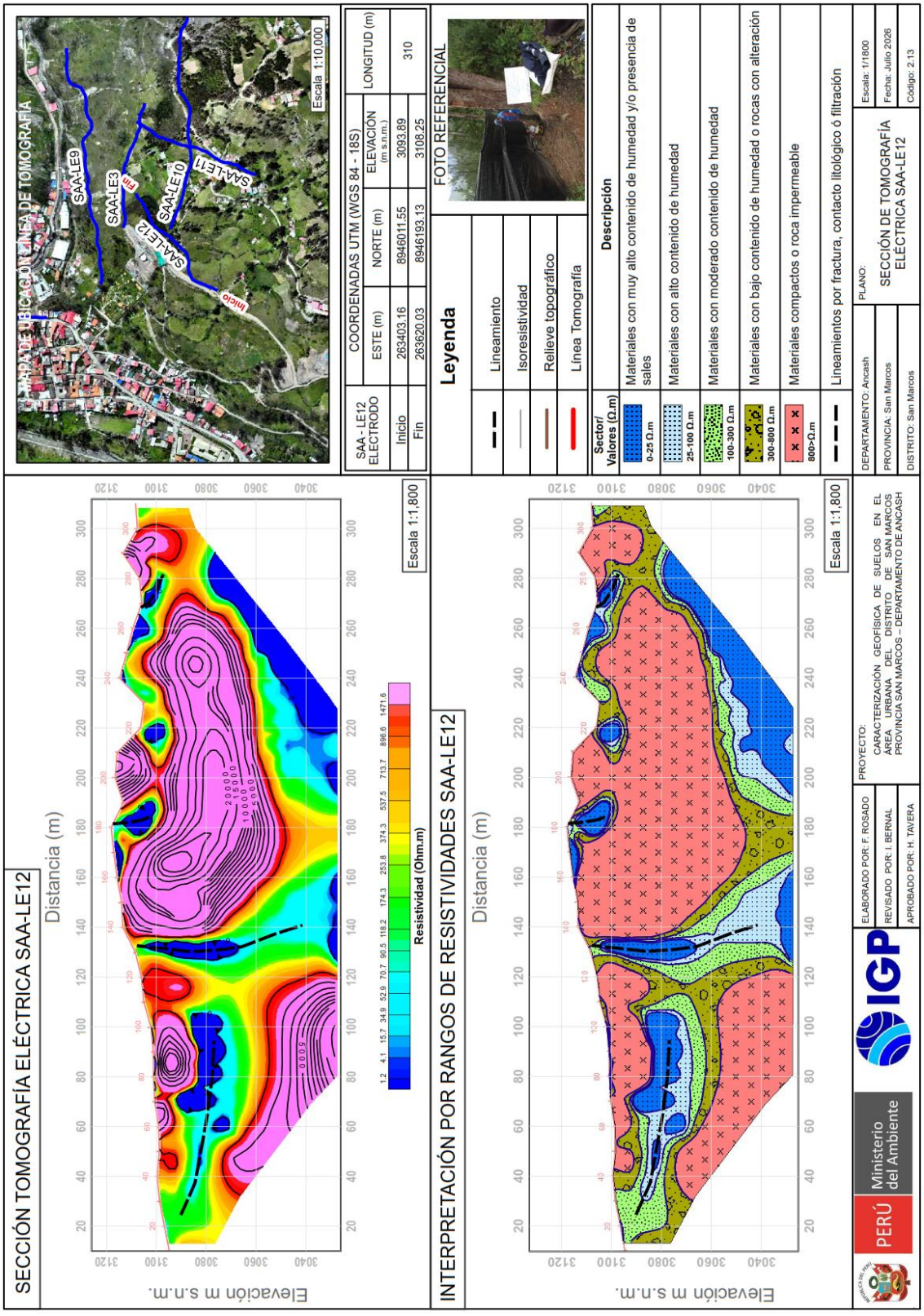

MAPA DE UBICACIÓN LÍNEA DE TOMOGRAFÍA
SAA-LE8
SAA-LE7
Fin
Inicio
SAA-LE9
SAA-LE3
Escala 1:10,000
SAA - LE7 ELECTRODO
COORDENADAS UTM (WGS 84 - 18S)
ESTE (m)
NORTE (m)
ELEVACIÓN (m s.n.m.)
LONGITUD (m)
Inicio 264017.40 8946545.33 3055.80
Fin 264153.19 8946485.21 3019.79
160
Leyenda
Lineamiento
Isoresistividad
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
25-100 Ω.m
Materiales con alto contenido de humedad
100-300 Ω.m
Materiales con moderado contenido de humedad
300-800 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
SECCIÓN TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA SAA-LE7
Distancia (m)
Elevación m s.n.m.
Escala 1:1,500
Resistividad (Ohm.m)
1.2 4.1 15.7 34.9 52.9 70.7 90.5 118.2 174.3 253.8 374.3 537.5 713.7 896.6 1471.6
INTERPRETACIÓN POR RANGOS DE RESISTIVIDADES SAA-LE7
Distancia (m)
Elevación m s.n.m.
Escala 1:1,500
PERÚ
Ministerio del Ambiente
IGP
ELABORADO POR: F. ROSADO
REVISADO POR: I. BERNAL
APROBADO POR: H. TAVERA
PROYECTO:
CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE SAN MARCOS PROVINCIA SAN MARCOS – DEPARTAMENTO DE ANCASH
DEPARTAMENTO: Ancash
PROVINCIA: San Marcos
DISTRITO: San Marcos
PLANO:
SECCIÓN DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA SAA-LE7
Escala: 1/1500
Fecha: Julio 2026
Código: 2.8

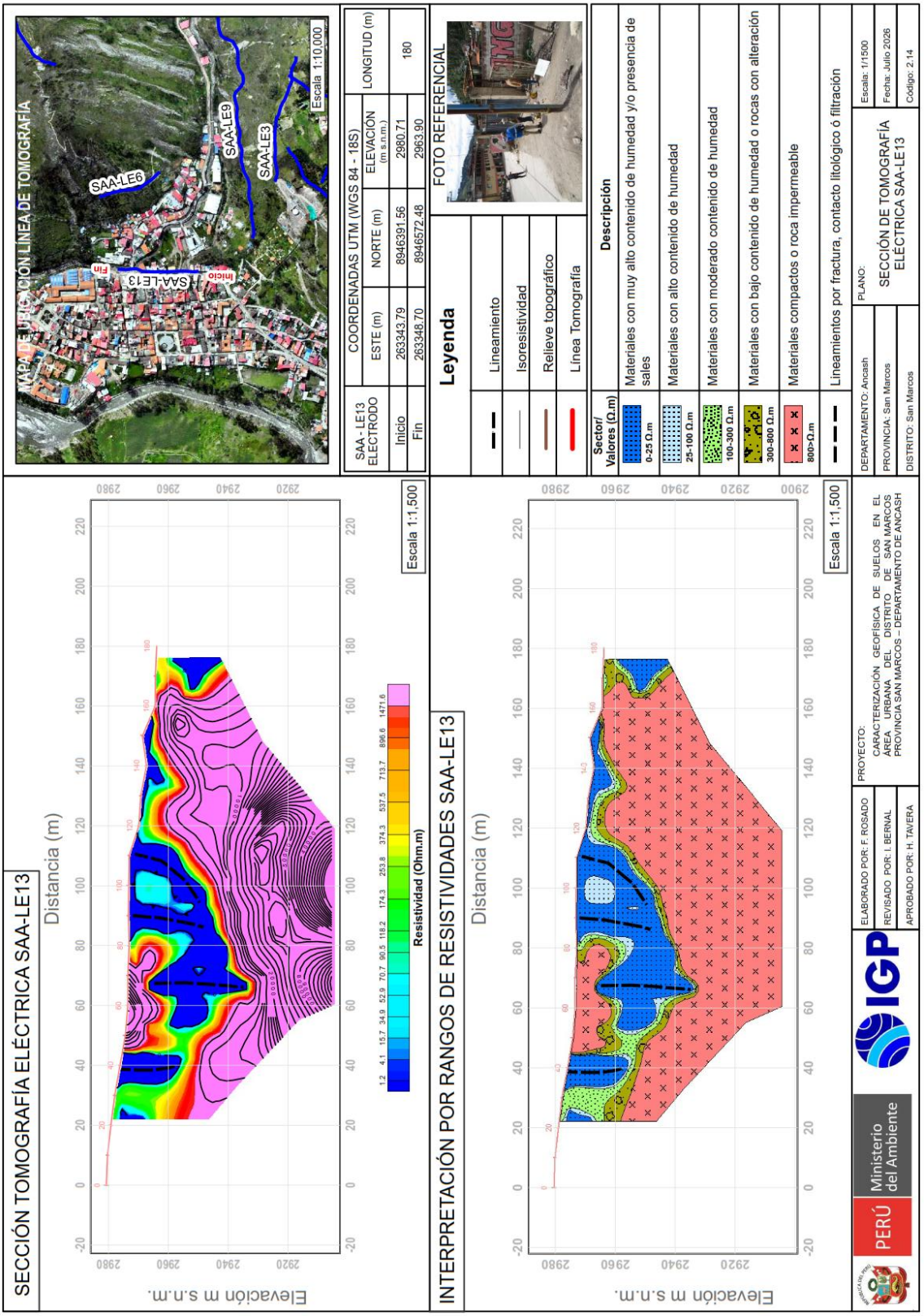

SECCIÓN TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA SAA-LE8
Distancia (m)
Elevación m s.n.m.
Escala 1:1,250
Resistividad (Ohm.m)
1.2 4.1 15.7 34.9 52.9 70.7 90.5 118.2 174.3 253.8 374.3 537.5 713.7 896.6 1471.6
INTERPRETACIÓN POR RANGOS DE RESISTIVIDADES SAA-LE8
Distancia (m)
Elevación m s.n.m.
Escala 1:1,250
MAPA DE UBICACIÓN LÍNEA DE TOMOGRAFÍA
Escala 1:10,000
SAA-LE1
SAA-LE2
SAA-LE3
SAA-LE7
SAA-LE8
Inicio
Fin
SAA - LE8 ELECTRODO
COORDENADAS UTM (WGS 84 - 18S)
ESTE (m)
NORTE (m)
ELEVACIÓN (m s.n.m.)
LONGITUD (m)
Inicio 264086.94 8946807.87 3275.52 160
Fin 264194.67 8946734.66 3237.61
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
25-100 Ω.m
Materiales con alto contenido de humedad
100-300 Ω.m
Materiales con moderado contenido de humedad
300-800 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
REVISADO POR: I. BERNAL
APROBADO POR: H. TAVERA
PROYECTO:
CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE SAN MARCOS PROVINCIA SAN MARCOS – DEPARTAMENTO DE ANCASH
DEPARTAMENTO: Ancash
PROVINCIA: San Marcos
DISTRITO: San Marcos
PLANO:
SECCIÓN DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA SAA-LE8
Escala: 1/1250
Fecha: Julio 2026
Código: 2.9

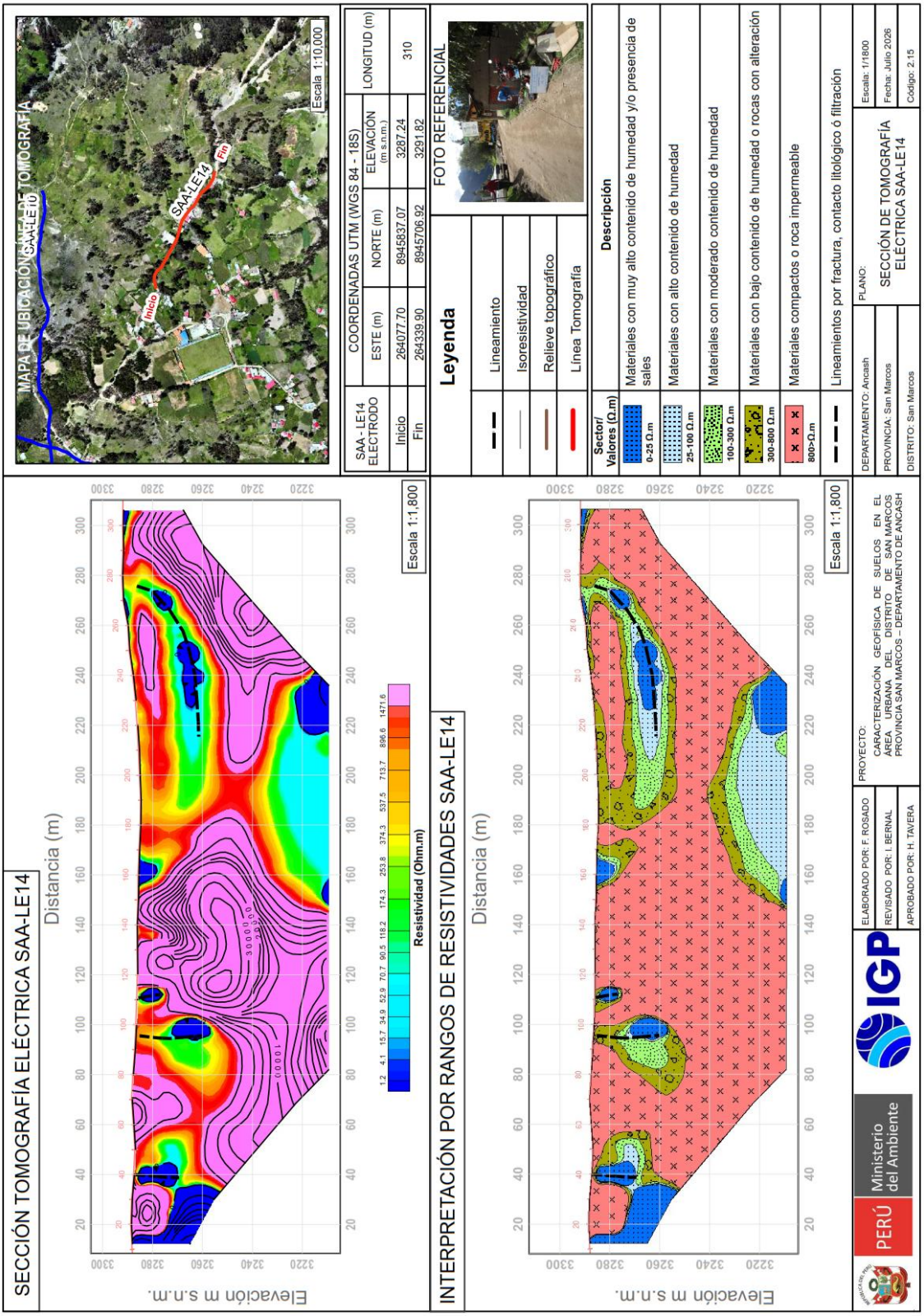

SECCIÓN TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA SAA-LE9
Distancia (m)
Elevación m s.n.m.
Escala 1:3,500
Resistividad (Ohm.m)
INTERPRETACIÓN POR RANGOS DE RESISTIVIDADES SAA-LE9
Distancia (m)
Elevación m s.n.m.
Escala 1:3,500
MAPA DE UBICACIÓN LÍNEA DE TOMOGRAFÍA
SAA-LE6
SAA-LE13
Inicio
SAA-LE9
SAA-LE3
SAA-LE10
SAA-LE12
Fin
Escala 1:10,000
SAA - LE9 ELECTRODO
COORDENADAS UTM (WGS 84 - 18S)
ESTE (m)
NORTE (m)
ELEVACIÓN (m s.n.m.)
LONGITUD (m)
Inicio 263417.68 8946271.53 3018.32
Fin 263944.60 8946347.61 3021.59
590
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
25-100 Ω.m
Materiales con alto contenido de humedad
100-300 Ω.m
Materiales con moderado contenido de humedad
300-800 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
REVISADO POR: I. BERNAL
APROBADO POR: H. TAVERA
PROYECTO:
CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE SAN MARCOS PROVINCIA SAN MARCOS – DEPARTAMENTO DE ANCASH
DEPARTAMENTO: Ancash
PROVINCIA: San Marcos
DISTRITO: San Marcos
PLANO:
SECCIÓN DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA SAA-LE9
Escala: 1/3500
Fecha: Julio 2026
Código: 2.10


SECCIÓN TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA SAA-LE10
Distancia (m)
Elevación m s.n.m.
Escala 1:5,000
Resistividad (Ohm.m)
INTERPRETACIÓN POR RANGOS DE RESISTIVIDADES SAA-LE10
Distancia (m)
Elevación m s.n.m.
Escala 1:5,000
MAPA DE UBICACIÓN LÍNEA DE TOMOGRAFÍA
SAA-LE9
SAA-LE3
SAA-LE12
SAA-LE10
SAA-LE11
SAA-LE14
Inicio
Fin
Escala 1:10,000
SAA - LE10 ELECTRODO
COORDENADAS UTM (WGS 84 - 18S)
ESTE (m)
NORTE (m)
ELEVACIÓN (m s.n.m.)
LONGITUD (m)
Inicio 263540.18 8946116.94 3123.62
Fin 264296.00 8946091.67 3145.58
830
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
25-100 Ω.m
Materiales con alto contenido de humedad
100-300 Ω.m
Materiales con moderado contenido de humedad
300-800 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
ELABORADO POR: F. ROSADO
REVISADO POR: I. BERNAL
APROBADO POR: H. TAVERA
PERÚ
Ministerio del Ambiente
IGP
PROYECTO:
CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE SAN MARCOS PROVINCIA SAN MARCOS – DEPARTAMENTO DE ANCASH
DEPARTAMENTO: Ancash
PROVINCIA: San Marcos
DISTRITO: San Marcos
PLANO:
SECCIÓN DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA SAA-LE10
Escala: 1/5000
Fecha: Julio 2026
Código: 2.11


SECCIÓN TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA SAA-LE11
Distancia (m)
Elevación m s.n.m.
Escala 1:2,000
Resistividad (Ohm.m)
INTERPRETACIÓN POR RANGOS DE RESISTIVIDADES SAA-LE11
Distancia (m)
Elevación m s.n.m.
Escala 1:2,000
UBICACIÓN LÍNEA DE TOMOGRAFÍA
SAA-LE9
SAA-LE3
SAA-LE12
SAA-LE10
SAA-LE11
SAA-LE14
Inicio
Fin
Escala 1:10,000
SAA - LE11 ELECTRODO
COORDENADAS UTM (WGS 84 - 18S)
ESTE (m)
NORTE (m)
ELEVACIÓN (m s.n.m.)
LONGITUD (m)
Inicio 263661.34 8945926.42 3152.59
Fin 263780.77 8946191.81 3134.62
310
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
25-100 Ω.m
Materiales con alto contenido de humedad
100-300 Ω.m
Materiales con moderado contenido de humedad
300-800 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
REVISADO POR: I. BERNAL
APROBADO POR: H. TAVERA
PROYECTO:
CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE SAN MARCOS PROVINCIA SAN MARCOS – DEPARTAMENTO DE ANCASH
DEPARTAMENTO: Ancash
PROVINCIA: San Marcos
DISTRITO: San Marcos
PLANO:
SECCIÓN DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA SAA-LE11
Escala: 1/2000
Fecha: Julio 2026
Código: 2.12


SECCIÓN TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA SAA-LE12
Distancia (m)
Elevación m s.n.m.
Escala 1:1.800
Resistividad (Ohm.m)
INTERPRETACIÓN POR RANGOS DE RESISTIVIDADES SAA-LE12
Distancia (m)
Elevación m s.n.m.
Escala 1:1.800
MAPA DE UBICACIÓN LÍNEA DE TOMOGRAFÍA
Escala 1:10,000
Inicio
Fin
SAA-LE9
SAA-LE3
SAA-LE12
SAA-LE10
SAA-LE11
SAA - LE12 ELECTRODO
COORDENADAS UTM (WGS 84 - 18S)
ESTE (m)
NORTE (m)
ELEVACIÓN (m s.n.m.)
LONGITUD (m)
Inicio 263403.16 8946011.55 3093.89 310
Fin 263620.03 8946193.13 3108.25
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
25-100 Ω.m
Materiales con alto contenido de humedad
100-300 Ω.m
Materiales con moderado contenido de humedad
300-800 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
ELABORADO POR: F. ROSADO
REVISADO POR: I. BERNAL
APROBADO POR: H. TAVERA
PROYECTO:
CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE SAN MARCOS PROVINCIA SAN MARCOS – DEPARTAMENTO DE ANCASH
DEPARTAMENTO: Ancash
PROVINCIA: San Marcos
DISTRITO: San Marcos
PLANO:
SECCIÓN DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA SAA-LE12
Escala: 1/1800
Fecha: Julio 2026
Código: 2.13
PERÚ
Ministerio del Ambiente
IGP


SECCIÓN TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA SAA-LE13
Distancia (m)
Elevación m s.n.m.
Escala 1:1,500
Resistividad (Ohm.m)
INTERPRETACIÓN POR RANGOS DE RESISTIVIDADES SAA-LE13
MAPA DE UBICACIÓN LÍNEA DE TOMOGRAFÍA
SAA-LE6
SAA-LE9
SAA-LE3
SAA-LE13
Inicio
Fin
Escala 1:10,000
SAA - LE13 ELECTRODO
COORDENADAS UTM (WGS 84 - 18S)
ESTE (m)
NORTE (m)
ELEVACIÓN (m s.n.m.)
LONGITUD (m)
Inicio 263343.79 8946391.56 2980.71 180
Fin 263348.70 8946572.48 2963.90
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
25-100 Ω.m
Materiales con alto contenido de humedad
100-300 Ω.m
Materiales con moderado contenido de humedad
300-800 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
REVISADO POR: I. BERNAL
APROBADO POR: H. TAVERA
PROYECTO:
CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE SAN MARCOS PROVINCIA SAN MARCOS – DEPARTAMENTO DE ANCASH
DEPARTAMENTO: Ancash
PROVINCIA: San Marcos
DISTRITO: San Marcos
PLANO:
SECCIÓN DE TOMOGRAFÍA ELECTRICA SAA-LE13
Escala: 1/1500
Fecha: Julio 2026
Código: 2.14


MAPA DE UBICACIÓN DE LA TOMOGRAFÍA
SAA-LE14
Inicio
Fin
Escala 1:10,000
SAA- LE14 ELECTRODO
COORDENADAS UTM (WGS 84 - 18S)
ESTE (m)
NORTE (m)
ELEVACIÓN (m s.n.m.)
LONGITUD (m)
Inicio 264077.70 8945837.07 3287.24
Fin 264339.90 8945706.92 3291.82
310
FOTO REFERENCIAL
Leyenda
Lineamiento
Isoresistividad
Relieve topográfico
Línea Tomografía
Sector/ Valores (Ω.m)
Descripción
0-25 Ω.m
Materiales con muy alto contenido de humedad y/o presencia de sales
25-100 Ω.m
Materiales con alto contenido de humedad
100-300 Ω.m
Materiales con moderado contenido de humedad
300-800 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
SECCIÓN TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA SAA-LE14
Distancia (m)
Elevación m s.n.m.
Escala 1:1,800
Resistividad (Ohm.m)
1.2 4.1 15.7 34.9 52.9 70.7 90.5 118.2 174.3 253.8 374.3 537.5 713.7 896.6 1471.6
INTERPRETACIÓN POR RANGOS DE RESISTIVIDADES SAA-LE14
Distancia (m)
Elevación m s.n.m.
Escala 1:1,800
PERÚ
Ministerio del Ambiente
IGP
ELABORADO POR: F. ROSADO
REVISADO POR: I. BERNAL
APROBADO POR: H. TAVERA
PROYECTO:
CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DE SUELOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE SAN MARCOS PROVINCIA SAN MARCOS – DEPARTAMENTO DE ANCASH
DEPARTAMENTO: Ancash
PROVINCIA: San Marcos
DISTRITO: San Marcos
PLANO:
SECCIÓN DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA SAA-LE14
Escala: 1/1800
Fecha: Julio 2026
Código: 2.15


IGP
Instituto
Geofísico
del Perú