



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



MUNICIPALIDAD DE
LIMA



EVALUACIÓN GEOFÍSICA DE LA MARGEN IZQUIERDA DEL RÍO RÍMAC (Lima Cercado)

Informe Técnico N°038-2021/IGP CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA



Lima – Perú
Noviembre, 2021

Instituto Geofísico del Perú

Presidente Ejecutivo: Hernando Tavera

Director Científico: Edmundo Norabuena

Director Ciencias de la Tierra Sólida: Juan Carlos Gómez

Informe Técnico

Evaluación Geofísica de la Margen Izquierda del Río Rímac –Lima Cercado.

Autores

Isabel Bernal, Hernando Tavera y Juan Carlos Gómez

Participantes:

Evaluación Geofísica: Kelly Pari / Wilfredo Sullá / Isabel Bernal / Fabiola Rosado / Liliana Torres / Jorge Salas / Keiko Morocchoire / Juan Carlos Villegas / Javier Oyola.

Cartografía: Javier Oyola

Geodinámica: Mariana Vivanco / Belinia Baez/ Pilar Vivanco / Juan Carlos Gómez.

Apoyo técnico: Jesús Huarachi, Manuel Medina / Mijael Berduzco /Julio Martínez / Luz Arredondo / Henry Salas.

Apoyo logístico: Robert Yupanqui / Augusto Cárdenas / Miguel Nizama.

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 LA MARGEN IZQUIERDA
DEL RÍO RÍMAC**

LIMA - CERCADO

***Convenio de Cooperación Interinstitucional entre la
Municipalidad Metropolitana de Lima y
el Instituto Geofísico del Perú***

Lima Perú
Noviembre - 2021

RESUMEN

Se ha realizado la Zonificación Geofísica de la Margen Izquierda del Río Rímac (MIRR), distrito de Lima Cercado, aplicando varios métodos geofísicos. En la MIRR el subsuelo está compuesto por suelos sueltos a medianamente compactos con alto contenido de humedad. Sus espesores varían entre 10, 15 y 30 metros en los AA.HH. 1 ° de Mayo, Complejo Deportivo Villa María (ex botadero “El Montón”) y Villa María del Perpetuo Socorro. Estos suelos corresponden a rellenos con alto contenido de humedad. El resto de suelos corresponden a aluviales medianamente compactos con moderado contenido de humedad.

Las características físicas y dinámicas del suelo, han permitido identificar, de acuerdo a las consideraciones indicadas en la Norma E.030, la existencia de suelos de Tipo S1, S2 y S4, que comprenden a suelos compactos, medianamente compactos y excepcionalmente blandos. Las zonas con mayor peligro ante sismos son los AA.HH. 1° de Mayo, 3 de Mayo, Villa María del Perpetuo Socorro, Chabuca Granda. Asimismo, los AA.HH. Mirones Alto, El Planeta y 9 de Octubre ubicados en el Complejo Deportivo Villa María.

Esta información debe ser considerada por las autoridades locales y regionales, como una herramienta de gestión para reducir el riesgo; así como, información primaria para el diseño y construcción de estructuras apropiadas.

CONTENIDO

RESUMEN

1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- Objetivo

1.2.- Ubicación de la zona de estudio

1.3. Levantamiento fotogramétrico

2.- CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS LOCALES

2.1. Geología local

2.2. Geomorfología local

2.3. Geodinámica local

2.4. Geotecnia

3.- COMPORTAMIENTO DINÁMICO DEL SUELO

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

3.1.1.- Adquisición de datos

3.1.2.- Procesamiento y análisis

3.1.3.- Resultados e interpretación

3.2.- Método de Refracción Sísmica

3.2.1.- Adquisición de datos

3.2.2.- Procesamiento y análisis

3.2.3.- Resultados e interpretación

3.3.- Métodos MASW y MAM

3.3.1.- Adquisición de datos

3.3.2.- Procesamiento y análisis

3.3.3.- Resultados e interpretación

3.4.- Método de Tomografía Eléctrica

3.4.1.- Adquisición de datos

3.4.2.- Procesamiento y análisis

3.4.3.- Resultados e interpretación

3.5.- Método de Georadar

3.5.1.- Adquisición de datos

3.5.2.- Procesamiento y análisis

3.5.3.- Resultados e interpretación

4.- CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DEL SUBSUELO

4.1. Estructura del subsuelo

4.2. Zonificación Geofísica

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO I. Levantamiento Fotogramétrico

ANEXO II. Secciones de Refracción Sísmica

ANEXO III. Perfiles MASW y MAM.

ANEXO IV. Secciones geoelectricas

ANEXO V. Secciones de Radargramas

ANEXO VI: Áreas críticas

ANEXO VII: Ensayos geotécnicos

1.- INTRODUCCIÓN

En la costa central del Perú, han ocurrido eventos sísmicos de variada magnitud que han generado altos niveles de sacudimiento de suelo, puestos en evidencia con los daños observados post-sismo en la región Lima debido a la ocurrencia de sismos en los años 1940, 1966, 1974 y 2007 (Silgado, 1978; Bernal et al. 2008; Tavera et al. 2016). Al ser los sismos cíclicos, es de esperarse que en el futuro, las mismas áreas urbanas sean afectadas por nuevos eventos sísmicos que generen los mismos o mayores niveles de sacudimiento del suelo. De ahí la importancia de conocer la estructura del subsuelo y evaluar su comportamiento dinámico ante la incidencia de las ondas sísmicas que de acuerdo a la composición geológica y propiedades físicas, atenuaran o amplificaran los niveles de sacudimiento del suelo.

Lima Metropolitana y el Callao, se encuentran asentadas sobre suelos correspondientes a una llanura aluvial cubierta por material heterogéneo transportados por los ríos Rimac y Chillón, que luego deyectan en el Océano Pacífico. En el caso de la Margen Izquierda del Río Rimac (MIRR), en el distrito de Lima Cercado, con una extensión de aproximadamente 5 km, el suelo está conformado por una terraza fluvio-aluvional cuya morfología fue modificándose con el paso de los años debido al crecimiento urbano. Asimismo, parte de la MIRR se encuentra sobre acumulación de materiales generados por el hombre como los depósitos antrópicos presentes mayormente en su extremo noreste, correspondiente a un antiguo botadero de basura de la ciudad de Lima habilitada hasta los años 1940. La acumulación de basura ha formado un cerro artificial denominado "EL Montón" que a través del tiempo no logro su compactación y aun así, es aprovechado por los pobladores del lugar para establecer viviendas sin considerar los peligros a los que se encuentran expuestos (Figura 1).

El sismo de Pisco del año 2007, además de producir daños en el departamento de Ica, también produjo daños en la ciudad de Lima,

principalmente en las áreas urbanas ubicadas sobre suelos inestables. Por ejemplo en MIRR, cerca de 258 viviendas resultaron dañadas y de ellas, 22 presentaron el colapso de más de 50% de su estructura (Robert y D’Ercole, 2009). Las áreas con mayores daños fueron en los asentamientos humanos de 1° de Mayo y Villa María del Perpetuo Socorro (Figura 2).



Figura 1. Imagen panorámica de la MIRR y el crecimiento urbano sobre el ex botadero "El Montón".

Mediante el **Convenio de Cooperación Interinstitucional entre la Municipalidad Metropolitana de Lima y el Instituto Geofísico del Perú (IGP)**, se acordó el desarrollo de "Estudios que permitan determinar los parámetros físicos del suelo del área urbana y su comportamiento dinámico ante la ocurrencia de derrumbes y/o sismos de los PP.JJ. 2 De Mayo, 1 De mayo, 3 De Mayo, Conde de la Vega, El Planeta, Mirones Alto, Villa Maria del Perpetuo Socorro, AA.HH. de Acomayo y 9 de Octubre 2da Etapa, ubicados en la Margen Izquierda del Río Rímac (MIRR)". En este informe se presentan los resultados obtenidos del estudio geofísico y geológico realizado en la MIRR. Se aplicaron técnicas geofísicas como Razones Espectrales (H/V), para conocer el periodo de respuesta del suelo y estimar su factor de amplificación ante la ocurrencia sísmica; Refracción Sísmica (RS), Análisis Multicanal de las Ondas Superficiales (MASW) y el Análisis

Multicanal de Microtremores (MAM) para identificar espesores de capas y velocidades de ondas a diferentes niveles de profundidad; Tomografía Eléctrica (ERT) para conocer el contenido de humedad de los suelos y Georadar (GPR), para definir la presencia de grietas, desde la superficie. Estos estudios fueron complementados con el reconocimiento, in situ, de la geología, geomorfología, geotecnia, información que en conjunto permitieron evaluar el comportamiento dinámico de la MIRR.



Figura 2. Vivienda dañada ubicada en el AA.HH. 1° de Mayo (Robert y D'Ercole, 2009).

1.1.-Objetivo

El objetivo del presente estudio es aplicar diferentes métodos geofísicos, geológicos, geomorfológicos y geotécnicos para determinar los parámetros físicos del suelo y su comportamiento dinámico ante la ocurrencia de sismos; así como el desarrollo de asentamientos y/o derrumbes en las áreas urbanas ubicadas en la Margen Izquierda del Río Rímac: AA.HH. 1° de Mayo, Dos de Mayo, 3 de Mayo, Conde de la Vega, El Planeta, Mirones Alto, Villa María

del Perpetuo Socorro, Acomayo y 9 de Octubre 2da Etapa. Asimismo, determinar en superficie, el límite que separa los suelos estables de los inestables, y que representaría de alto riesgo ante la ocurrencia de sismos con la posible generación de asentamientos y/o derrumbes en la MIRR.

1.2. Ubicación de la zona de estudio

La Margen Izquierda del Río Rimac (MIRR) con una longitud de ~5 km, se encuentra ubicada en el departamento y provincia de Lima, distrito de Lima Cercado, dentro del cono de deyección del río Rimac. En la Figura 3, se presenta el mapa con la delimitación del área de estudio a escala 1:17500.

El trabajo de campo “in situ” permitió identificar de manera puntual las áreas críticas definidas por los suelos con presencia de grietas, suelos con material de relleno, depósitos antrópicos con materiales diversos, asentamientos de suelos y viviendas con daños estructurales. Según la Figura 4, estas áreas críticas se encuentran en los sectores de “El Montón” y AA.HH. Primero de Mayo, Dos de Mayo y Marginal Villa María del perpetuo Socorro. En la zona de estudio, se evidencia que la calidad de los suelos con/sin presencia de humedad han afectado las infraestructuras físicas de las viviendas. Esta información de base, permitido orientar el desarrollo del estudio integral en la MIRR.

1.3. Levantamiento fotogramétrico

En la MIRR, el levantamiento topográfico se realizó con la técnica de fotogrametría aérea con dron y mediciones in situ, lo cual permitió caracterizar el relieve de la superficie terrestre con un alto nivel de resolución. Esta información fue utilizada como base para el cartografiado geológico, geomorfológico, geodinámico y proyectar los resultados geofísicos obtenidos para la zona de estudio.

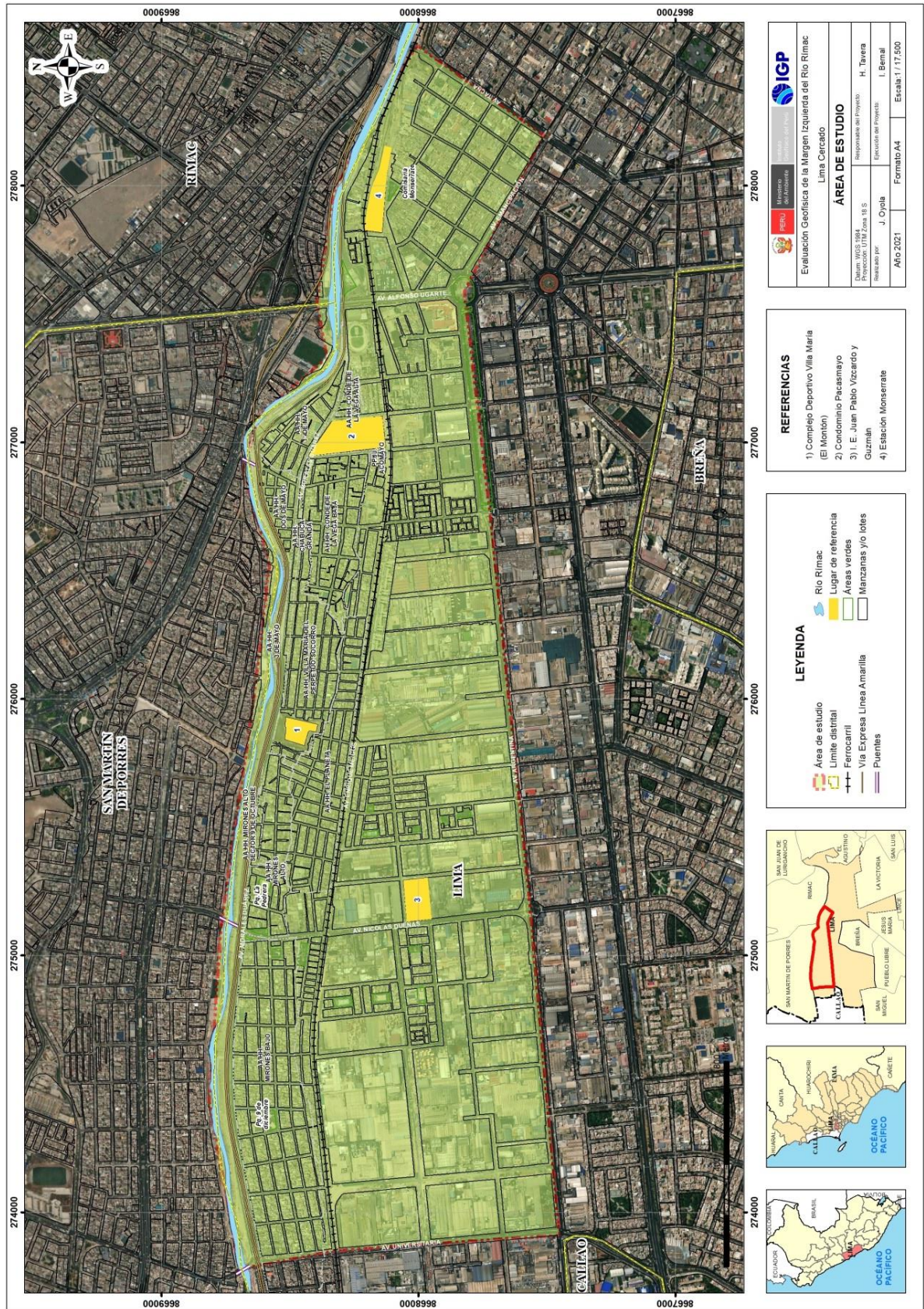


Figura 3. Delimitación del área de estudio a escala 1:17500.

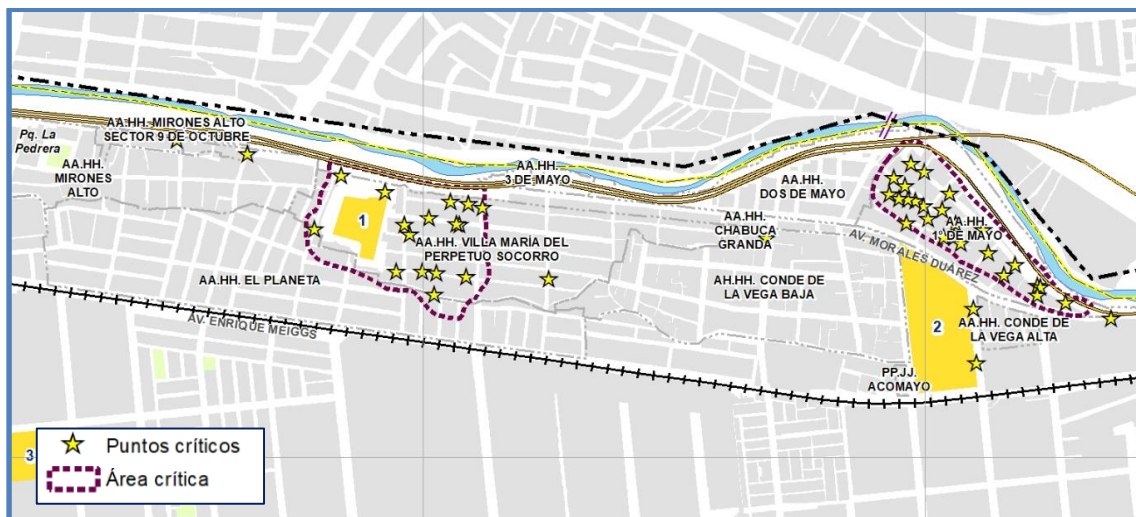


Figura 4. Áreas críticas identificadas en la Margen Izquierda del río Rímac.

Los trabajos de campo realizados en el área de estudio permitieron obtener 1207 fotografías aéreas y 11 puntos de fotocontrol con estaciones GNSS. De acuerdo a los datos obtenidos, se llegó a construir el Modelo Digital del Terreno (MDT) con una resolución espacial de 15 cm/píxel y así generar mapas a escala 1:5000 y curvas de nivel con un intervalo de 2.5 metros. Asimismo, se obtuvo un (1) ortomosaico con una resolución espacial de 6 cm/píxel. Estos productos permiten realizar el análisis y evaluación precisa de la morfología del terreno, así como la elaboración de perfiles topográficos, modelos de inundación de drenaje y estructura del subsuelo, entre otros.

La zona de estudio abarca una extensión de 616 ha y según el mapa de Modelo digital del terreno (MDT), se caracteriza por presentar una topografía llana, con elevaciones máximas y mínimas de 174 y 85 m.s.n.m. En el mapa de la Figura 5 y Anexo I, las variaciones de la altura del terreno son puestas en evidencia por la tonalidad de los colores. Sobre esta superficie, se tiene las siguientes áreas urbanas:

- Las áreas con elevaciones máximas de 160 a 174 m.s.n.m. (colores marrones a plomos) se encuentran en el extremo Este de la zona de

estudio y es ocupada por los AA.HH. de Monserrate, 1° De Mayo, Dos de Mayo y Conde De La Vega.

- Las áreas con elevaciones intermedias están ocupadas con los AA.HH. Villa María del Perpetuo Socorro y El Planeta.
- En las áreas con menor elevación (colores verdes y amarillos) se encuentran emplazados los AA.HH. Mirones Bajo, Mirones Alto y la zona industrial de Lima.
- El río Rímac se encuentra en el extremo norte de la zona de estudio siguiendo una dirección Este – Oeste con elevaciones entre 83 a 174 m.s.n.m.

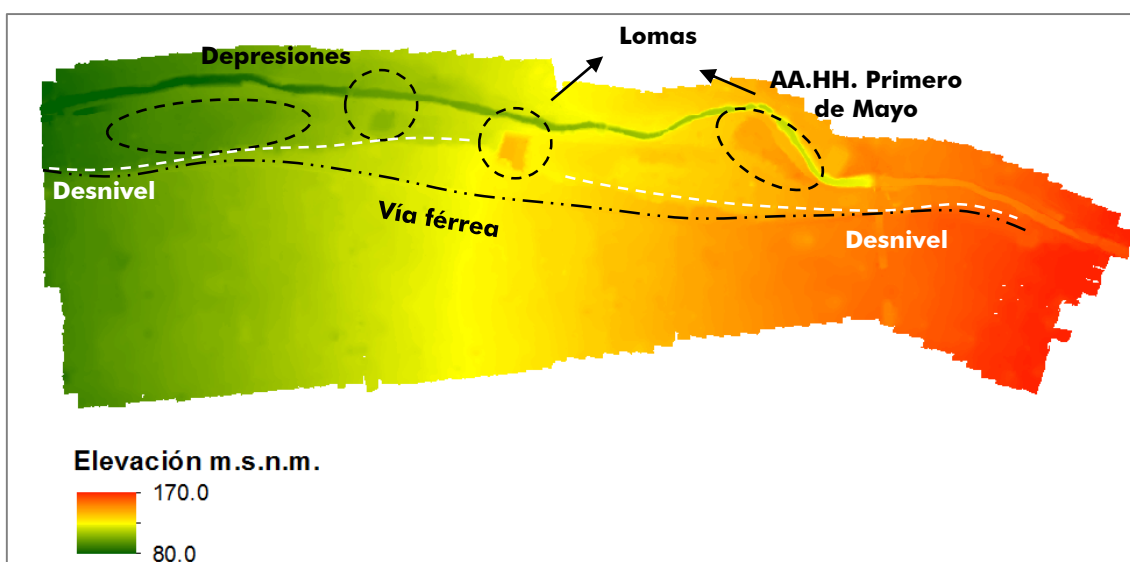


Figura 5. Vista de la variación de altura en la MIRR: se observa lomadas en los AA.HH. 1° de Mayo y Villa María del Perpetuo Socorro y depresiones en los AA.HH. Mirones Alto y Mirones Bajo. Hacia el área urbana, se observa la presencia de desnivel (próximo y paralelo a la vía férrea).

Asimismo, el mapa de curvas de nivel obtenido permite identificar claramente que la pendiente es mayor en los márgenes del río Rímac y en el complejo deportivo Villa María, aunque entre ambas existe una diferencia de altura del orden de 10 metros. Del mismo modo, se observa que el área que se encuentra en el extremo sur del río Rímac, presenta un relieve llano, pero con un cambio de elevación de Oeste a Este de 60 metros.

2- CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS LOCALES

En la zona de estudio MIRR se realizó el cartografiado geológico, geomorfológico, geodinámico y geotécnico, este último considerando 6 exploraciones superficiales (calicatas) y la extracción de muestras para ser analizadas en un laboratorio de mecánica de suelos.

2.1.- Geología local

La unidad geológica que conforma el substrato sobre el cual se asienta la MIRR es un depósito fluvio aluvial como producto de la dinámica del río Rimac (deposición del material), constituido por cantos rodados de diferente tamaño sostenidos en materiales finos (arenas, limos y arcillas). Este depósito está cubierto por material de relleno antrópico, ya que corresponde a una zona de antiguo relleno sanitario de Lima Metropolitana. Se estima que el espesor de este material, con respecto al natural (depósito fluvio aluvial), desde la superficie es aproximadamente de 5 a 8 metros en profundidad (Figuras 6 y 7).



Figura 6. Depósito fluvio aluvial en las márgenes derecha e izquierda del río Rimac. Se observa que está cubierto por materiales antrópicos provenientes del antiguo relleno sanitario de Lima y sobre el cual se asientan las viviendas que conforman AA.HH..



Figura 7. Calle ubicada en el AA.HH. Dos de Mayo. Se evidencia que los suelos sobre los cuales se asientan las viviendas están conformados por materiales heterogéneos, alóctonos (material de desmonte, construcciones, entre otros) que probablemente formaron parte del antiguo depósito de relleno antrópico de Lima Metropolitana.

2.2.- Geomorfología local

En el área de estudio se han delimitado dos geoformas de origen natural, el lecho fluvial y la terraza aluvial (Figura 8); además de una geoforma de origen antrópico en forma de colina denominada “El Montón” (Figura 9) y cuyas características son:

-Lecho fluvial: Es un área de pendiente suave (inclinación 5°) y de origen depositacional con geometría alargada y drenaje rectangular proveniente del régimen fluvial constante del río Rímac.

-Terraza aluvial: Es un área con relieve semi plano a plano formada por la erosión de un régimen fluvial constante como el río Rímac. En el área de estudio esta geoforma presenta un desnivel de 10 metros con respecto al lecho fluvial cuyo talud muestra verticalidad (80° a 90°). Esta medida no es constante, va disminuyendo hacia el oeste a lo largo del área de estudio

hasta llegar a medir 6 metros (referencia: altura del puente peatonal Mirones Bajo). Esta geoforma está cubierta por material de desmote y sobre ella se asienta la infraestructura física del área de estudio.



Figura 8. Geoformas (Terraza y lecho fluvial) identificadas en el área de estudio.



Figura 9. Geoforma (colina) generada por actividad antrópica (acumulación de material del antiguo relleno de la ciudad de Lima).

-Colina de origen antrópico: En el área de estudio se identificó una zona denominada “El Montón” conformada por la acumulación de desechos antrópicos (desmonte, material orgánico e inorgánico mezclados con fragmentos de roca y arena media a fina, material no seleccionado) que en el tiempo tomo la forma de colina. En esta área, la acumulación de material a lo largo de los años se ha realizado sin la supervisión técnica adecuada.

Estudios anteriores (CISMID, INGEMMET) indican que la zona en mención forma parte de un antiguo relleno sanitario de la ciudad de Lima (se estima que la acumulación del material en mención es desde el año 1940) y que en la actualidad, ha sido invadida por viviendas de material noble. En la parte superior de “El Montón” se ha construido el Complejo Deportivo denominado Villa María; mientras que, en la parte baja está rodeado por viviendas de material precario (prefabricado) y noble, así como, parte de la Vía Expresa Línea Amarilla.

2.3.- Geodinámica local

La geodinámica comprende todos los eventos que resultan de la interacción de procesos geológicos internos y externos que originan en los suelos cambios físicos, químicos y/o morfológicos; es decir, modelan la forma de la superficie del suelo. En el área de la MIRR, se ha identificado la ocurrencia de eventos geodinámicos como derrumbes en la Margen Izquierda del río Rimac (zona de ribera) como producto del socavamiento (erosión fluvial del régimen hídrico constante) que se produce en la base de la terraza (en los periodos de aumento de caudal). La erosión prolongada y no controlada en el sector mencionado podría afectar la infraestructura de la vía Expresa Línea Amarilla (Figura 10).

Así mismo, en la zona denominada como “El Montón”, se ha evidenciado la existencia de áreas susceptibles a derrumbes, debido a la presencia de material acumulado sin supervisión técnica adecuada (ausencia

de compactación), los cuales podrían ceder por gravedad y afectar las viviendas asentadas en la parte baja (Figura 11).



Figura 10. Margen izquierda del río Rimac. Se evidencia la erosión de los materiales (Depósito fluvio aluvial) en la base del talud de la ribera y provocara el derrumbe del material de relleno. Asimismo, se ha identificado socavamientos (círculo rojo) en el talud que podría generar la inestabilidad del mismo. Esta condición se presenta a lo largo del área de estudio.



Figura 11. Zona con potencial para generar derrumbes. Se evidencia que el material no está compactado, sino deleznable al tacto debido a que está conformado por desechos de materiales de construcciones (ladrillos, maderas, otros), desechos antrópicos, arenas, limos, gravas (alóctonos), entre otros. De ceder el material puede afectar a las viviendas asentadas en la parte baja (calle 15 de agosto).

3.4.- Geotecnia

En el área de la MIRR se ha identificado asentamientos debido a que están conformados por materiales que corresponden al relleno sanitario antiguo de la ciudad de Lima (botaderos de basura antiguos): desechos antrópicos, desmonte, desechos de construcción, entre otros (Figuras 12 y 13).



Figura 12. Viviendas: (A) ubicada en la Avenida del Trabajo, en el AA.HH. 1° de Mayo, (B), vista de perfil de la misma vivienda.



Figura 13. Material sobre el cual se asientan las viviendas en la MIRR. Se observa que está conformado por desechos antrópicos (botadero antiguo de Lima), presenta humedad media producto de la descomposición de los mismos.

En el Anexo VI, se presenta fichas de las áreas críticas identificadas debido a posibles problemas geotécnicos presentes en la MIRR. A fin de caracterizar los suelos de cimentación que conforman la Margen Izquierda del Río Rimac, se realizaron seis (6) exploraciones superficiales (calicatas) y las muestras extraídas fueron analizadas en laboratorio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1 y en el Anexo VII.

Tabla 1.- Propiedades físicas de los suelos de la Margen Izquierda del río Rimac.

Código	Profundidad (m)	Humedad (%)	Índice de Plasticidad	Clasificación SUCS	Descripción
CMIRR-01	2.70	44.38	No presenta	SM	Arena limosa
CMIRR-02	2.70	4.06	No presenta	GW con arena	Grava bien graduada con arena
CMIRR-03	2.80	2.71	No presenta	GP con arena	Grava mal graduada con arena
CMIRR-04	2.70	29.91	No presenta	SM con grava	Arena limosa con grava
CMIRR-05	2.70	2.43	No presenta	GP con arena	Grava mal graduada con arena
CMIRR-07	2.50	2.25	No presenta	GW con arena	Grava bien graduada con arena

En base al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) se identificaron tres tipos de suelos con las siguientes características (Figura 14):

- **Grava bien graduada (GW):** Grava bien graduada con contenido de arena. Presenta entre 2.25 a 4.06% de humedad y un ángulo de fricción de 31.28°, sin cohesión. Su capacidad portante esta entre 2 y 3 kg/cm².
- **Grava mal graduada (GP):** Grava mal graduada con presencia de arena. Presenta un contenido de humedad entre 2.43 y 2.71% y un ángulo de fricción de 30.8°, sin cohesión. La capacidad portante de estos suelos varía entre 2 y 3 kg/cm².

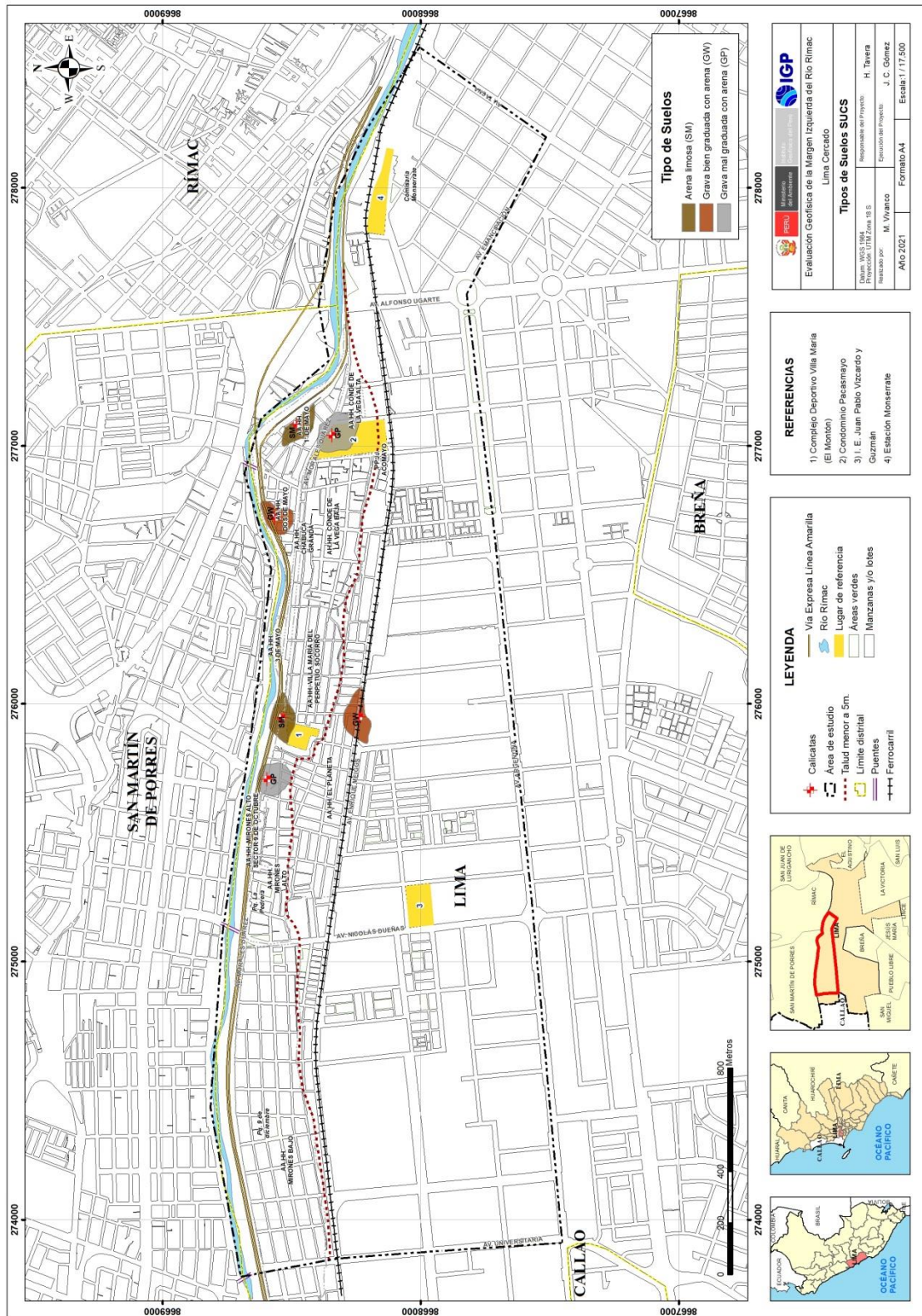


Figura 14. Tipos de suelos identificados en la Margen Izquierda del Río Rimac

- Arena limosa (SM): Arena limosa y arena limosa con grava, presenta entre 29.9 y 44.38% de humedad, un ángulo de fricción de 26.94° y una cohesión de 0.04 Kg/cm². Estos suelos presentan capacidad portante menor a 1 kg/cm².

3.- COMPORTAMIENTO DINÁMICO DEL SUELO

Las características del subsuelo en superficie dependen de los materiales que lo conforman en sus diferentes capas y pueden ser conocidas a través de los estudios de geología, estratigrafía y geomorfología. Sin embargo, la estructura del subsuelo en profundidad, sus propiedades físicas y su comportamiento dinámico ante la ocurrencia de sismos, movimientos de masa, entre otros, se conoce al aplicar métodos geofísicos. En general, estos métodos permitirán, a partir del análisis e interpretación de los datos obtenidos directamente en el campo usando instrumentación especializada, conocer los espesores de las capas del suelo, su composición, rigidez, contenido de humedad y en conjunto, su comportamiento dinámico ante la sollicitación sísmica.

Según la información geológica, los suelos de la MIRR están conformados por depósitos fluvio aluviales provenientes del río Rímac; y compuestos por un conglomerado de matriz de arenas y arcillas que engloban gravas y bloques identificados en la margen y terrazas del río Rímac (Figura 15 a, b). Asimismo, hacia el extremo NE y zona céntrica de la MIRR, se observa en superficie la presencia de depósitos con material heterogéneo de origen antrópico, principalmente en los asentamientos 1° de Mayo y Villa María del Perpetuo Socorro (Figura 15 c, d). Aquí, se ha identificado la existencia de asentamientos diferenciales del suelo que han generado la formación de grietas en estructuras y en el asfalto (Figuras 16).

Por otro lado, en la MIRR se ha identificado irregularidades en la superficie, lomadas y depresiones que pasan desapercibidas debido al crecimiento urbano (Figura 16).



Figura 15. a) Vista del material aluvial que forma la terraza con un desnivel de 4 a 5 metros con la base: AA.HH. Mirones Bajo, próximo a la línea del tren (intersección del Jr. Marino Angulo con el Jr. José Boterín).



Figura 15. b) Vista de la presencia de material aluvial en la Margen Izquierda del río Rimac cubierto por material de relleno: altura de los AA.HH. 1° de Mayo y Dos de Mayo.



Figura 15. c) Vista del material heterogéneo de origen antrópico, rellenos con presencia de humedad: AA.HH. de 1° de Mayo.



Figura 15. d) Vista del material heterogéneo de origen antrópico sobre el cual se encuentran diversas estructuras: parte alta del Complejo Deportivo Villa María, AA.HH. Villa María del Perpetuo Socorro.



Figura 16. a) Vista de vivienda con paredes inclinadas por efectos del asentamiento del suelo: AA.HH. Villa María del Perpetuo Socorro, próximo al Complejo Deportivo Villa María (ex botadero "El Montón")



Figura 16. b) Vista de viviendas asentadas en el AA.HH. de 1° de Mayo.

Considerando la morfología de la MIRR, en el área de estudio fue necesario realizar la inspección de campo para reconocer e identificar los lugares, zonas y áreas disponibles para realizar la recolección de datos geofísicos.

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

El método de razones espectrales (H/V) fue propuesto por Nakamura (1989) para caracterizar la respuesta dinámica del suelo y en algunos casos, estimar su amplificación, ante la sollicitación sísmica. 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, causaran o no, la amplificación de las ondas sísmicas incidentes a la ocurrencia de un sismo de gran magnitud.

3.1.1.- Adquisición de datos

En la zona de estudio se recolectaron 122 registros de vibración ambiental utilizando sensores Lennartz y registradores CityShark II (Figura 17). Los puntos de adquisición de datos se distribuyen estratégicamente sobre el área de estudio con intervalos de 50 a 100 metros en promedio (Figura 18). Cada registro de vibración ambiental, tiene una duración de 15 minutos, lo cual permite disponer de buena cantidad de datos para su posterior análisis.

En la Figura 19, se muestra ejemplos de señales de vibración ambiental registrados en el punto ubicado en el cruce de las avenidas Nicolás Dueñas y Las Fábricas, con presencia de ruido de poca amplitud y/o saltos transitorios (RI-114, suelos compactos) y otro sobre el Complejo Deportivo Villa María

(ex botadero “El Montón”) con presencia de altos niveles de ruido (RI-072, suelos heterogéneos y/o blandos).



Figura 17. Equipo sísmico utilizado para el registro de vibraciones ambientales: sensor Lennartz (2N) y registradores CityShark II.

La correlación entre las características físicas y dinámicas de estos suelos, permite clasificarlos y a la vez zonificar el área de estudio en base a la respuesta dinámica del suelo ante la sollicitación sísmica.

3.1.2.-Procesamiento y análisis

Para aplicar la técnica de cocientes espectrales H/V se consideran los siguientes pasos:

- ✓ Los registros de vibración ambiental fueron tratados por ventanas de 20 segundos de señal no perturbada por el ruido de fondo. Para tal efecto, se selecciona de forma aleatoria diversos tramos de señal sin la presencia de ruidos transitorios.
- ✓ Se calcula la Transformada Rápida de Fourier para un número mayor a 10 ventanas de observación para cada punto, a fin de obtener los cocientes espectrales para cada componente de registro entre su componente vertical (E-O/V; N-S/V).

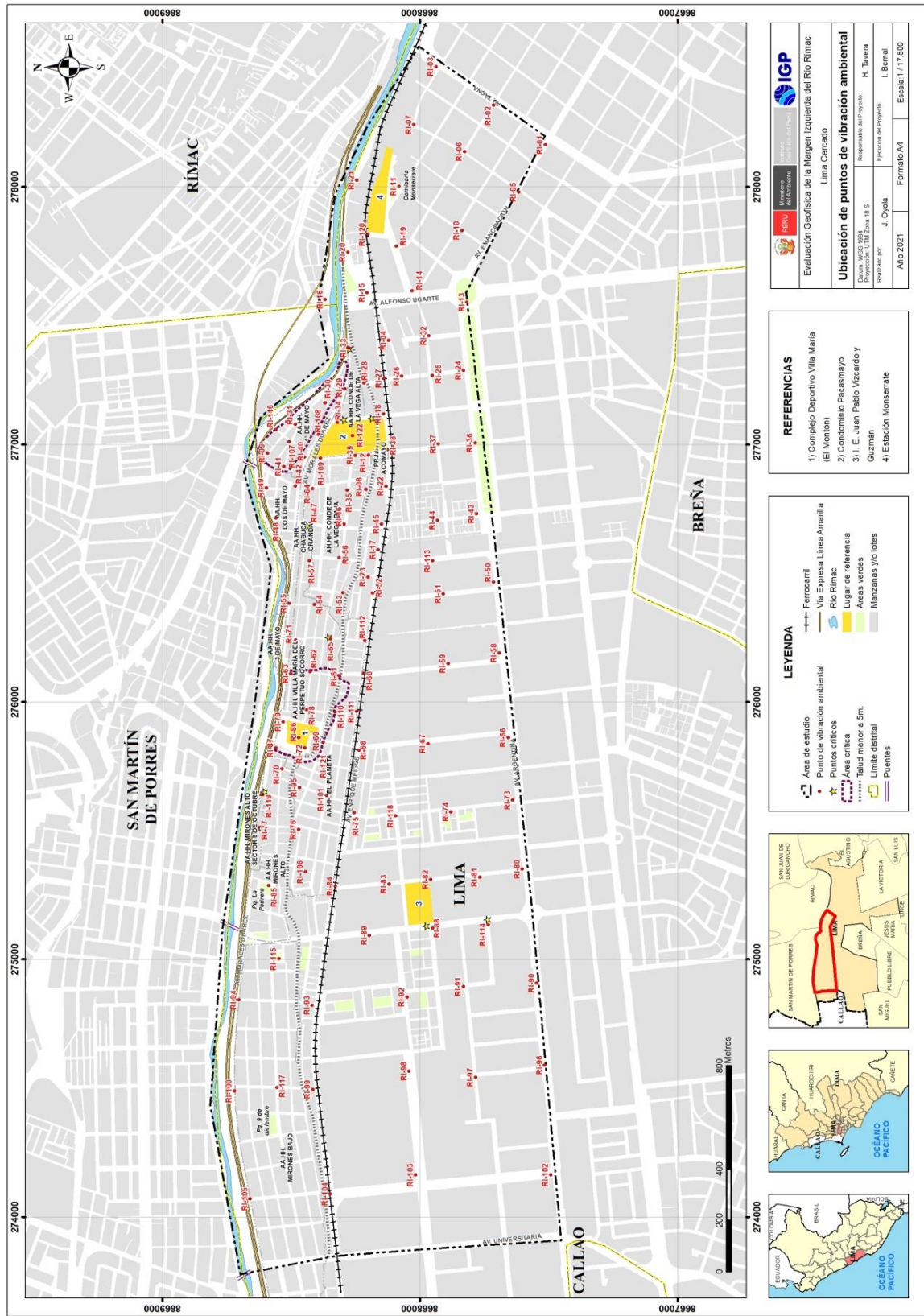


Figura 18. Distribución espacial de los puntos de registros de vibración ambiental en la MIRR, distrito de Cercado de Lima. Los puntos están distribuidos estratégicamente de acuerdo al objetivo del estudio.

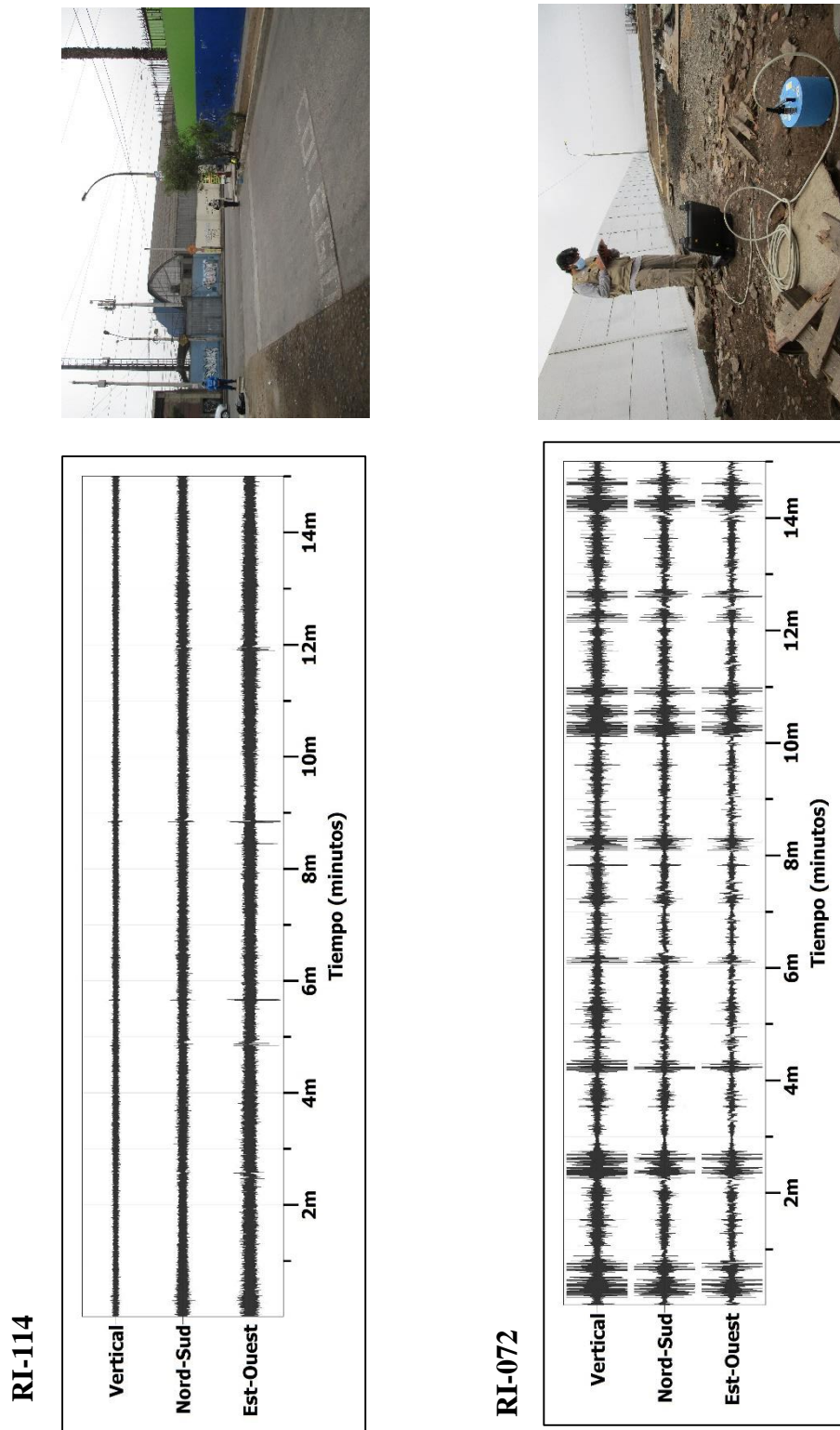


Figura 19. Ejemplos de registros obtenidos en: el cruce de las avenidas Nicolás Dueñas y Las Fábricas con ruido constante (RI-114) y sobre el Complejo Deportivo Villa María (ex botadero “El Montón”) con ruido transitorio (RI-072). Obsérvese las diferentes amplitudes de la señal registrada en cada punto.

- ✓ Los espectros horizontales de la señal se dividieron entre el espectro vertical para obtener la relación H/V y luego se promediaron para cada punto de observación considerando su respectiva desviación estándar.
- ✓ Se procedió a identificar la frecuencia predominante considerando un rango de interés que fluctúa entre 0.5 a 20 Hz y picos/rangos con amplificaciones relativas de al menos 2 veces (se considera la amplitud de "1" como punto de referencia), ver Figura 20.

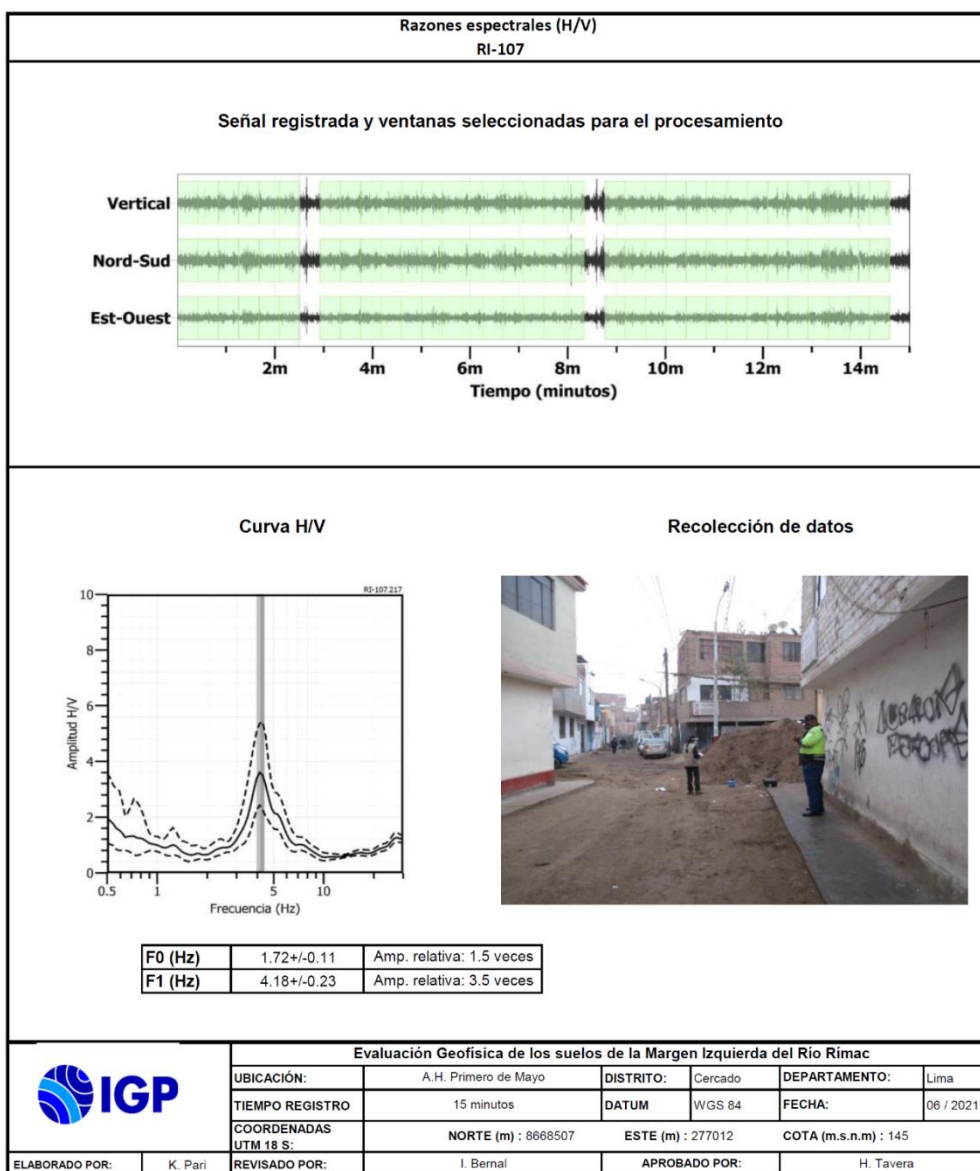


Figura 20. Resultados obtenidos con el método de razones espectrales (H/V) para el punto RI-107. Arriba, la señal registrada y abajo la curva promedio de las razones espectrales (H/V) en línea gruesa y su desviación estándar en líneas discontinuas. Las barras grises, definen la frecuencia predominante.

Para el análisis de los datos obtenidos en campo fue necesario considerar los siguientes puntos

- ✓ Las frecuencias predominantes menores a 1 Hz corresponden a vibraciones generadas por el oleaje del mar, y/o cambios meteorológicos (periodos muy largos).
- ✓ Las bajas frecuencias o periodos largos son debidas a la presencia de depósitos profundos en el subsuelo.
- ✓ Las frecuencias altas o periodos cortos son debidos a la presencia de depósitos superficiales de suelos blandos de poco espesor (SESAME, 2006; Bernal, 2006).
- ✓ Para la interpretación de los resultados obtenidos en este estudio, se consideró la información geológica, geomorfológica y geotécnica disponible para la zona de estudio.

3.1.3.- Resultados e interpretación

En la MIRR, los suelos responden a dos rangos de frecuencias: Fo ($F < 2.0$ Hz) y F1 ($F \geq 2.0$ Hz). La distribución espacial de los valores muestra principalmente la presencia de bajas frecuencias hacia el extremo oeste del área de estudio y con amplificaciones mayores a 2 veces: Complejo Deportivo Villa María (ex botadero "El Montón") y en los alrededores de la I.E. Juan Pablo Vizcardo y Guzmán. Los suelos con frecuencias mayores se distribuyen aleatoriamente en gran parte del área de estudio, teniendo como característica la presencia de un pico de frecuencias bien definido y con mayores amplificaciones en el AA.HH. 1° de Mayo y la estación Monserrate. Estas características físicas de los suelos, sugieren la gran heterogeneidad en su composición.

A fin de evaluar el cambio en el comportamiento dinámico del suelo a lo largo de la MIRR, se analiza de manera conjunta la información contenida

en cada gráfico de razones espectrales (H/V) y la distribución espacial de los valores de frecuencias.

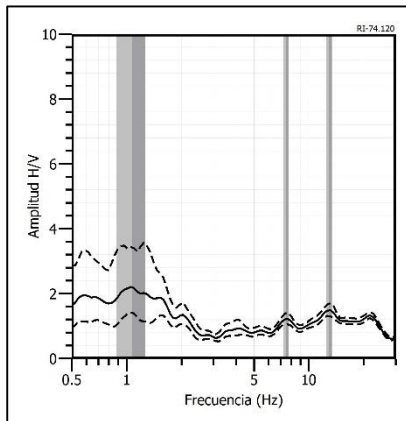
- *En la Figura 21a se muestra ejemplos de razones espectrales obtenidas para los puntos RI-74 (I.E. Juan Pablo Vizcardo y Guzmán) y RI-79 y RI-86 (complejo deportivo Villa María - ex botadero "El Montón"), que en conjunto responden a frecuencias predominantes, de 1.1, 2.7 y 2.7 Hz con amplificaciones de 2.0, 2.5 y 10 veces respectivamente. Estos resultados evidencian la baja consistencia del suelo compuesto por material de relleno.*
- *La Figura 21b muestra las razones espectrales (H/V) obtenidas para los puntos RI-30, RI-107 y RI-120 ubicados en el AA.HH. 1° de Mayo y en el Barrio Marginal Conde de la Vega. En los espectros sobresale un pico bien definido con frecuencias predominantes de 4.8, 4.2 y 10.4 Hz y amplificaciones de 2.2, 3.8 y 4.0 veces respectivamente.*

En la Figura 22, se muestra la distribución espacial de los valores de frecuencias menores (F0) y mayores (F1) a 2.0 Hz:

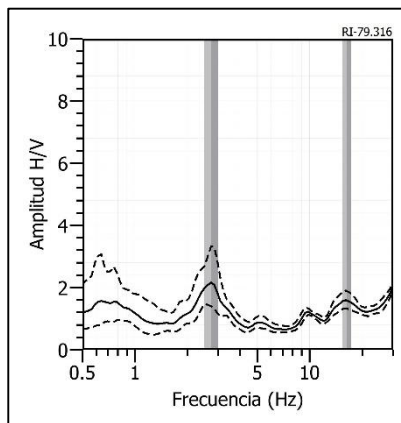
- **Frecuencias predominantes F0** ($F < 2.0$ Hz): Predominan valores entre 1.0 a 1.6 Hz (1.0-0.6 segundos), distribuidos principalmente hacia el extremo sur del área de estudio. Estos valores bajos de frecuencias estarían asociados a la presencia en el subsuelo de una capa sedimentaria de gran espesor.

- **Frecuencias predominantes F1** ($F \geq 2.0$ Hz): Las razones espectrales presentan un solo pico de frecuencias que varían entre 2.0 a 20 Hz (0.1-0.5 segundo). Estos valores se presentan de manera aleatoria en gran parte del área de estudio y sus mayores amplificaciones (4.5 a 10 veces) son visibles en el AA.HH. 1° de Mayo y Villa María del Perpetuo Socorro.

RI-74



RI-79



RI-86

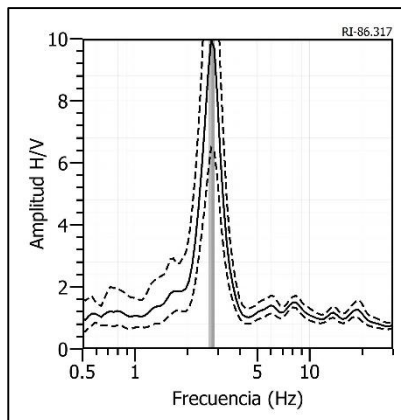
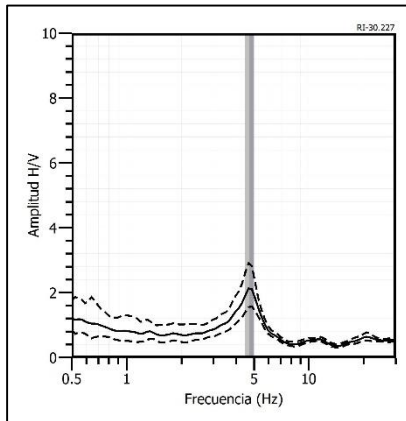
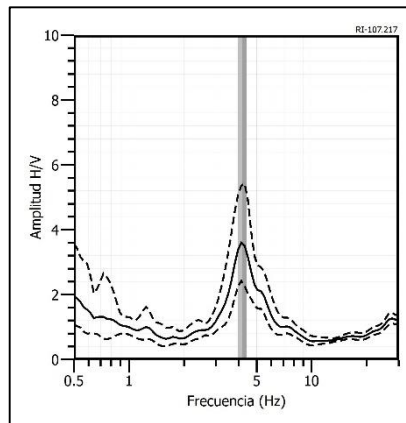


Figura 21a. Ejemplos de razones espectrales (H/V) para los puntos RI-74 (I.E. Juan Pablo Vizcardo – Guzmán) y RI-79 y RI-86 (Complejo Ddeportivo Villa María - ex botadero “El Montón”). Las líneas continuas representan la razón espectral y las discontinuas su desviación estándar. Las barras grises, definen la frecuencia predominante.

RI-30



RI-107



RI-120

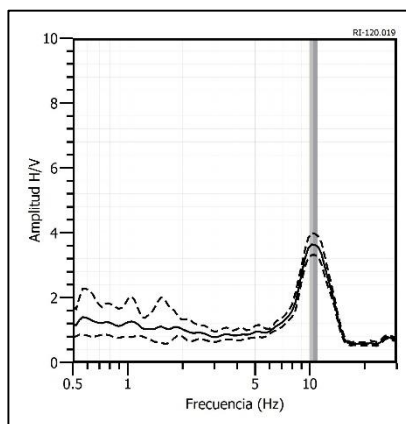
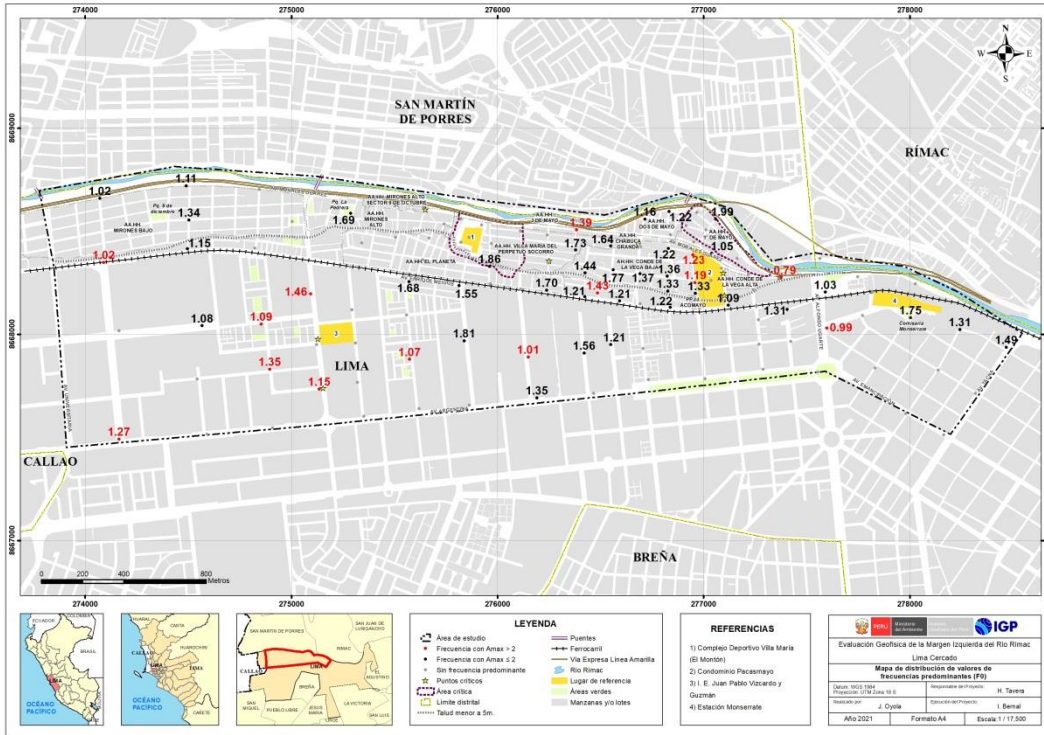


Figura 21b. Ejemplos de razones espectrales (H/V) para los puntos RI-30, RI-107 y RI-120, ubicados en el AA.HH. 1° de Mayo y en Conde de la Vega Alta. Las líneas continuas representan la razón espectral y las discontinuas su desviación estándar. Las barras grises, definen la frecuencia predominante.

a). Frecuencias F_0 ($F < 2.0$ Hz)



b). Frecuencias F_1 ($F \geq 2.0$ Hz).

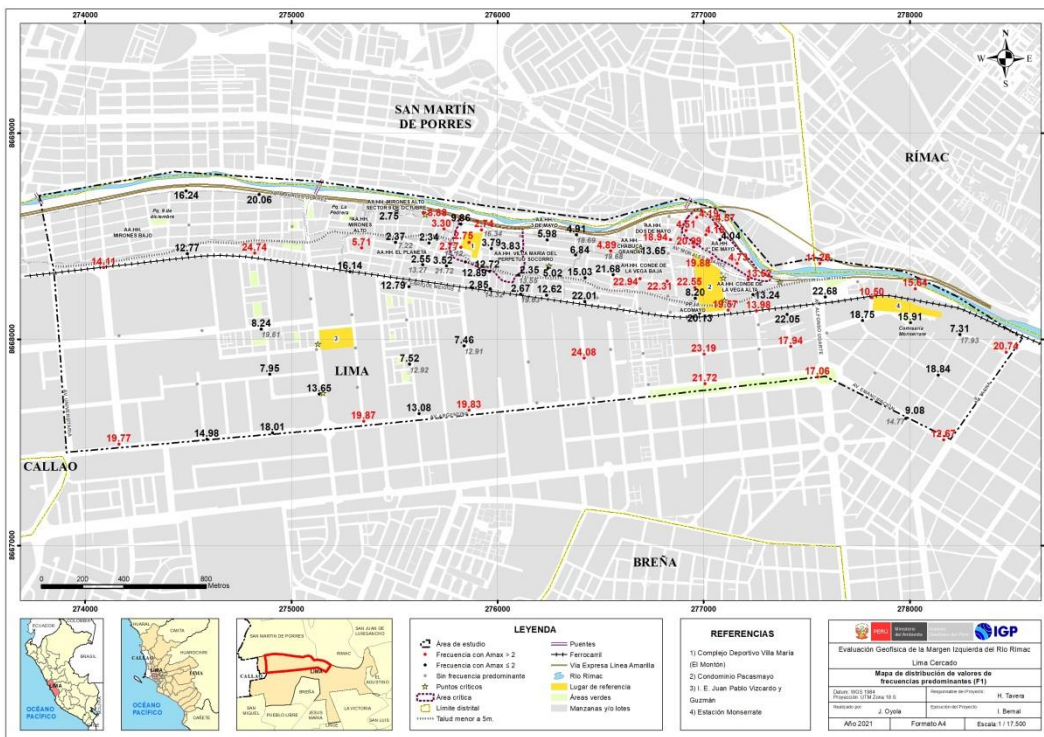


Figura 22. Distribución espacial de las frecuencias F_0 ($F < 2.0$ Hz) y F_1 ($F \geq 2.0$ Hz). Los valores en rojo, corresponden a puntos con amplificaciones mayores a 2 veces.

En el caso del Complejo Deportivo Villa María (ex botadero “El Montón”), las razones espectrales presentan dos o más picos de frecuencias con amplificaciones de hasta 10 veces, indicando que los suelos tienen un comportamiento dinámico por demás irregular y complejo.

En la Figura 23a, se muestra los gráficos de razones espectrales correspondientes a puntos RI-79, RI-86 y RI-69 ubicados en el sector del Complejo Deportivo Villa María (ex botadero “El Montón”), presentados como un perfil perpendicular al río Rímac, siendo sus características las siguientes:

- En el punto RI-79 ubicado casi en la base del Complejo Deportivo Villa María (ex botadero “El Montón”) y a 10 metros de la Línea Amarilla, sobresale dos picos de frecuencia a 2.7 y 16.3 Hz con amplificaciones de 2.1 y 1.6 veces respectivamente.
- En el punto RI-86 ubicado sobre la parte más alta del Complejo Deportivo Villa María (ex botadero “El Montón”), se observa un pico de frecuencia a 2.75 Hz con amplificaciones de 10 veces.
- En el tercer punto RI-69, ubicado en la calle Huancarama, en la base del mismo complejo deportivo, presenta un pico de frecuencia a 12.7 Hz con amplificaciones de hasta 1.8 veces.

Asimismo, en la Figura 23b, se muestra los gráficos de razones espectrales correspondientes a los puntos RI-78, RI-86 y RI-70, ubicados de este a oeste, en el sector del Complejo Deportivo Villa María (ex botadero “El Montón”). Estas razones espectrales son presentadas como un perfil paralelo al río Rímac, siendo sus características las siguientes:

- El punto RI-78, ubicado en el cruce de los Jr. Reque con el Jr. Otuzco, presenta un pico de frecuencia a 3.8 Hz con amplificaciones de hasta 1.8 veces.

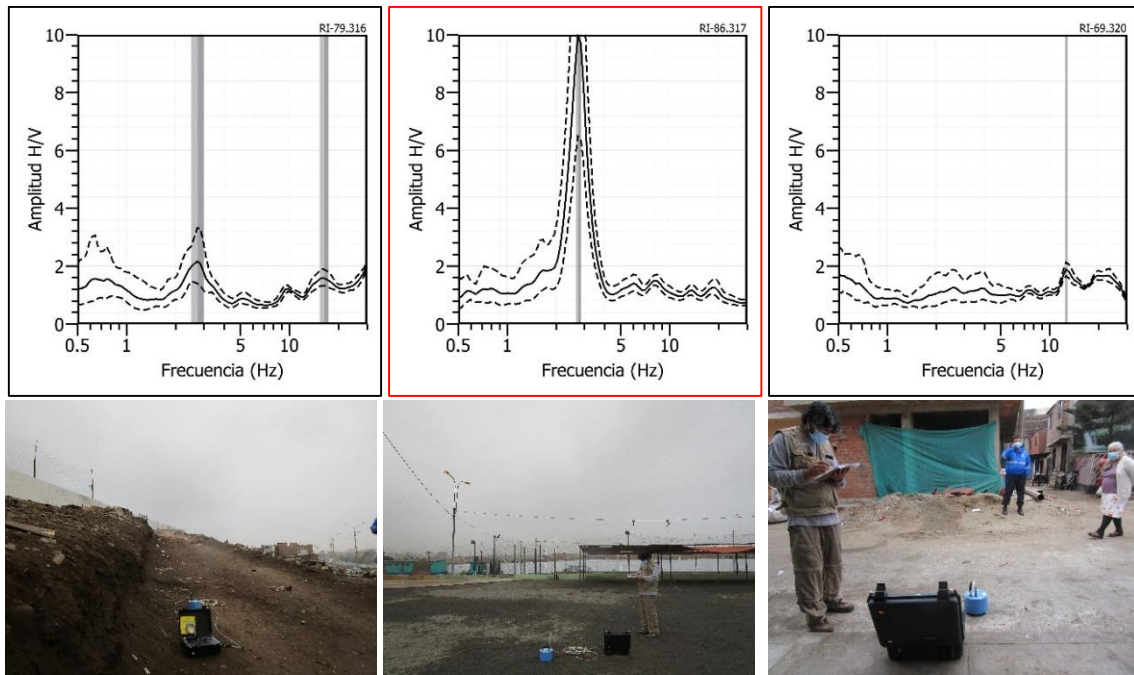


Figura 23. a) Razones espectrales obtenidas para puntos RI-79, RI-86 y RI-69, ubicados de norte a sur en el sector del Complejo Deportivo Villa María (ex botadero "El Montón").

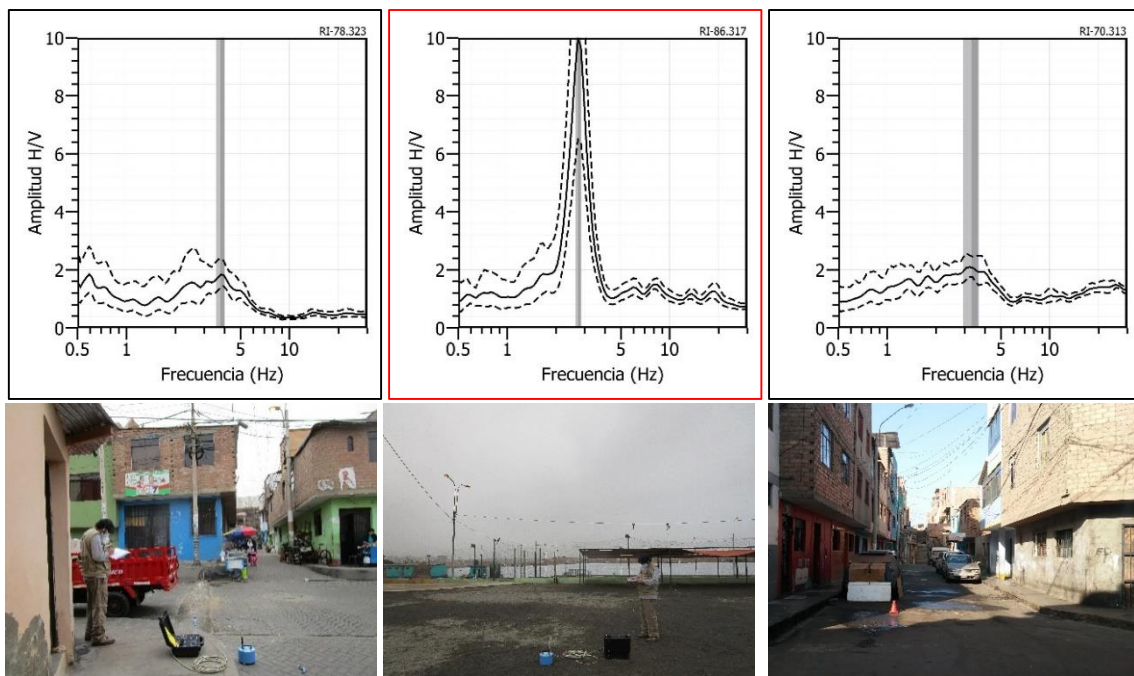


Figura 23. b) Razones espectrales obtenidas para puntos RI-78, RI-86 y RI-70, ubicados de este a oeste, paralelo al río Rimac, en el sector del complejo deportivo Villa María (ex botadero "El Montón").

- En el punto RI-86 ubicado sobre la parte más alta del Complejo Deportivo Villa María (ex botadero “El Montón”), se observa un pico de frecuencia a 2.7 Hz con amplificaciones de hasta 10 veces.
- En el punto RI-70 ubicado en el cruce de la calle El Monzón con el Jr. Crespo y Castillo, sobresale un pico de frecuencia a 3.3 Hz con amplificaciones de 2 veces.

Finalmente, en la Figura 23c se muestra los gráficos de razones espectrales correspondientes a los puntos RI-116, RI-107 y RI-64, ubicados en el AA.HH. 1° de Mayo, todos presentados como un perfil perpendicular al río Rimac, siendo sus características las siguientes:

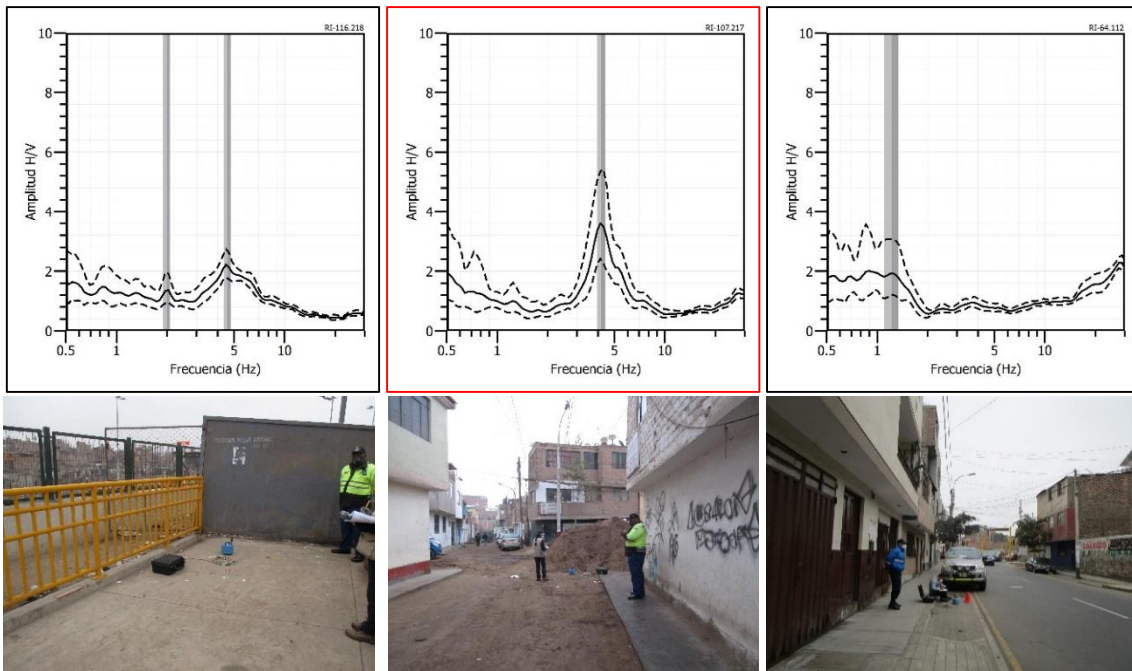


Figura 23. c) Razones espectrales obtenidas para puntos RI-116, RI-107 y RI-64, ubicados de norte a sur en el AA.HH. 1° de Mayo.

- Para el punto RI-116 ubicado a 1 metro de la Línea Amarilla, sobresale dos picos de frecuencia a 1.9 y 4.5 Hz con amplificaciones de 1.3 y 2.1 veces respectivamente.
- En el punto RI-107 ubicado en la calle 1 de Mayo, sobresale un pico de frecuencias de 4.2 Hz con amplificaciones de 3.6 veces.

- En el punto RI-64 ubicado en la calle Máncora del AA.HH. Conde de la Vega, sobresale un pico de frecuencia a 1.2 Hz con amplificaciones menores a 2 veces.

De acuerdo a este análisis, el número de picos de frecuencias, formas de las curvas y factores de amplificación relativa, muestran un cambio en el comportamiento dinámico del suelo en distintos puntos y ubicaciones. Por ejemplo, a mayor distancia del río Rímac, hacia el sur, el suelo responde a un pico de frecuencia con bajas amplificaciones, evidenciando que los suelos son más estables, situación diferente se observa en el Complejo Deportivo Villa María (ex botadero "El Montón") y en el AA.HH. 1° de Mayo, donde los suelos se muestran más heterogéneos y no compactos.

Asimismo, las zonas con bajas amplificaciones debido a la presencia de suelos compactos se encuentran, desde la vía férrea hacia el extremo sur, a excepción de los alrededores de la I.E. Juan Pablo Vizcardo y Guzmán. Sin embargo, entre el borde del río Rímac y la vía férrea, la amplificación del suelo se incrementa considerablemente en dos zonas puntuales, en el Complejo Deportivo Villa María (ex botadero "El Montón") con amplificaciones de hasta 10 veces y en el AA.HH. 1° de Mayo, con amplificaciones del orden de 4 veces. En estas dos zonas, los suelos son poco compactos y/o sueltos, estando las capas de mayor espesor en el Complejo Deportivo Villa María (ex botadero "El Montón").

- **Periodos Dominantes:** Para presentar los resultados finales, los valores de frecuencias predominantes fueron transformados a periodos dominantes y para construir el mapa de periodos, se asignó a cada punto de medición un radio de confiabilidad de 10 metros, lo cual facilita los procedimientos seguidos para la zonificación de los suelos. Según la Figura 24, los periodos menores a 0.5 segundos se muestran con números grandes y en color rojo, aquellos donde las amplificaciones son mayores a 2 veces.

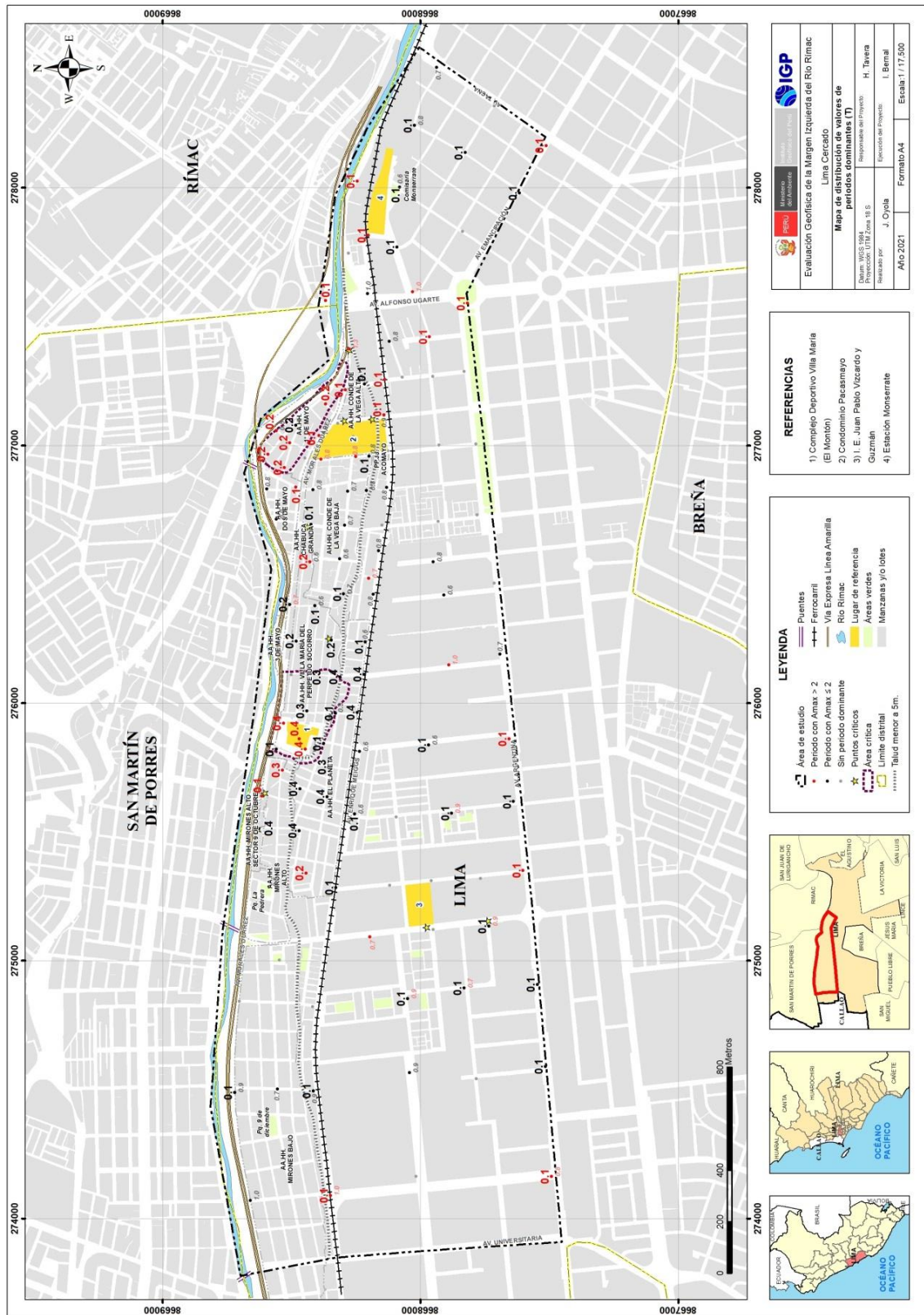


Figura 24. Distribución espacial de periodos dominantes del suelo en la MIRR. Los valores en rojo, corresponden a puntos con amplificaciones mayores a 2 veces.

Los resultados muestran que los suelos en la MIRR responden a periodos de 0.3 y 0.4 segundos hacia el Complejo Deportivo Villa María (ex botadero “El Montón”), entre la Av. Morales Duarez y la vía férrea. Los suelos que responden a periodos de 0.1 y 0.2 segundos, se encuentran en el AA.HH. 1° de Mayo, entre la Av. Del Trabajo y Av. Morales Duarez; mientras que, los periodos de 0.1 – 0.8 segundos con bajas amplificaciones están presentes en los AA.HH. El Planeta, Villa María del Perpetuo Socorro, P.J. Acomayo y en los alrededores de la I.E. Juan Pablo Vizcardo y Guzmán. Según estos valores, los suelos son moderadamente consolidados.

En general, las mayores amplificaciones se presentan en el AA.HH. 1° de Mayo y El Montón debido a que los suelos están compuestos por material heterogéneo y/o relleno con baja compactación; por lo tanto, presentarían un comportamiento dinámico muy complejo ante la ocurrencia de sismos de elevada magnitud. Contrariamente, hacia el extremo sur del área de estudio, los suelos presentan baja amplificación y en algunos casos no se identifica ningún periodo, evidenciando la presencia de suelos homogéneos.

3.2.- Método de Refracción Sísmica

El método de Refracción Sísmica (RS) permite conocer los parámetros físicos de los suelos como su espesor y rigidez en base a contraste de velocidad por efecto de la propagación de las ondas sísmicas de compresión “P” en el subsuelo. Básicamente, la RS consiste en generar ondas sísmicas a partir de una fuente artificial (martillo) y medir el tiempo requerido por las ondas para viajar en el subsuelo, desde la fuente hacia una serie de geófonos, usualmente dispuestos en línea recta.

3.2.1.- Adquisición de datos

Para la aplicación del método de RS se ha utilizado un equipo sísmico GEODE de Geometrics y 24 sensores o geófonos de alta frecuencia (14 Hz). Como fuente de impacto y/o energía para generar las ondas sísmicas, se utilizó un martillo de 20 lbs, tal como muestra en la Figura 25. Para este método se ha considerado un tendido lineal con espaciamiento entre geófonos de 5 metros y frecuencia de muestreo de 4000 Hz (0.25 ms). La ubicación de cada RS fue variable ya que dependió de la geomorfología de la zona de estudio y su accesibilidad.

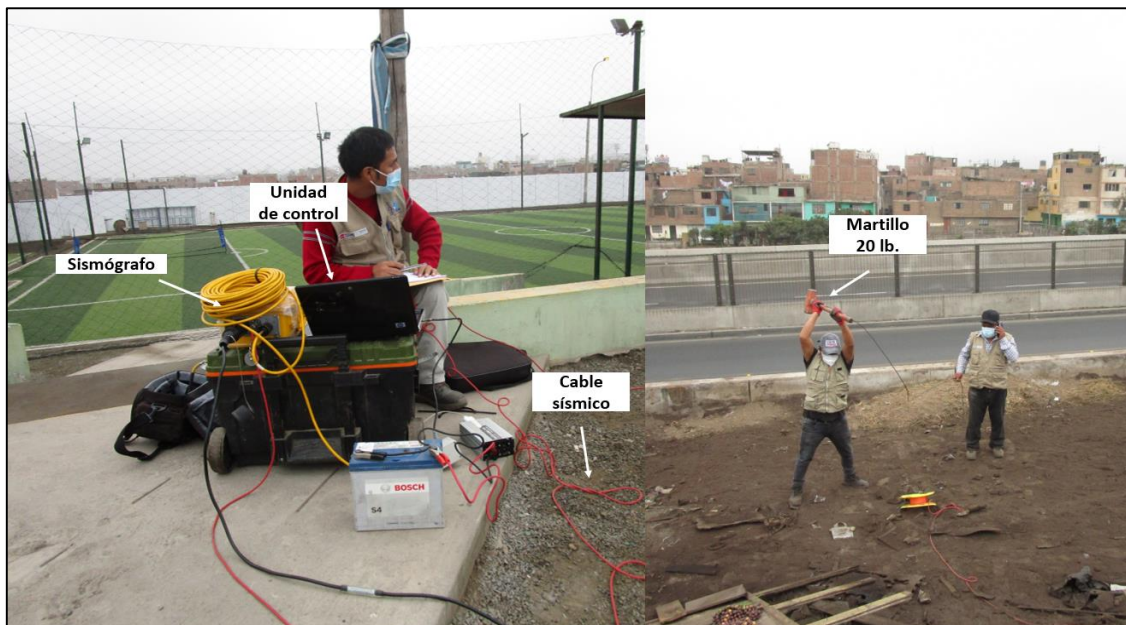


Figura 25. Equipos utilizados en la adquisición de datos RS.

En la MIRR se realizaron, 10 líneas de RS con longitudes de 92, 172, 180 y 264 m (Tabla 2). La distribución espacial de estas líneas debidamente codificadas se muestra en la Figura 26. Durante la toma de datos RS, el operador definió y calificó los datos conforme eran adquiridos, indicando repeticiones, cambio de fuentes de energía o posición del equipo, según sea conveniente o necesario para obtener datos geofísicos de calidad.

Tabla 2: Coordenadas y características de las líneas sísmicas.

Línea Sísmica	Coordenadas UTM – WGS84		Cota (m.s.n.m.)	Espaciamiento entre geófonos (m)	Longitud total (m)
	Este (m)	Norte (m)			
RS01-RI	277054	8668555	146	4	92
	277001	8668483	146		
RS02-RI	277041	8668343	144	4	180
	277057	8668160	146		
RS03-RI	275852	8668558	131	4	172
	275887	8668390	140		
RS04-RI	276029	8668510	132	4	264
	275760	8668544	124		
RS05-RI	275851	8668392	132	4	92
	275834	8668302	132		
RS06-RI	275929	8668287	133	4	92
	275839	8668300	131		
RS07-RI	277254	8668324	150	4	92
	277182	8668381	150		
RS08-RI	276820	8668562	138	4	92
	276729	8668572	137		
RS09-RI	275294	8668561	115	4	92
	275204	8668578	116		
RS10-RI	274165	8668680	102	4	92
	274076	8668661	100		

Para la distribución de los ensayos sísmicos de RS se consideró la información recogida del reconocimiento en campo del área de estudio, investigaciones o estudios previos, así como la disponibilidad del espacio y las facilidades para el despliegue de los equipos geofísicos a utilizarse. Igual procedimiento fue seguido para la obtención de datos usando las técnicas MASW y MAM.

En la Figura 27, se muestra como ejemplo uno de los registros sísmicos obtenidos para la línea sísmica RS03-RI realizado en el Complejo Deportivo Villa María (ex botadero “El Montón”). El sismograma contiene las señales sísmicas con presencia de bajo ruido ambiental; por lo tanto, los datos recolectados son de buena calidad.

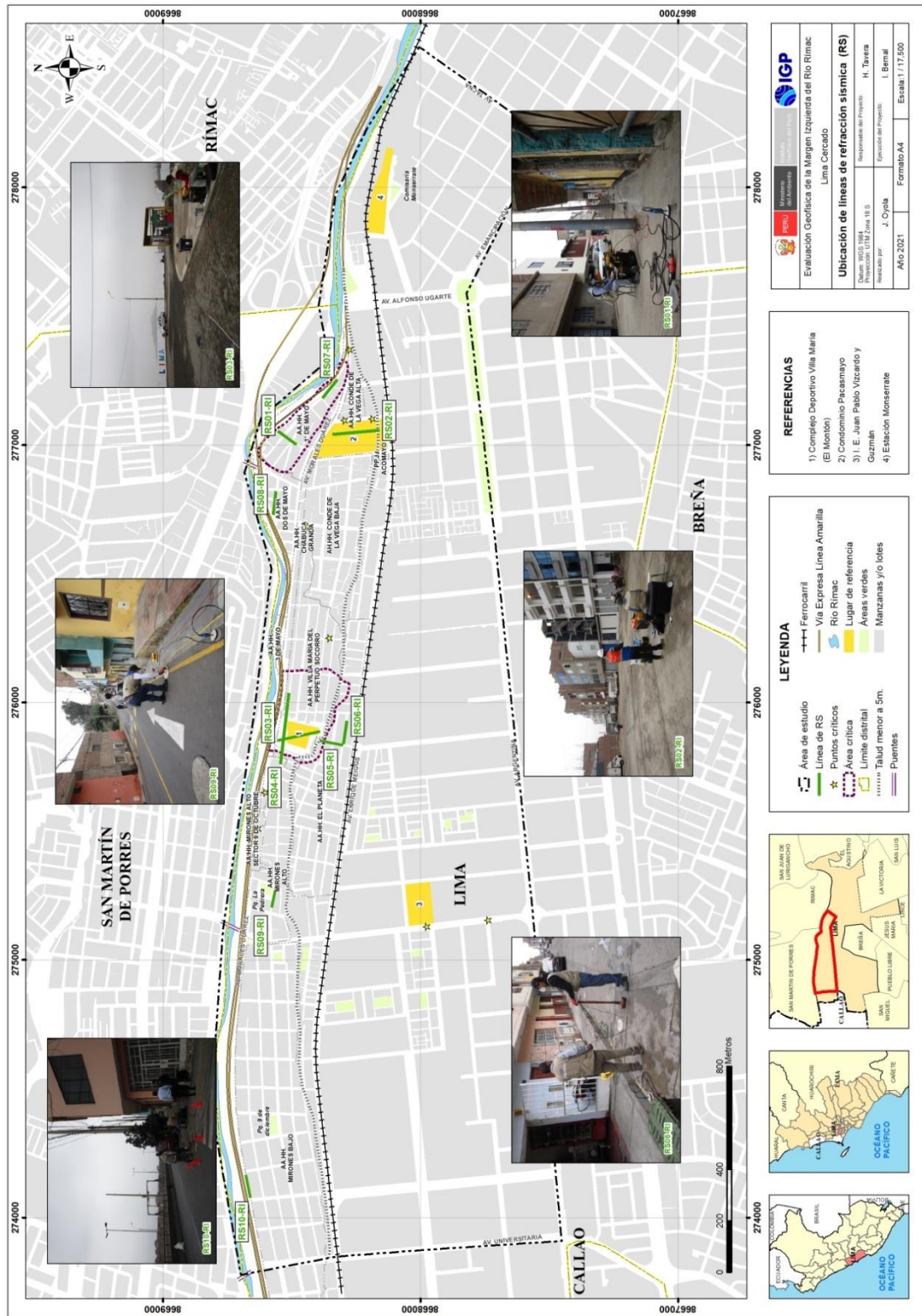


Figura 26. Distribución espacial de líneas de RS, codificadas como RS01-RI, ..., RS10-RI.

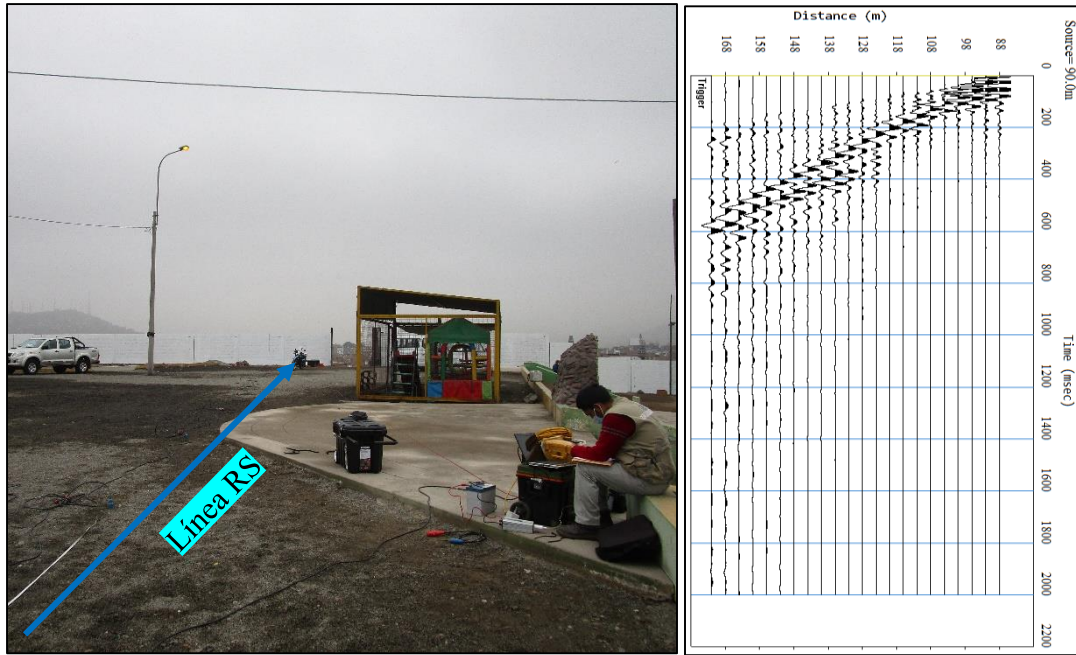


Figura 27. Disposición del equipo de adquisición de datos con la técnica de refracción sísmica (RS03-RI, Complejo deportivo Villa María) y registro sísmico obtenido.

3.2.2.- Procesamiento y análisis

El procesamiento de los datos fue realizado con el programa SeisImager y se inició con el picado de los primeros arribos de la onda P en el registro, formando de esta manera curvas tiempo vs distancia (dromocronas), que después de un proceso de inversión permite obtenerse la sección RS respectiva; por ejemplo, ver Figura 28.

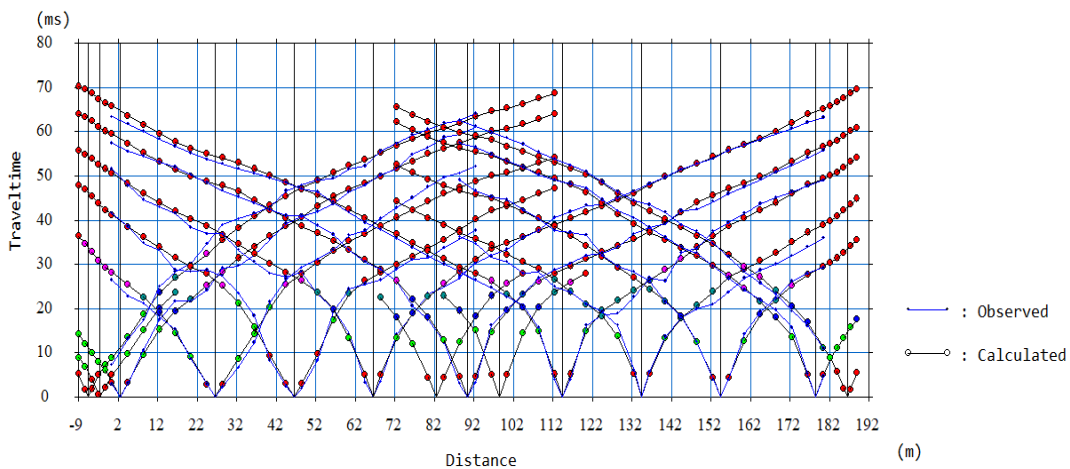


Figura 28. Curvas de tiempo - distancia obtenidas para la línea sísmica RS02-RI.

Para el análisis de los resultados e identificación del tipo de suelos en base a la velocidad de las ondas de volumen (V_p), se considera los valores propuestos por la ASTM-D5777, ver Tabla 3.

Tabla 3: Clasificación de perfiles de suelo según la ASTM-D5777.

ASTM - D5777	
Velocidad V_p (m/s)	Descripción
240 - 610	Suelo intemperizado
460 - 915	Grava o arena seca
1830 - 1220	Arena saturada
910 - 2750	Arcilla saturada
1430 - 1665	Agua
1460 - 1525	Agua de mar
1830 - 3960	Arenisca
2750 - 4270	Esquisto, arcilla esquistosa
1830 - 3960	Tiza
2134 - 6100	Caliza
4575 - 5800	Granito
3050 - 7000	Roca metamórfica

3.2.3.- Resultados e interpretación

a) Resultados

En el área de estudio se realizaron 10 líneas de RS (RS01-RI,..., RS10-RI), con resolución hasta profundidades de entre 35 y 40 metros. En la Figura 29, se presenta la sección de RS obtenida para la línea RS01-RI y en el Anexo II, las líneas restantes, siendo sus características las siguientes:

Sección sísmica RS01-RI: Línea sísmica realizada en la calle Santillán (AA.HH. 1° de Mayo) y los resultados obtenidos, han permitido identificar la presencia de 4 capas con las siguientes características:

Capa	Espesor (m)	Velocidad Vp (m/s)	Descripción
01	2 – 3	300 – 452	Material compuesto por depósitos de origen antrópico poco consolidados.
02	5 – 9	452 – 908	
03	12 – 18	908 – 1506	Material compuesto por depósitos aluviales medianamente consolidados.
04	-	> 1506	Material compuesto por depósitos aluviales de mediana a altamente consolidados.

Sección sísmica RS02-RI: Línea sísmica ubicada en el Condominio Pacasmayo y los resultados obtenidos, han permitido identificar la presencia de 3 capas con las siguientes características:

Capa	Espesor (m)	Velocidad Vp (m/s)	Descripción
01	3 – 4	452 – 908	Material compuesto por depósitos aluviales poco consolidados.
02	2 – 8	908 – 1506	Material compuesto por depósitos aluviales medianamente consolidados.
03	-	> 1506	Material compuesto por depósitos aluviales de mediana a altamente consolidados.

Sección sísmica RS03-RI: Línea sísmica realizada en el Complejo Deportivo Villa María (ex botadero “El Montón”), y los resultados obtenidos, han permitido identificar en el subsuelo, la presencia de 3 capas con las siguientes características:

Capa	Espesor (m)	Velocidad Vp (m/s)	Descripción
01	2 – 9	300 – 452	Material compuesto por depósitos de origen antrópico poco consolidados.
02	15 – 28	452 – 908	
03	-	908 – 1506	Material compuesto por depósitos aluviales medianamente consolidados.

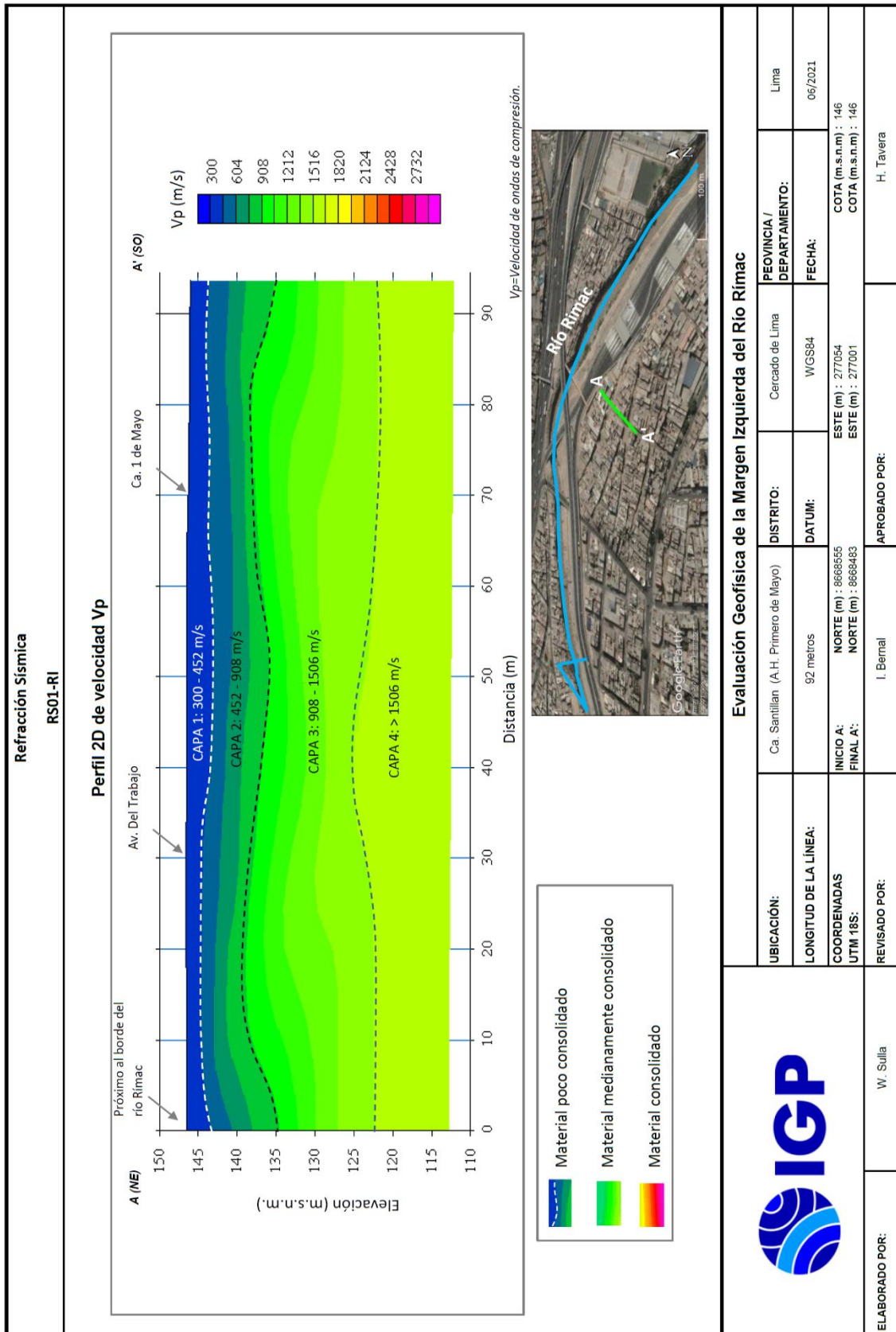


Figura 29. Resultados obtenidos con el método de Refracción Sísmica para la línea RS01-RI.

Sección sísmica RS04-RI: Línea sísmica realizada en el AA.HH. Villa María del Perpetuo Socorro, entre los jirones Celendín y Crespo, con orientación paralela al MIRR. Los resultados obtenidos han permitido identificar en el subsuelo, la presencia de 4 capas con las siguientes características:

Capa	Espesor (m)	Velocidad Vp (m/s)	Descripción
01	2 – 9	300 – 452	Material compuesto por depósitos de origen antrópico poco consolidados.
02	3 – 25	452 – 908	
03	13 – 14	908 – 1506	Material compuesto por depósitos aluviales medianamente consolidados.
04	-	> 1506	Material compuesto por depósitos aluviales de mediana a altamente consolidados.

Sección sísmica RS05-RI: Línea sísmica realizada en el AA.HH. El Planeta, sobre el Jr. Fernando Wiese y los resultados obtenidos, han permitido identificar en el subsuelo, la presencia de 3 capas con las siguientes características:

Capa	Espesor (m)	Velocidad Vp (m/s)	Descripción
01	2 – 5	452 – 908	Material compuesto por depósitos aluviales poco consolidados.
02	5 – 11	908 – 1506	Material compuesto por depósitos aluviales medianamente consolidados.
03	-	> 1506	Material compuesto por depósitos aluviales de mediana a altamente consolidados.

Sección sísmica RS06-RI: Línea sísmica realizada en el AA.HH. El Planeta, sobre el Jr. Alonso de Rincón y los resultados obtenidos, han permitido identificar en el subsuelo, la presencia de 3 capas con las siguientes características:

Capa	Espesor (m)	Velocidad Vp (m/s)	Descripción
01	2 – 3	452 – 908	Material compuesto por depósitos aluviales poco consolidados.
02	3 – 7	908 – 1506	Material compuesto por depósitos aluviales medianamente consolidados.
03	-	> 1506	Material compuesto por depósitos aluviales de mediana a altamente consolidados.

Sección sísmica RS07-RI: Línea sísmica realizada sobre la Av. Del Trabajo (AA.HH. 1° de Mayo) y los resultados obtenidos, han permitido identificar en el subsuelo, la presencia de 4 capas con las siguientes características:

Capa	Espesor (m)	Velocidad Vp (m/s)	Descripción
01	3 – 6	300 – 452	Material compuesto por depósitos de origen antrópico poco consolidados.
02	10 – 14	452 – 908	
03	5 – 10	908 – 1506	Material compuesto por depósitos aluviales medianamente consolidados.
04	-	> 1506	Material compuesto por depósitos aluviales de mediana a altamente consolidados.

Sección sísmica RS08-RI: Línea sísmica realizada en la calle Buendía (AA.HH. Dos de Mayo) y los resultados obtenidos, han permitido identificar en el subsuelo, la presencia de 3 capas con las siguientes características:

Capa	Espesor (m)	Velocidad Vp (m/s)	Descripción
01	1 – 2	452 – 908	Material compuesto por depósitos aluviales poco consolidados.
02	3 – 5	908 – 1506	Material compuesto por depósitos aluviales medianamente consolidados.
03	-	> 1506	Material compuesto por depósitos aluviales de mediana a altamente consolidados.

Sección sísmica RS09-RI: Línea sísmica realizada en el AA.HH. Mirones Alto, sobre el Jr. Crespo y Castillo, y los resultados obtenidos han permitido identificar en el subsuelo, la presencia de 3 capas con las siguientes características:

Capa	Espesor (m)	Velocidad Vp (m/s)	Descripción
01	1 – 3	452 – 908	Material compuesto por depósitos aluviales poco consolidados.
02	3 – 5	908 – 1506	Material compuesto por depósitos aluviales medianamente consolidados.
03	-	> 1506	Material compuesto por depósitos aluviales de mediana a altamente consolidados.

Sección sísmica RS10-RI: Línea sísmica realizada en el AA.HH. Mirones Bajo, sobre la Av. Morales Duarez y los resultados obtenidos, han permitido identificar en el subsuelo, la presencia de 3 capas con las siguientes características:

Capa	Espesor (m)	Velocidad Vp (m/s)	Descripción
01	3 – 4	452 – 908	Material compuesto por depósitos aluviales poco consolidados.
02	3 – 5	908 – 1506	Material compuesto por depósitos aluviales medianamente consolidados.
03	-	> 1506	Material compuesto por depósitos aluviales de mediana a altamente consolidados.

b) Interpretación

Los resultados muestran que en la MIRR, existen dos sectores donde los suelos, poco consolidados a nivel superficial, presentan grandes espesores, por ejemplo en el AA.HH. 1° de Mayo (próximo a la Margen Izquierda del Río Rímac) las capas tiene espesores entre 8 y 15 metros; estando los mayores espesores por la Av. Del Trabajo. Asimismo, en el Complejo Deportivo Villa María (ex botadero “El Montón”), el espesor de la capa superficial supera los 28 metros en el Complejo Deportivo Villa María, y tiende a disminuir hacia el AA.HH. Villa María del

Perpetuo Socorro (espesores entre 10 y 15 metros), para luego desaparecer en los AA.HH. Mirones Alto y El Planeta. Estos suelos corresponden a material de origen antrópico (rellenos sanitarios) poco consolidados.

En el resto del área de estudio de la MIRR, se identifica la presencia de una capa delgada de suelo a nivel superficial con espesores entre 1 a 4 metros correspondiente al material aluvial poco consolidado, tal como se observa en el AA.HH. Dos de Mayo (Figura 30). Asimismo, se observa que conforme incrementa la profundidad, aumenta la rigidez del suelo, correspondiendo a la presencia de material aluvial de mediana a altamente consolidado.



Figura 30. Imagen del material aluvial que caracteriza el suelo superficial en el AA.HH. Dos de Mayo.

3.3.- Métodos sísmicos MASW y MAM

El ensayo de Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW) permite determinar la estratigrafía del subsuelo bajo un punto; es decir, conocer la velocidad de propagación de las ondas de corte V_s en el subsuelo, a partir del análisis de la dispersión de ondas superficiales generados 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 de registros de ruido sísmico (vibración generada por la actividad humana), cuya contribución es principalmente en bajas frecuencias, lo que permite investigar a mayores profundidades. La combinación con el método de MASW y MAM permite obtener información del subsuelo a niveles superficiales y en profundidad.

3.3.1.- Adquisición de datos

Para el registro de información MASW y MAM se ha utilizado un equipo sísmico GEODE de Geometrics y 24 sensores o geófonos de baja frecuencia (4.5 Hz). Para la técnica MASW se usó como fuente de impacto y/o energía para generar las ondas sísmicas, un martillo de 20 lbs (Figura 31). Los parámetros de registro, la geometría del tendido y espaciamiento entre geófonos fueron variables, ya que dependió de la geomorfología de la zona de estudio y accesibilidad. La frecuencia de muestreo fue de 4000 Hz (0.25 ms) para una longitud de registro de 2 segundos.



Figura 31. Equipos utilizados en la toma de datos por el método de MASW.

En la MIRR del distrito de Lima Cercado, se realizaron 14 arreglos lineales MASW y MAM, y sus coordenadas se muestran en la Tabla 4 y en la Figura 32, su distribución espacial en el área de estudio.

Tabla 4: Coordenadas y características de las líneas sísmicas MASW y MAM.

Línea Sísmica	Coordenadas UTM – WGS84		Cota (m.s.n.m.)	Espaciamiento entre geófonos (m)	Longitud total (m)
	Este (m)	Norte (m)			
MASW y MAM					
LS01-RI	277327	8668093	128	4	92
LS02-RI	277214	8668350	120	4	92
LS03-RI	277031	8668525	121	4	92
LS04-RI	279725	8655085	49	4	92
LS05-RI	276607	8668297	113	4	92
LS06-RI	275869	8668478	117	3	69
LS07-RI	275247	8668571	89	4	92
LS08-RI	279725	8655085	49	4	92
LS09-RI	274125	8668674	76	4	92
LS10-RI	274175	8667984	82	3	69
LS11-RI	275188	8667998	98	4	92
LS12-RI	276563	8667949	119	4	92
LS13-RI	275846	8668354	108	4	92
LS14-RI	277056	8668206	120	4	92

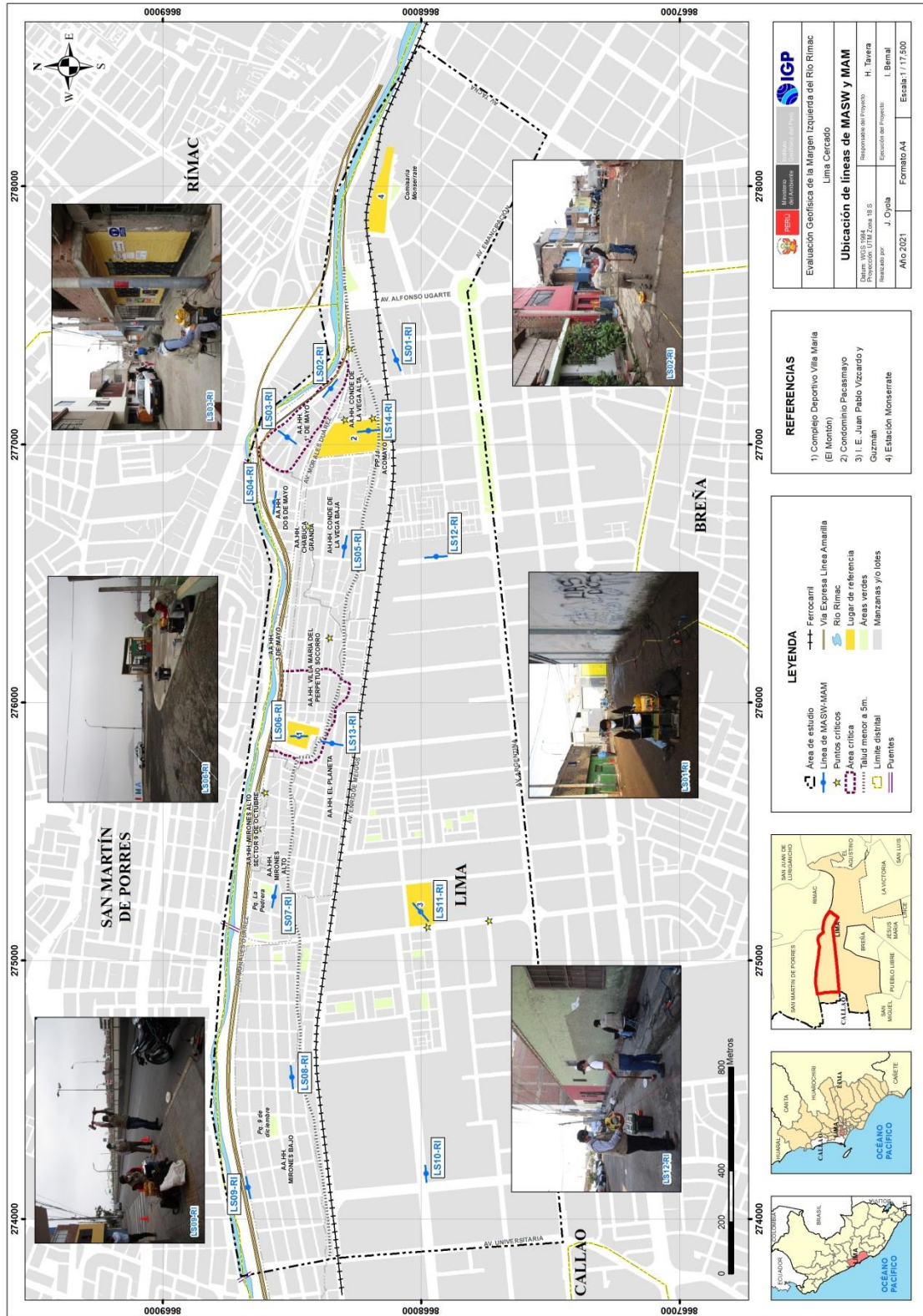


Figura 32. Distribución espacial de las líneas MASW y MAM, codificadas como LS01-RI, ..., LS14-RI.

Durante todo el proceso de adquisición de datos con la técnica MASW, las señales registradas fueron analizadas a fin de evaluar sus niveles de ruido y de ser necesario, repetir el proceso. 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).

En la Figura 33, se muestra la disposición del equipo sísmico frente al Condominio Pacasmayo y el registro sísmico obtenido con el método MASW. El sismograma contiene las señales sísmicas con presencia de bajo ruido ambiental. En este caso, el punto de golpe fue ubicado a una distancia de 4 metros al final de la línea sísmica.

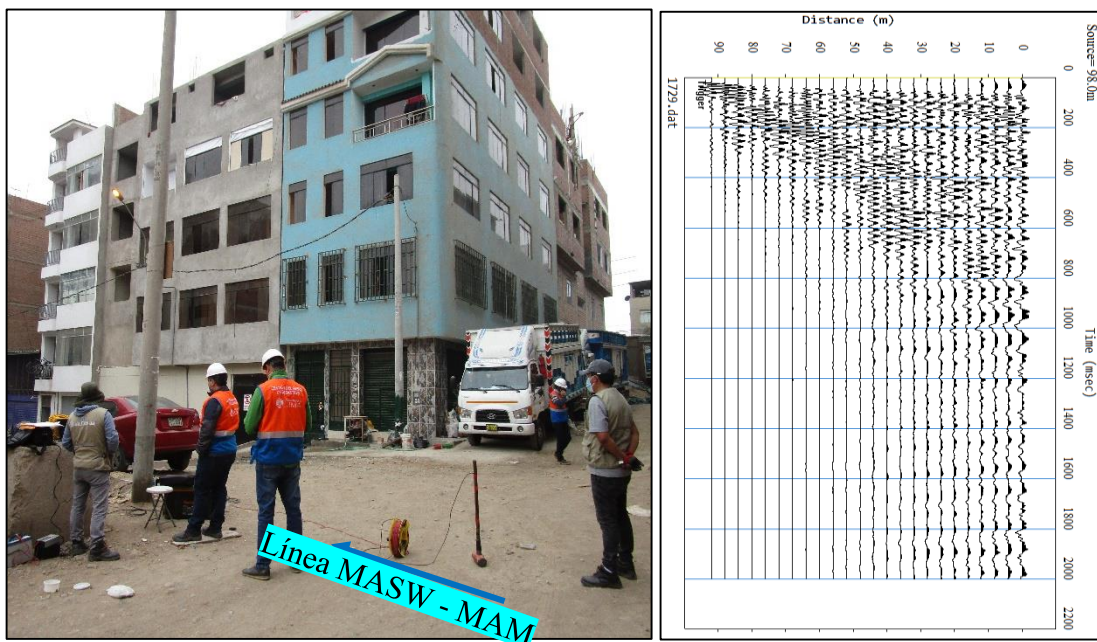


Figura 33. Disposición del equipo de adquisición de datos MASW y MAM, para la línea sísmica ubicada en el Condominio Pacasmayo y el registro obtenido.

3.3.2.- 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 Vs en una dimensión (1D) para el punto central de la línea, ver Figura 34.

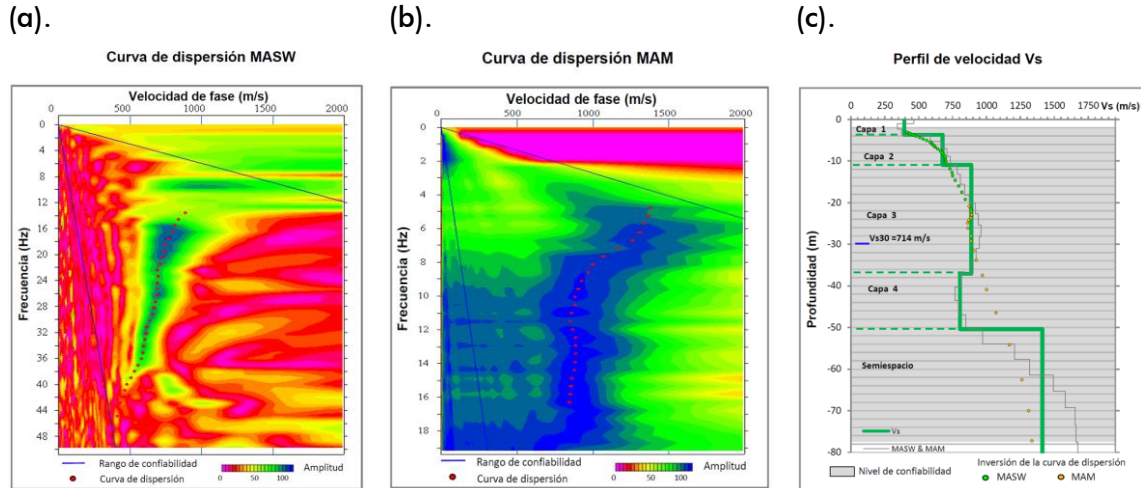


Figura 34. Curvas de dispersión obtenidos a partir de las técnicas MASW (a) y MAM (b) y perfil de velocidad obtenido a partir de la combinación de ambos ensayos (c).

Para el análisis de los resultados obtenidos, se considera la clasificación de suelos propuesta por la Norma de Diseño Sismorresistente E.030 (2018). En este caso, el rango de velocidad de los perfiles de suelo S1 y S2 se subdividen a fin de analizar con mayor detalle las velocidades de ondas que caracterizan a la zona de estudio, ver Tabla 5.

Tabla 5. Clasificación de perfiles de suelo a partir de la Norma E.030.

Clasificación de los perfiles de Suelo					
Nº	Vs (m/s)	Norma E.030		Descripción	
1	< 180	S3	Suelo blando	Material de relleno	
2	180 a 350	S2	Suelo medianamente rígido	Material de relleno suelto a medianamente compacto	
3	350 a 500			Material aluvial medianamente compacto	
4	500 a 800	S1	Roca o suelo muy rígido	Material aluvial compacto	
5	800 a 1500			Material aluvial muy compacto	
6	> 1500	S0	Roca dura	Roca	

3.3.3.- Resultados e interpretación

a) Resultados

En el área de estudio se realizaron 14 líneas sísmicas MASW y MAM, tal como se muestran en la Figura 32. Los resultados obtenidos para la línea LS01-RI se observan en la Figura 35 y en el Anexo III, para las líneas restantes. El análisis realizado para cada línea sísmica es mostrado a continuación:

Línea sísmica LS01-RI: Realizada en el pasaje Villamar, siendo la profundidad de resolución promedio de 74 metros. En este perfil se identifica la presencia de cuatro (4) capas sísmicas: La primera de 5 metros de espesor y velocidades V_s de 282 m/s, estando compuesta por material aluvial suelto a medianamente compacto; la segunda capa con V_s de 723 m/s y espesor de 10 metros compuesta por material aluvial compacto. La tercera capa presenta espesores de 19 metros y velocidades V_s de 1038 m/s; la cuarta capa de 20 metros de espesor y velocidades V_s de 868 m/s y al semiespacio $V_s > 1005$ m/s; todas compuestas por material aluvial muy compacto.

Línea sísmica LS02-RI: Realizada en la Av. Del Trabajo (AA.HH. 1° de Mayo), siendo la profundidad de resolución promedio de 54 metros. En este perfil se identifica la presencia de cuatro (4) capas sísmicas: La primera compuesta por material de relleno antrópico presenta 4 metros de espesor y velocidades V_s de 146 m/s. La segunda capa de 7 metros de espesor y velocidades V_s de 227 m/s; y la tercera con V_s de 337 m/s y espesor de 14 metros, ambas compuestas por material aluvial suelto a medianamente compacto. La cuarta capa con velocidad V_s de 620 m/s y espesor de 15 metros corresponde a material aluvial compacto. El semiespacio con velocidad > 896 m/s, corresponde a material aluvial muy compacto.

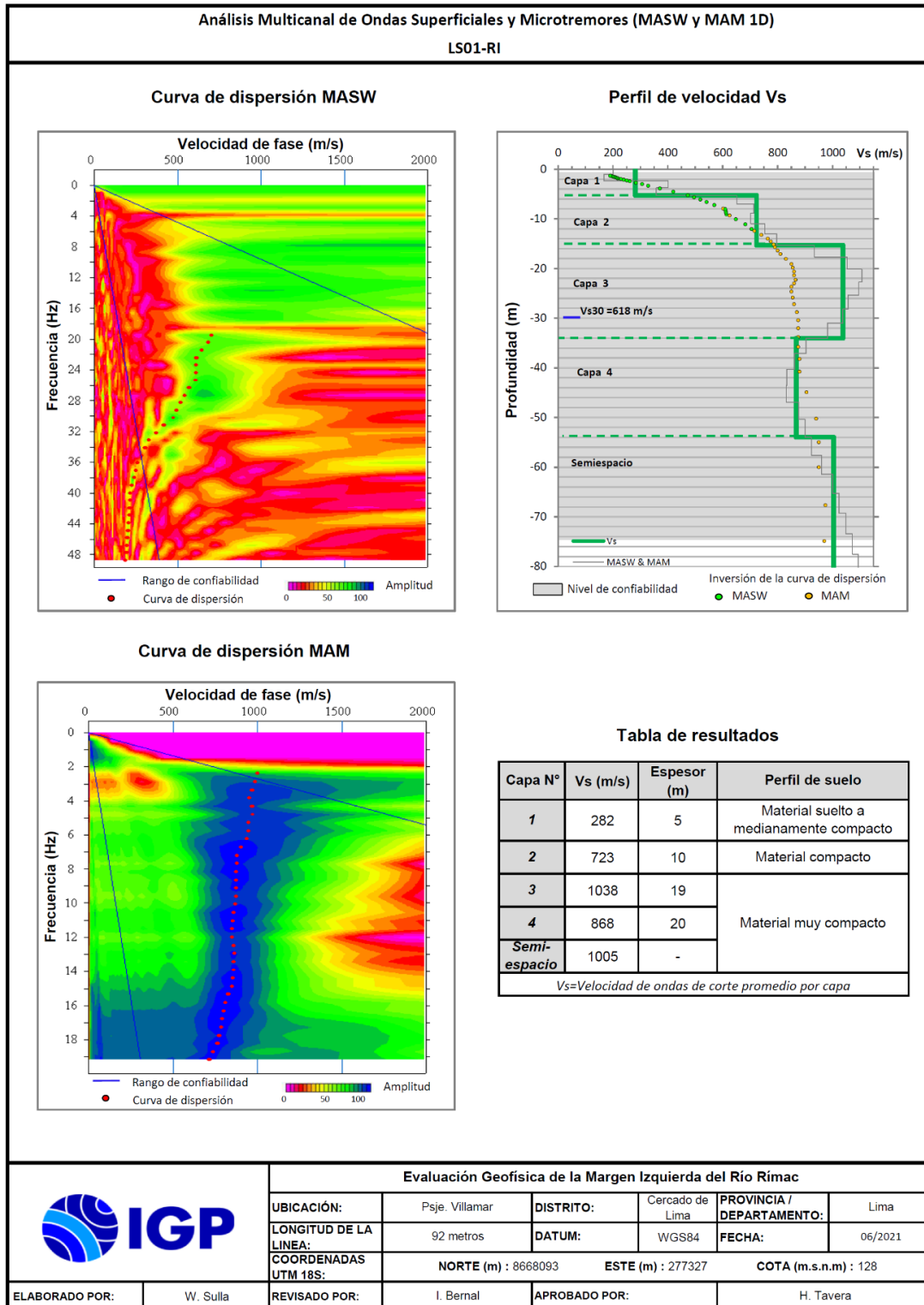


Figura 35. Resultados obtenidos con la técnica MASW y MAM para la línea sísmica LS01-RI.

Líneas sísmicas LS03-RI: Realizada en la calle Santillan (AA.HH. 1° de Mayo), siendo la profundidad de resolución promedio de 46 metros. En este perfil se identifica la presencia de cuatro (4) capas sísmicas: La primera compuesta por material de relleno antrópico suelto con 2 metros de espesor y velocidades V_s de 178 m/s. La segunda capa de 7 metros de espesor y velocidades V_s de 228 m/s; y la tercera con 11 metros de espesor y V_s de 348 m/s; ambas compuestas por material aluvial suelto a medianamente compacto. La cuarta capa con velocidades V_s de 684 m/s y espesor de 11 metros compuestos por material aluvial compacto. El semiespacio con velocidades $V_s > 906$ m/s compuesto por material aluvial muy compacto.

Líneas sísmicas LS04-RI: Realizada en la calle Buendía (AA.HH. Dos de Mayo), siendo la profundidad de resolución promedio de 52 metros. En este perfil se identifica la presencia de tres (3) capas sísmicas: La primera compuesta por material aluvial medianamente compacto con 4 metros de espesor y velocidades V_s de 365 m/s; la segunda capa de 14 metros de espesor y velocidades V_s de 783 m/s compuesta por material aluvial compacto. La tercera capa, con V_s de 992 m/s y espesor de 16 metros compuestos por material aluvial muy compacto.

Línea sísmica LS05-RI: Realizada en el Jr. Conde de la Vega (AA.HH. Conde de la Vega), siendo la profundidad de resolución promedio de 80 metros. En este perfil se identifica la presencia de cuatro (4) capas sísmicas: La primera compuesta por material aluvial medianamente compacto con 4 metros de espesor y velocidades V_s de 358 m/s; la segunda capa de 16 metros de espesor y V_s de 726 m/s compuesta por material aluvial compacto. A partir de la tercera capa, la velocidad es de $V_s > 900$ m/s y está compuesta por material aluvial muy compacto.

Línea sísmica LS06-RI: Realizada en el Complejo Deportivo Villa María (ex botadero "El Montón"), siendo la profundidad de resolución

promedio de 80 metros. En este perfil se identifica la existencia de cuatro (4) capas sísmicas: La primera compuesta por material de relleno antrópico suelto con 11 metros de espesor y velocidades V_s de 168 m/s; y la segunda de 7 metros de espesor y V_s de 226 m/s compuesta por material heterogéneo suelto a medianamente compacto. La tercera capa de 13 metros de espesor y velocidades V_s de 349 m/s compuesta por material aluvial medianamente compacto. La cuarta capa de 23 metros de espesor con V_s de 580 m/s compuesta por material aluvial compacto y el semiespacio con $V_s > 757$ m/s.

Línea sísmica LS07-RI: Realizada en el Jr. Crespo y Castillo (AA.HH. Mirones Alto), siendo la profundidad de resolución promedio de 80 metros. En este perfil se identifica la existencia de tres (3) capas sísmicas: La primera de 3 metros de espesor y velocidades V_s de 307 m/s compuesta por material aluvial suelto a medianamente compacto. La segunda capa con V_s de 727 m/s y espesor de 8 metros y la tercera con V_s de 639 m/s y espesor de 7 metros; ambas compuestas por material aluvial compacto. El semiespacio con velocidades $V_s > 1128$ m/s y compuesto por material aluvial muy compacto.

Línea sísmica LS08-RI: Realizada en el Jr. Mariano Angulo (AA.HH. Mirones Bajo), siendo la profundidad de resolución promedio de 76 metros. Este perfil permite identificar la existencia de cuatro (4) capas sísmicas: La primera de 5 metros de espesor y velocidades V_s de 536 m/s compuesto por material aluvial compacto. La segunda capa con V_s de 866 m/s y espesor de 10 metros compuestos por material aluvial muy compacto; la tercera capa con 7 metros de espesor y velocidades V_s de 729 m/s compuesta por material aluvial compacto. La cuarta capa de 8 metros de espesor y velocidades V_s de 1114 m/s, que junto al semiespacio con $V_s > 1346$ m/s, están compuestas por material aluvial muy compacto.

Línea sísmica LS09-RI: Realizada en la Av. Morales Duárez (AA.HH. Mirones Bajo), siendo la profundidad de resolución promedio de 78 metros. Este perfil permite identificar la existencia de cuatro (4) capas sísmicas: La primera de 5 metros de espesor y velocidades V_s de 312 m/s compuesta por material aluvial suelto a medianamente compacto. La segunda capa con V_s de 748 m/s y espesor de 15 metros junto a la tercera capa, con 11 metros de espesor y velocidad V_s de 646 m/s, están compuestas por material aluvial compacto. La cuarta capa de 16 metros de espesor y velocidades V_s de 1180 m/s, que junto al semiespacio con $V_s > 1497$ m/s, están compuestas por material aluvial muy compacto.

Línea sísmica LS10-RI: Realizada en la Av. Materiales (zona industrial), siendo la profundidad de resolución promedio de 70 metros. Este perfil permite identificar la existencia de dos (2) capas sísmicas: La primera de 7 metros de espesor y velocidades V_s de 439 m/s compuesta por material aluvial medianamente compacto. La segunda capa con V_s de 772 m/s y espesor de 11 metros, está compuesta por material aluvial compacto. El semiespacio con velocidades $V_s > 953$ m/s, está compuesta por material aluvial muy compacto.

Línea sísmica LS11-RI: Realizada en la I.E. Juan Pablo Vizcardo y Guzmán (zona industrial), siendo la profundidad de resolución promedio del perfil de 68 metros. Este perfil permite identificar la existencia de dos (2) capas sísmicas: La primera de 9 metros de espesor y velocidades V_s de 465 m/s compuesta por material aluvial medianamente compacto; mientras que, la segunda capa con V_s de 787 m/s y espesor de 14 metros está compuesta por material aluvial compacto. El semiespacio con velocidades $V_s > 1098$ m/s, está compuesta por material aluvial muy compacto.

Línea sísmica LS12-RI: Realizada en la calle Rodolfo Beltrán, siendo la profundidad de resolución promedio del perfil de 80 metros. Este perfil permite identificar la existencia de cuatro (4) capas sísmicas: La primera de 4 metros de espesor y velocidades V_s de 376 m/s compuesta por material aluvial medianamente compacto; y la segunda capa con V_s de 670 m/s y espesor de 13 metros compuesta por material aluvial compacto. La tercera y cuarta capa, con espesores de 25 y 18 metros, y velocidades V_s de 915 m/s y 1073 m/s respectivamente, ambas compuestas por material aluvial muy compacto.

Línea sísmica LS13-RI: Realizada en el Jr. Fernando Wiese (AA.HH. El Planeta), siendo la profundidad de resolución promedio de 78 metros. Este perfil permite identificar la existencia de cuatro (4) capas sísmicas: La primera de 4 metros de espesor y velocidades V_s de 394 m/s compuesta por material aluvial medianamente compacto; la segunda capa con V_s de 676 m/s y espesor de 7 metros compuesta por material aluvial compacto. La tercera y cuarta capa, con 26 y 13 metros de espesor y velocidades $V_s > 800$ m/s, ambas capas compuestas por material aluvial muy compacto.

Línea sísmica LS14-RI: Realizada en el Condominio Pacasmayo, siendo la profundidad de resolución promedio de 72 metros. Este perfil permite identificar la existencia de cuatro (4) capas sísmicas: La primera de 4 metros de espesor y velocidades V_s de 318 m/s compuesta por material aluvial suelto a medianamente compacto; y la segunda capa con V_s de 653 m/s y espesor de 7 metros compuesta por material aluvial compacto. La tercera y cuarta capa, con 23 y 16 metros de espesor y V_s de 964 m/s y 807 m/s respectivamente; mientras que, el semiespacio con $V_s > 1047$ m/s, en estas capas los suelos están compuestos por material aluvial muy compacto.

Finalmente, en la Tabla 6 se presenta el resumen de los valores de velocidades de ondas de corte (V_s) y espesores de capas obtenidos en cada uno de los perfiles de suelo elaborados en la MIRR (Tabla 5).

Tabla 6. Valores de espesor y V_s de los perfiles sísmicos obtenidos para el área de estudio.

Superficie		→ Profundidad									
Línea Sísmica	N° DE CAPA										VS30 (m/s)
	1		2		3		4		Semiespacio		
	V_s (m/s)	Esp. (m)	V_s (m/s)	Esp. (m)	V_s (m/s)	Esp. (m)	V_s (m/s)	Esp. (m)	V_s (m/s)	Esp. (m)	
LS01-RI	282	5	723	10	1038	19	868	20	1005	-	618
LS02-RI	146	4	227	7	337	14	620	15	896	-	271
LS03-RI	178	2	228	7	348	11	684	11	906	-	336
LS04-RI	365	4	783	14	992	16	890	-	-	-	743
LS05-RI	358	4	726	16	925	11	1173	19	1023	-	677
LS06-RI	168	11	226	7	349	13	580	23	757	-	228
LS07-RI	307	3	727	8	639	7	1128	-	-	-	683
LS08-RI	536	5	866	10	729	7	1114	8	1346	-	780
LS09-RI	312	5	748	15	646	11	1180	16	1497	-	564
LS10-RI	439	7	772	11	953	-	-	-	-	-	707
LS11-RI	465	9	787	14	1098	-	-	-	-	-	682
LS12-RI	376	4	670	13	915	25	1073	18	1206	-	694
LS13-RI	394	4	676	7	888	26	805	13	1412	-	714
LS14-RI	318	4	653	7	964	23	807	16	1047	-	702

	Material suelto ($V_s < 180$ 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 ($V_s > 1500$ m/s)

b) Interpretación

Los perfiles de velocidad (V_s) obtenidos en este estudio han permitido identificar la existencia de dos zonas en donde los suelos sueltos a

medianamente compactos presentan los mayores espesores: AA.HH. 1° de Mayo y en el Complejo Deportivo Villa María (ex botadero “El Montón”). Estos suelos forman capas de 20 y 31 metros de espesor cubiertas por otra con material de relleno de 2-4 y 11 metros de espesor, respectivamente. Parte de esta capa está compuesta por material antrópico y/o relleno sanitario sobre el cual se encuentra el área urbana (Figura 36).



Figura 36. Imagen de suelo suelto identificado en el Complejo Deportivo Villa María (ex botadero “El Montón”).

Por otra parte, por el Condominio Pacasmayo (Av. Morales Duarez) se identifica la presencia de una capa delgada suelo a nivel superficial con 3 a 5 metros de espesor compuesta por material aluvial suelto a medianamente compacto, a excepción del suelo identificado en el AA.HH. Dos de Mayo, que presenta mayor rigidez, debido a que está compuesto de material aluvial medianamente compacto. Asimismo, a

mayor distancia de la margen del río Rimac, existe una capa superficial de 4 a 9 metros de espesor compuesta de material aluvial medianamente compacto, depositada sobre material aluvial con mayor compacidad.

3.4.- Método de Tomografía Eléctrica

El método de Tomografía Eléctrica (ERT) permite determinar las variaciones de resistividad y conductividad eléctrica en las rocas y suelos para conocer el contenido de humedad del subsuelo y/o identificar la profundidad del nivel freático 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.

3.4.1.- Adquisición de datos

Los datos recolectados en campo corresponden al registro de valores de resistividad obtenidos en 11 líneas de ERT distribuidas en el área de estudio, tal como se observa en la Figura 37. El instrumental utilizado en campo corresponde al equipo de Resistividad /IP Syscal Pro. En la Tabla 7, se detalla las características de las líneas ERT realizadas en la MIRR.

3.4.2.-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 geoelectrónicos 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

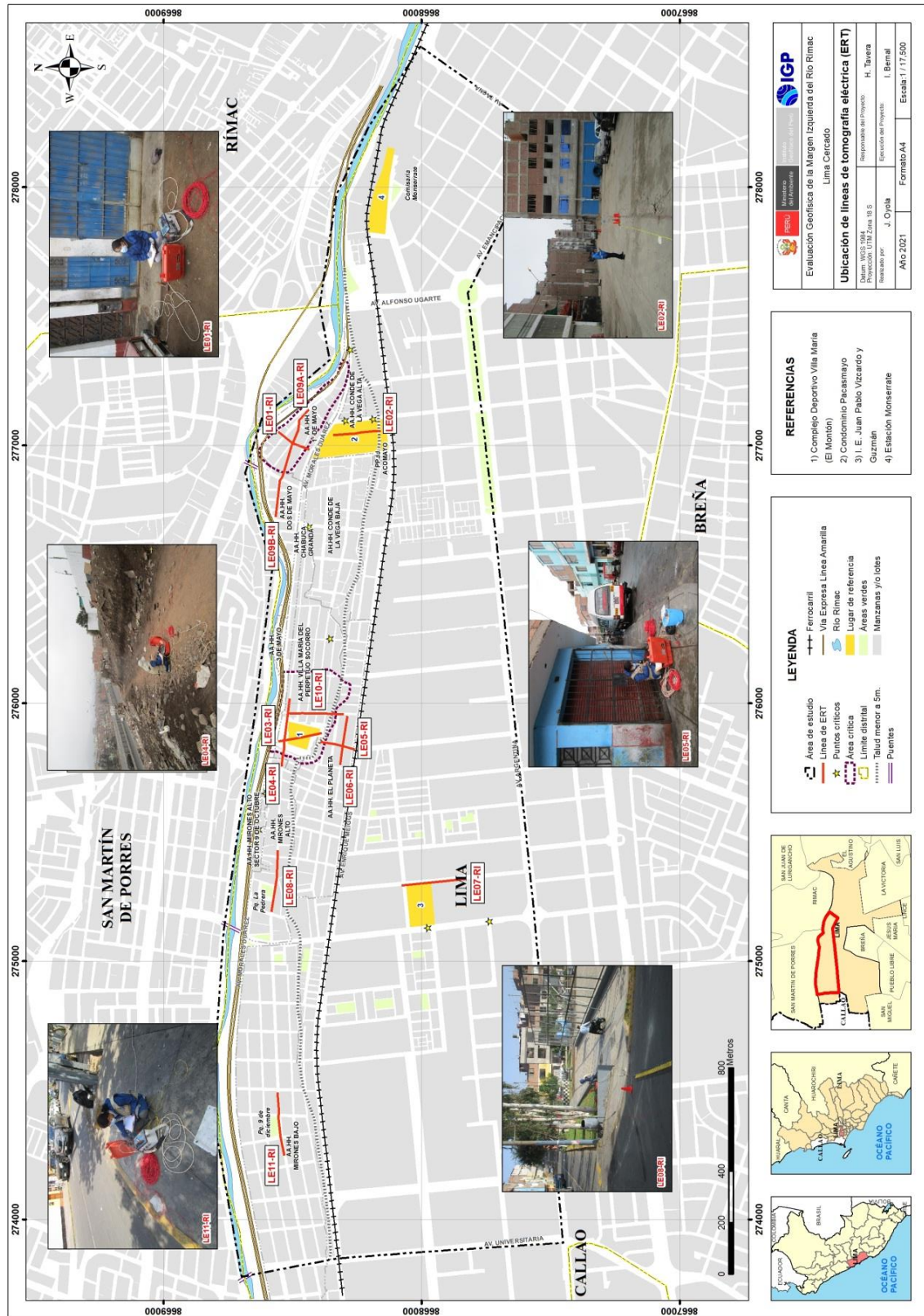


Figura 37. Distribución espacial de las líneas de tomografía eléctrica (ERT) codificadas como LE01-RI, ..., LE11-RI.

Tabla 7. Parámetros físicos de los tendidos de tomografía eléctrica.

Línea Eléctrica	Coordenadas UTM – WGS84		Cota (m.s.n.m.)	Espaciamiento entre electrodos (m)	Longitud total (m)
	Este (m)	Norte (m)			
LE01-RI	277054	8668556	146	10	150
	276984	8668435	142		
LE02-RI*	277051	8668340	144	5	185
	277055	8668159	146		
LE02-RI	277051	8668340	144	10	180
	277056	8668166	145		
LE03-RI	275853	8668557	131	10	180
	275885	8668388	139		
LE04-RI	276018	8668515	131	10	310
	275755	8668542	124		
LE05-RI	275851	8668394	131	10	140
	275820	8668261	132		
LE06-RI	275951	8668288	133	10	200
	275760	8668314	131		
LE07-RI	275293	8668079	123	10	250
	275312	8667832	125		
LE08-RI	275430	8668558	119	10	250
	275191	8668583	117		
LE09A-RI	277140	8668438	145	10	300
	276880	8668539	141		
LE09B-RI	276880	8668539	141	10	150
	276721	8668568	136		
LE10-RI	275961	8668515	131	20	220
	275957	8668303	133		
LE11-RI	274494	8668558	103	10	240
	274247	8668531	102		

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 8, se presentan algunos valores de resistividad relacionados con los diferentes tipos de suelos y rocas.

Tabla 8. 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

3.4.3.- Resultados e interpretación

a) Resultados

En la MIRR se realizaron 11 secciones geoelectricas, con resolución de 20, 40 y 80 metros de profundidad que depende de la longitud de la línea eléctrica. En la Figura 38, se presenta la sección geoelectrica para la línea LE01-RI y en el Anexo IV, para las secciones restantes. El análisis realizado para cada sección geoelectrica y/o tomografía eléctrica, permite ver los siguientes resultados:

Sección geoelectrica LE01-RI: Realizada en la calle Santillan (AA.HH. 1° de Mayo) con una longitud de 150 metros y orientada en dirección NE-SO (perpendicular al río Rímac). En esta sección predomina la presencia de un horizonte geoelectrico, con alto contenido de humedad (<80 Ohm-m) en una capa de 20 a 30 metros de espesor. Hacia el extremo NE, a mayor profundidad el material presenta moderado contenido de humedad.

Sección geoelectrica LE02-RI (dipolos de 5 y 10 metros): Realizada en el condominio Pacasmayo con una longitud de 185 metros y orientada en dirección NO-SE. En esta sección predominan depósitos

de moderado contenido de humedad (80 a 300 Ohm-m) hasta una profundidad de 15 metros. Asimismo, conforme se tiende hacia la calle Morales Duarez (extremo NE), el contenido de humedad se incrementa desde la superficie hasta los 20 metros de profundidad y por sectores a nivel superficial hacia el extremo SE de la Calle D.

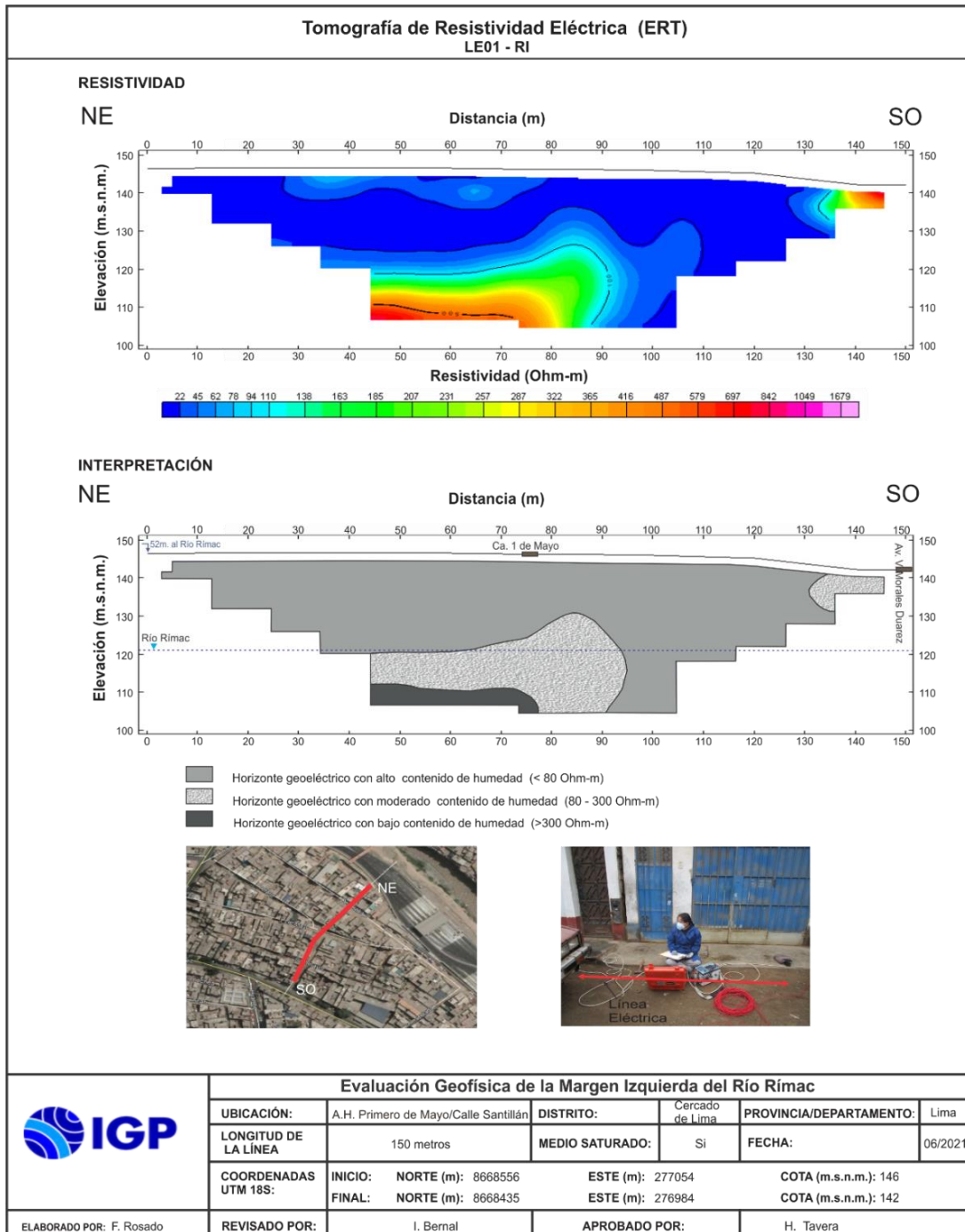


Figura 38. Resultado de tomografía eléctrica para la línea LE01-RI, realizado en la calle Santillán (AA.HH. 1° de Mayo).

Sección geoelectrica LE03-RI: Realizada en el Complejo Deportivo Villa María (ex botadero “El Motón”) con una longitud de 180 metros y orientada en dirección NO-SE (perpendicular al río Rímac). En esta sección predominan la presencia de depósitos de baja resistividad (> 80 Ohm-m) debido a la existencia de material antrópico con alto contenido de humedad identificado en toda la sección hasta los 40 metros de profundidad. Esta característica se asociaría al proceso de lixiviación, que considera al líquido resultante de un proceso de percolación de fluidos a través de los residuos sólidos acumulados (material antrópico) hasta llegar al material aluvial.

Sección geoelectrica LE04-RI: Esta sección cruza el ex botadero “El Montón”, desde el Jr. Celendín hasta el Jr. Crespo y Castillo con una longitud de 310 metros y orientada en dirección SE-NO (paralela al río Rímac). En esta sección predominan depósitos de baja resistividad (< 80 Ohm-m) presentes hasta una profundidad de 40 metros. Asimismo, en los extremos de la sección se observa moderado contenido de humedad, lo cual correspondería al material natural sobre el cual se encuentra el depósito antrópico.

Sección geoelectrica LE05-RI: Realizada en el Jr. Fernando Wiese, con una longitud de 140 metros y orientada en dirección NE-SO (perpendicular al río Rímac). En esta sección se ha identificado la presencia de dos horizontes geoelectricos: El primero a lo largo de toda la sección y a nivel superficial en una capa de 3 a 10 metros de espesor que se incrementa en dirección de Jr. Alonso de Rincón (extremo SO), presenta moderado contenido de humedad (80 a 300 Ohm-m). El segundo horizonte, presenta bajo contenido de humedad (> 300 Ohm-m). Asimismo, de manera local se han identificado la presencia de dos zonas anómalas con alto contenido de humedad (< 80 Ohm-m), la primera se encuentra a la altura de la calle D. de la Torre y próximo al Jr. Alonso de Rincón, en capas con espesores de 1 a 3 metros.

Sección geoelectrica LE06-RI: Realizada en el Jr. Alonso de Rincón con una longitud de 200 metros y orientada en dirección SE-NO (paralela al río Rímac). En esta sección se ha identificado la presencia de dos horizontes geoelectricos: El primero a lo largo de toda la sección con el predominio de material con moderado contenido de humedad (80 a 300 Ohm-m) en capas con espesores de hasta 30 metros. El segundo presenta bajo contenido de humedad (> 300 Ohm-m).

Sección geoelectrica LE07-RI: Realizada en la calle José Celedón con una longitud de 250 metros y orientada en dirección NO-SE. En esta sección predominan depósitos de bajo a moderado contenido de humedad, aunque a nivel superficial y en dirección SE, se ha identificado la presencia de una zona anómala de bajo contenido de humedad (> 300 Ohm-m) en capas con espesores de 10 a 40 metros.

Sección geoelectrica LE08-RI: Realizada en el Jr. Crespo Castillo con una longitud de 250 metros y orientada en dirección SE-NO (paralela al río Rímac). En esta sección predominan depósitos con moderado contenido de humedad (80 a 300 Ohm-m), pero a nivel superficial se ha identificado la presencia de dos zonas de alto contenido de humedad hasta una profundidad de 15 metros: altura del Jr. Progreso y la calle La Mariscal. Asimismo, en profundidad se ha identificado la presencia de dos zonas de bajo contenido de humedad: la primera zona se extiende desde el Jr. Progreso hasta la calle B. de las Casas y la segunda, a la altura del Jr. I. Flores de Oliva.

Sección geoelectrica LE09A-RI: Realizada en la Av. del Trabajo y calle 1 de Mayo (AA.HH. 1° de Mayo) con una longitud de 300 metros y orientada en dirección SE-NO (paralela al río Rímac). En esta sección predomina un horizonte con alto contenido de humedad y espesores de 20 a 40 metros. A mayor profundidad, el material presenta bajo contenido de humedad (> 300 Ohm-m).

Sección geoelectrica LE09B-RI: Realizada en la calle Buendía (AA.HH. Dos de Mayo) con una longitud de 150 metros y orientada en dirección SE-NO (paralela al río Rimac). En esta sección predominan depósitos con moderado contenido de humedad, pero a nivel superficial se ha identificado la presencia de dos zonas con alto contenido de humedad (< 80 Ohm-m) en capas de 2 a 10 metros de espesor, la primera a la altura de la calle Gral. M. Delgado y la segunda, entre las calles La Cotería y Leguión Peruana. Localmente, en profundidad se presentan zonas anómalas de bajo y alto contenido de humedad.

Sección geoelectrica LE10-RI: Realizada en el Jr. Reque (AA.HH. Marginal Villa María del Perpetuo Socorro) con una longitud de 220 metros y orientada en dirección N-S (perpendicular al río Rimac). En esta sección predominan depósitos con alto contenido de humedad en superficie, identificándose la presencia de tres horizontes geoelectricos: el primero presenta alto contenido de humedad (< 80 Ohm-m) en capas de 10 a 50 metros de espesor, siendo mayor entre los jirones Villa María y Otuzco. El segundo horizonte tiene espesores de 4 a 16 metros y presenta un moderado contenido de humedad (80 a 300 Ohm-m), llegando a aflorar a la altura del Jr. Celendín. El tercer horizonte presenta bajo contenido de humedad hacia el extremo norte del área de estudio para aflorar a la altura de las calles Huancarqui y Diego de la Torre.

Sección geoelectrica LE11-RI: Realizada en el Jr. Crespo y Castillo con una longitud de 240 metros y orientada en dirección E-O (paralela al río Rimac). En esta sección se ha identificado la presencia de cuatro horizontes geoelectricos: el primero en capas con espesores de 5 a 20 metros y con moderado contenido de humedad (80 a 300 Ohm-m). El segundo horizonte presenta bajo contenido de humedad (> 300 Ohm-m) en capas con espesores de 9 a 35 metros. El tercer horizonte,

presente en capas de 5 a 10 metros a lo largo de toda la sección, presenta moderado contenido de humedad (80 a 300 Ohm-m). El cuarto horizonte, identificado en profundidad, presenta alto contenido de humedad (<80 Ohm-m).

b) Interpretación

En las secciones de Tomografía Eléctrica elaboradas para la MIRR, se ha identificado la presencia de capas con suelos húmedos y/o saturados con las siguientes características:

- Hacia el extremo noreste de la MIRR (AA.HH. 1° de Mayo), predominan suelos con alto contenido de humedad con espesores de 25 a 40 metros. Por debajo de los 25 metros, en dirección Este de la calle Santillán, el subsuelo presenta moderado contenido de humedad. (Figura 39, Línea LE09A-RI).
- En la zona central del área de estudio (Complejo Deportivo Villa María, ex botadero "El Montón"), predominan suelos con bajos valores de resistividad con espesores que superan los 40 metros, el cual tiende a disminuir en dirección Oeste (Figura 30, Línea LE04-RI). Estos resultados se asocian al proceso de descomposición de los depósitos antrópicos que conforman el subsuelo, experimentando un proceso de lixiviación de los residuos sólidos acumulados en la zona (las sustancias químicas inorgánicas suelen producir reducción de la resistividad del medio).
- Hacia el extremo oeste (AA.HH. Mirones Alto y Bajo) y el resto del área de estudio, se observa el predominio de suelos con moderado contenido de humedad con espesores de 5 a 20 metros de espesor. De manera local, la humedad se incrementa en profundidad,

principalmente en los lugares próximos a la margen del río Rímac, (Figura 39, Líneas LE08-RI, LE11-RI).

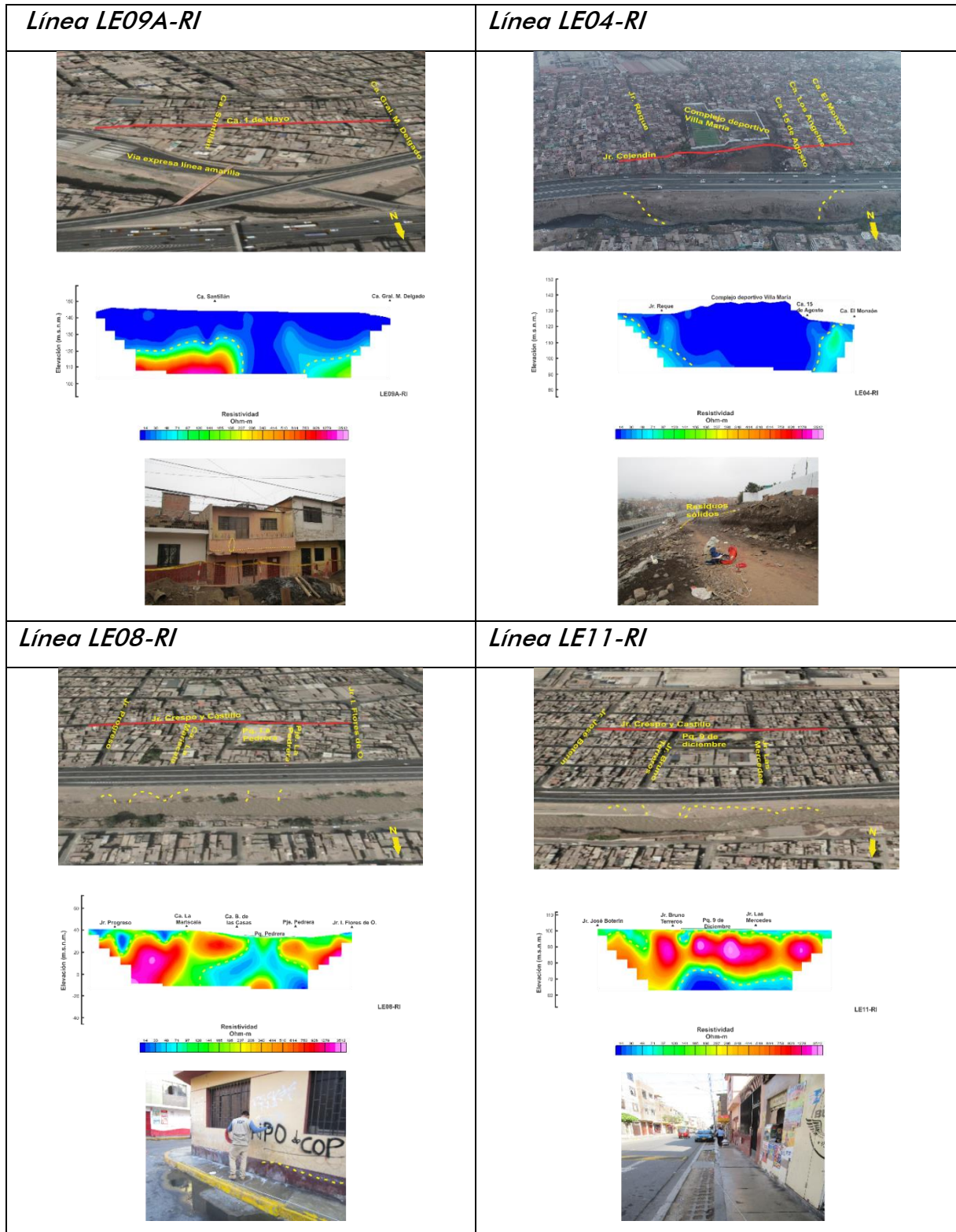


Figura 39. Ubicación y orientación de las líneas de tomografía eléctrica, realizadas en el extremo NE (LE09A-RI), Central (LE04-RI) y NO (LE08-RI, LE11-RI) de la MIRR. Las interlíneas delimitan las zonas con mayor contenido de humedad en cada sección y su proyección.

3.5.- Método de Georadar

El Georadar (GPR) es una técnica no destructiva orientada al estudio del subsuelo a nivel superficial y que se fundamenta en la capacidad de las ondas de radar de baja frecuencia (10 MHz - 2,5 GHz) para propagarse a través de medios poco conductivos y con diferentes propiedades electromagnéticas y de permeabilidad. El método emplea una antena emisora para dirigir pulsos electromagnéticos de 1-20 ns de duración hacia el interior del terreno. Este frente de ondas es parcialmente reflejado al encontrar una discontinuidad o un cambio de material en el subsuelo, pudiendo ser detectado en superficie mediante una antena receptora dispuesta a tal efecto.

Al desplazar el sistema sobre la superficie del terreno será posible registrar la historia de reflexiones detectadas en el subsuelo bajo la línea de desplazamiento del equipo (Biskup et al. 2005; Villela, 2013). De esta forma se obtienen los llamados radargramas (Figura 40), similares a los registros clásicos de sismica de reflexión, pero con la gran diferencia de que, en el caso del radar, la propagación de las ondas está condicionada por las características electromagnéticas del medio de propagación. Este método permite determinar e identificar en base a las reflexiones, los límites de las interfaces de los diferentes horizontes con cierto grado de compactación, zonas de rellenos y anomalías relacionados a algún tipo de material distinto al contenido del suelo.

3.5.1.- Adquisición de datos

La exploración del subsuelo se realizó con un Georadar GSSI y antena de 350 MHz, teniendo en cuenta que la capacidad de penetración de la onda electromagnética va a depender de las condiciones de conductividad y permisividad del subsuelo. Durante el trabajo de campo se utilizó una configuración de 512 muestras/escaneo y 50 scan/m. con ganancias

manuales y automáticas para obtener mejores resultados (200scan/segundos) y una configuración por distancia de odómetro de 20 metros (Figura 41).

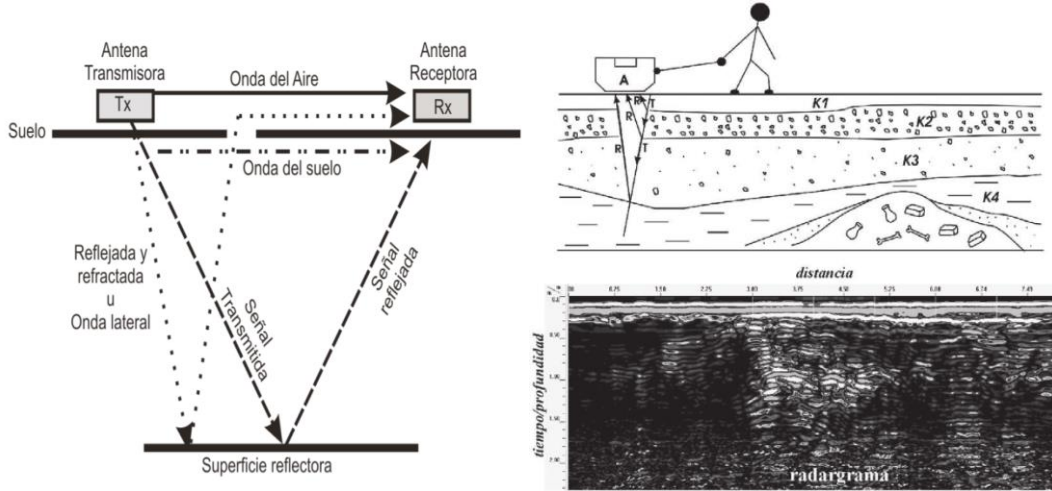


Figura 40. Esquema de la base del método de georadar y de un radargrama (Villela, 2013)



Figura 41. Disposición del georadar utilizando la antena de 350 MHz.

En la MIRR se realizaron 20 líneas de GPR y cuyas coordenadas se indica en la Tabla 9 y su distribución espacial en la Figura 42. Asimismo, durante los trabajos de campo, los datos registrados eran visualizados en los radargramas a fin de verificar la calidad de señal y el nivel de ruido. Para mejorar la relación señal/ruido fue necesario modular la ganancia en modo manual, así como aumentar la amplitud de los datos multiplicando cada muestra por un valor constante. Este procedimiento permitió amplificar las reflexiones más débiles para su mejor identificación y análisis.

Tabla 9. Coordenadas y características de las líneas de GPR.

Línea GPR	Coordenadas UTM – WGS84		Cota (m.s.n.m.)	Longitud total (m)
	Este (m)	Norte (m)		
GPR01-RI	277087	8668489	114	406
	276954	8668599	122	
GPR02-RI	276876	8668551	111	386
	276693	8668564	112	
GPR03-RI	277069	8668360	124	393
	276702	8668483	118	
GPR04-RI	276110	8668524	107	412
	275709	8668602	102	
GPR05-RI	274292	8668707	92	303
	273995	8668647	86	
GPR06-RI	276954	8668270	130	1032
	275932	8668413	111	
GPR07-RI	276102	8668311	114	585
	275528	8668493	102	
GPR08-RI	275410	8668560	111	333
	275074	8668586	106	
GPR09-RI	274494	8668559	88	302
	274197	8668527	86	
GPR10-RI	277053	8668554	118	338
	277060	8668162	123	
GPR11-RI	276935	8668698	115	520
	276871	8668211	120	
GPR12-RI	276713	8668568	126	314
	276690	8668265	128	
GPR13-RI	275966	8668541	121	296
	275952	8668244	126	
GPR14-RI	275926	8668518	103	246
	275825	8668271	108	
GPR15-RI	275826	8668576	104	310
	275744	8668276	111	
GPR16-RI	275644	8668614	98	327
	275570	8668303	105	
GPR17-RI	277516	8668162	142	264
	277265	8668072	139	
GPR18-RI	276543	8668092	129	335
	276587	8667757	130	
GPR19-RI	275291	8668194	111	380
	275323	8667807	111	
GPR20-RI	275243	8668006	114	90
	275150	8667994	113	

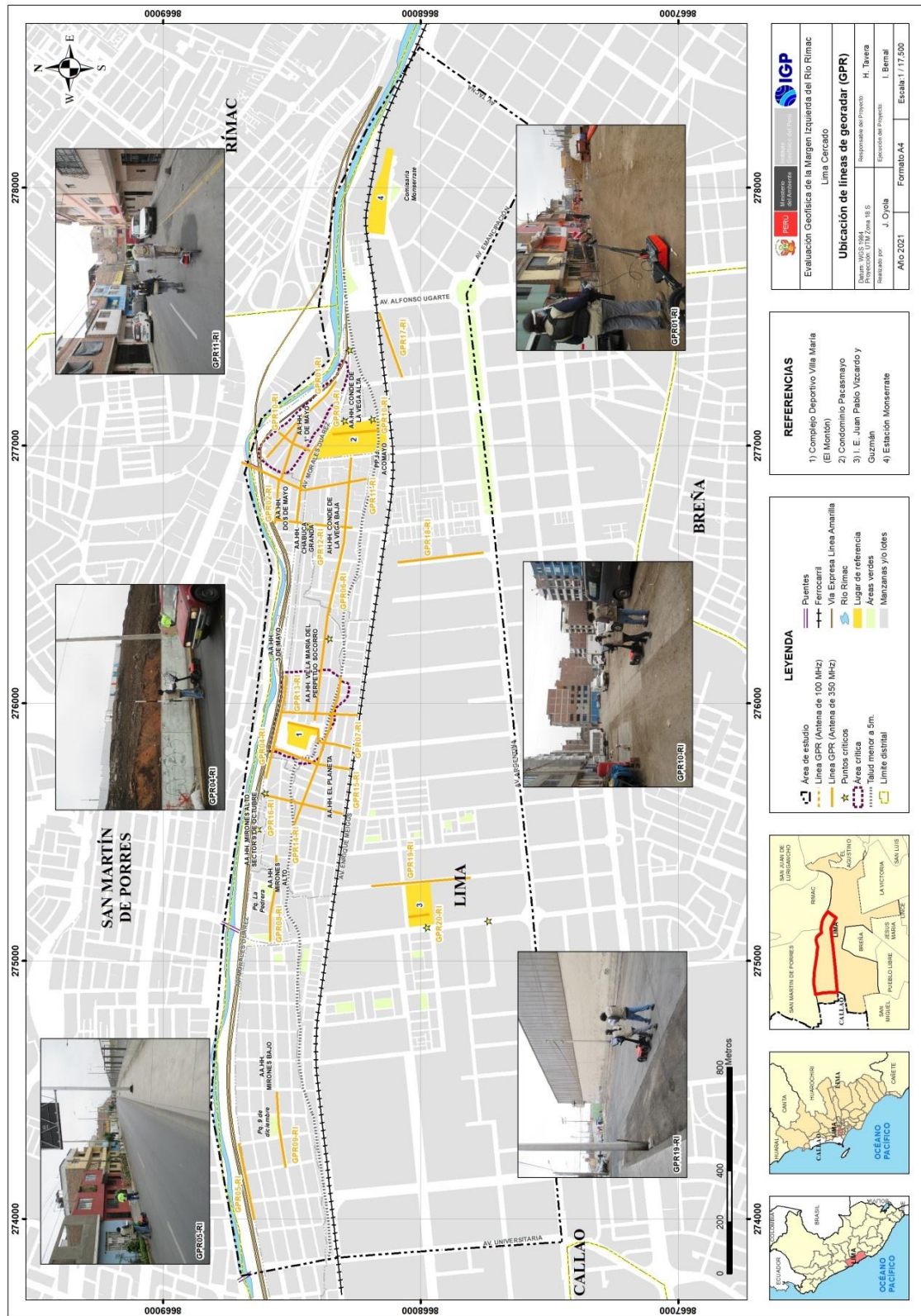


Figura 42. Distribución espacial de las líneas de GPR, codificadas como GPR01-RI, ..., GPR20-RI.

3.5.2.-Procesamiento y análisis

El procesamiento de los radargramas se realizó con el programa RADAN7 y el uso de filtros para la remoción del ruido de fondo, ganancia automática, pasa bandas, substracción de la media y filtro exponencial de ganancia. Debido a que las características físicas de los suelos son diferentes en cada línea de exploración, los valores de cada filtro fueron diferentes para cada perfil. También, en caso de que la señal perdiera su intensidad o no mejorará la respuesta en profundidad, se eliminó alguno de los filtros.

La interferencia de altas frecuencias provenientes de torres de transmisión de telefonía celular o de radio, campos electromagnéticos provocados por cableados eléctricos de alta tensión, estructuras metálicas cercanas, etc., fueron removidos con el uso de filtros. En este sentido, para la identificación en los radargramas de los diferentes tipos de suelos con presencia o no de humedad, se considera los valores de la constante dieléctrica, indicados en la Tabla 10.

Tabla 10. Valores de la constante dieléctrica para diferentes materiales (GSSI).

Material	Constante dieléctrica	Material	Constante dieléctrica
Aire	1	Granito húmedo	6.5
Suelos arcillosos / arcillosos secos	2.5	Travertino	8
Arcilla seca	4	Caliza húmeda	8
Arenas secas	4	Basalto húmedo	8.5
Asfalto	5	Hormigón húmedo	12.5
Granito seco	5	Arenas húmedas	15
Hormigón seco	5.5	Suelos arenosos húmedos	23.5
Caliza seca	5.5	Arenas saturadas	25
Arena & grava seca	5.5	Arcilla húmeda	27
Mineral seco / suelos arenosos	6	Suelo orgánico (saturado)	64
Agua de mar	81	Arenisca húmeda	6

Para proceder con la interpretación de los radargramas se definen la existencia en la zona de estudio de tres tipos de anomalías: **a)** Anomalías de tipo Hiperbólico, que se evidencian por reflectores hiperbólicos con base angosta y ancha, la primera asociada a materiales metálicos enterrados (tuberías, cables) y la segunda a grandes bloques de roca, cavidades y túneles, respetivamente; **b)** Anomalías de tipo lineal, de grande y pequeña extensión, la primera se asocia a interfaces entre dos medios con diferentes propiedades electromagnéticas (nivel freático, fracturas y fallas) y la segunda, a hoyos, cavidades y zonas de asentamiento de suelos; **c)** Anomalías puntuales, cuyos reflectores se proyectan de manera vertical y se asocian a la presencia de buzones, tapas de medidores y otros similares vistas en superficie (Figura 43).

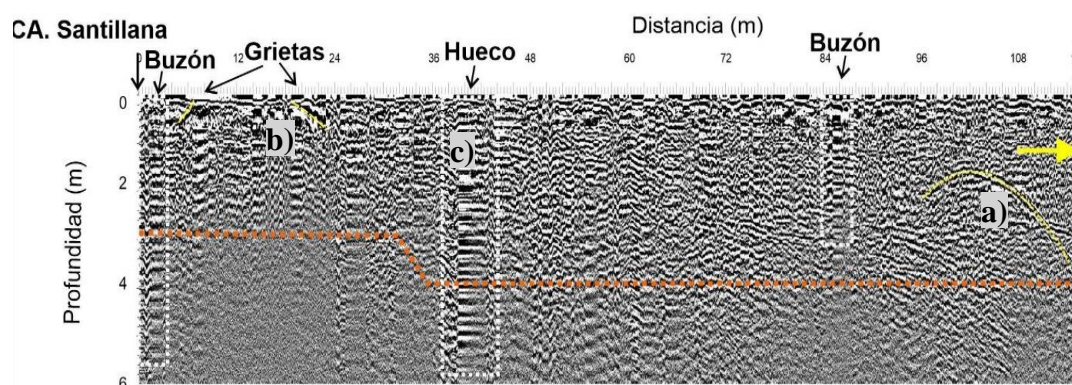


Figura 43. Radargrama, con los diferentes tipos de reflectores asociados a anomalías de tipo hiperbólico (a), lineal (b) y puntuales (c).

3.5.3.- Resultados e interpretación

a) Resultados

En el área de estudio se realizaron 20 líneas de GPR con resolución hasta los 6 metros de profundidad. Los resultados obtenidos para la línea GPR01-RI se muestran en la Figura 44 y en el Anexo V, para las líneas restantes. El análisis realizado para cada línea GPR permite tener los siguientes resultados:

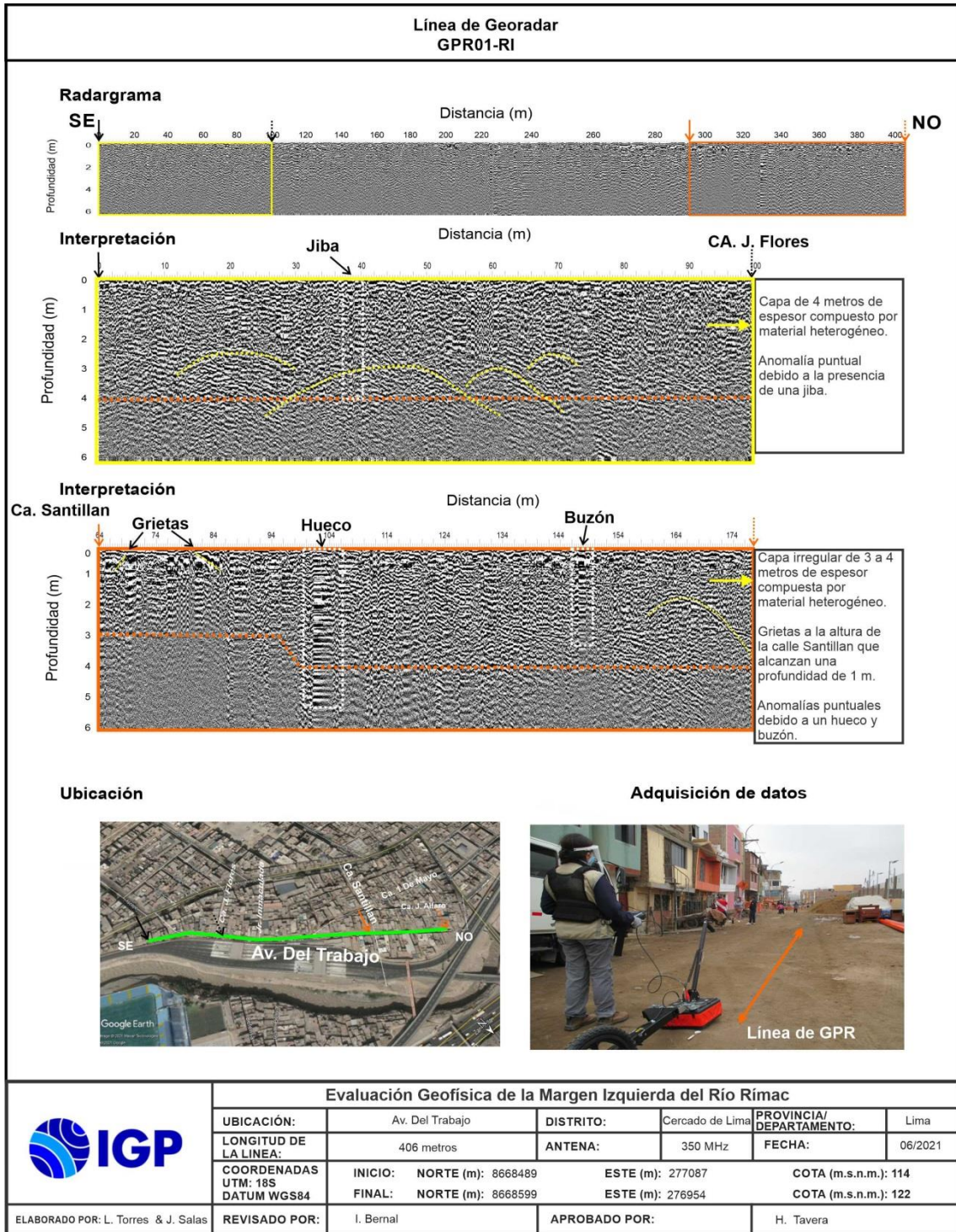


Figura 44. Resultados obtenidos con la técnica de Georadar para la línea GPR01-RI, realizada en el AA.HH. 1°Mayo.

Línea GPR01-R1: Realizada en la Av. Del Trabajo con una longitud de 406 metros y orientada en dirección SE a NO, paralela a la MIRR. En esta línea se identifica la existencia de una capa de 3 a 4 metros de espesor conformado por materiales heterogéneos sueltos. Asimismo, se observa la presencia de grietas a la altura de la calle Santillán hasta la profundidad de 1 metro. También, existen anomalías puntuales asociadas a la presencia de huecos en la superficie, suelo húmedo, montículos de tierra, buzones y tuberías a lo largo de toda la línea.

Línea GPR02-R1: Realizada en la calle 1° de Mayo y la calle General Buendía con una longitud de 385 metros y orientada en dirección E a O, paralela al río. En esta línea se observa la presencia de una capa de material heterogéneo suelto con espesores que van desde 4 metros en dirección del AA.HH. 1° De Mayo, hasta 2.5 metros en dirección del AA.HH. Dos de Mayo. Asimismo, se identifica la existencia de anomalías puntuales a lo largo de toda la línea asociada a la presencia de buzones, suelos húmedos, cambio de material (cemento/tierra/asfalto), buzón y tuberías.

Línea GPR03-R1: Realizada en la Av. Morales Duarez a la altura de los asentamientos humanos 1° de Mayo y Dos de Mayo con una longitud de 390 metros y orientada en dirección SE a NO, paralela al río Rimac. En esta línea se observa la presencia de una capa irregular compuesta por suelos heterogéneos de 3 metros de espesor que conforme se tiende hacia el AA.HH. Dos de Mayo disminuye a 2 metros. Asimismo, se identifica la existencia de anomalías puntuales asociadas a la presencia de desniveles en el suelo.

Línea GPR04-R1: Realizada en la Av. Morales Duarez a la altura del AA.HH. Marginal Villa María del Perpetuo Socorro con una longitud de 410 metros y orientada en dirección E a O, paralela al río Rímac. En

esta línea se identifica la existencia de una capa irregular de 2.5 a 3.5 metros de espesor compuesta por materiales heterogéneos. Asimismo, se identifica la presencia de anomalías a lo largo de todo el perfil asociadas a la presencia de tuberías de electricidad.

Línea GPR05-RI: Realizada en la Av. Morales Duarez a la altura del Jr. Olivas Escudero (AA.HH. Mirones Bajo) con una longitud de 300 metros y orientada en dirección NE a SO, paralela al río Rímac. En esta línea se identifica la presencia de una capa de 2 metros de espesor con la presencia de grietas o fisuras distribuidas a lo largo del perfil hasta profundidades de 2 metros. Algunas de estas fisuras son visibles en superficie. Asimismo, se tiene anomalías puntuales entre los Jr. Mateo Aguilar y Jr. F. Olivas Escudero.

Línea GPR06-RI: Realizada en el Jr. Conde de la Vega, entre los asentamientos humanos Conde de la Vega Baja y la Villa María del Perpetuo Socorro, con una longitud de 1030 metros y orientadas en dirección E a O, paralela al río Rímac. En esta línea se identifica la existencia de una capa irregular que varía de 3 a 4 metros de espesor compuesta por materiales heterogéneos que se encuentra en proceso de deformación. Asimismo, se tiene la presencia de algunas fisuras o grietas que alcanzan la profundidad de un metro a la altura de la calle Cayma y del Jr. Reque. De manera puntual se identifica la presencia de anomalías asociados a cambios de material en superficie (asfalto/cemento).

Línea GPR07-RI: Realizada en las calles Huancarqui, Huancarama y Río de Janeiro, entre los AA.HH. de Villa María del Perpetuo socorro y Mirones Alto, con una longitud de 585 metros y orientada en dirección SE a NO, paralela al río Rímac. En esta línea se observa la presencia de una capa de 3.5 a 4 metros de espesor conformado por materiales de heterogéneos en proceso de deformación. Asimismo, se identifica la

existencia de anomalías hiperbólicas asociadas a elementos externos como postes o edificaciones de mayor dimensión y las anomalías puntuales asociadas a cambios de material del suelo (asfalto/tierra/cemento), buzones y gibas.

Línea GPR08-RI: Realizada en el Jr. Crespo Castillo con una longitud de 333 metros y orientada en dirección E a O, paralela a la margen izquierda del río Rímac. En esta línea se identifica la presencia de una capa de 2.5 metros de espesor conformado por material heterogéneo. Además, se identifica grietas a la altura del Jr. Oliva hasta profundidades de 2 metros. Asimismo, se observa anomalías puntuales a causa de un desnivel en el terreno.

Línea GPR09-RI: Realizada en el Jr. Crespo y Castillo, con una longitud de 302 metros y orientada en dirección E a O, paralelo a la margen izquierda del río Rímac. En esta línea se identifica la presencia de una capa irregular de 2 a 3 metros de espesor conformada por materiales heterogéneos. Asimismo, se identifica la presencia de anomalías verticales asociadas a la presencia de una giba y anomalías hiperbólicas entrelazadas.

Línea GPR10-RI: Realizada en la calle G. Santillán y en el interior de los Condominios Pacasmayo, ubicados en los AA.HH. 1° de Mayo y Conde de la Vega Alta respectivamente, con una longitud de 338 metros y orientada en dirección N a S, perpendicular a la margen del río. En esta línea se identifica la existencia de una capa irregular conformado por materiales heterogéneos, cuyo espesor alcanza los 4 metros entre la margen del río Rímac hasta el Jr. Conde de la Vega, cambiando rápidamente a 2 metros hacia el extremo norte de este Jirón. Asimismo, se identifica la presencia de anomalías puntuales asociadas a buzones de agua y material suelto removido por los

trabajos de cambio de tuberías y cambio de material de cemento a tierra.

Línea GPR11-R1: Realizada en la calle Gral. M. Delgado con calle Máncora, con una longitud de 520 metros y orientada en dirección NE a SE, perpendicular a la margen del río Rímac. En esta línea se identifica la presencia de una capa de 2.0 metros de espesor conformada por materiales heterogéneos. Asimismo, se observa anomalías sectorizadas asociadas al puente Santa María y las puntuales a la presencia de buzones.

Línea GPR12-R1: Realizada sobre la calle Chacabuco y la Av. R. Cárcamo con una longitud de 314 metros y orientada en dirección N a S perpendicular a la margen del río Rímac. En esta línea se observa la presencia de una capa de hasta 3.0 metros de espesor conformada por materiales heterogéneos en proceso de deformación, principalmente hacia el borde de la margen del río y hacia la Av. Morales Duarez. Asimismo, se observa la presencia de grietas a la altura de la calle Chacabuco y la primera cuadra de la avenida Cárcamo, alcanzando 1 metro de profundidad. También se identifica la existencia de anomalías puntuales asociadas a la presencia de gibas y buzones.

Línea GPR13-R1: Realizada en el Jr. Reque, en el AA.HH. Villa María del Perpetuo Socorro con una longitud de 296 metros y orientada en dirección N a S, perpendicular al río. En esta línea se identifica la presencia de una capa irregular de 3 metros, la misma que a la altura de la calle Huancarqui (próximo a El Montón) incrementa su espesor hasta los 5 metros. Esta capa está conformada por materiales de relleno. Asimismo, se identifica la presencia de anomalías puntuales asociada a la presencia de buzones y niveles entrelazados.

Línea GPR14-RI: Realizadas en el Complejo Deportivo Villa María (El Montón) y el Jr. Fernando Wiese con una longitud de 246 metros y orientada en dirección N-S, perpendicular a la margen del río Rímac. Se identifica la presencia de una capa irregular de 2 a 3 metros de espesor compuesta por materiales heterogéneos con mayor deformación hacia el extremo sur de El Montón. También se identifica la presencia de anomalías puntuales debido a cambios de material en superficie (ripió/cemento), algunos postes de fierro, buzones y tuberías.

Líneas GPR15-RI y GPR16-RI: Realizadas en las calles 15 de Agosto y Jr. Las Palmas, ubicadas a aproximadamente 50 y 200 metros de distancia de El Montón, con una longitud de 310 metros y orientada en dirección N a S, perpendicular al río Rímac. Bajo estas líneas se identifica la presencia de una capa de 4-6 metros de espesor y compuesta por material heterogéneo de baja consistencia. A mayor distancia de El Montón el espesor de la capa disminuye hasta 3 metros. Asimismo, en la Línea GPR15 se observa que este material es más trabajado a la altura de la Av. Morales Duarez, disminuyendo su espesor hasta 2 metros. También, se identifican anomalías puntuales asociados a la presencia de buzones y desniveles.

Línea GPR17-RI: Realizada en el Pje. Villamar al Sur de la Av. Meiggs, con una longitud de 264 metros. En la línea se identifica la existencia de una capa de 3.5 metros de espesor conformada por materiales heterogéneos. Asimismo, a la altura de la cancha deportiva se observa la presencia de grietas que alcanzan una profundidad de 1 metro.

Línea GPR18-RI: Realizada en la calle R. Beltrán al Sur de la Av. Meiggs con una longitud de 335 metros. En esta línea se identifica la presencia de una capa de 3 metros de espesor conformada por materiales heterogéneos. Asimismo, se tiene la existencia de anomalías hiperbólicas asociadas a elementos externos como postes o

edificaciones de mayor dimensión y las anomalías puntuales asociadas a cambios de material del suelo (asfalto/tierra/cemento), buzones y asfalto gastado y dañado a la altura del Jr. Huancavelica.

Líneas GPR19-RI y GPR20-RI: Realizadas en la Calle José Celedón y en el interior del colegio J. Pablo Vizcardo, ambos al Sur de la Av. Meiggs con una longitud de 380 y 90 metros respectivamente. En estas líneas se identifica la presencia de una capa de 2 a 3 metros de espesor conformada por material heterogéneo poco compacto. Asimismo, se tiene la presencia de reflectores asociados a la existencia de fisuras o grietas a la altura de las chanchas del colegio Juan Pablo Vizcardo, que presentarían profundidades de hasta 1 metro. Asimismo, se observan anomalías a lo largo de todo el perfil correspondiente a asfalto en mal estado y un nuevo asfalto.

b) Interpretación

Los radargramas obtenidos para la Margen Izquierda del Río Rímac permiten identificar la presencia, en el subsuelo, de una capa con espesor variable de hasta 6 metros y la existencia de anomalías asociadas a la presencia de algunas grietas y hundimientos del suelo. Otras características son:

- Hacia el extremo este, en los AA.HH. 1° de Mayo, Dos de Mayo y Conde de la Vega, la capa de material heterogéneo presenta espesores de 4, 2.5 y 2 metros respectivamente. Este material se presenta removido y con alto contenido de humedad, principalmente en el AA.HH. 1° de Mayo. Asimismo, a lo largo de toda la línea se identifica la existencia de anomalías puntuales asociadas a la presencia de buzones, suelo húmedo, cambio de material (cemento/tierra/asfalto), buzón y tuberías.

- En la zona central, se ubica El Montón en el AA.HH. Villa María del Perpetuo Socorro que limita con los AA.HH. 3 de Mayo, Mirones Alto y El Planeta. En esta área, la capa de material heterogéneo presenta espesores de 2.5 y 3.5 metros hacia los extremos norte y sur de El Montón; mientras que, hacia los extremos Este y Oeste su espesor es de 5 y 4 metros, tendiendo a disminuir (3 metros) en dirección Oeste. Entre las calles el Montón y Chapén, se observa que la misma capa presenta un espesor de hasta los 5 metros; mientras que, en la zona del Complejo Deportivo Villa María (el montón) y hacia la Av. Morales Duarez, disminuye hasta los 2 metros. En general, se identifican anomalías puntuales asociados a la presencia de buzones y desniveles del suelo.

- En el extremo oeste del área de estudio, en el AA.HH. Mirones Alto, se identificó la presencia de reflectores casi lineales con espesores de 2 a 3 metros. Del mismo modo, se identifica la existencia de grietas o fisuras en el suelo del Jr. Olivas Escudero y la Av. Morales Duarez que alcanzan los 2 metros de profundidad.

4. CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DEL SUBSUELO

La exploración de la estructura y caracterización física del subsuelo de la MIRR, fue realizada usando datos e información generada usando métodos geofísicos y los resultados obtenidos fueron correlacionados con la información geológica, siendo los resultados obtenidos los siguientes:

4.1. Estructura del subsuelo

El área urbana de la MIRR se asienta sobre una terraza conformada por depósitos aluviales, siendo su cambio topográfico más resaltante la presencia de un talud, cuya altura y pendiente disminuye gradualmente en dirección Oeste. A la altura de los AA.HH. 1° de Mayo y Dos de Mayo presenta una altura de ~140 metros y hacia el AA.HH. Mirones Bajo, una altura de ~110 metros. Asimismo, en la zona central, a la altura del AA.HH. Villa María del Perpetuo Socorro, se ubica un montículo constituido por material antrópico conocido como El Montón (Complejo Deportivo Villa María). Para conocer las características físicas de los suelos en el área de estudio, se han recolectado datos geofísicos (velocidades de ondas longitudinales - V_p , perfiles unidimensionales de la velocidad de ondas de corte - V_s , secciones geoeléctricas y curvas de razones espectrales) considerando tendidos lineales que han sido ubicados estratégicamente, a fin de lograr conocer los espesores y densidades de los diferentes materiales que conforman el subsuelo hasta una profundidad de aproximadamente 50 metros.

Considerando los resultados obtenidos con la aplicación de cada método geofísico, se ha construido 4 perfiles topográficos (fotogrametría), de los cuales 2 fueron orientados en dirección perpendicular y otros dos paralelos a la MIRR. Según su ubicación espacial, a continuación se describe cada uno de estos perfiles:

Extremo Este: Según los Perfiles 01 y 02 (Figuras 45 y 46), entre los AA.HH. 1° de Mayo, Dos de Mayo y Conde de la Vega, se han identificado en el subsuelo la presencia de 3 capas, que según su orientación tienen las siguientes características:

- ***En dirección perpendicular a la MIRR (Perfil-01):***

-Desde la margen del río Rímac y a una distancia de 50 metros, en el AA.HH. 1° de Mayo, se identifica la presencia de dos capas con espesores de 9 a 11 metros respectivamente, ambas constituidas por materiales heterogéneos sueltos (rellenos) a materiales aluviales medianamente compactos ($V_s = 214-348$ m/s; $V_p = 300 - 908$ m/s). En este sector el suelo presenta alto contenido de humedad hasta los 25 metros de profundidad.

- Desde la margen del río Rímac y a una distancia de 400 metros, en el AA.HH. Conde de la Vega, la primera capa de 4 metros de espesor está compuesta por materiales medianamente compactos ($V_s = 318$ m/s) y la segunda capa, el material aluvial es compacto. En este sector el suelo presenta moderado contenido de humedad.

En este perfil, se evidencia que en el AA.HH. 1° de Mayo, los suelos blandos están compuestos por materiales heterogéneos (relleno) con la presencia de áreas con asentamientos, agrietamiento y/o proceso de deformación del suelo. A mayor profundidad los suelos son más compactos ($V_s > 600$ m/s) y están compuestos por material gravoso.

- ***En dirección paralelo a la MIRR (Perfil-02)***

-En las líneas, ubicadas en el AA.HH. 1° de Mayo, la primera y segunda capa están constituidas por materiales heterogéneos sueltos (rellenos) a materiales aluviales medianamente compactos ($V_s =$

180-365 m/s; $V_p = 300 - 908$ m/s) con espesores de 11 y 14 metros. Asimismo, en el AA.HH. Dos de Mayo, la primera capa de 4 metros de espesor está constituida por materiales heterogéneos sueltos ($V_s = 365$ m/s; $V_p = 300 - 908$ m/s) y la segunda capa, por material compacto. Respecto al contenido de humedad, este es alto en el AA.HH. 1° de Mayo y moderado en Dos de Mayo.

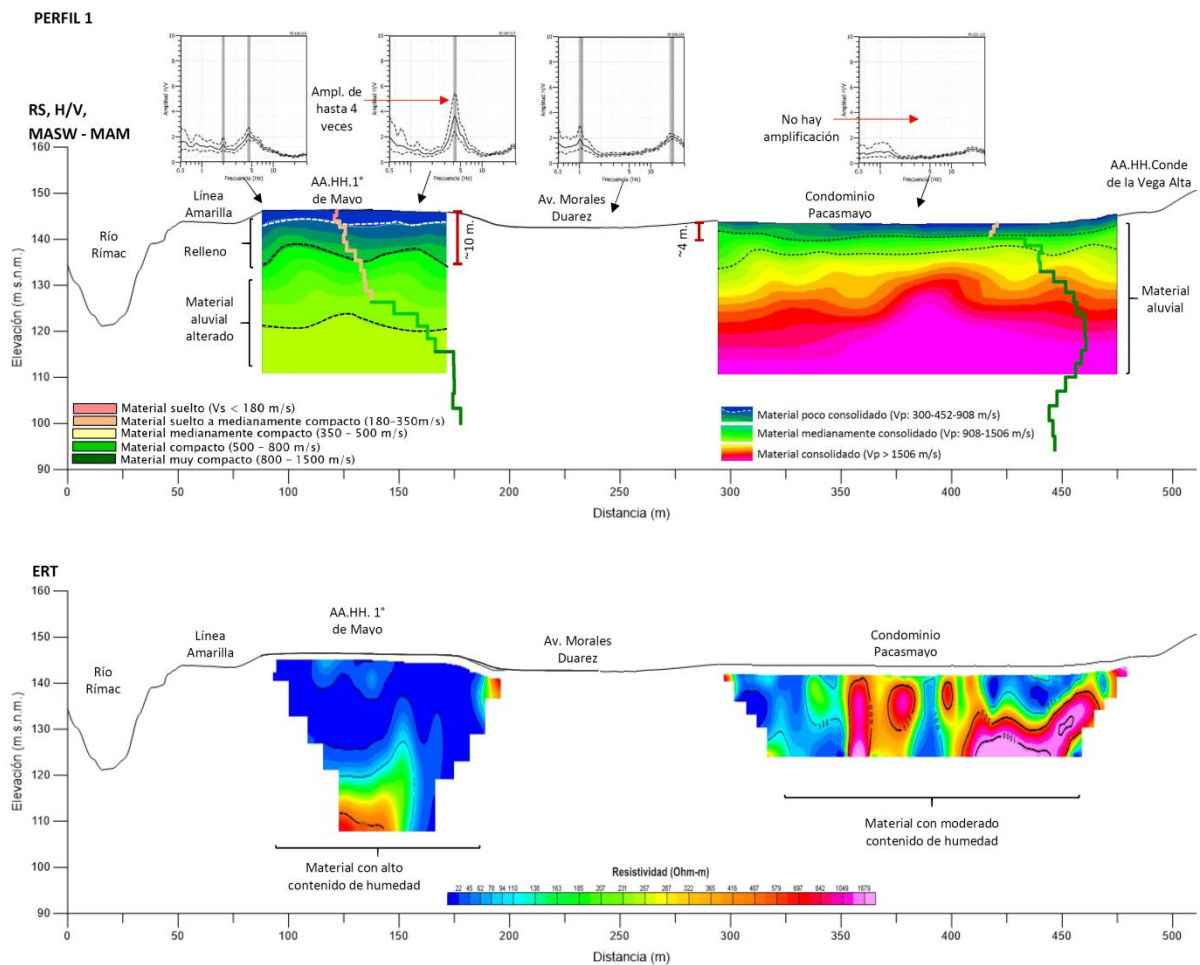


Figura 45. Vista del Perfil-01 y correlación de los resultados obtenidos con los métodos de H/V, ERT, RS y MASW-MAM para el extremo Este de la MIRR

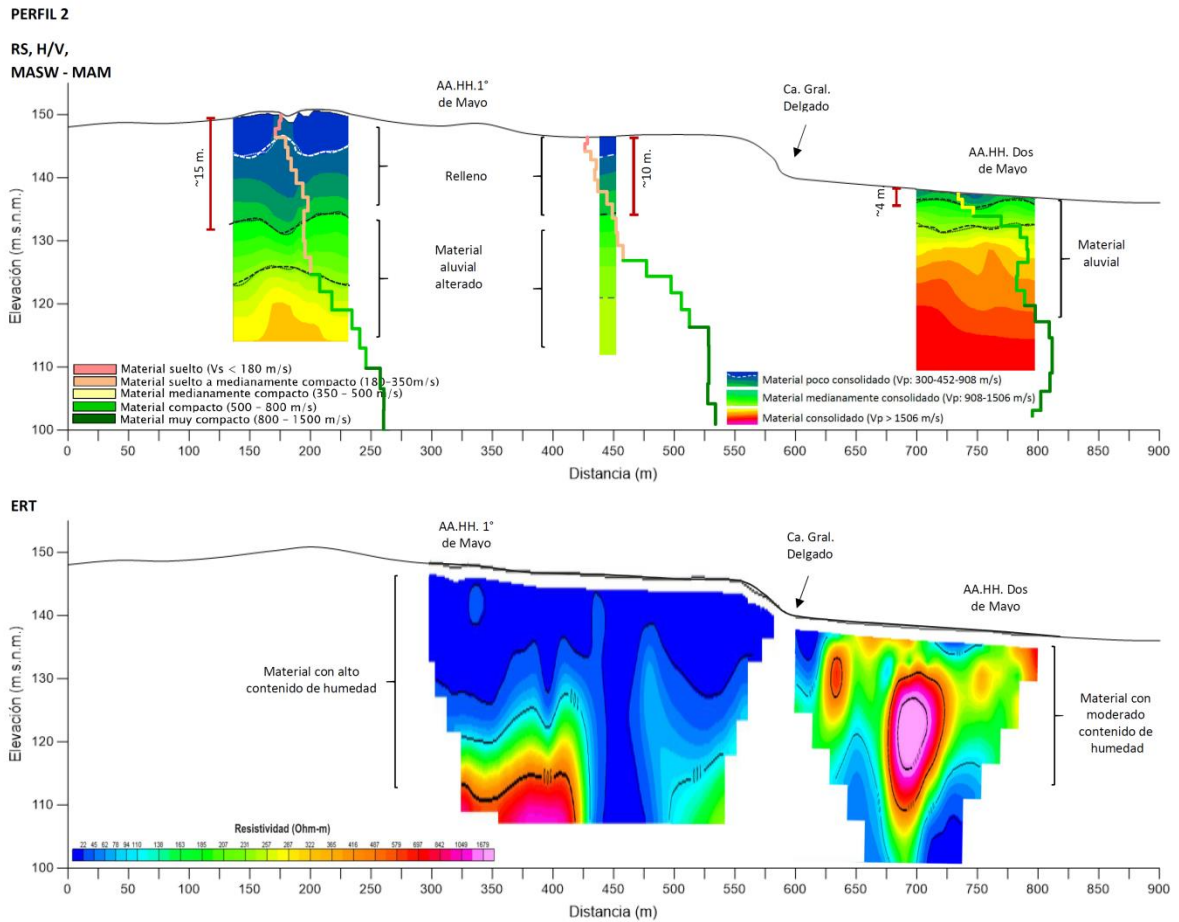


Figura 46. Vista del Perfil-02 y correlación de los resultados obtenidos con los métodos de H/V, ERT, RS y MASW-MAM para el extremo Este de la MIRR.

En este perfil, se evidencia que los suelos más compactos están presentes en el AA.HH. Dos de Mayo, mientras que, los suelos blandos predominan en el AA.HH. 1° De Mayo.

Sector Central

Según el Perfil 03, entre los AA.HH. Villa María del Perpetuo Socorro, El Planeta, Mirones Alto y el complejo deportivo Villa María (ex botadero “El

Montón”), se han identificado en el subsuelo la presencia de 4 capas y según su orientación, presentan las siguientes características (Figura 47):

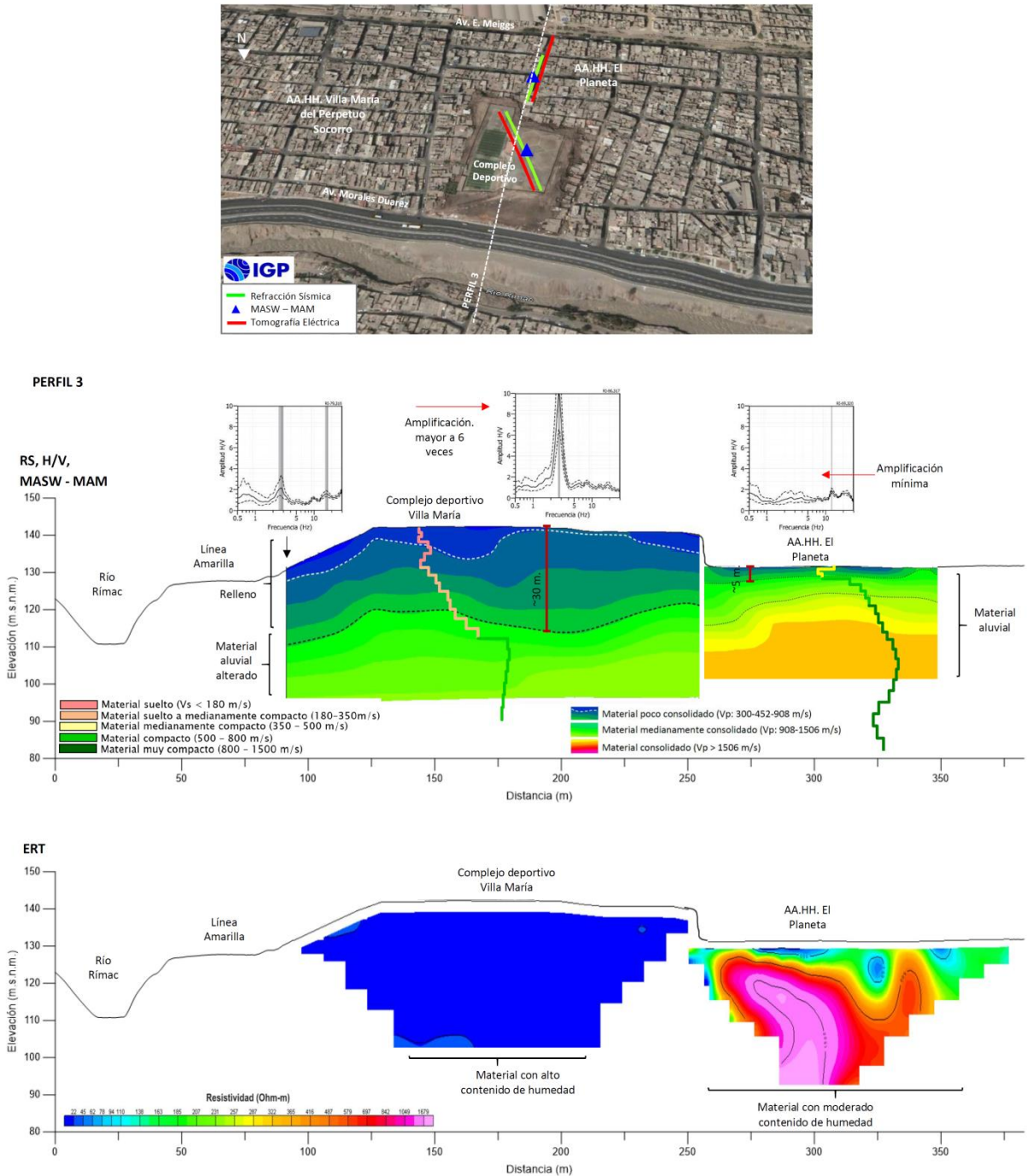


Figura 47. Vista del Perfil-03 y la correlación de los resultados obtenidos con los métodos de H/V, ERT, RS y MASW-MAM para el Sector Central de la MIRR del distrito de Lima Cercado.

- **En dirección perpendicular a la MIRR (Perfil-03):**

-A una distancia de 150 metros de la margen del río, en el Complejo Deportivo Villa María, las tres primeras capas, con un espesor de 30 metros están constituidas por materiales heterogéneos sueltos (rellenos) a materiales aluviales medianamente compactos ($V_s < 500$ m/s; $V_p = 300 - 908$ m/s). Asimismo, a una distancia de 300 metros de la margen del río, en el AA.HH. El Planeta, estos mismos materiales se presentan en una capa de 5 metros de espesor (Figura 41). Todos estos depósitos de relleno, muestran bajos valores de resistividad, asociado al alto contenido de fluidos asociados a la filtración de soluciones que provienen del relleno, alterando el material aluvial. Contrariamente, en el AA.HH. El Planeta, los suelos presentan moderado contenido de humedad.

Por otro lado, los niveles de amplificación del suelo son mayores del Complejo Deportivo Villa María (8 veces) y conforme se tiende hacia la Av. Meiggs, estos disminuyen hasta 2 veces.

Extremo Oeste

Según el Perfil 04, entre los AA.HH. El Planeta, Mirones Alto y zona industrial (Figura 48), se han identificado en el subsuelo la presencia de capas constituidas por material aluvial medianamente compacto a compacto y con moderado contenido de humedad. En las proximidades de la margen del río, existe una capa de 3 metros de espesor compuesta por material poco consolidado y con mayor humedad por el parque La Pedrera. Al ser una zona de poca altura (depresión), es fuertemente afectado por problemas de inundación pluvial generando mayor concentración de humedad. En estas zonas, los niveles de amplificación son mínimos puesto que predominan materiales con buena consistencia, pero puntualmente a espaldas del Jr.

Progreso (AA.HH. El Planeta), los niveles de amplificación del suelo se incrementan hasta 4 veces.

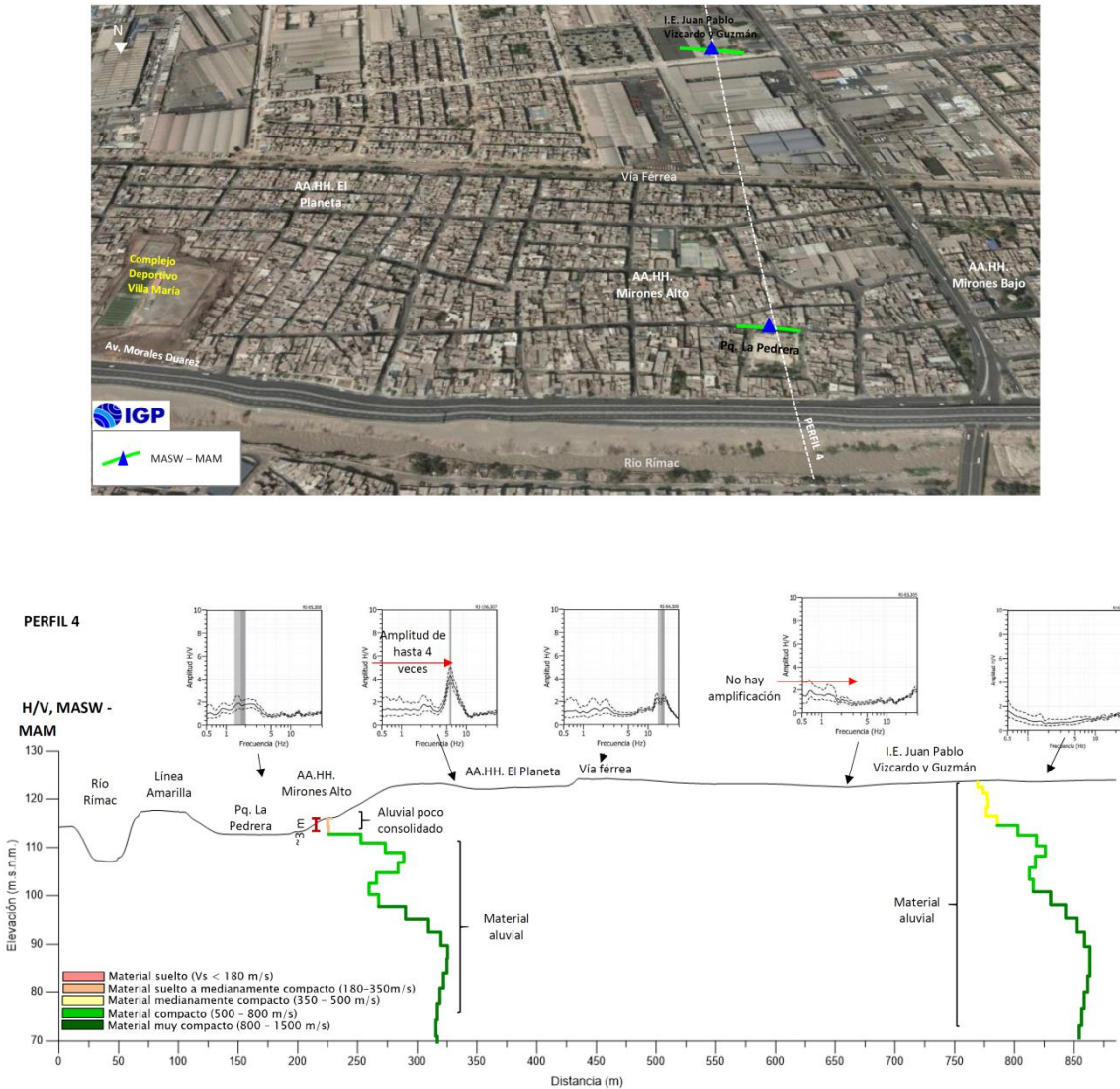
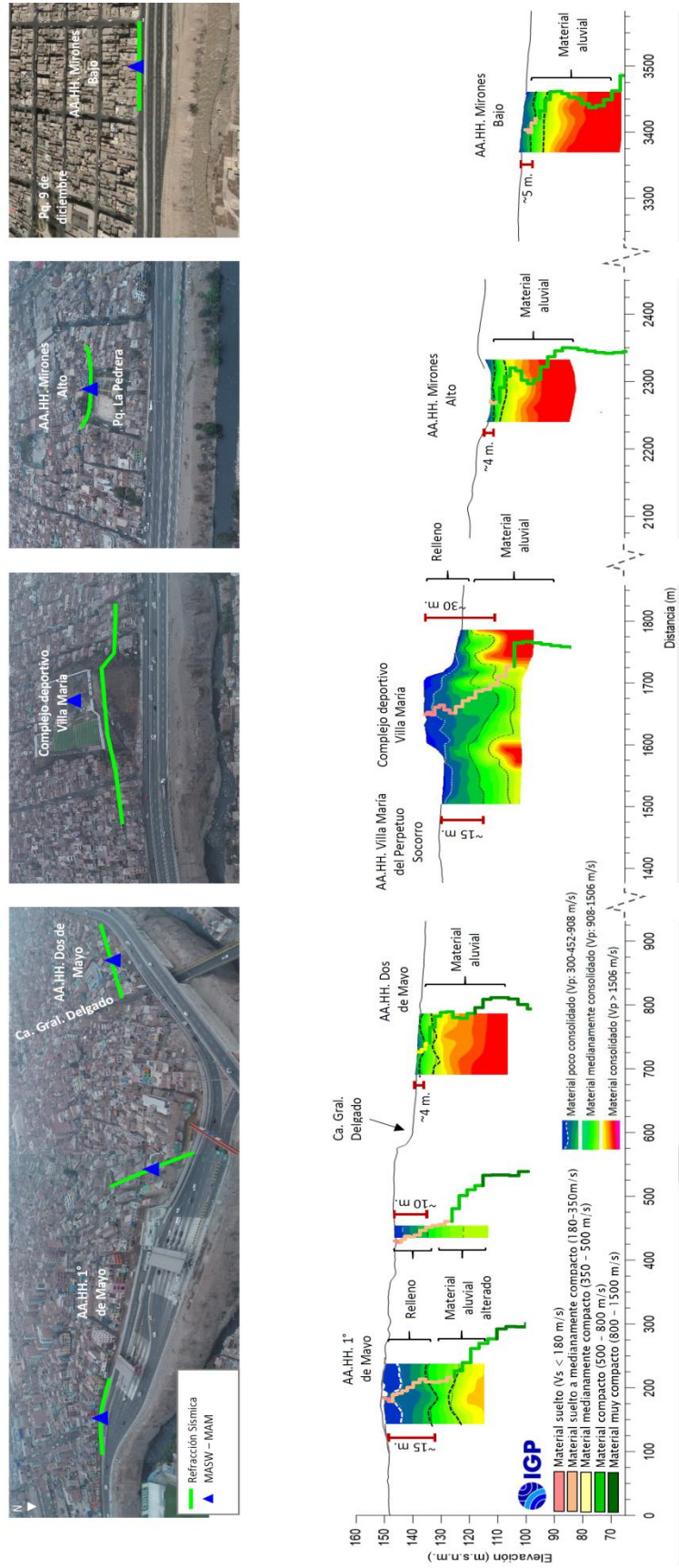


Figura 48. Vista del Perfil-04 y correlación de los resultados obtenidos con los métodos de H/V y MASW-MAM para el extremo Oeste de la MIRR.

En la Figura 49, se presenta un perfil paralelo a la MIRR, con la distribución espacial de los espesores y velocidades en capas de suelos heterogéneos y/o de relleno, que próximos a la margen del río presentan los siguientes espesores:

-En el AA.HH. 1° De Mayo: Presentan espesores entre 10 y 15 metros.

-En el AA.HH. Dos de Mayo: Presentan ~5 metros de espesor.



- En el AA.HH. Villa María: Presentan espesores entre 12 y 15 metros.
- En el Complejo Deportivo Villa María (El Montón): Los espesores varían entre 15 y 30 metros.
- En el AA.HH. Mirones Alto: Presentan ~3 metros de espesor.
- En el AA.HH. Mirones Bajo: Presentan ~5 metros de espesor.

Asimismo, se observa que conforme nos alejamos del borde del río, el espesor de las capas a una distancia de 200 metros de la margen del río tiende a disminuir de 15 a 4 metros, excepto a la altura de El Montón, donde el espesor de la capa de 30 metros es constante hasta los 200 metros, para luego disminuir rápidamente a 5 metros.

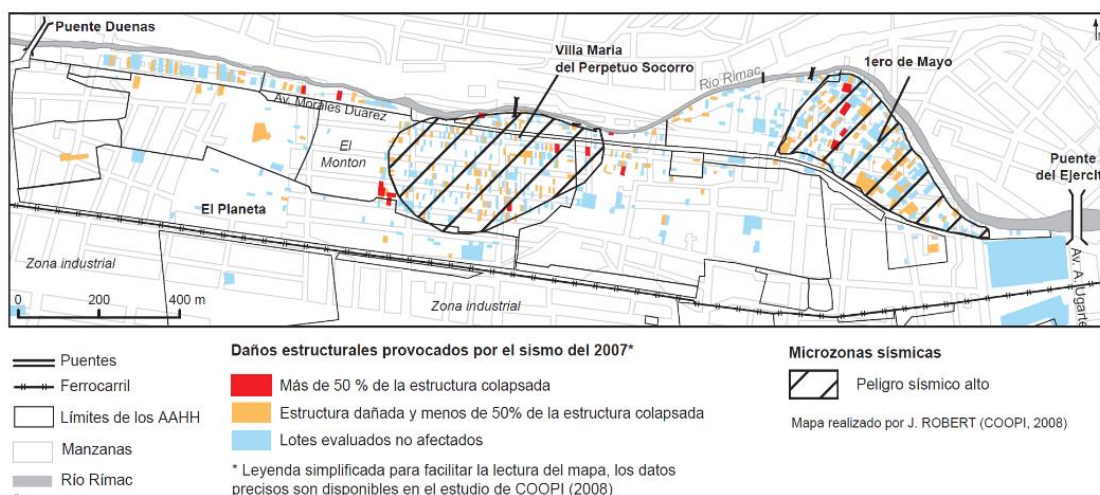


Figura 50. Identificación de los daños estructurales en los AA.HH. Primero de Mayo y Villa María del Perpetuo Socorro, provocados por el sismo del 2007. Mapa realizado por Robert, 2008.

De acuerdo con todo lo analizado, los resultados evidencian que las capas de mayor espesor y compuestas por materiales heterogéneos poco compactos, y que presentaran un complejo comportamiento dinámico ante la ocurrencia de sismos, se encuentran bajo los AA.HH. 1° de Mayo y Villa María del Perpetuo Socorro (Complejo Deportivo Villa María - ex botadero “El Montón”). Según D´Ercole et al (2009), en estas zonas se ha observado los mayores daños en viviendas y personas a raíz del sismo de Pisco del 2007 (M8.0), tal como se observa en la Figura 50. Después de 14 años de

ocurrido este sismo, y durante la adquisición de datos geofísicos para este estudio, adicionalmente se observaron la presencia de muchas viviendas con fisuras en sus paredes y otras inclinadas y/o asentadas con evidentes daños estructurales que podrían desencadenar en su colapso (Figura 51).

(a)



(b)



Figura 51. Daños en viviendas ubicadas en el AA.HH. 1° De Mayo (a) y la intercepción del Jr. Reque y Ca. Huancarqui, en el AA.HH. Villa María del Perpetuo Socorro (b), por efectos del asentamiento del suelo

4.2. Zonificación Geofísica

El mapa de zonificación geofísica para el área urbana de la MIRR, se elabora en función de la integración de los resultados obtenidos del análisis geofísico y correlación con los aspectos geo-ambientales de la zona de estudio. De acuerdo a lo indicado en la Norma Técnica de Diseño Sismorresistente E.030 y a las características dinámicas del suelo y/o propiedades mecánicas, en el área de estudio se ha identificado la existencia de suelos de Tipo S1, S2 y S4 distribuidos en las siguientes zonas (Figura 52):

- **ZONA I:** Considera a suelos medianamente compactos a compactos, constituidos por estratos de material aluvial. El estrato superficial de 30 metros de espesor presenta velocidades promedio para las ondas de corte de $V_{s30} \geq 500$ m/s. Sus periodos de vibración natural son de 0.1 y 0.3 segundos. Estas características definen la presencia de suelos Tipo S1 de comportamiento rígido; sin embargo, a nivel superficial se identifica la presencia de una capa delgada de material suelto a medianamente compacto. En esta zona, los suelos presentan moderado contenido de humedad y una capacidad portante de 2 a 3 kg/cm².

El sector de color verde claro (Figura 52), ubicado al extremo norte de la Av. E. Meiggs, corresponde a una zona dinámicamente activa sobresaliendo sectores con mayores amplificaciones, cambios de materiales y zonas de inundación.

Esta zona comprende el 90% del área de estudio y está presente en los AA.HH. Dos de Mayo, Conde de la Vega Baja, Conde de la Vega Alta, Mirones Alto, Mirones bajo, sectores de El Planeta y todo el sector que corresponde desde la línea férrea hacia la Av. Argentina.

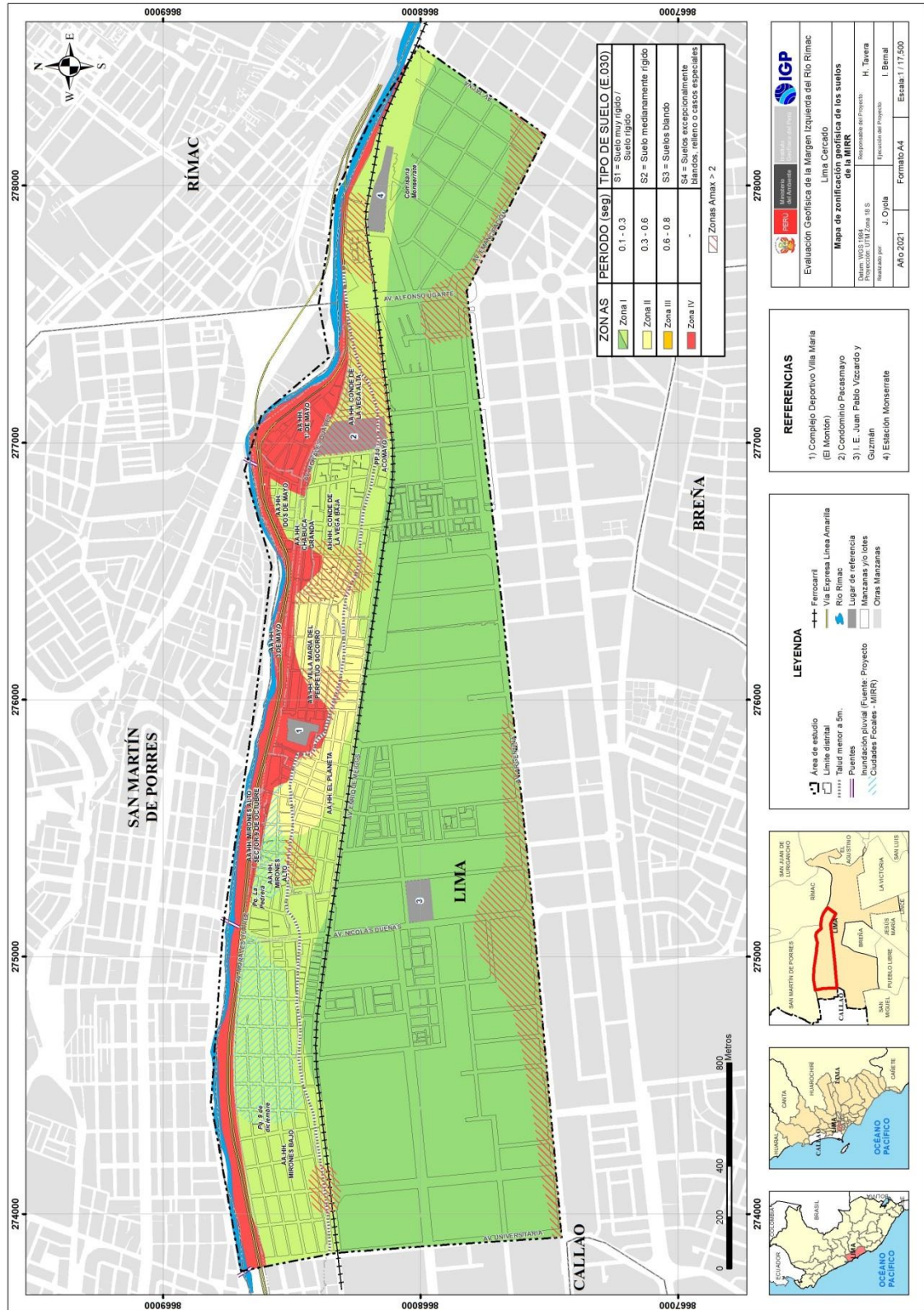


Figura 52. Mapa de Zonificación Geofísica de la Margen Izquierda del Río Rimac

En la Figura 52, las zonas sombreadas con líneas inclinadas en rojo delimitan áreas donde los suelos presentan amplificaciones relativas mayores a 2 veces. Ante la ocurrencia de un sismo de gran magnitud, aquí los suelos desarrollarían mayores sacudimientos: AA.HH. Conde de la Vega Alta, en las inmediaciones de la Av. Alfredo Ugarte, entre Mirones Alto y la Av. E. Meiggs, y hacia el extremo SO del área de estudio próximo a la Av. Argentina.

- **ZONA II:** Considera a suelos medianamente compactos constituidos por material heterogéneo depositado sobre el material aluvial, Presentan velocidades de ondas de corte para la capa superficial de 400 m/s. Estos suelos están asentados sobre una capa de mayor rigidez. Sus periodos de vibración natural son de 0.3 y 0.6 segundos. Estas características definen la presencia de suelos Tipo S2 de comportamiento medianamente rígido. Asimismo, los suelos presentan moderado contenido de humedad y una capacidad portante de ~ 1 kg/cm².

Esta zona comprende sectores de los AA.HH. Villa María del Perpetuo Socorro, El Planeta y Mirones Alto (Figura 52). En esta figura, la zona sombreada con líneas inclinadas en rojo delimitan áreas donde los suelos presentan amplificaciones relativas mayores a 2 veces: AA.HH. Villa María del Perpetuo Socorro y Conde de la Vega Baja, al norte de la Av. E. Meiggs.

- **ZONA IV:** Corresponde a suelos cuyas características físicas y dinámicas son excepcionales (suelos blandos y flexibles), por lo que su comportamiento comprende a suelos Tipo S4 En el área de estudio, esta zona presenta topografía irregular, es susceptible a generar derrumbes, caída de rocas y asentamientos de suelo. Presentan pendientes altas hacia los AA.HH. 1° de Mayo y Dos de Mayo, y

pendientes bajas en Mirones Bajo (Figura 52). El detalle de las características de esta zona es:

- En todo el AA.HH. de 1° de Mayo, predominan suelos blandos con alto contenido de humedad.
- En el Sector de El Montón, que se encuentra entre los AA.HH. Villa María del Perpetuo Socorro, El Planeta y 9 de Octubre, predomina la presencia de materiales de relleno en capas de gran espesor. Aquí la filtración del agua genera la lixiviación o lavado de los suelos; es decir, se tiene el predominio de suelos con moderado a alto contenido de humedad.

De acuerdo a la Figura 52, la zonificación de suelos en la MIRR muestra áreas de color rojo que corresponden a las de mayor riesgo ante la ocurrencia de sismos. Asimismo, esta información condiciona el uso del suelo y el tipo de estructura que se debe construir (material, geometría y el número de pisos en las viviendas o en grandes obras de ingeniería) considerando la calidad del suelo o su comportamiento dinámico.

CONCLUSIONES

El análisis de los aspectos geomorfológicos, geológicos geodinámicos, geotécnicos y de la evaluación geofísica en la Margen Izquierda del Río Rimac del distrito de Lima Cercado, ha permitido llegar a las siguientes conclusiones:

Las viviendas ubicadas entre la vía férrea y la Vía Expresa Línea Amarilla, específicamente en los sectores de AA.HH. 1° de Mayo, Barrio Marginal Conde de la Vega Alta, AA.HH Dos de Mayo, AA.HH. Villa María del Perpetuo Socorro, Zona del montón y AA.HH. Mirones Alto, están asentadas sobre una capa de suelos de aproximadamente de 3 a 5 metros de espesor compuesto por material antrópico (antiguo relleno sanitario de Lima). Por debajo de este material se encuentra el depósito fluvio aluvial del río Rimac conformado por cantos rodados, arenas, limos y arcillas. Los eventos geodinámicos identificados en el área de estudio son los derrumbes que se producen principalmente en la ribera del río Rimac (margen izquierda) y que podrían afectar parte de la Vía Expresa Línea Amarilla. Asimismo, "El Montón" es una zona susceptible a la ocurrencia de procesos geodinámicos que afectaría a las viviendas asentadas en la parte baja.

En la MIRR se ha identificado la presencia de áreas críticas que reagrupa a viviendas cuyas paredes presentan rajaduras, aberturas y desplazamientos debido a asentamientos diferenciales y hundimientos debido al tipo de suelo (antiguo botadero-relleno sanitario de Lima) sobre el cual están asentadas.

En la MIRR se ha identificado la presencia de 3 tipos de suelos: Gravas bien graduadas con arena (GW) y gravas mal graduadas con arena (GP) con capacidad portante entre 2 a 3 kg/cm²; además de arenas limosas con gravas (SM) con capacidad portante menor a 1 kg/cm².

En la MIRR se ha identificado la presencia de una capa de 15 metros de espesor compuesta por suelos sueltos a medianamente compactos, y sobre la cual se encuentra el AA.HH. 1° de Mayo. Esta misma capa presenta un espesor de 30 metros en el Complejo Deportivo Villa María, ex botadero “El Montón” y menores a 15 metros en el AA.HH. Villa María del Perpetuo Socorro. A nivel superficial, en estos AA.HH. se identificaron la presencia de grietas de 1 a 2 metros de profundidad y zonas de asentamientos suelos de hasta 2 a 4 metros de profundidad.

Los suelos en la MIRR responden principalmente a periodos de 0.1 y 0.2 segundos, evidenciando la presencia de suelos constituidos por una capa de menor espesor depositado sobre material aluvial compacto. De manera local, en el Complejo Deportivo Villa María (ex botadero “El Montón”), los suelos responden a periodos entre 0.4 y 0.5 segundos, correspondiendo a suelos heterogéneos.

Los mayores niveles de amplificación de suelos se presentan en los AA.HH. 1° de Mayo, Conde de la Vega Alta, hasta la estación Monserrate, y en el Complejo Deportivo Villa María y sector Este del AA.HH. Mirones Alto. Esto evidencia la existencia de suelos no compactos a nivel superficial, capaces de amplificar el sacudimiento del mismo ante la ocurrencia de un evento sísmico.

Los suelos en la MIRR presentan alto contenido de humedad en dos sectores: 1) En el AA.HH. 1° de Mayo, desde la superficie hasta los 30 metros de profundidad y 2) en el sector que corresponde al complejo deportivo Villa María (ex botadero “El Montón”) debido al filtrado del agua por procesos de lixiviación o lavado del suelo. Ambos sectores se caracterizan por presentar material de relleno. En el resto del área de estudio el suelo está compuesto por el material aluvial con moderado contenido de humedad.

El mapa de Zonificación Geofísica obtenido para la MIRR, han permitido identificar, de acuerdo a las consideraciones indicadas en la Norma de Diseño Sismorresistente E.030, la existencia de suelos de Tipo S1, S2 y S4, compuestos por suelos compactos, medianamente compactos y excepcionales respectivamente.

Finalmente, las zonas con mayor probabilidad de experimentar un comportamiento dinámico anómalo ante la posible ocurrencia de sismos de gran magnitud son: los AA.HH. 1° de Mayo, 3 de Mayo, Villa María del Perpetuo Socorro, Chabuca Granda; y próximo al Complejo Deportivo Villa María (ex botadero "El Montón") que corresponden a los AA.HH. Mirones Alto, El Planeta y 9 de Octubre.

RECOMENDACIONES

Considerar la instalación de defensas ribereñas (gaviones, enrocados, entre otros) a lo largo de la Margen Izquierda del Río Rimac de modo tal que se evite la erosión y socavación que produce el flujo hídrico y así, evitar posteriores derrumbes que puedan afectar parte de la Vía Expresa Línea Amarilla.

En la zona denominada “El Montón”, realizar la compactación técnica adecuada sobre el material que lo conforma y así, evitar futuros derrumbes que puedan afectar a las viviendas asentadas en la parte baja.

Generar un plan de supervisión técnica adecuado que permita construir un catastro completo sobre la calidad de las construcciones, daños estructurales observados, antigüedad y material utilizado. Luego esta información, puesta en mapas georreferenciados, correlacionarlo con los mapas presentados en este estudio y planificar el desarrollo de actividades que permitan reducir el riesgo inminente presente en la MIRRR:

BIBLIOGRAFÍA

Allende, T, (2010). Estudio de mapa de peligros naturales de la Margen Izquierda del Río Rímac de cercado de Lima.

ASTM D6432-11, Standard Guide for using the Surface ground Penetrating Radar Method for Subsurface, Investigation. <https://www.aenor.com/normas-y-libros/buscador-de-normas/astm>.

CISMID (2012). Estudio de Microzonificación Sísmica y peligros múltiples del distrito de Lima.

GSSI, Antenas Manual MN30-903 Rev. Geophysical Survey Systems. Inc. 87 pp.

GSSI, RADAN for UtilityScan Manual MN43-202 Rev D. Geophysical Survey Systems. Inc. 34 pp.

GSSI, SIR 4000 Manual MN 72-574 Rev H. Geophysical Survey Systems. Inc. 158pp.

INGEMMET (2015): Peligros Geológicos en el área de Lima Metropolitana y la región Callao.

INGEMMET (2019). Evaluación de peligros geológicos y de origen antrópico en el Asentamiento Humano Primero de Mayo – Cercado de Lima.

INGEMMET (1988). Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Rímac. Boletín N° 8b. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica.

Jérémy Robert y Robert D'Ercole. (2009). «El sismo del 15 de agosto de 2007 en la Margen Izquierda del Río Rímac (Lima)», Bulletin de l'Institut français d'études andines.

Loke M.H. (1996-2004). Tutorial: 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys

- M. Tün, E. Pekkan, O. Özel, Y. Guney (2016): An investigation into the bedrock depth in the Eskisehir Quaternary Basin (Turkey) using the microtremor method. *Geophysical Journal International*.
- Marríos A. Sánchez-Sesma F. (2015): Full microtremor H/V (Z:f) inversion for shallow subsurface characterization. *Geophysical Journal International*.
- Moreno J. L. (2000): De los microsismos a los microtemblores, investigaciones en el instituto Geofísico de Bogotá, Reporte para la sociedad Colombiana de Geotecnia.
- Municipalidad de Lima. (2019). Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres del Cercado de Lima (PPRRD) 2021 – 2023.
- Nakamura, Y. (1989): A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremors on the ground surface, *Quarterly Report of Railway Technical Research Institute*, 30(1):25-33.
- Orellana, E (1982): "Prospección Geoeléctrica en Corriente Continua". 2ª ed. Madrid: Paraninfo Volumen 1.
- Pueyo. (2016). Ground penetrating radar evaluation of the internal structure of fluvial tufa deposits (Devanos-A navieja system, NE Spain). *Geophysical Journal International*. 564-566 pp.
- Quintana A. (2013) Aplicación de la Tomografía Eléctrica en la Caracterización del Deslizamiento de Doña Mencía. Tesis de grado para optar el título de maestría en Geofísica y Meteorología. Universidad de Granada, España.
- Reynolds, J.M. 1997. An Introduction to Applied and Environmental Geophysics, John Wiley and Sons Ltd, Chichester, 1ª ed.
- Reynolds, J.M. (2011). An Introduction to Applied and Environmental Geophysics. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 2nd ed., 712 pp.
- Richards B.G. (1985). "Geotechnical aspects of Residual Soils". Southeast Asian Geotechnical. Society, Scorpion Press, Hong Kong.

Sandoval V. (2013): Estudio de la robustez de la estimación espectral de la técnica h/v de Nakamura para estudios de caracterización dinámica de suelos.

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

Telford W.M, Geldart L.P. and Sheriff R.E. (1990) Applied Geophisic. 2ª ed. New York: Cambridge University Press

Trigo S. T. (2007): Influencia de la amplificación local de las ondas sísmicas y la interacción suelo-fundación en el puente marga-marga.

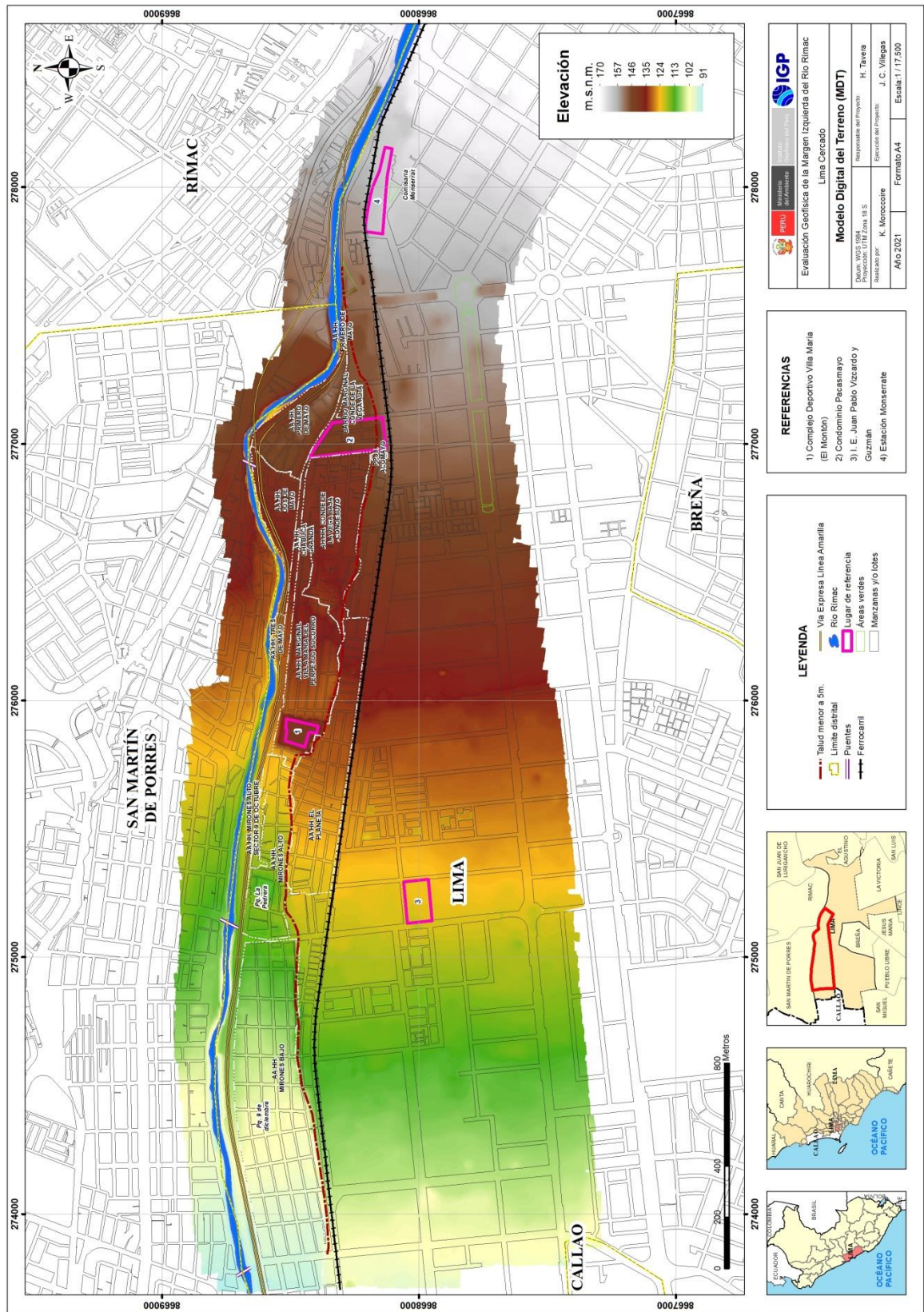
Universidad Nacional de Colombia (2000), Investigación de aguas subterráneas región valles de San Nicolás Medellín

Villela, A, 2013. Análisis y aplicación de las propiedades de polarización de la señal del Georadar. Tesis de doctorado del centro de Investigación Científica y de educación Superior de ensenada (CICESE).

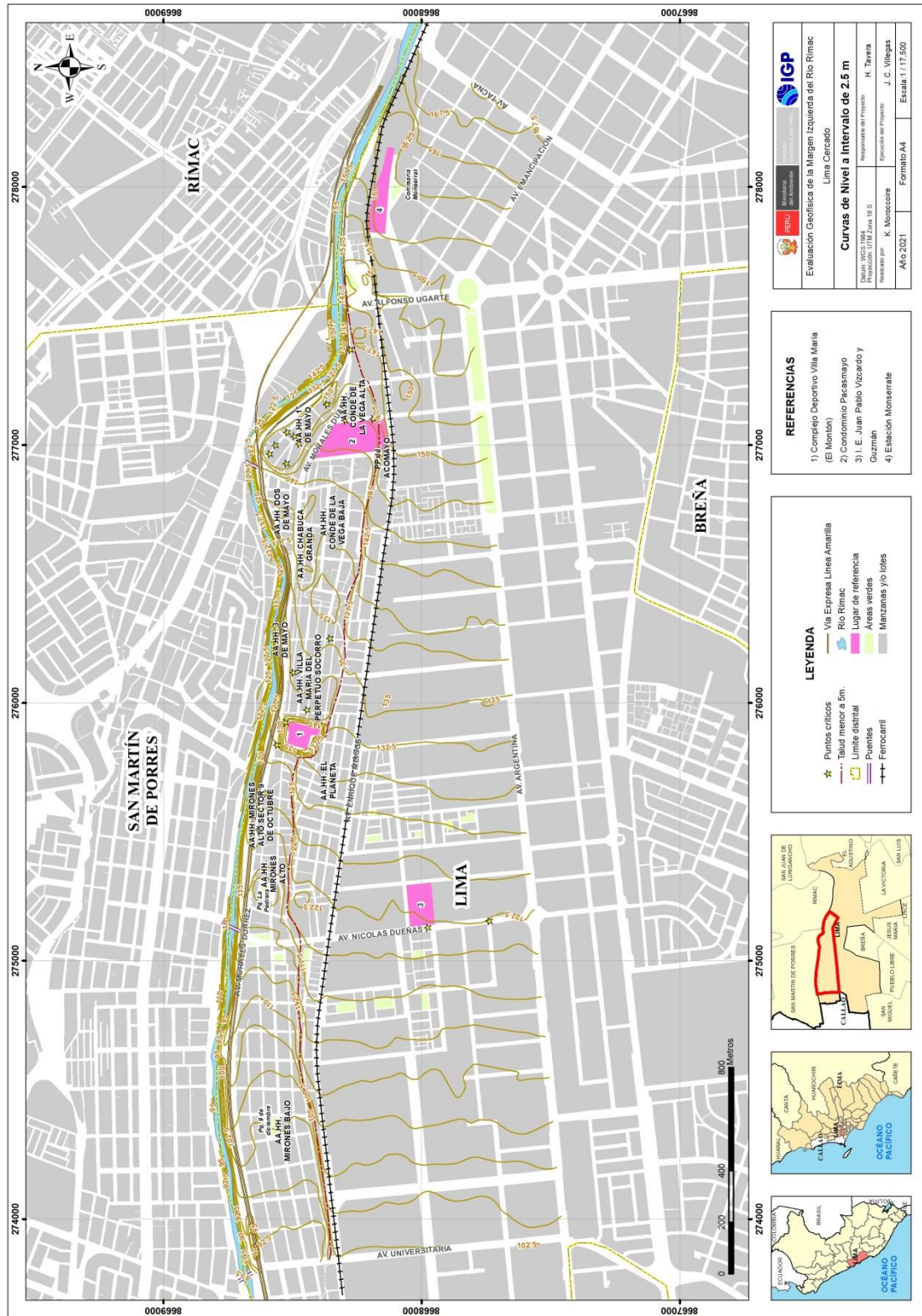
ANEXO I.

Levantamiento Fotogramétrico

*Modelo Digital del Terreno;
Curvas de nivel con intervalo 2.5 m*



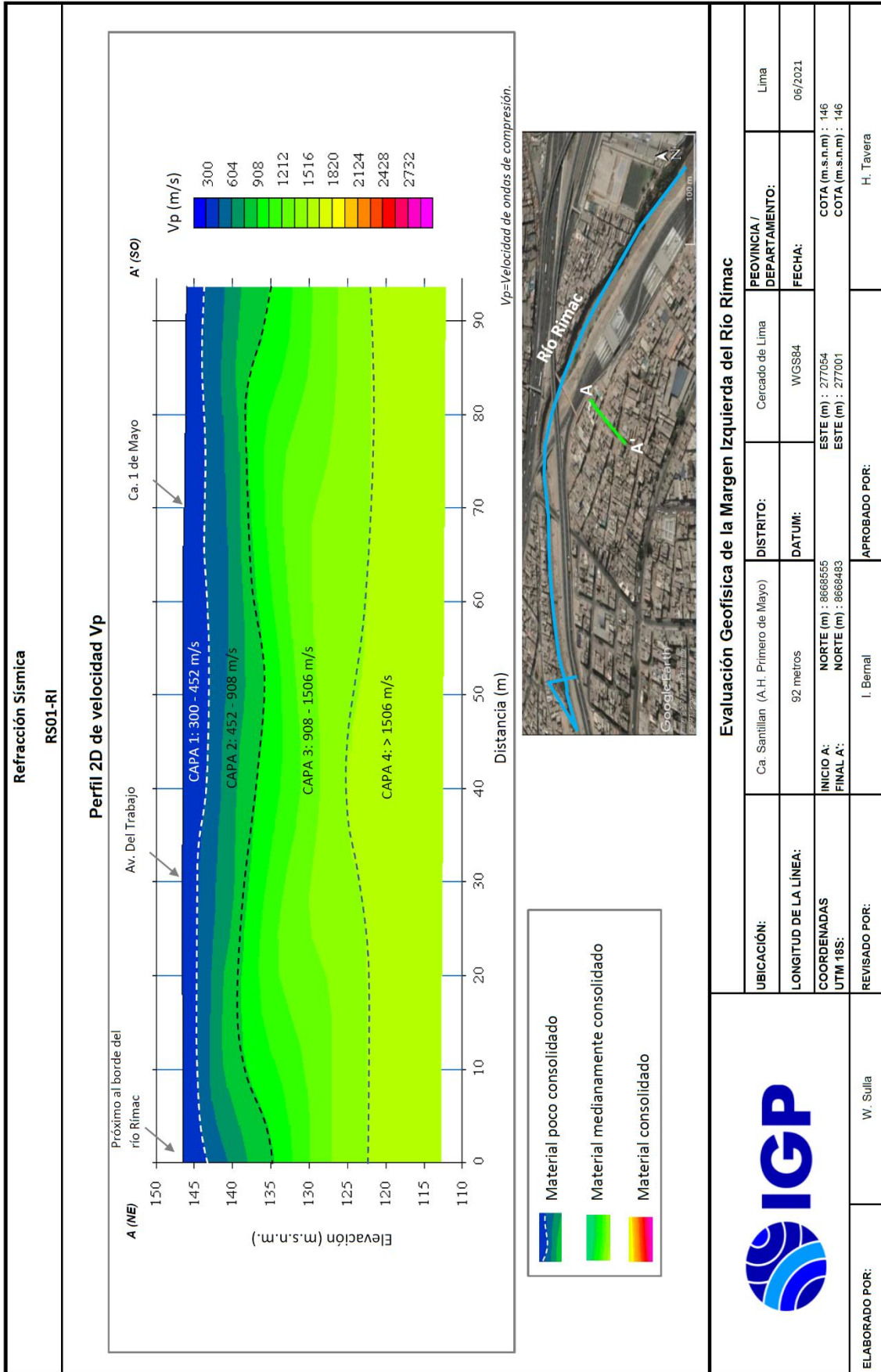
Modelo Digital del Terreno (MDT) a escala 1:300 y resolución de 15 cm/pixel y 6 cm/pixel (Villegas y Moroccoire, 2021).

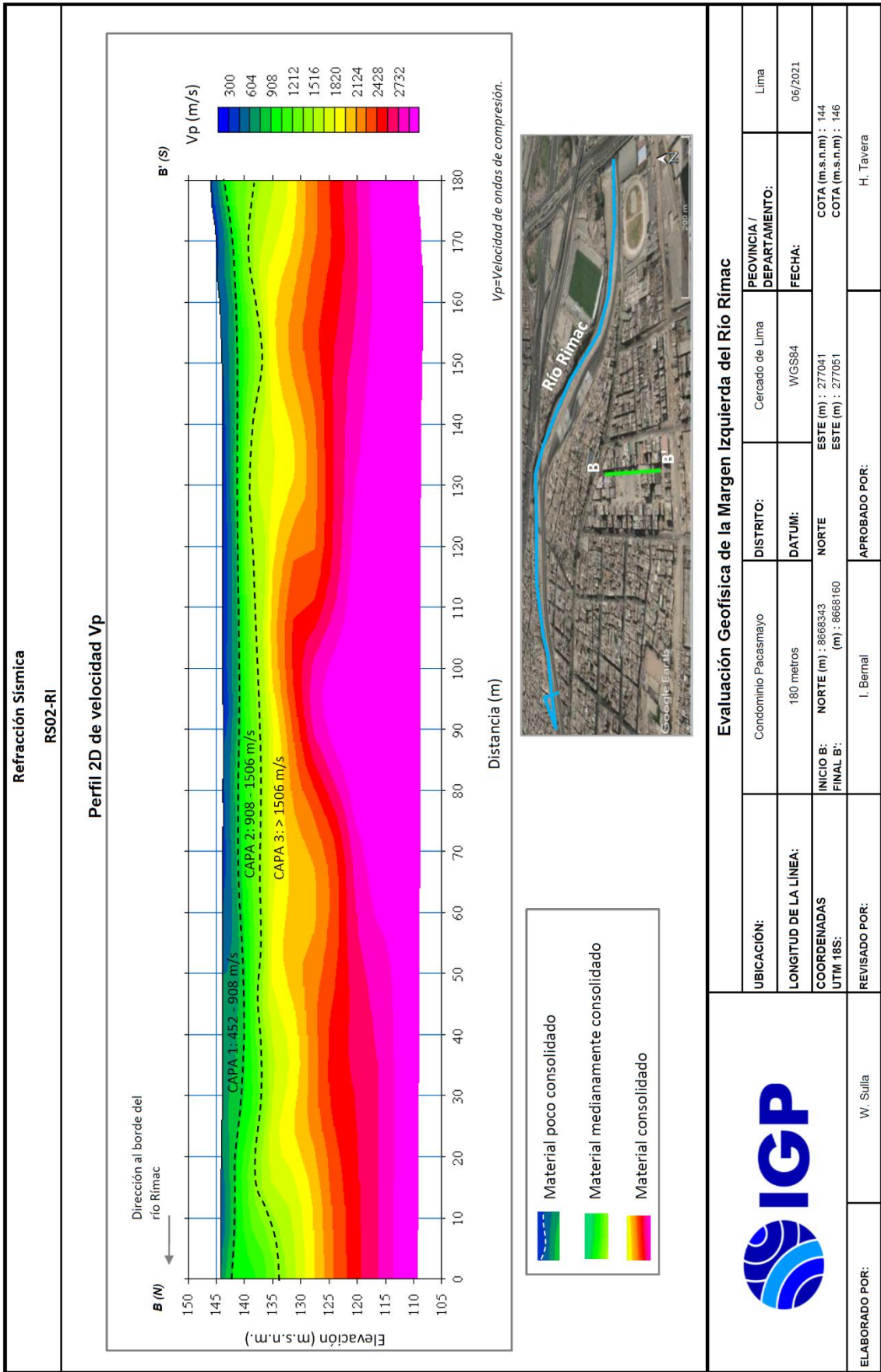


Curvas de nivel con intervalo 2.5 metros a una escala de 1:300 (Villegas y Moroccoire, 2021)


ANEXO II

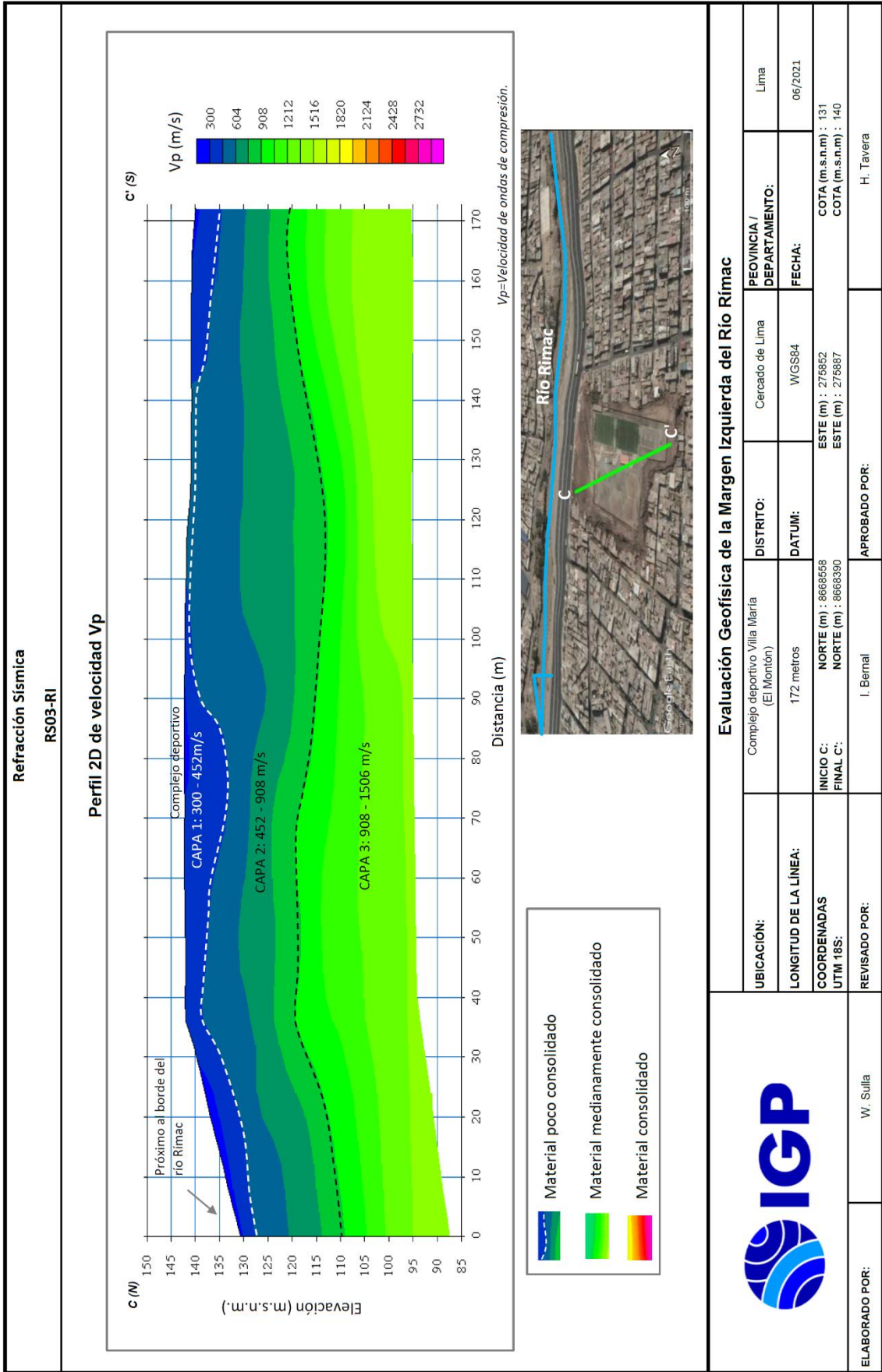
Secciones de Refracción Sísmica





Evaluación Geofísica de la Margen Izquierda del Río Rimac

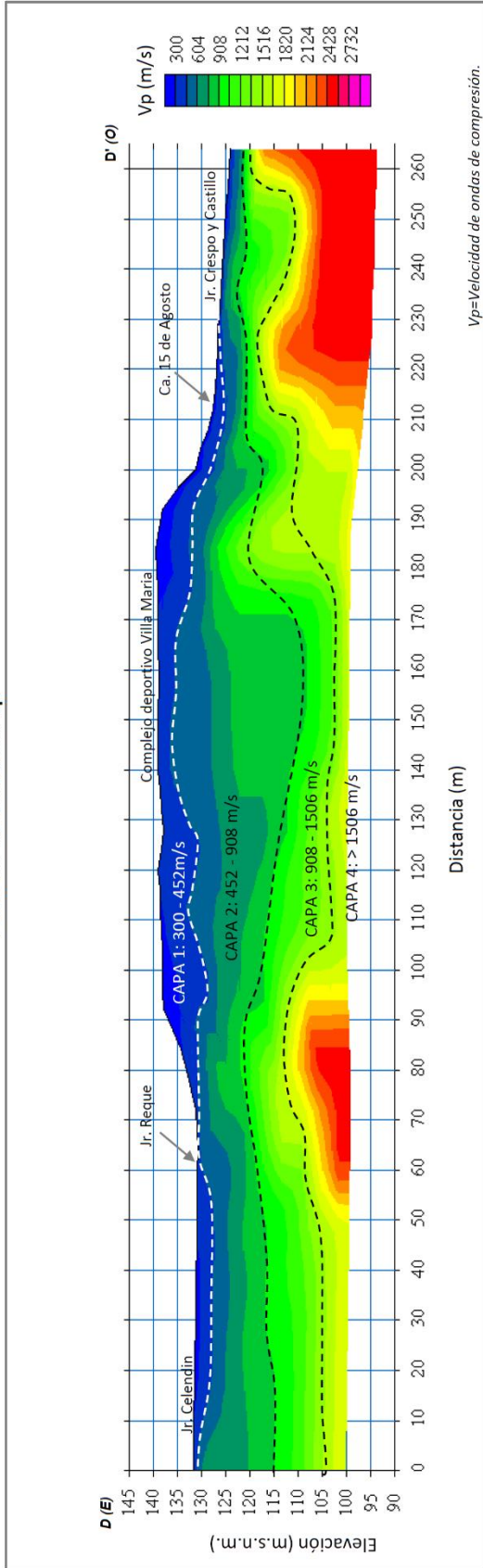
	UBICACIÓN:	Condominio Pacasmayo	DISTRITO:	Cercado de Lima	PROVINCIA / DEPARTAMENTO:	Lima
	LONGITUD DE LA LÍNEA:	180 metros	DATUM:	WGS84	FECHA:	06/2021
COORDENADAS UTM 18S:	NORTE (m) : 8668343 FINAL B' : (m) : 8668160	NORTE (m) : 277041 ESTE (m) : 277051	COTA (m.s.n.m) : 144 COTA (m.s.n.m) : 146			
REVISADO POR:	W. Sullia	I. Bernal	APROBADO POR: H. Tavera			



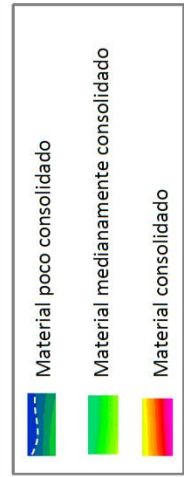
Refracción Sísmica

RS04-RI

Perfil 2D de velocidad Vp

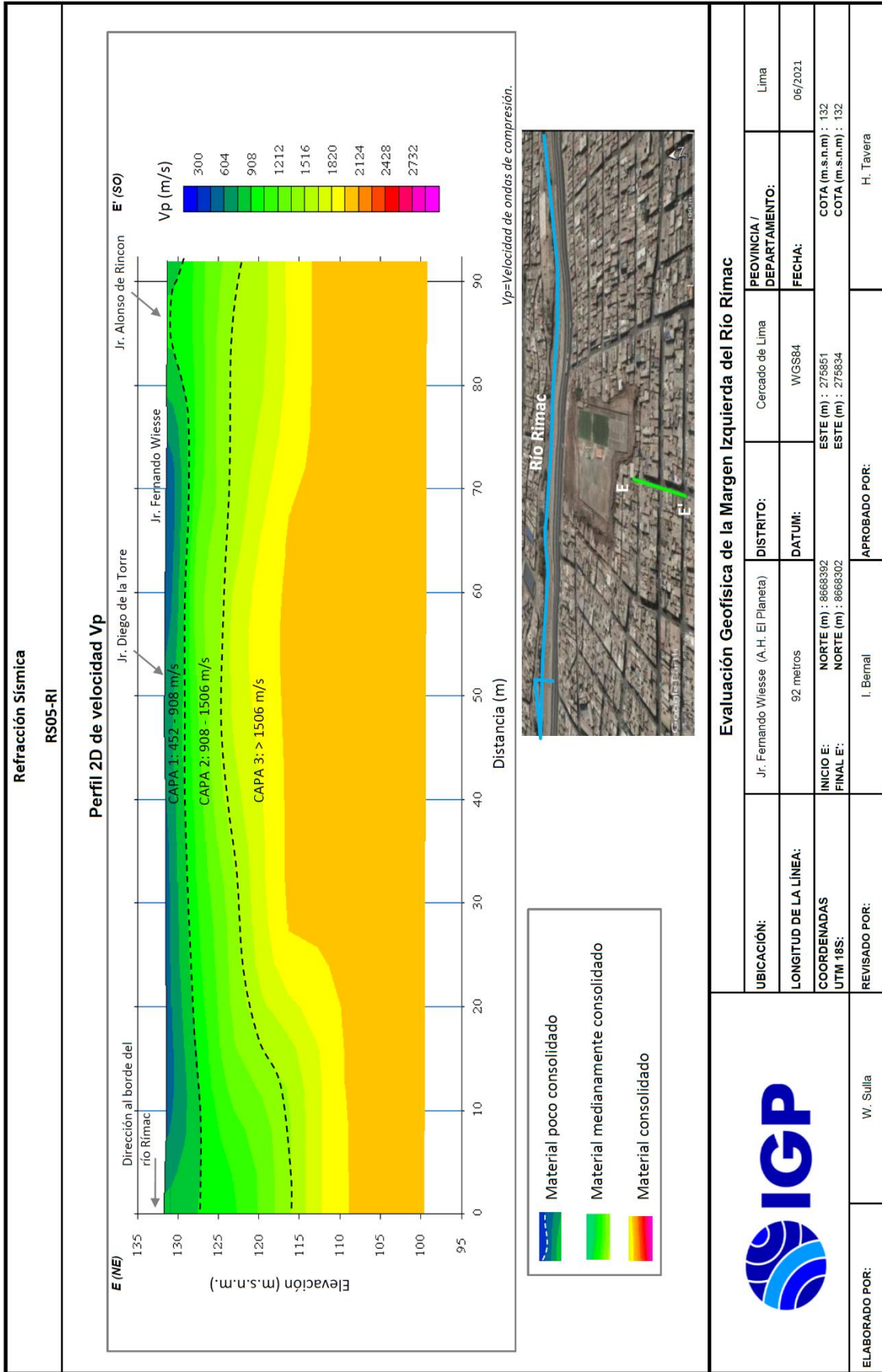


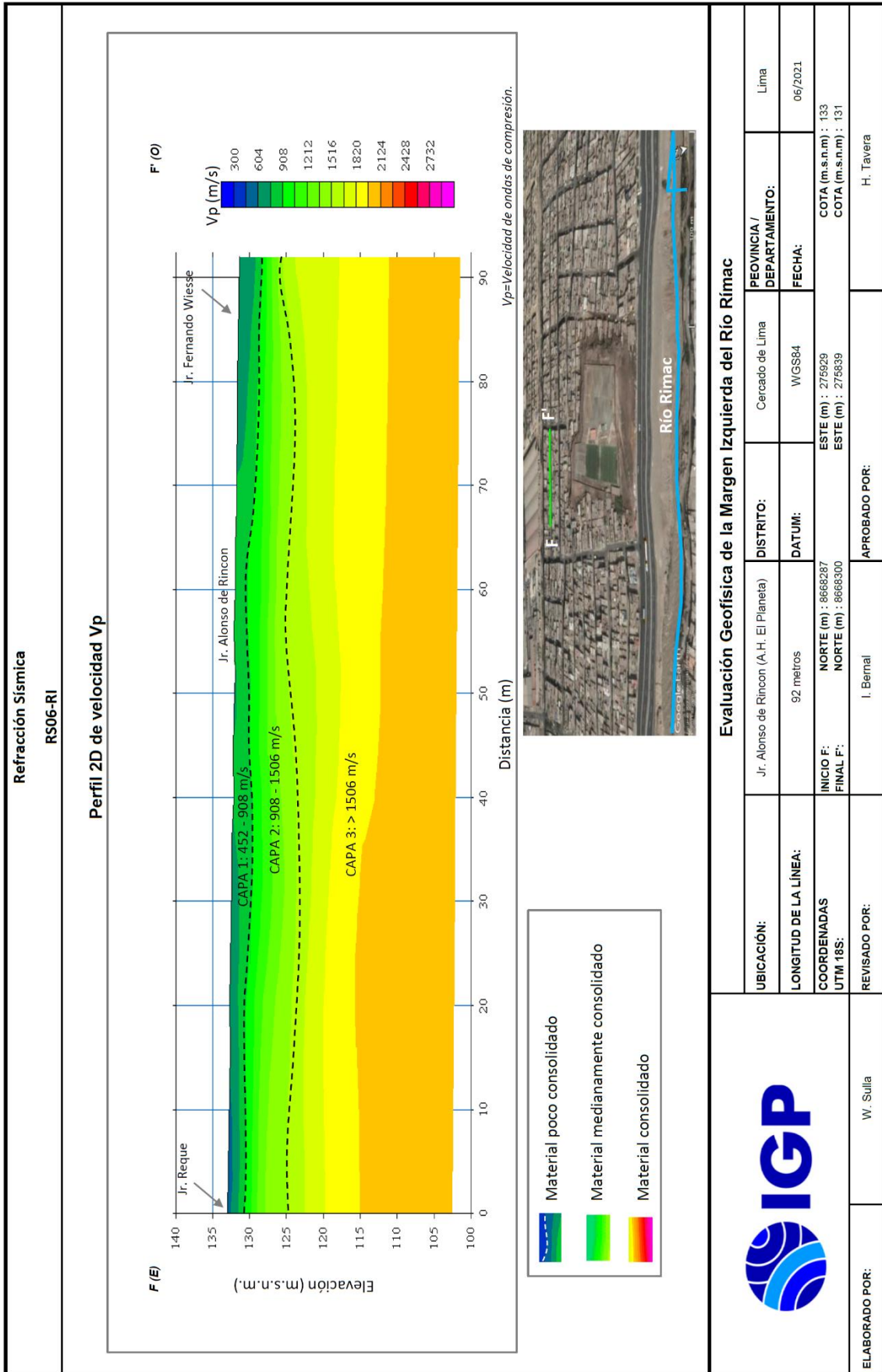
Vp=Velocidad de ondas de compresión.

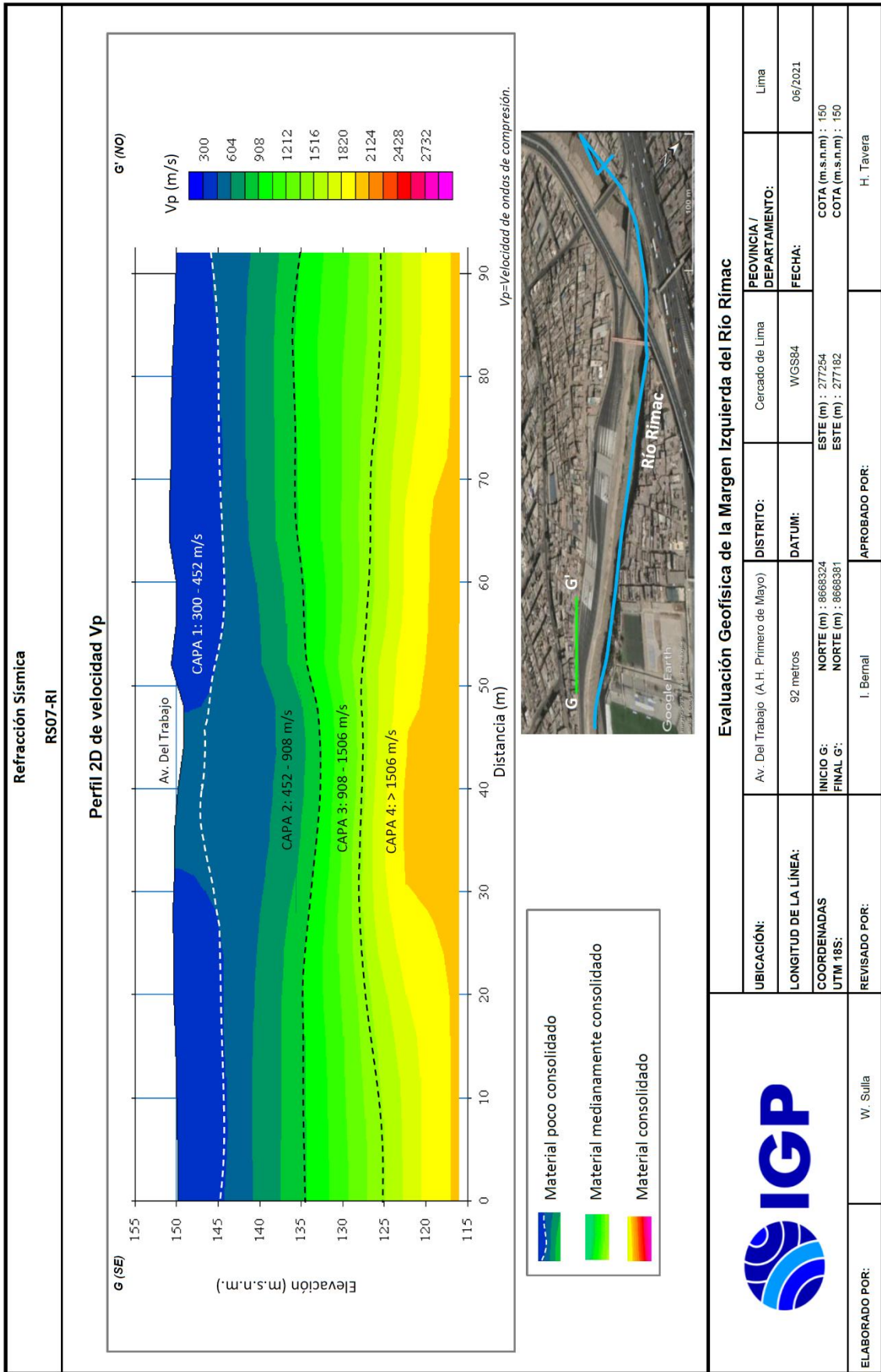


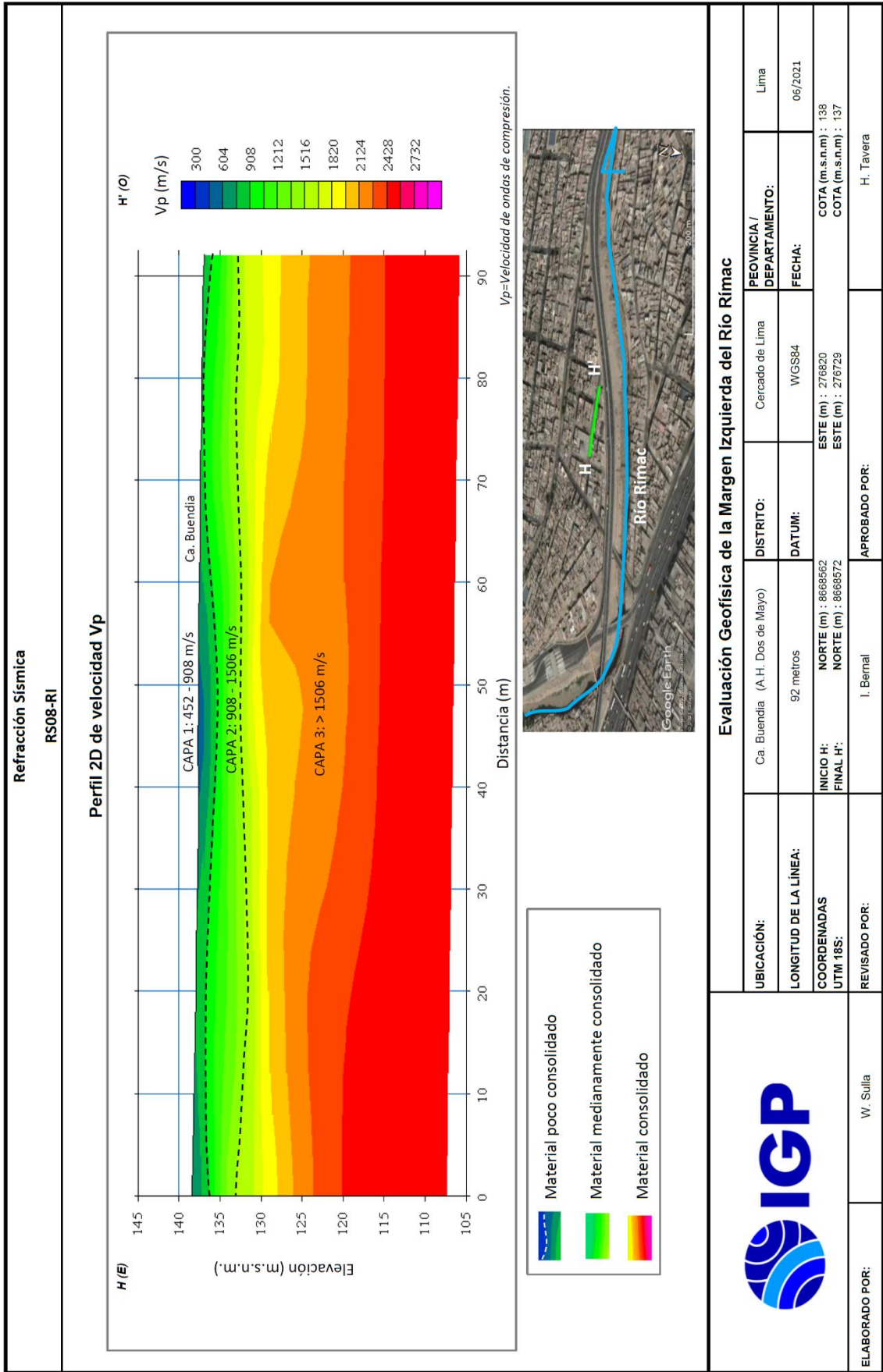
Evaluación Geofísica de la Margen Izquierda del Río Rimac

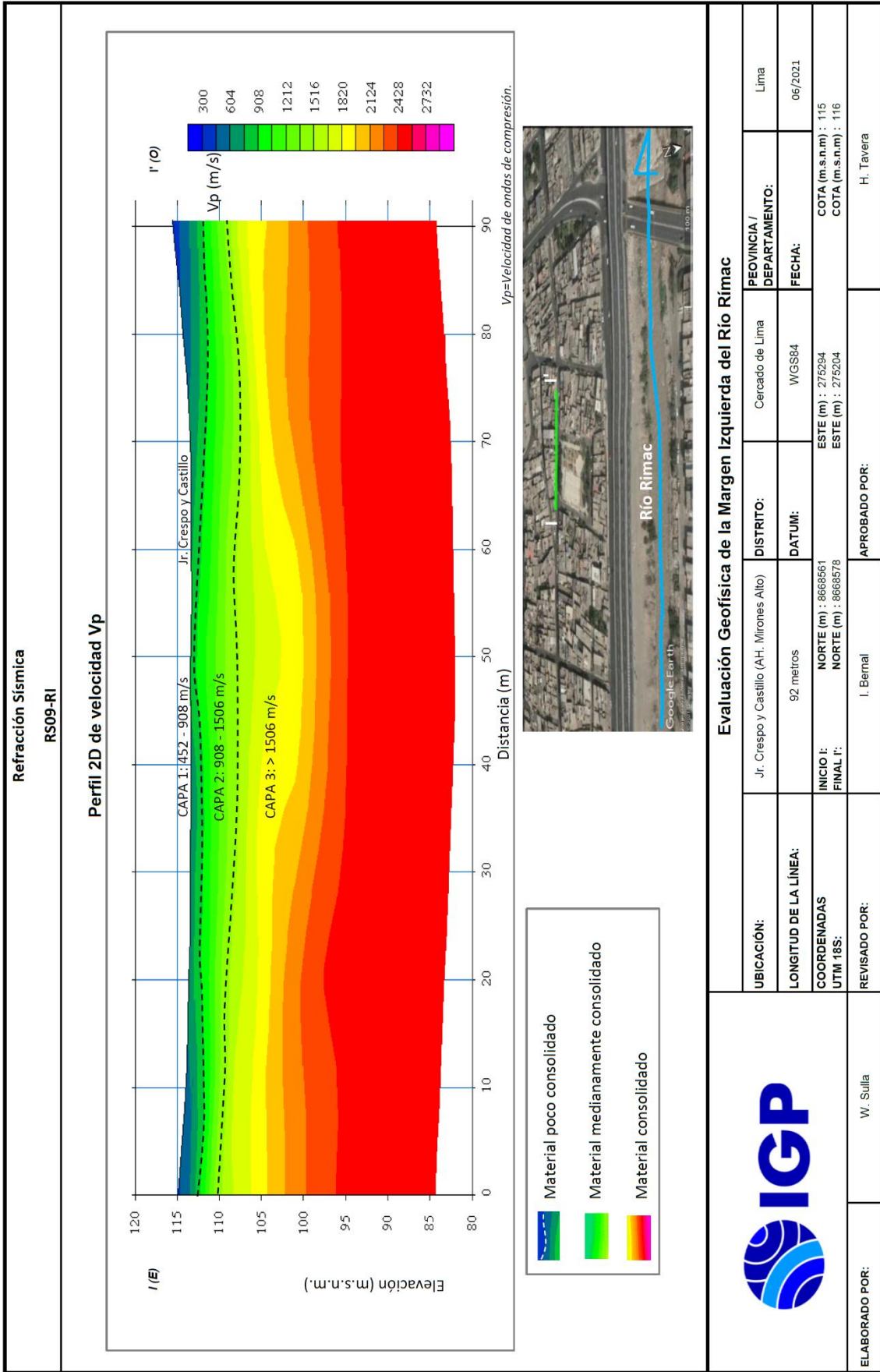
UBICACIÓN:	Jr. Celendin - Jr. Crespo y Castillo	DISTRITO:	Cercado de Lima	PROVINCIA / DEPARTAMENTO:	Lima
LONGITUD DE LA LÍNEA:	264 metros	DATUM:	WGS84	FECHA:	06/2021
COORDENADAS UTM 18S:	INICIO D: NORTE (m) : 8668510 FINAL D: NORTE (m) : 8668544	ESTE (m) : 276029	ESTE (m) : 275760	COTA (m.s.n.m.) : 132 COTA (m.s.n.m.) : 124	
ELABORADO POR:	W. Sullia	REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera





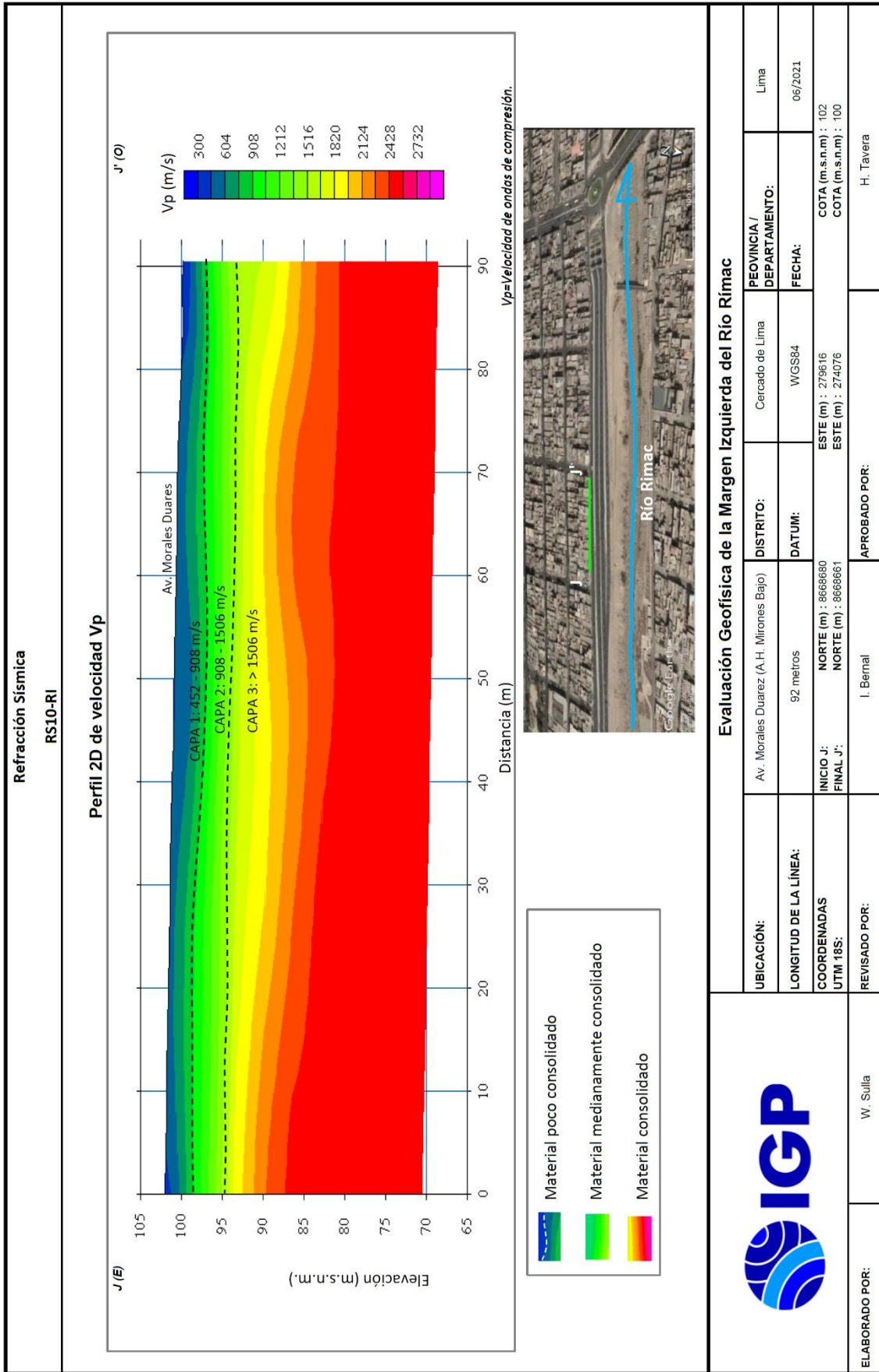






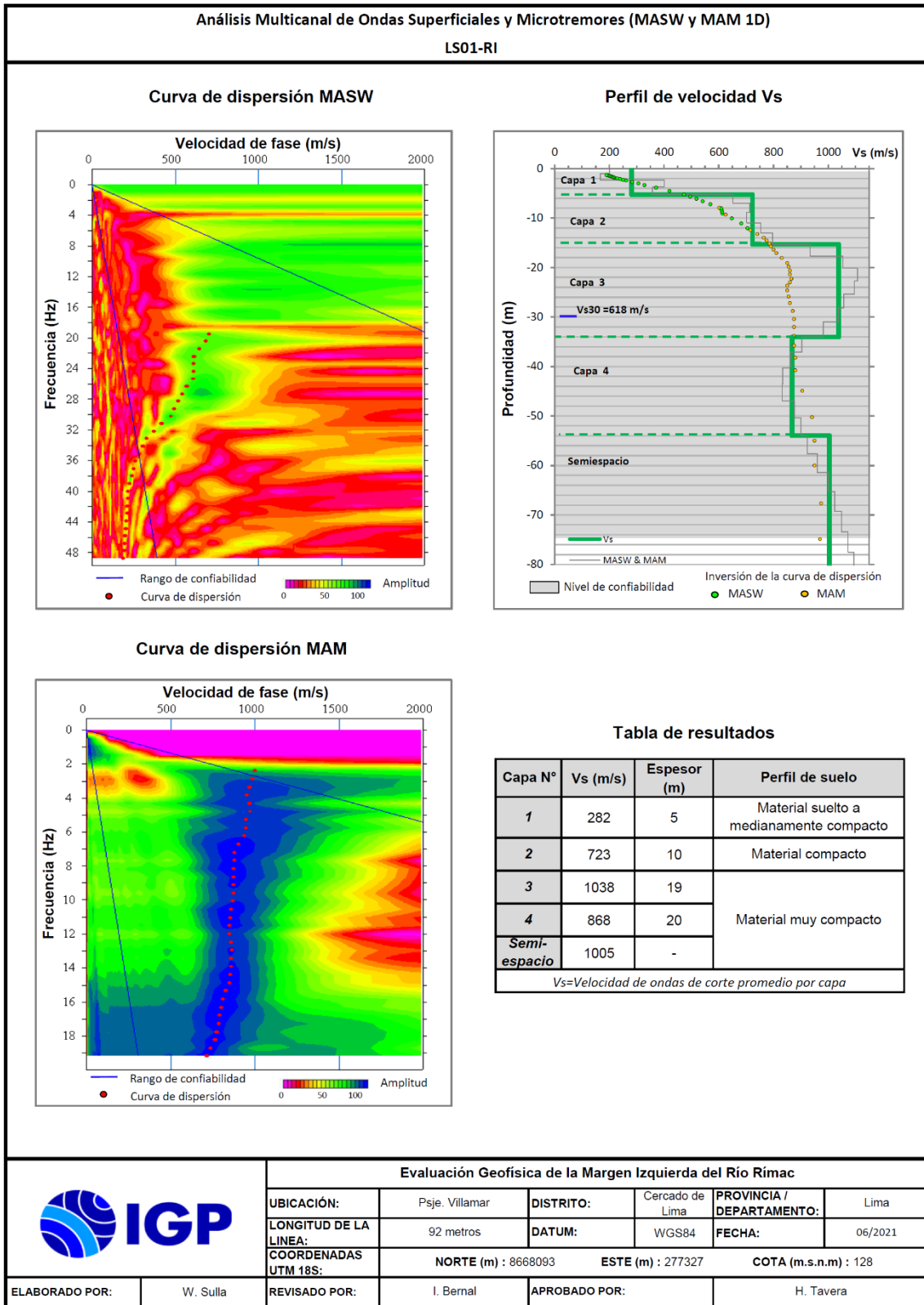
Evaluación Geofísica de la Margen Izquierda del Río Rimac

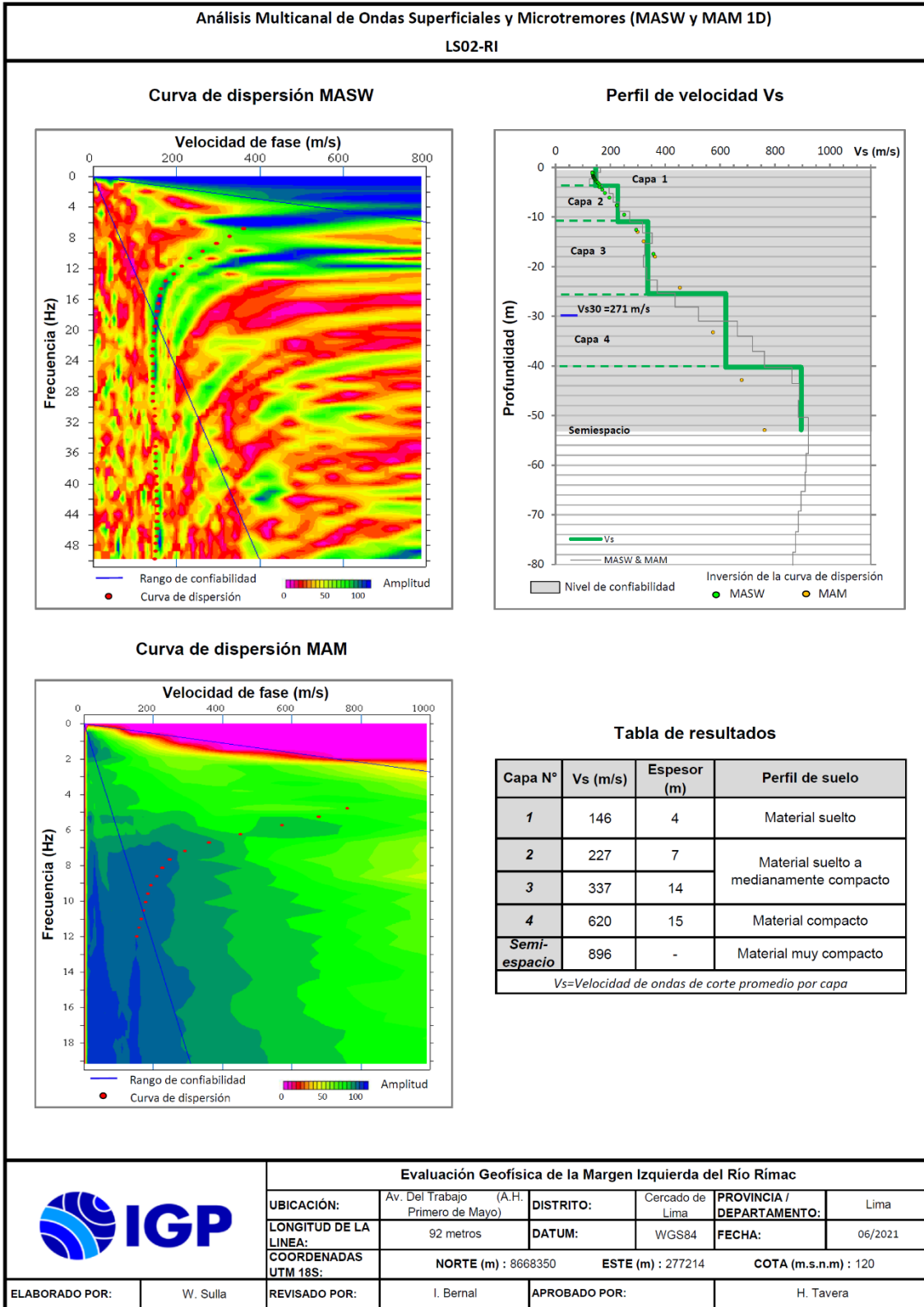
	UBICACIÓN:		Jr. Crespo y Castillo (A.H. Mirones Alto)	DISTRITO:	Cercado de Lima	PROVINCIA / DEPARTAMENTO:	Lima
	LONGITUD DE LA LÍNEA:		92 metros	DATUM:	WGS84	FECHA:	06/2021
COORDENADAS UTM 18S:		INICIO I:	NORTE (m) : 8668561	ESTE (m) :	275294	COTA (m.s.n.m) : 115	
REVISADO POR:		FINAL I:	NORTE (m) : 8668578	ESTE (m) :	275204	COTA (m.s.n.m) : 116	
ELABORADO POR:	W. Sullá	APROBADO POR:	I. Bernal		H. Tavera		

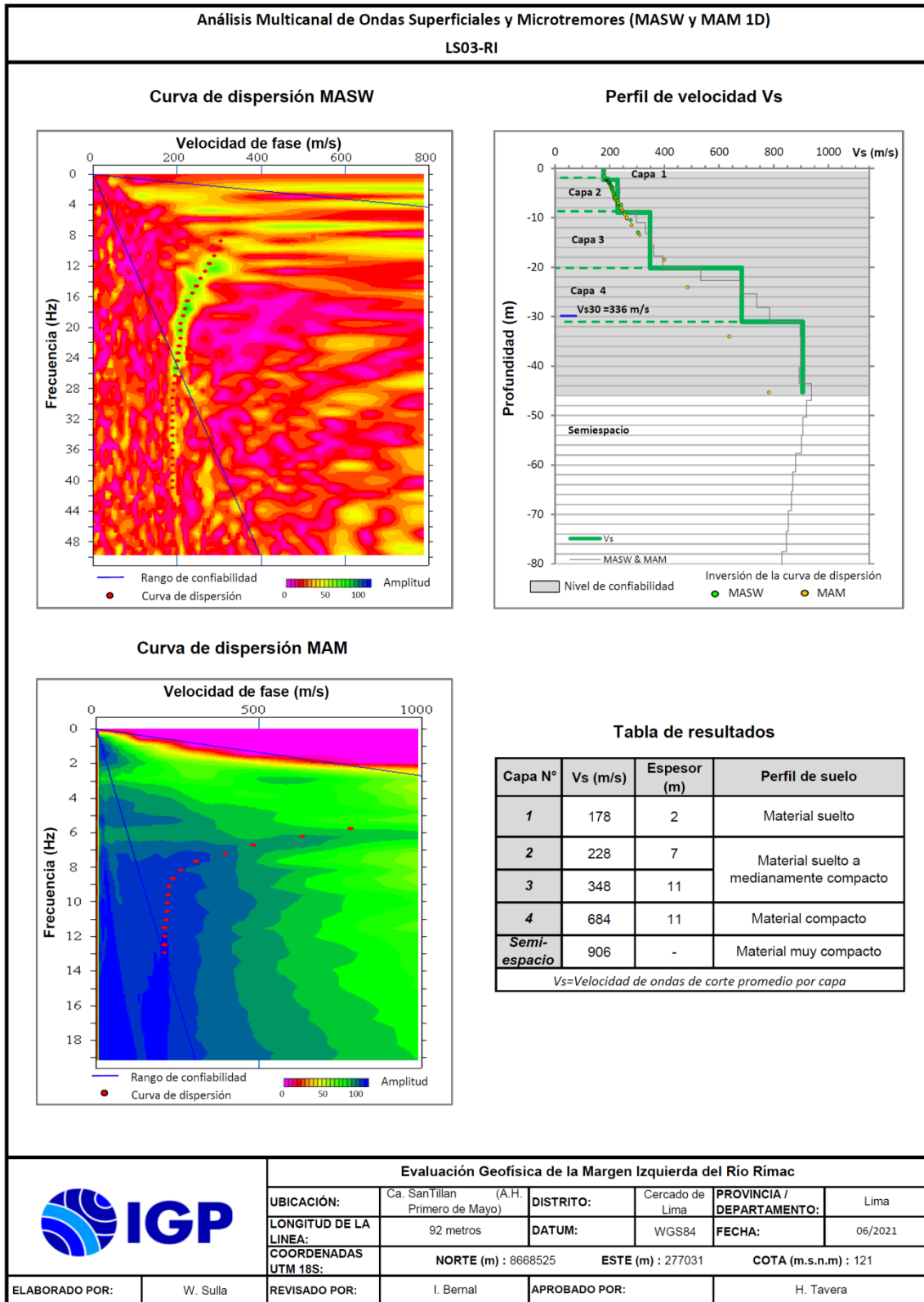


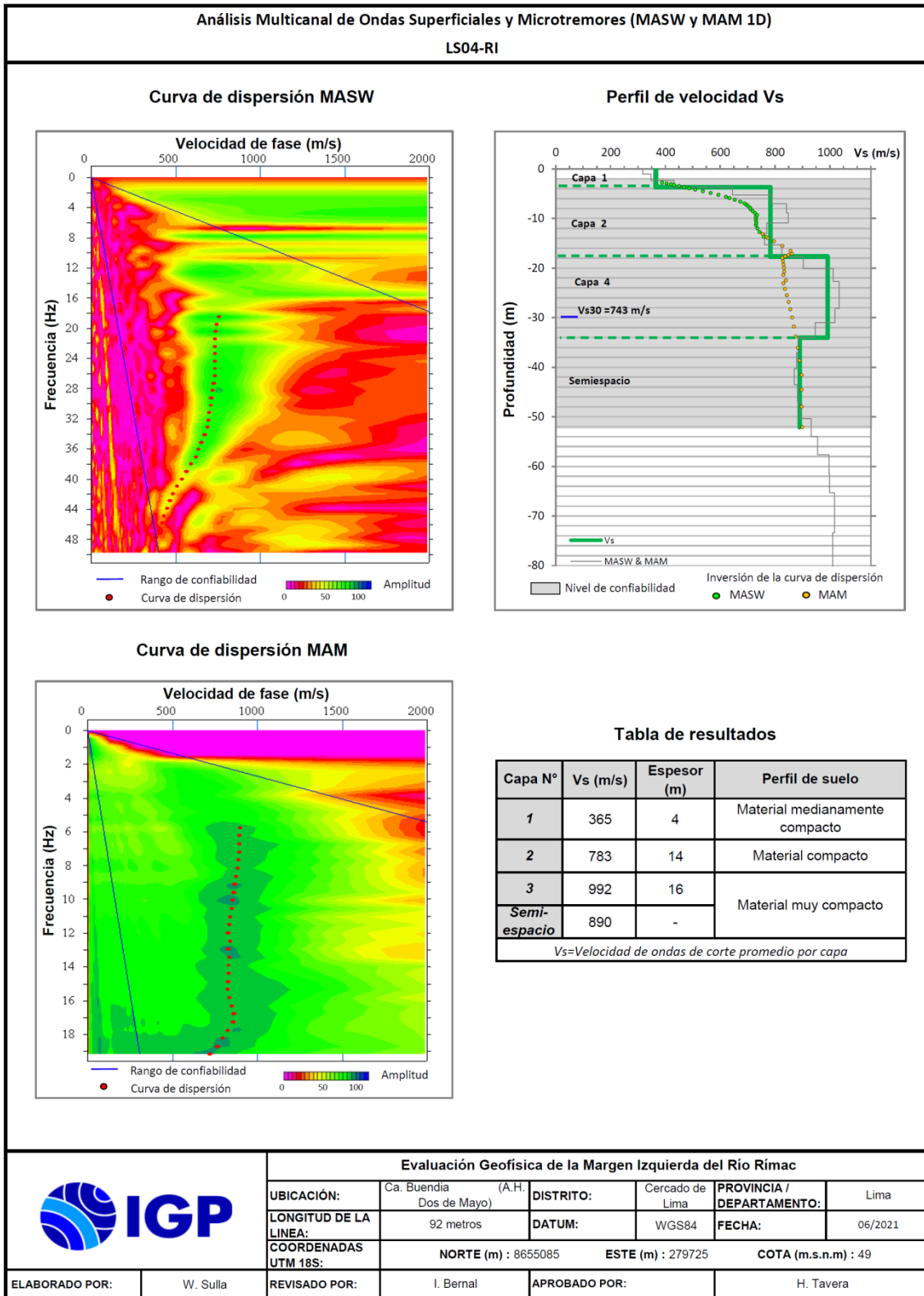
ANEXO III

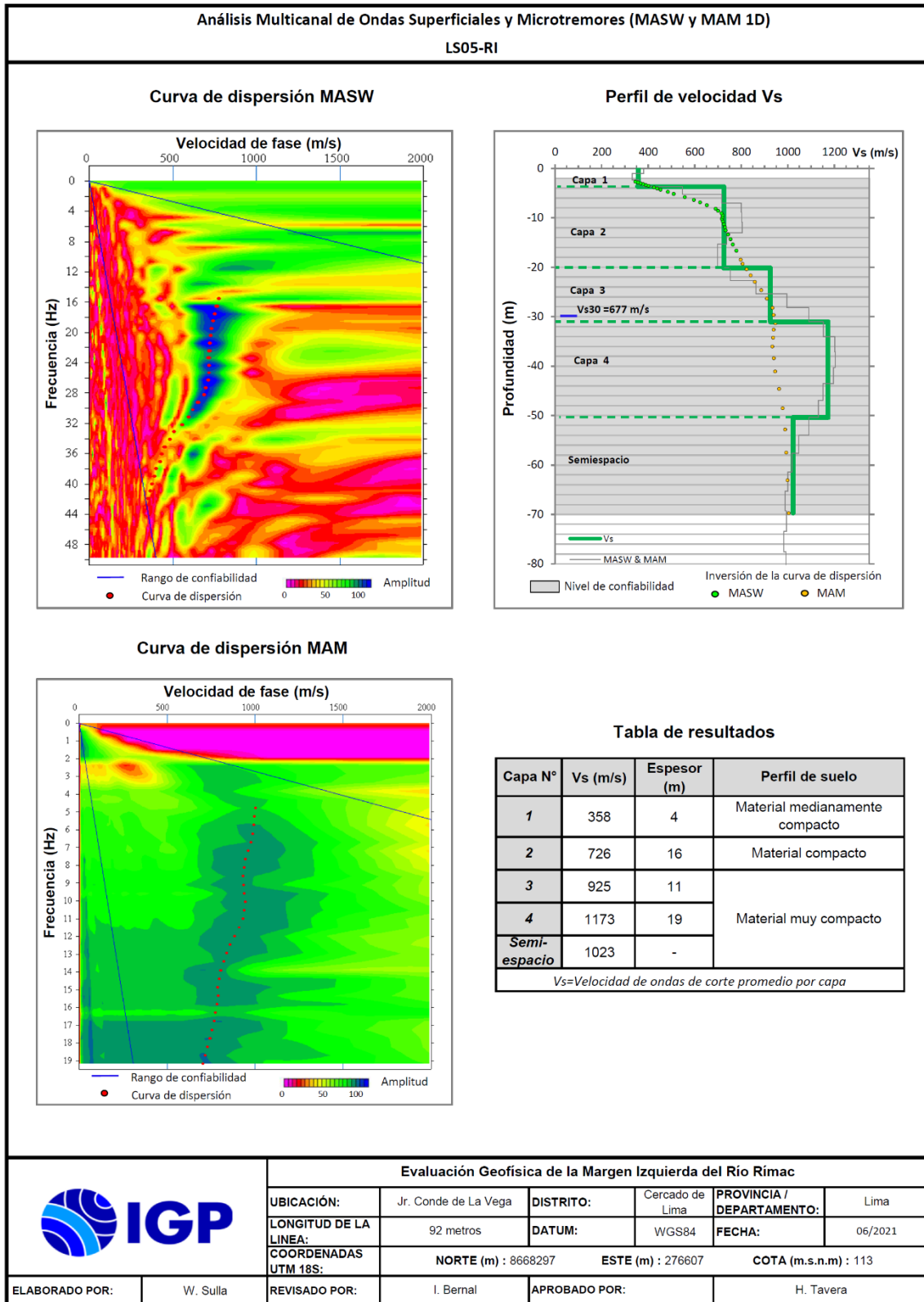
Perfiles MASW y MAM.

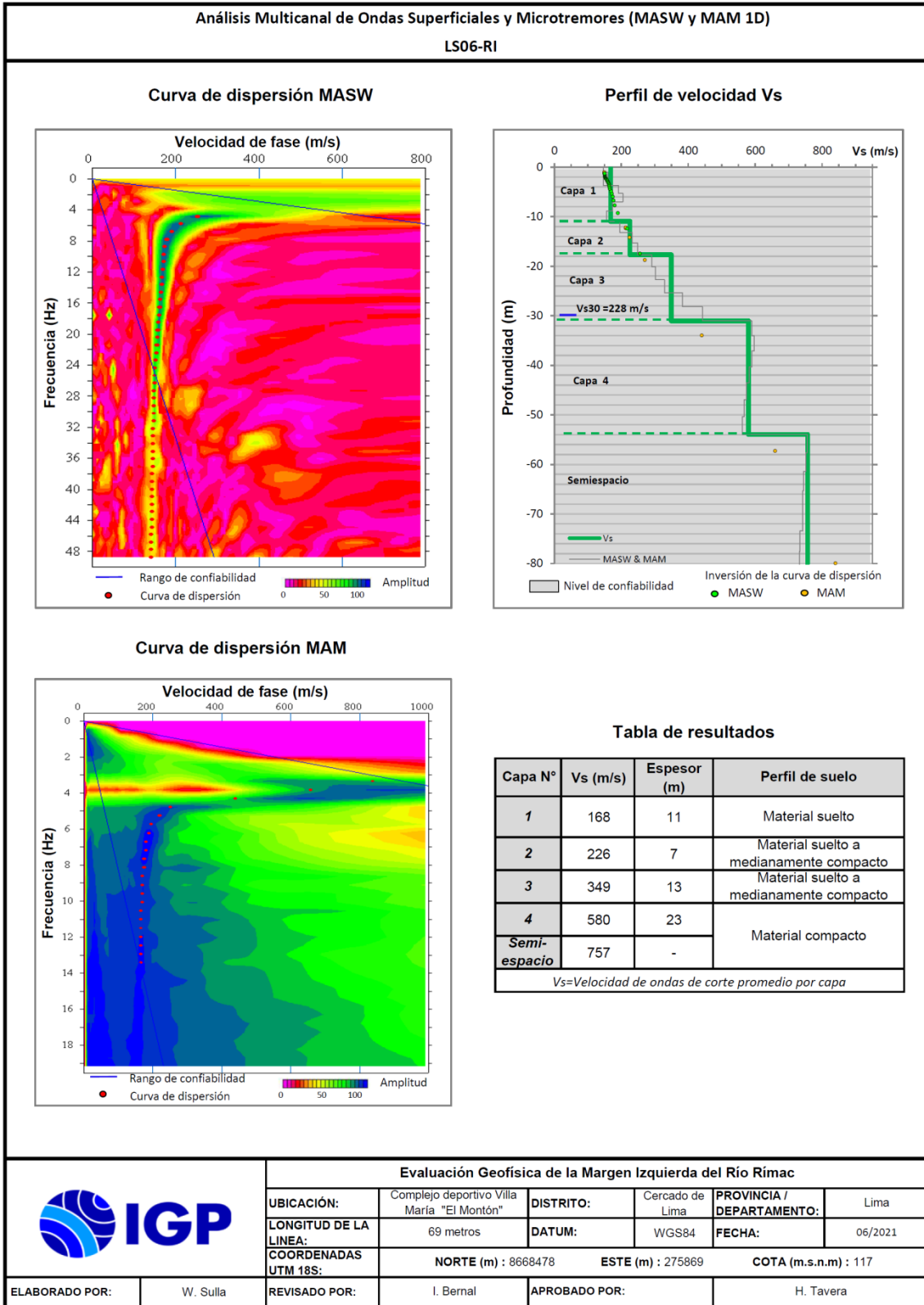


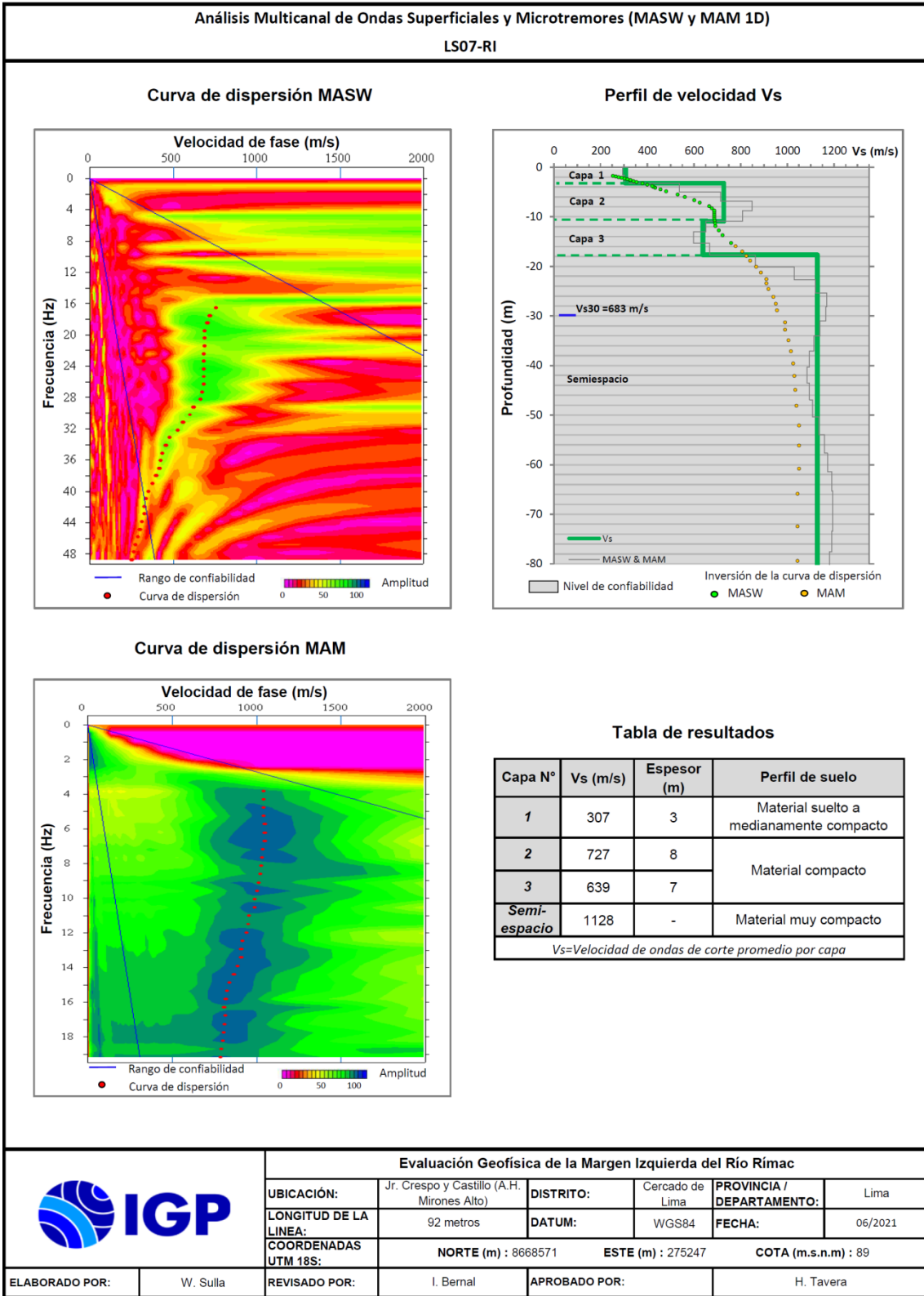


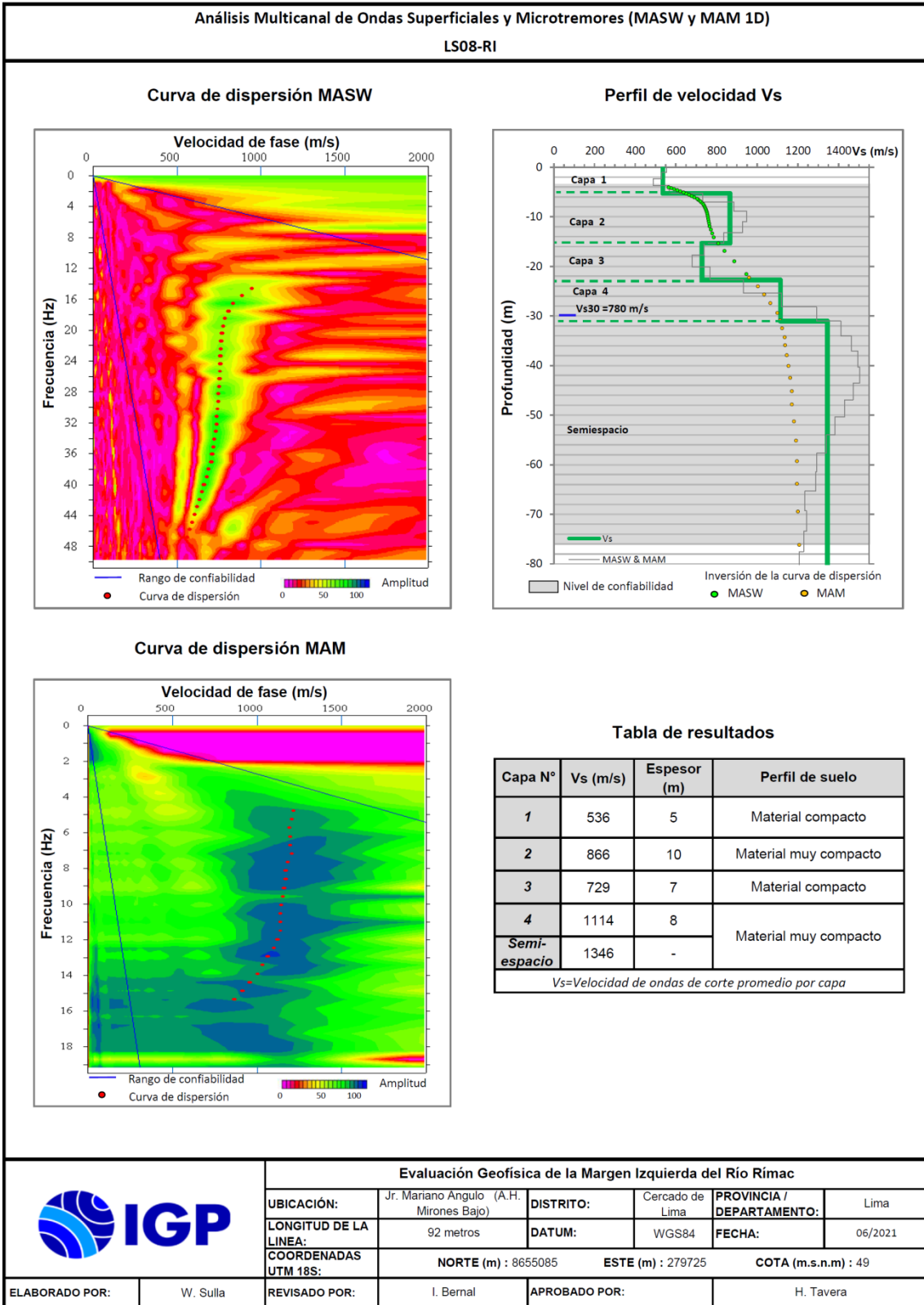


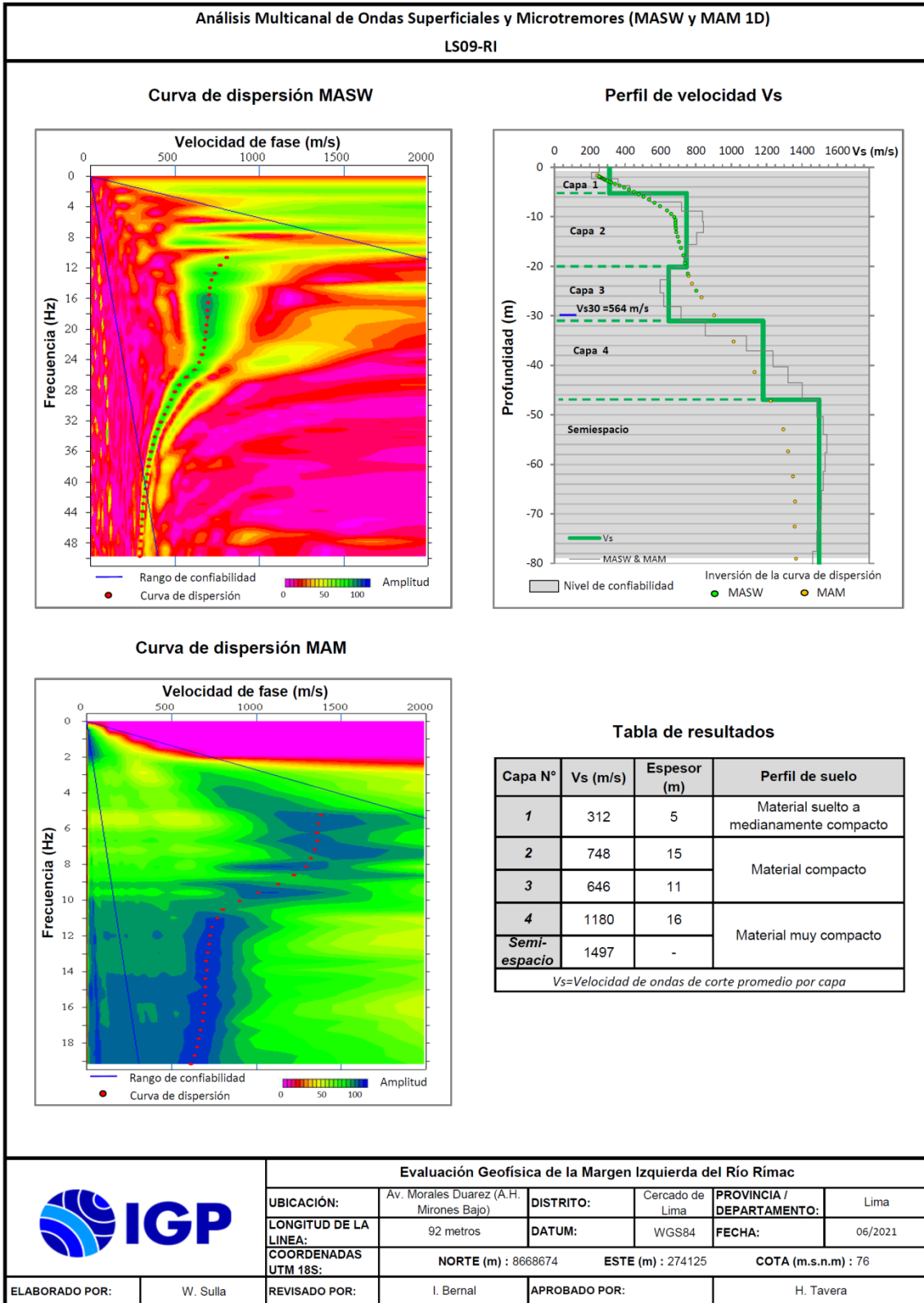


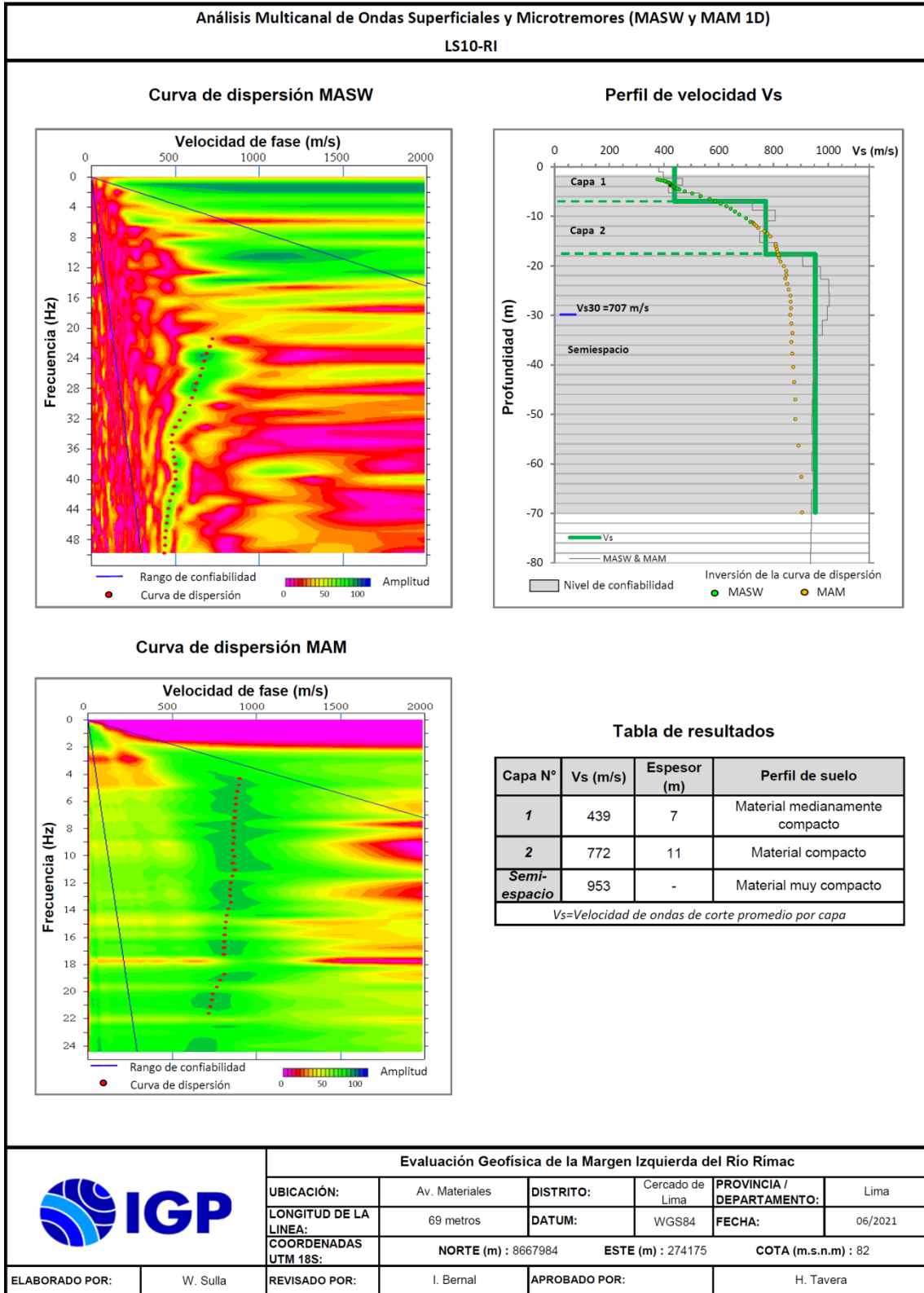


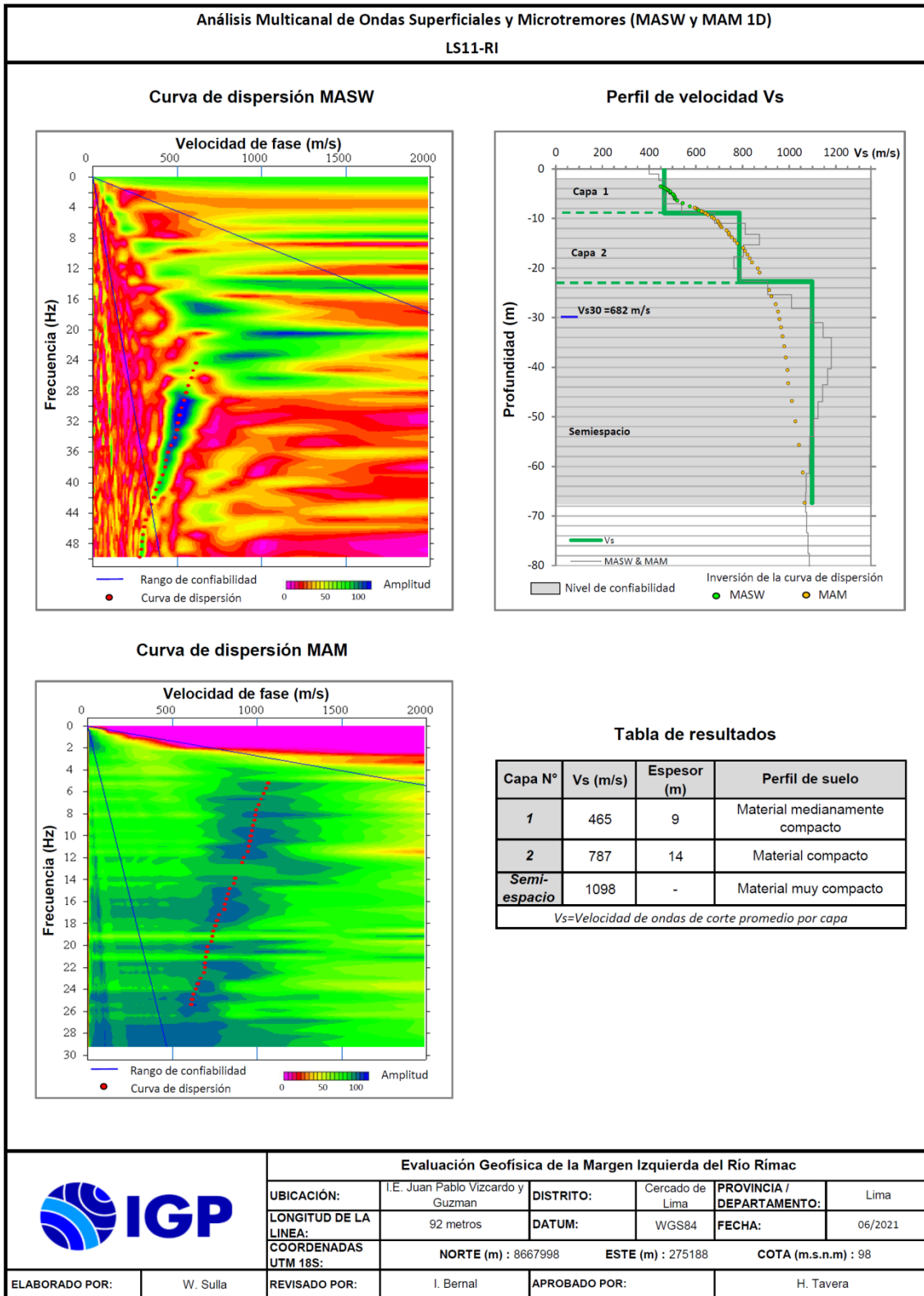


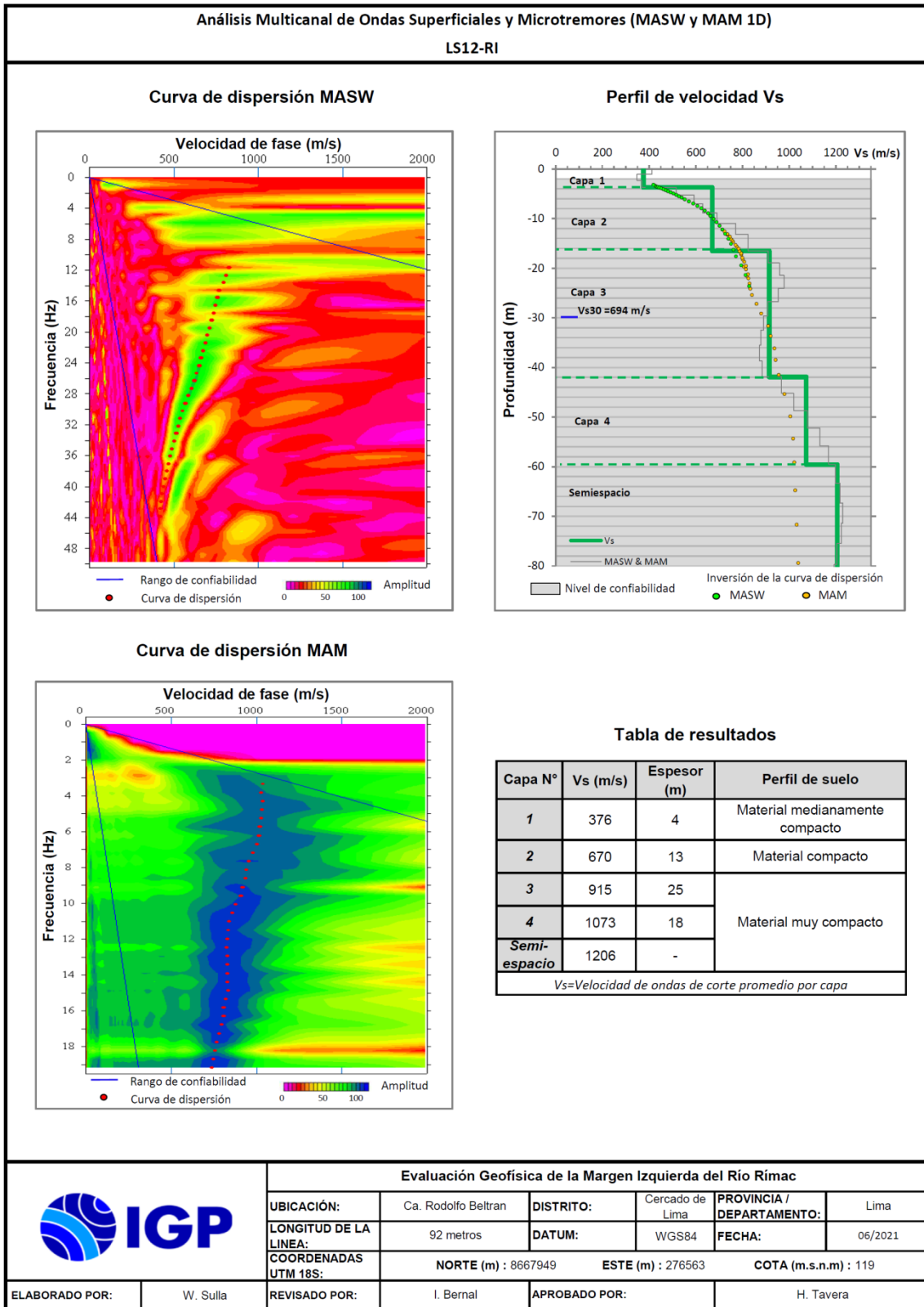


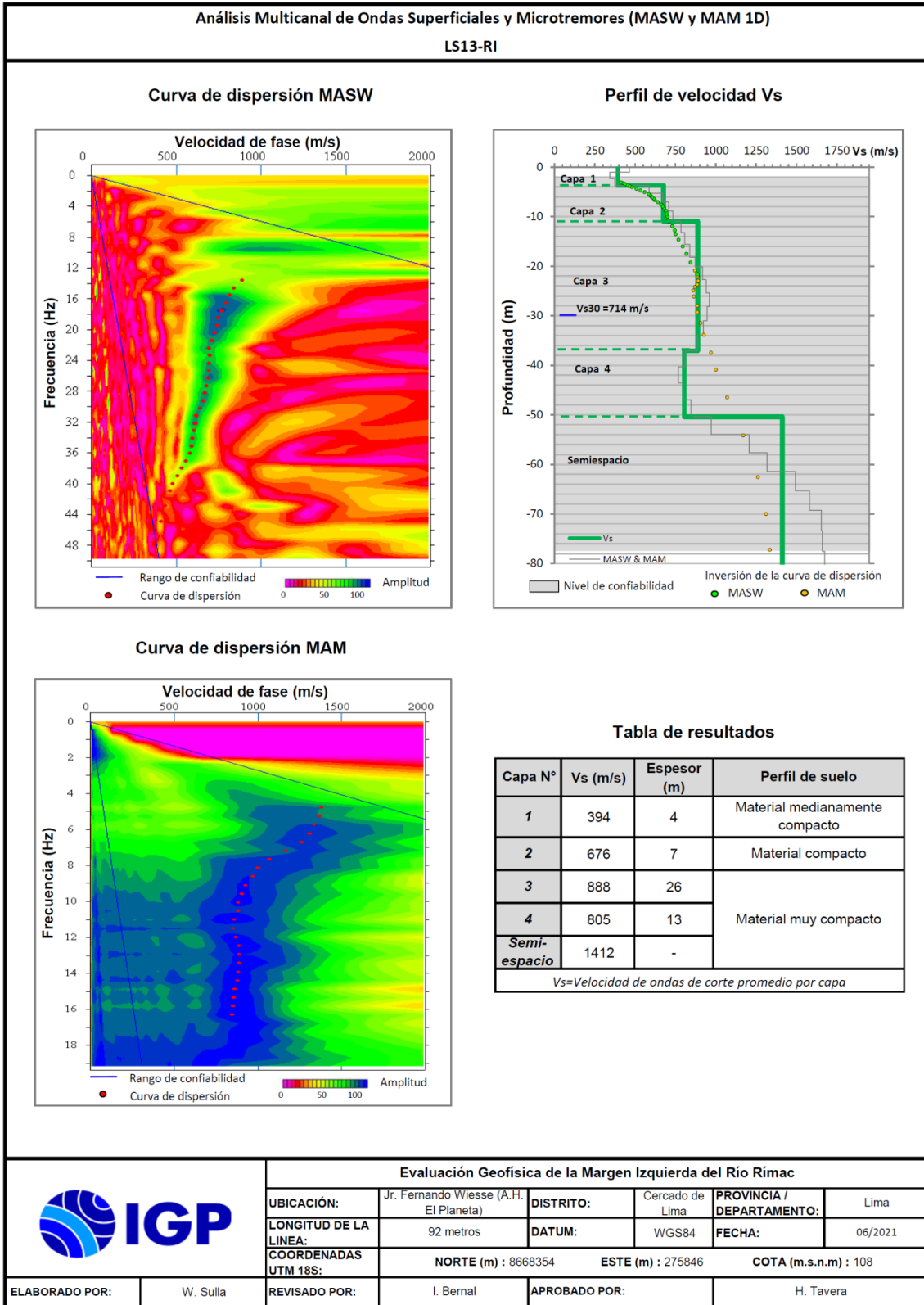


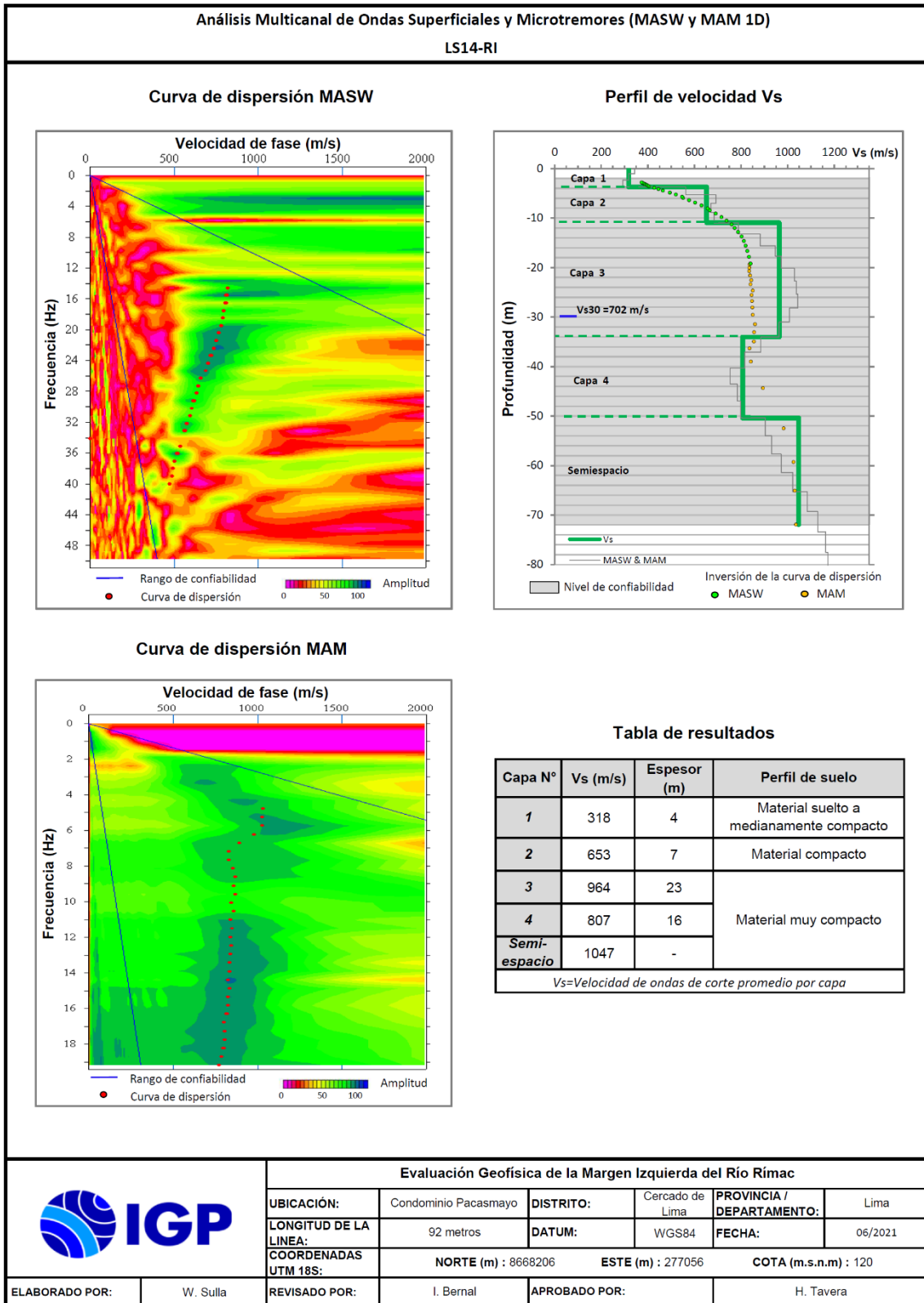






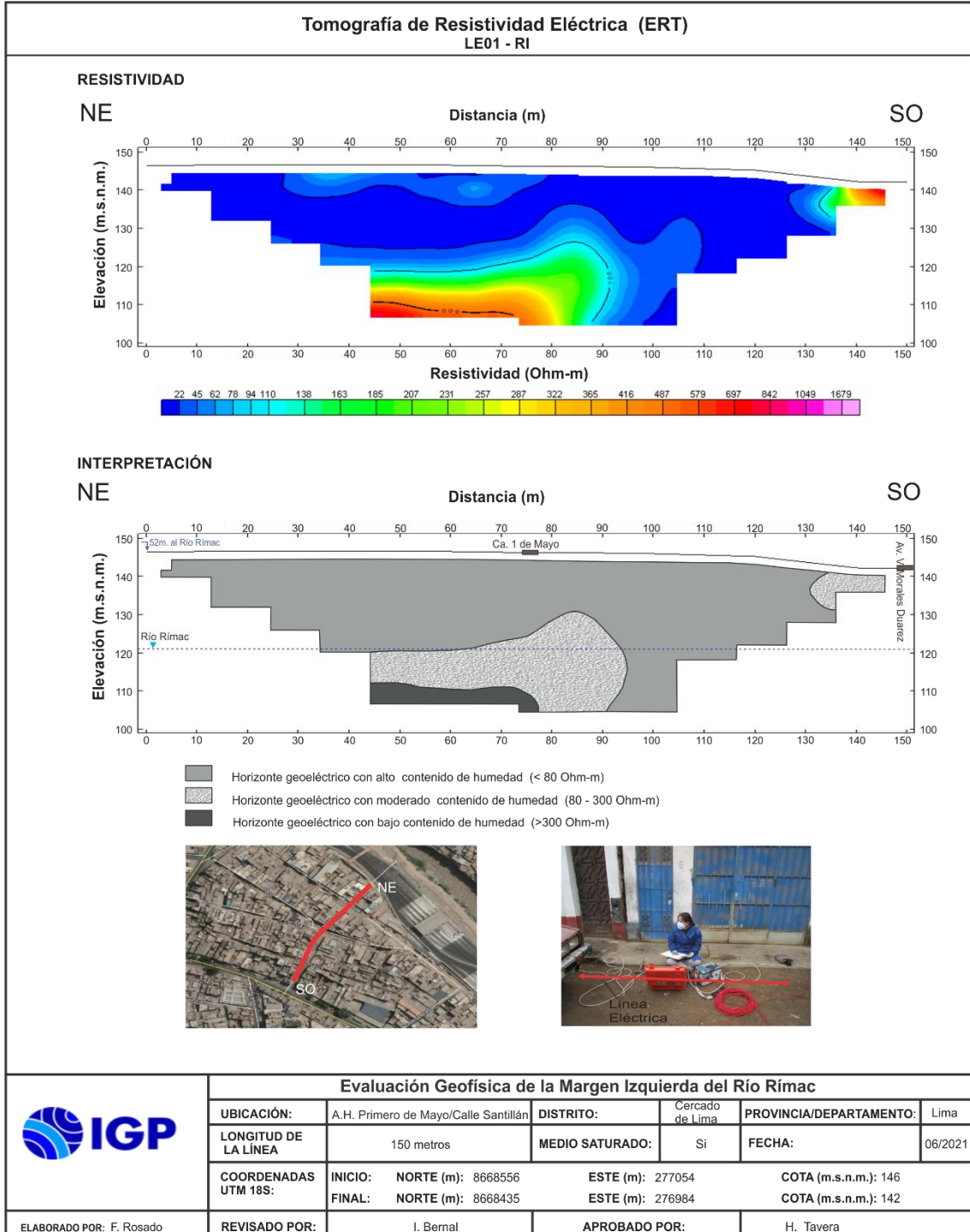


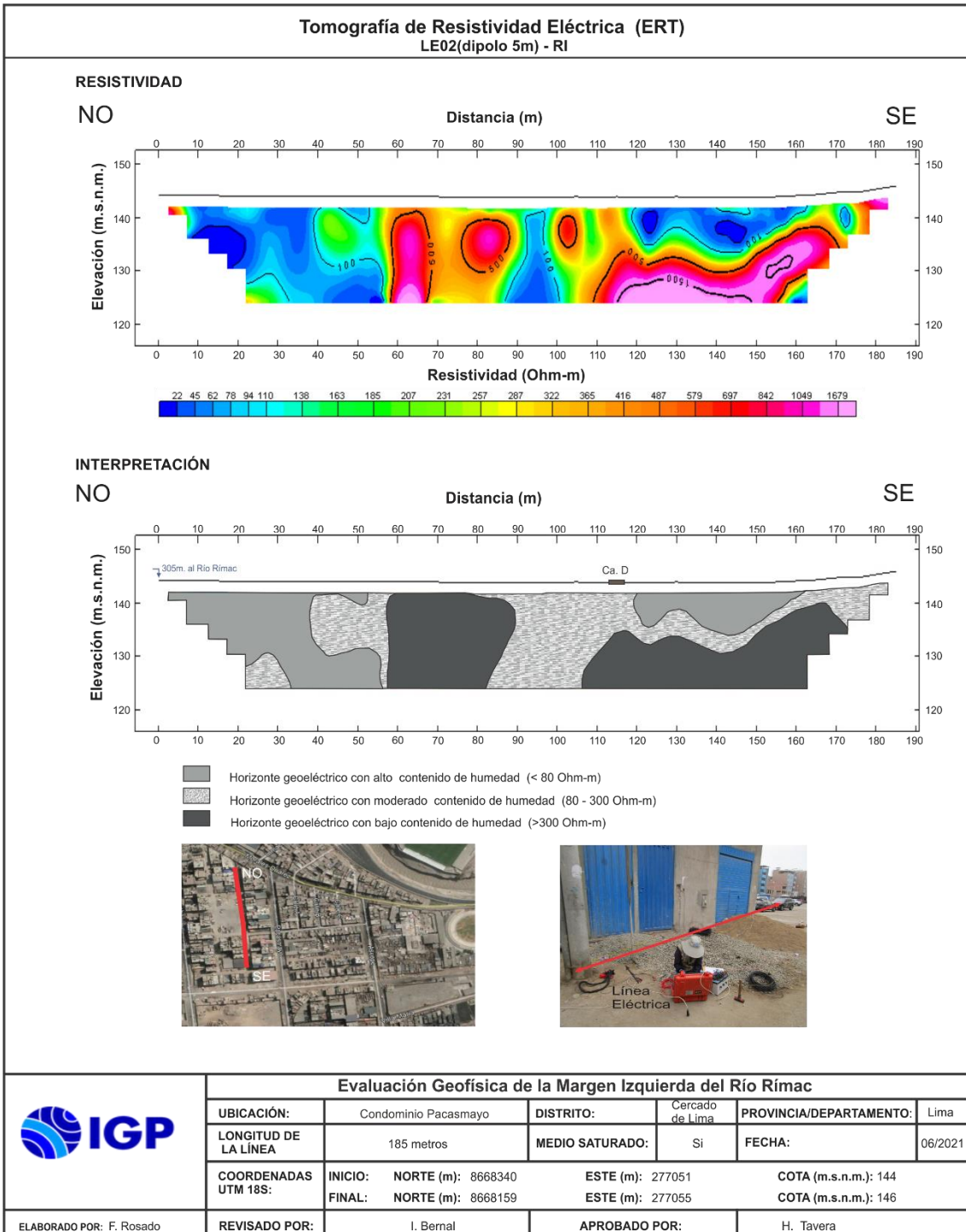


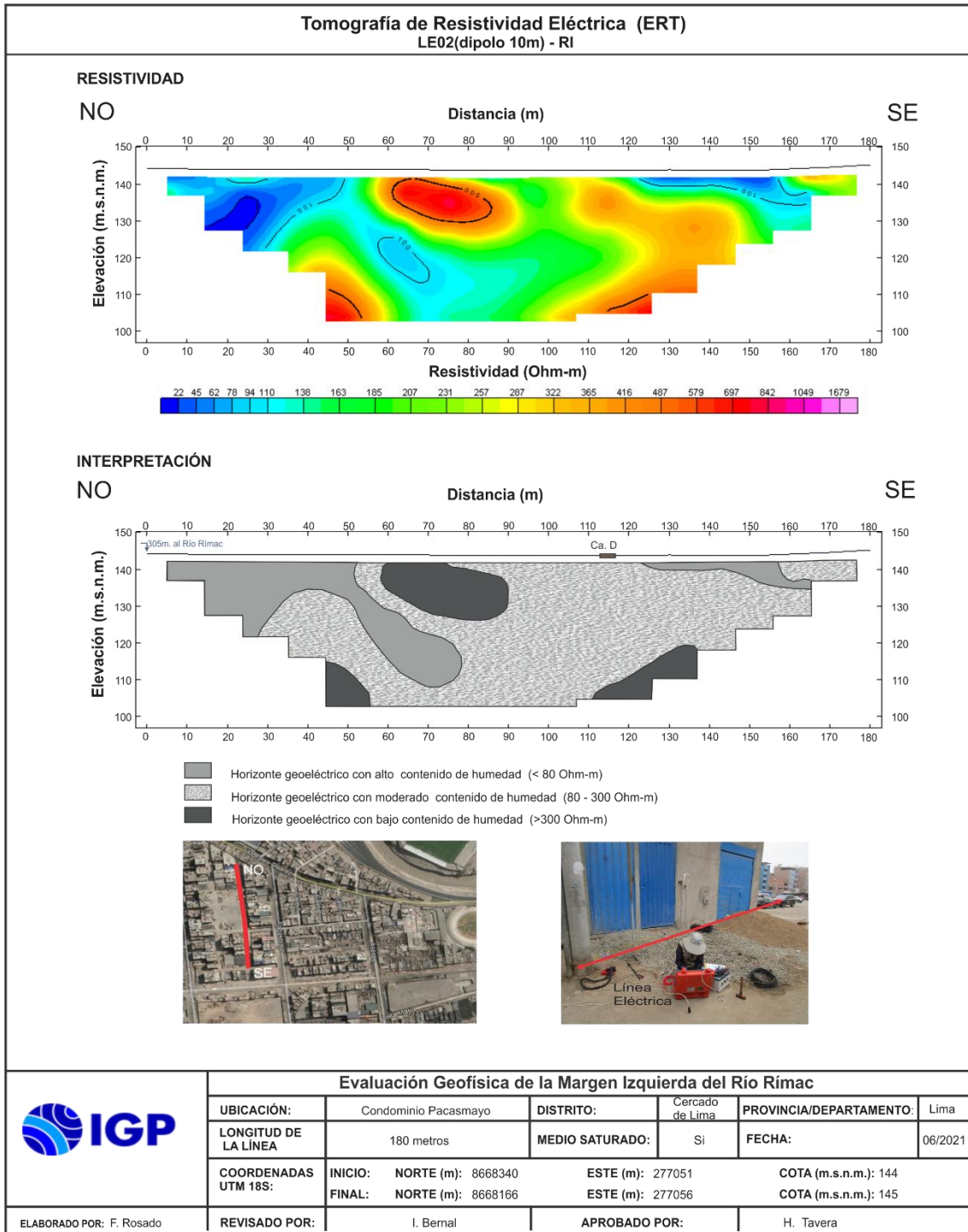


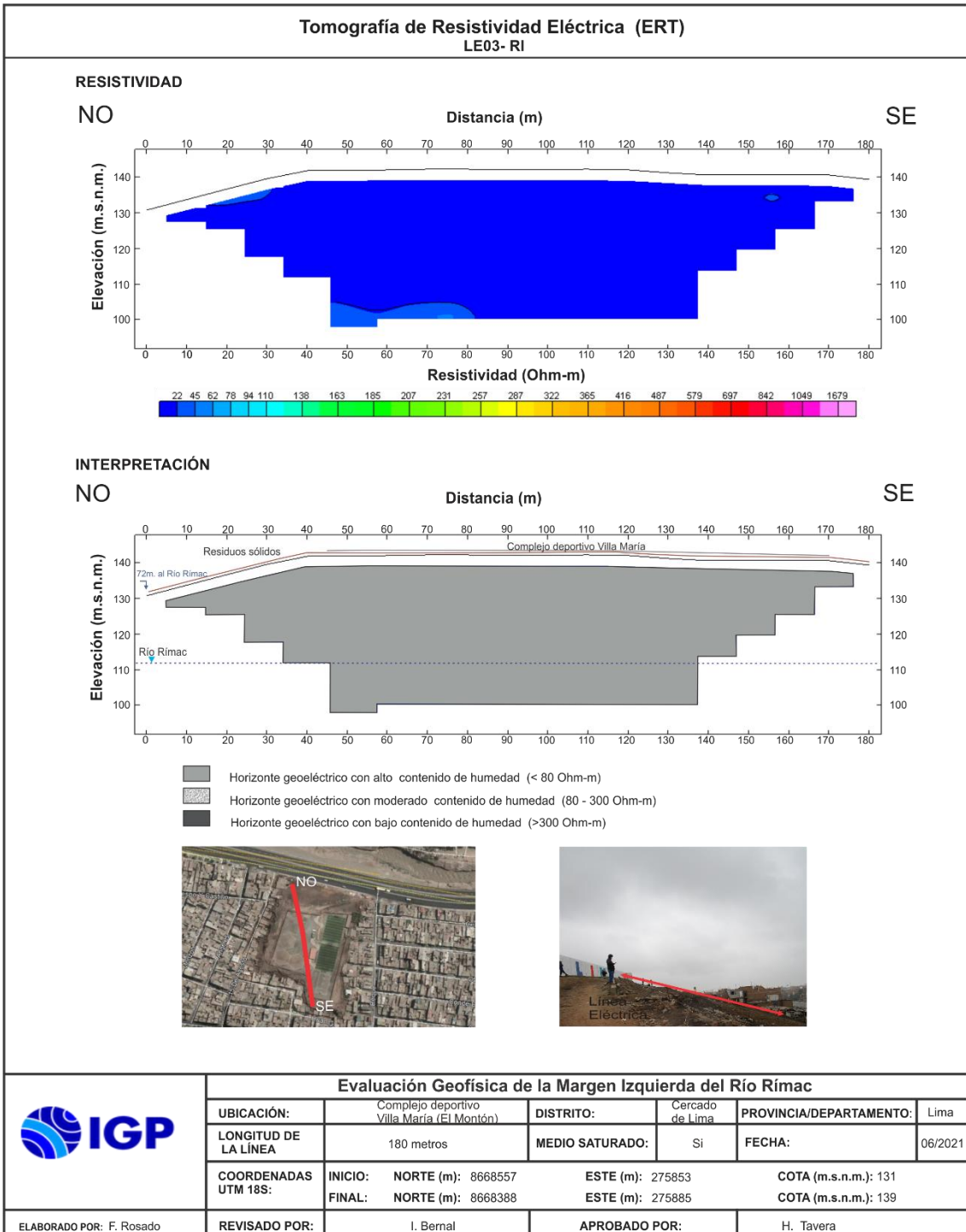
ANEXO IV

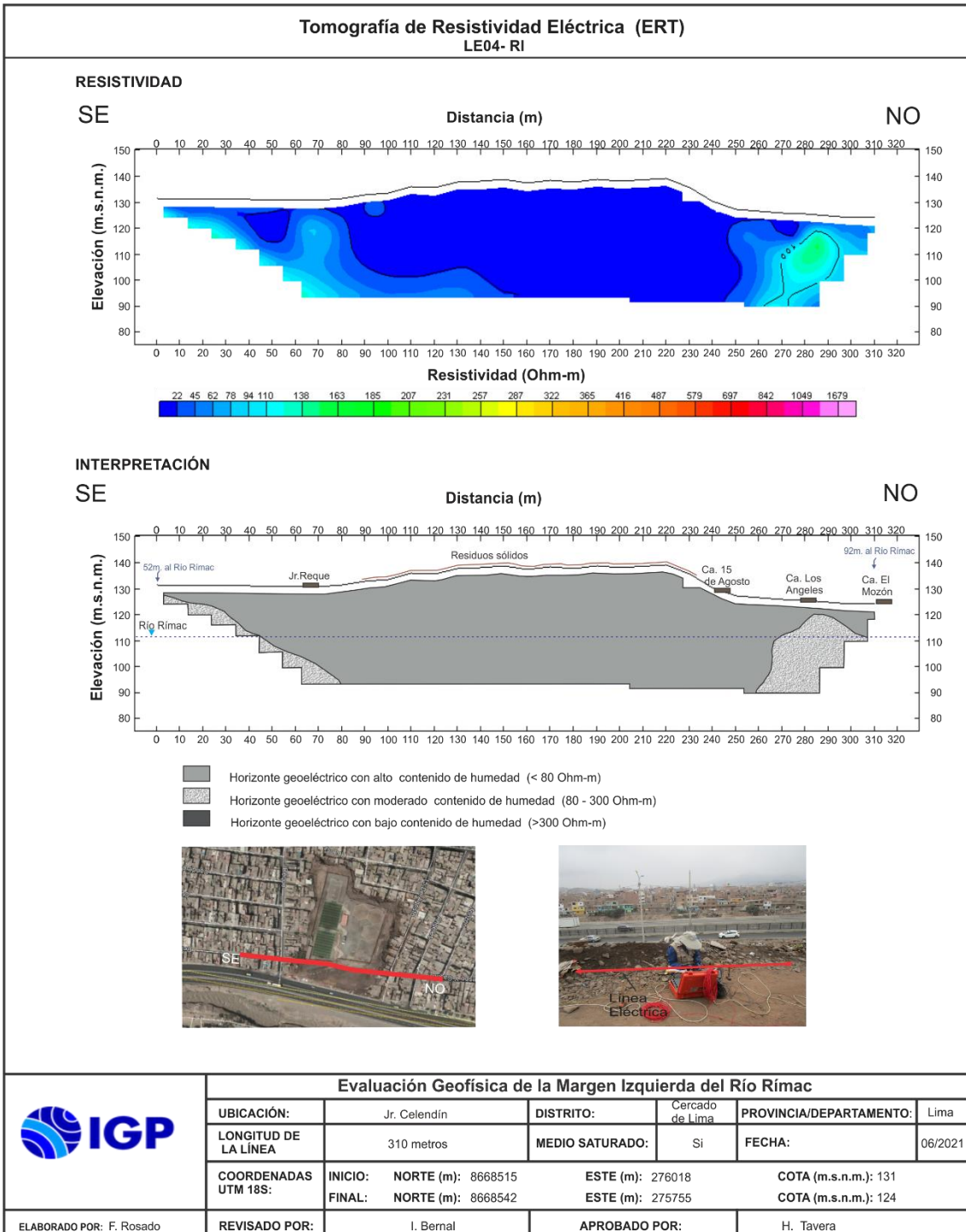
Secciones geoeléctricas

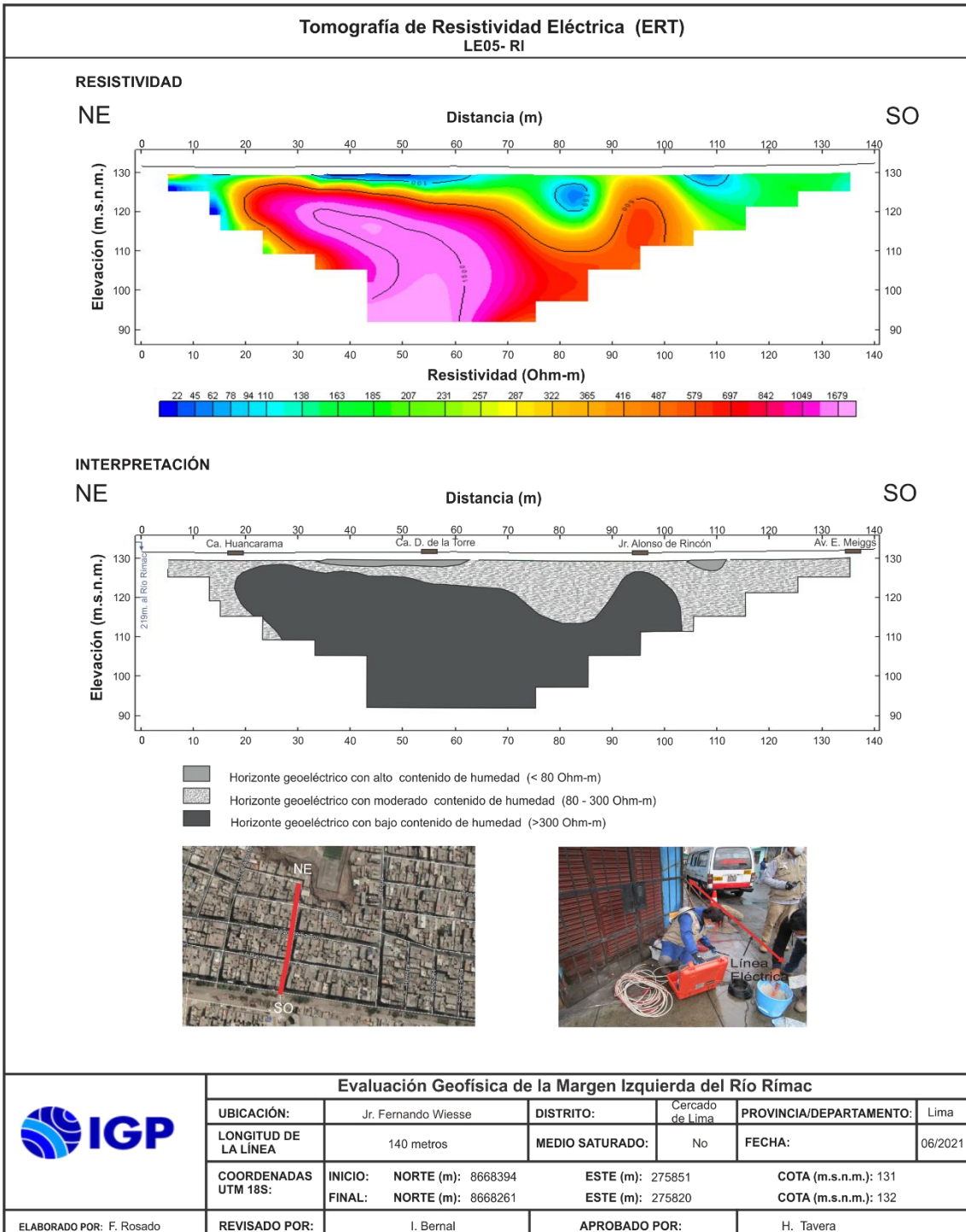


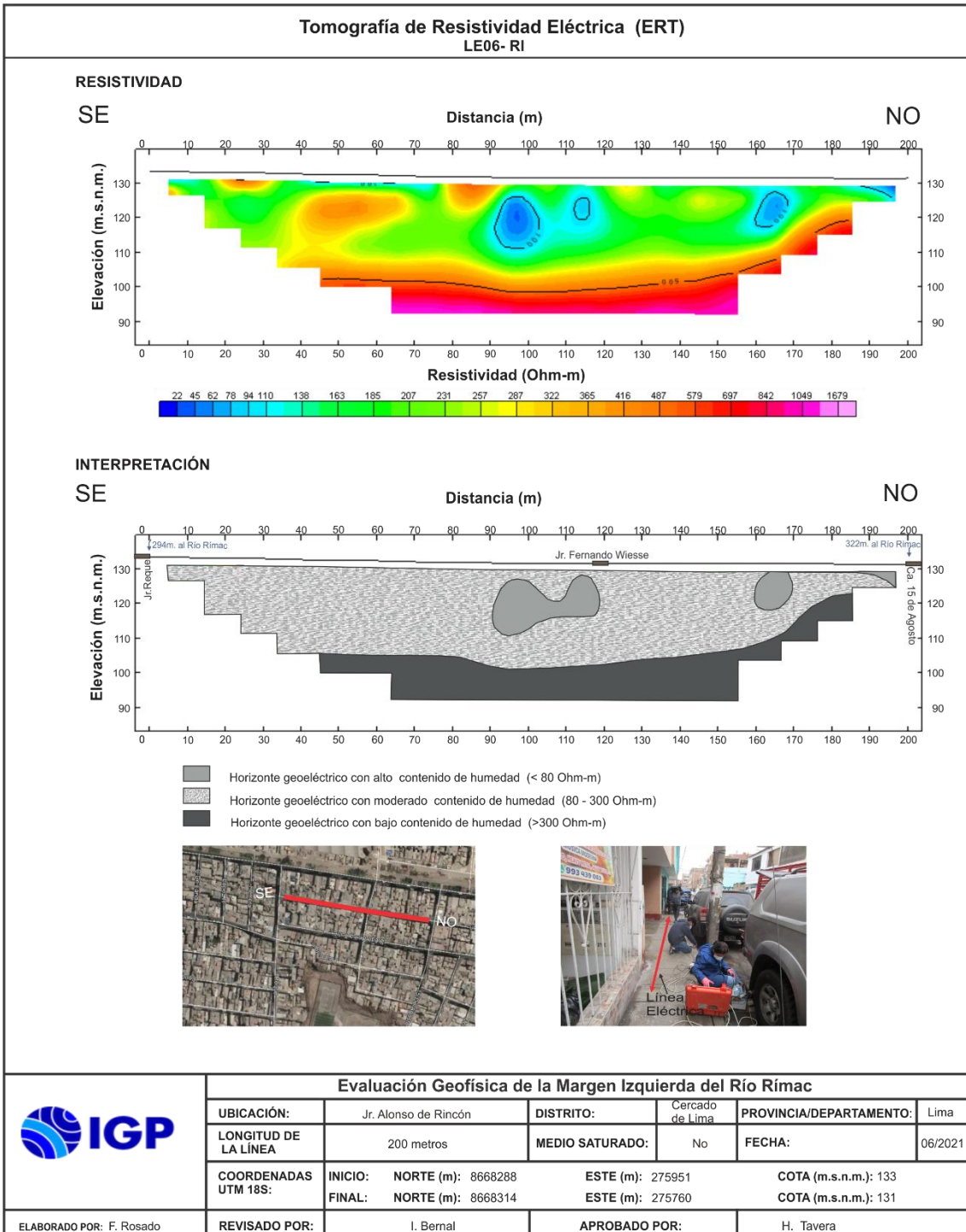


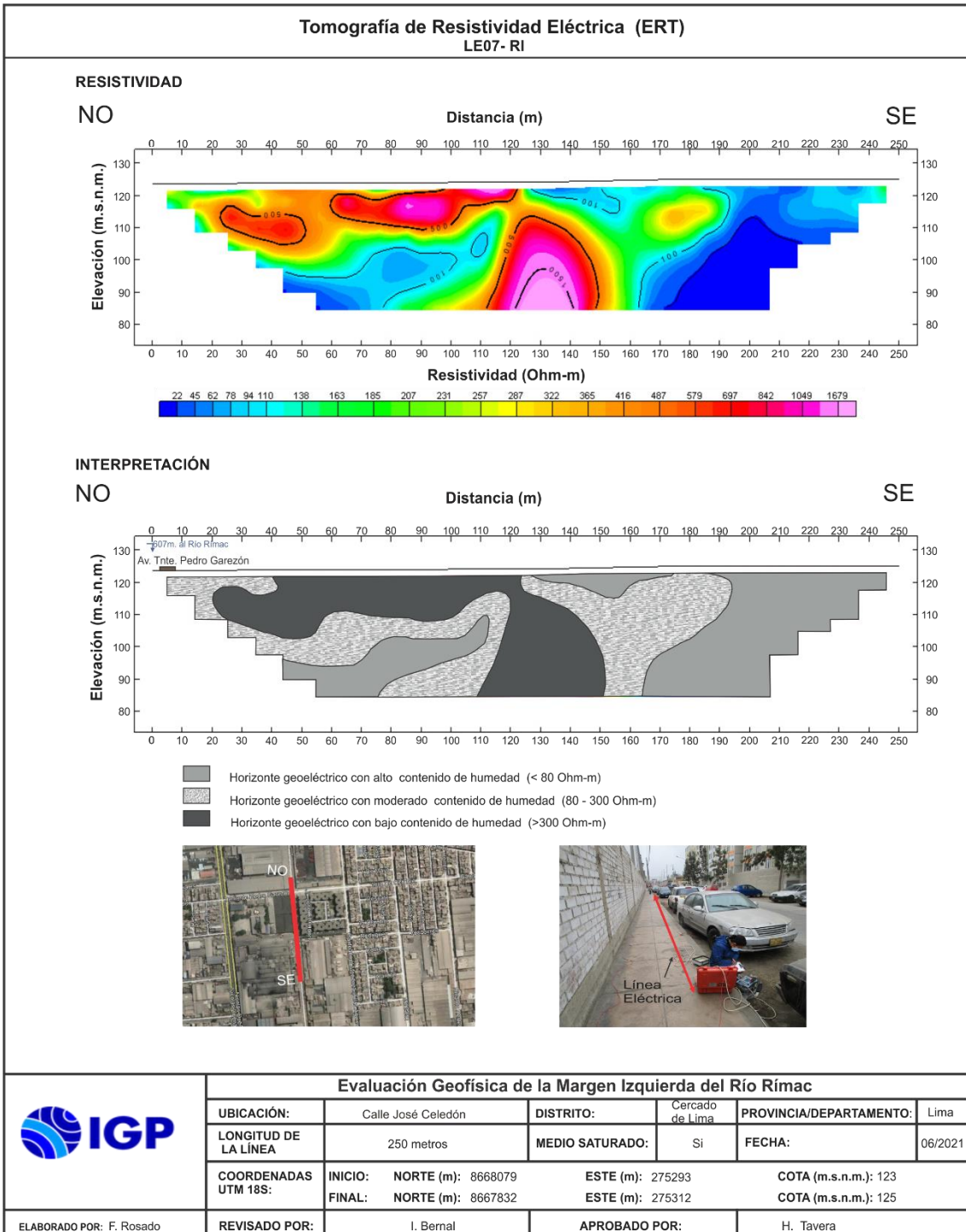


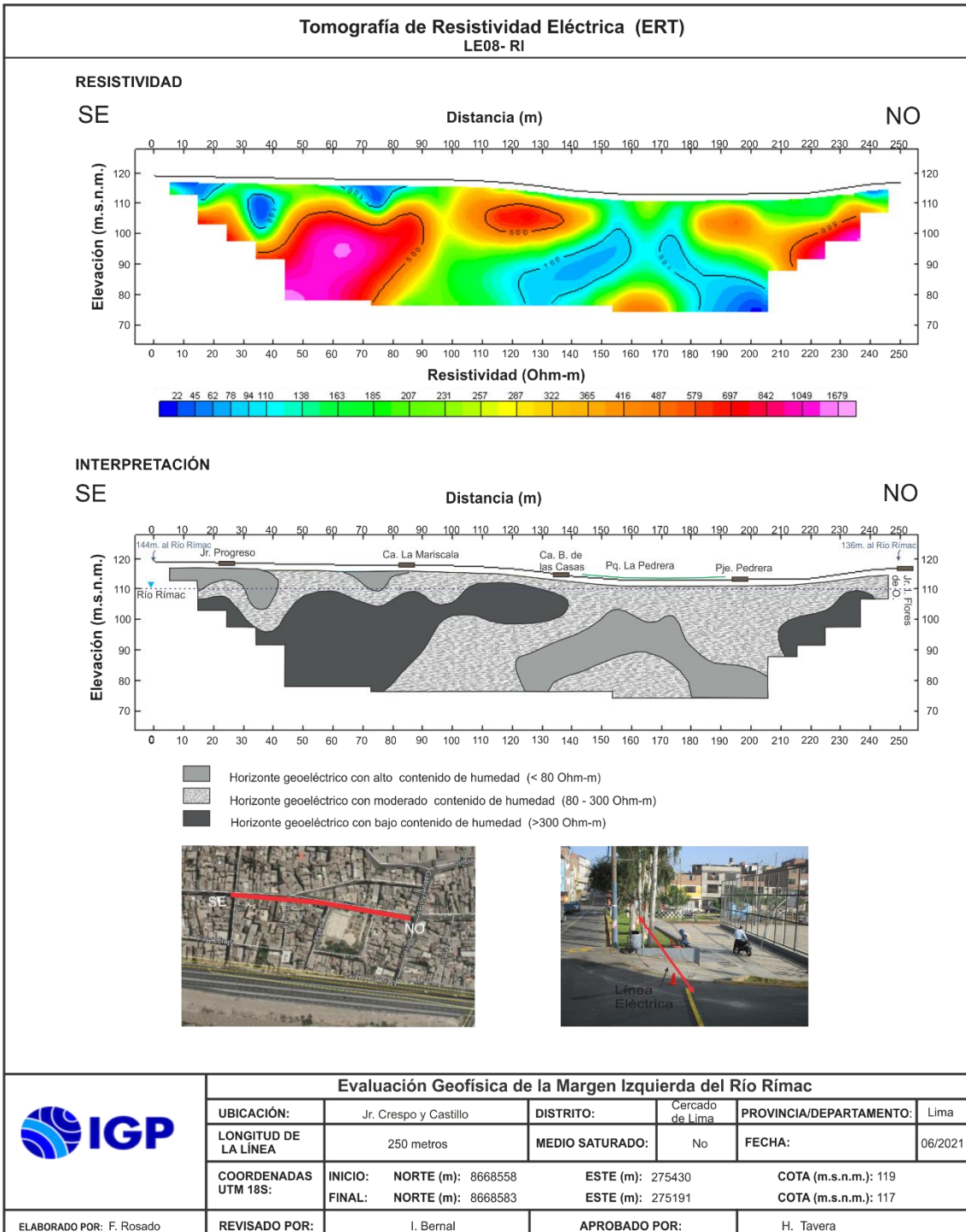


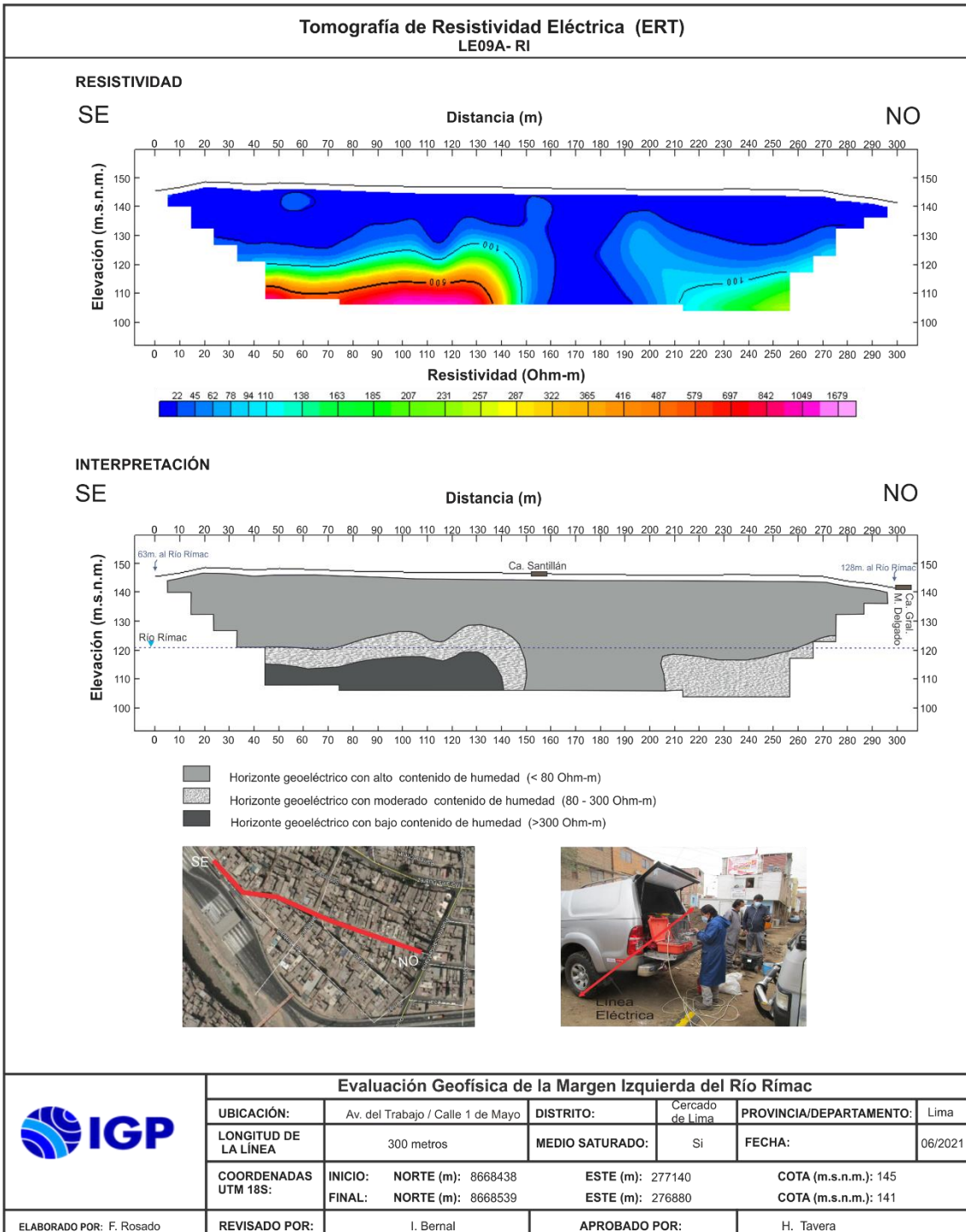


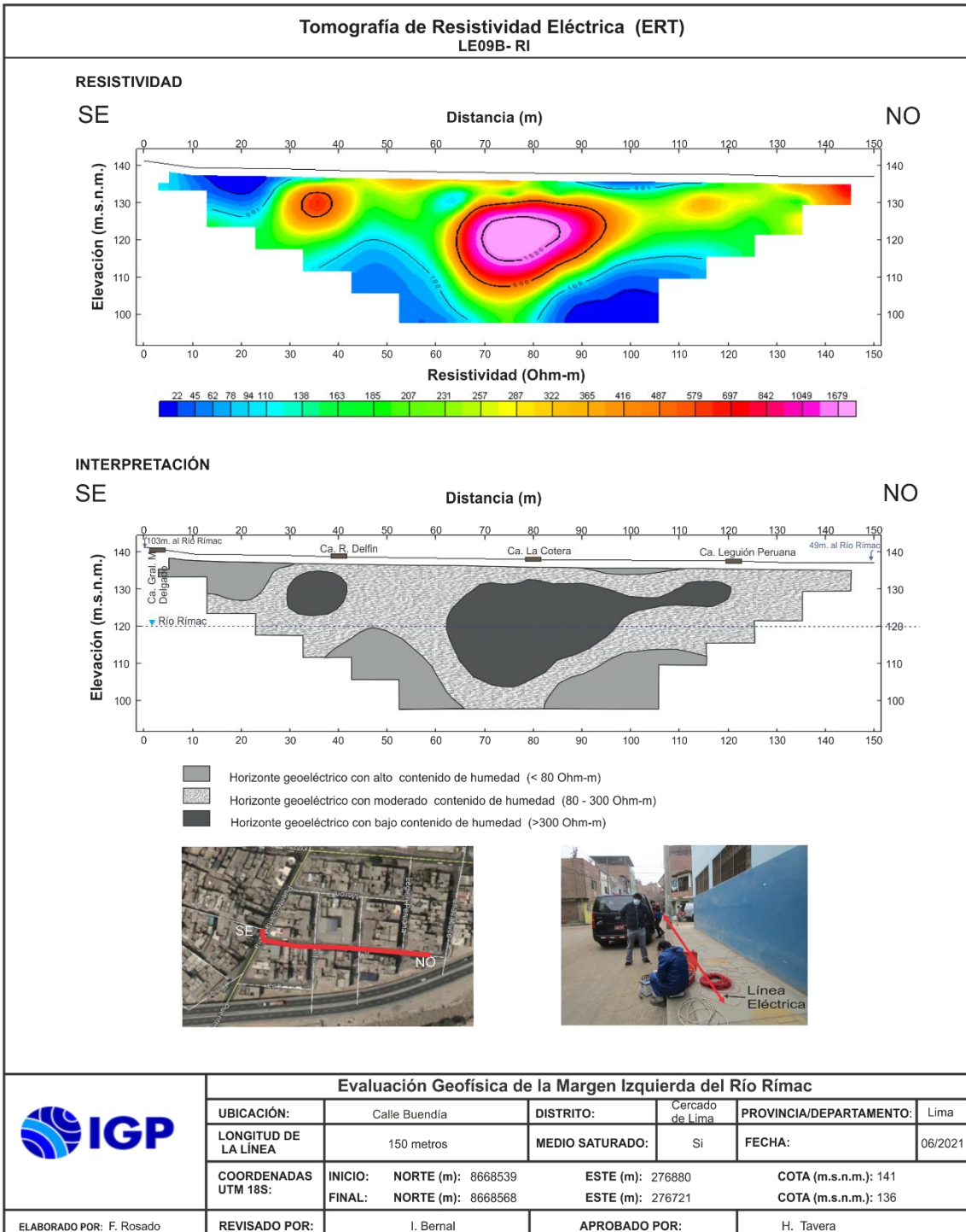


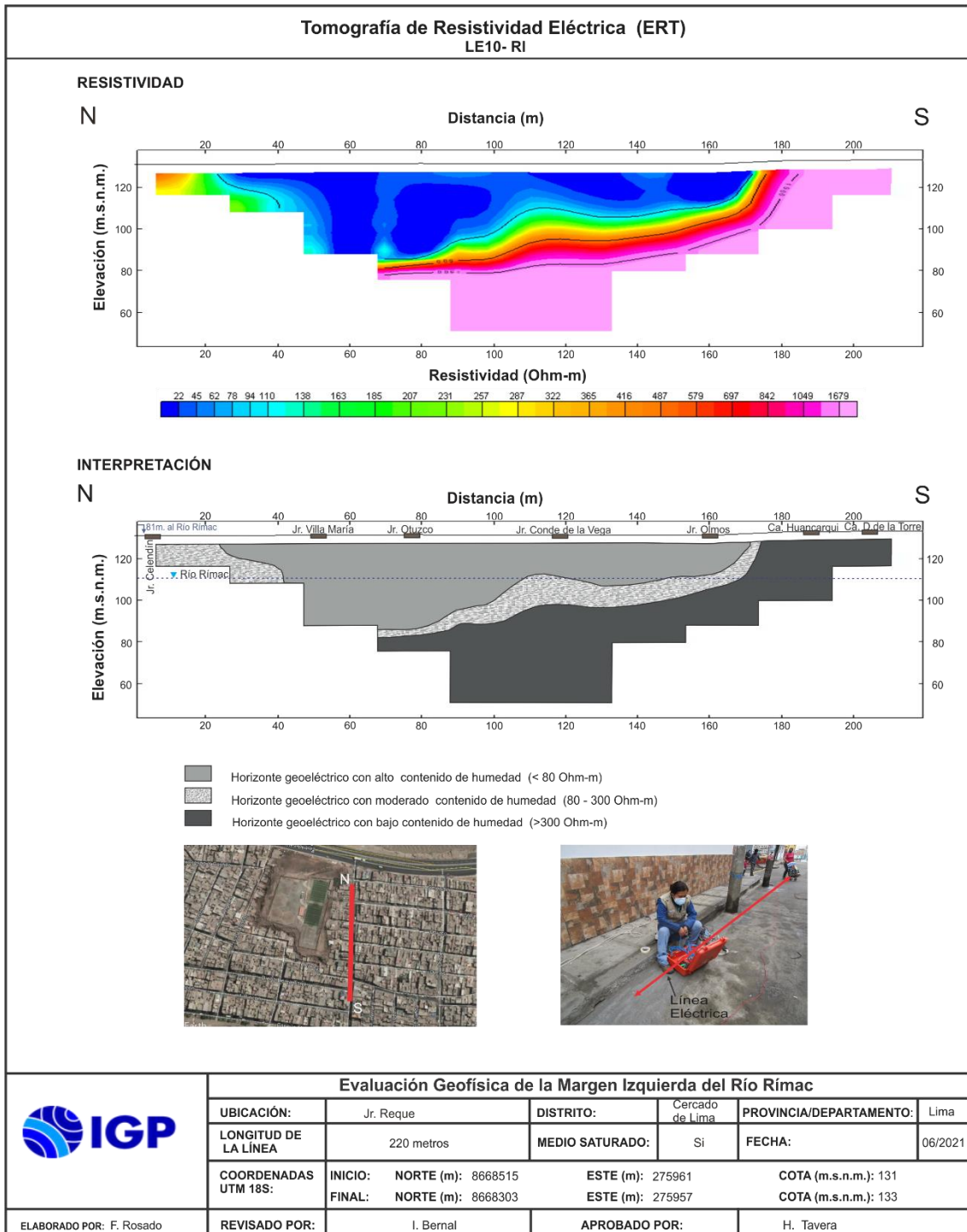


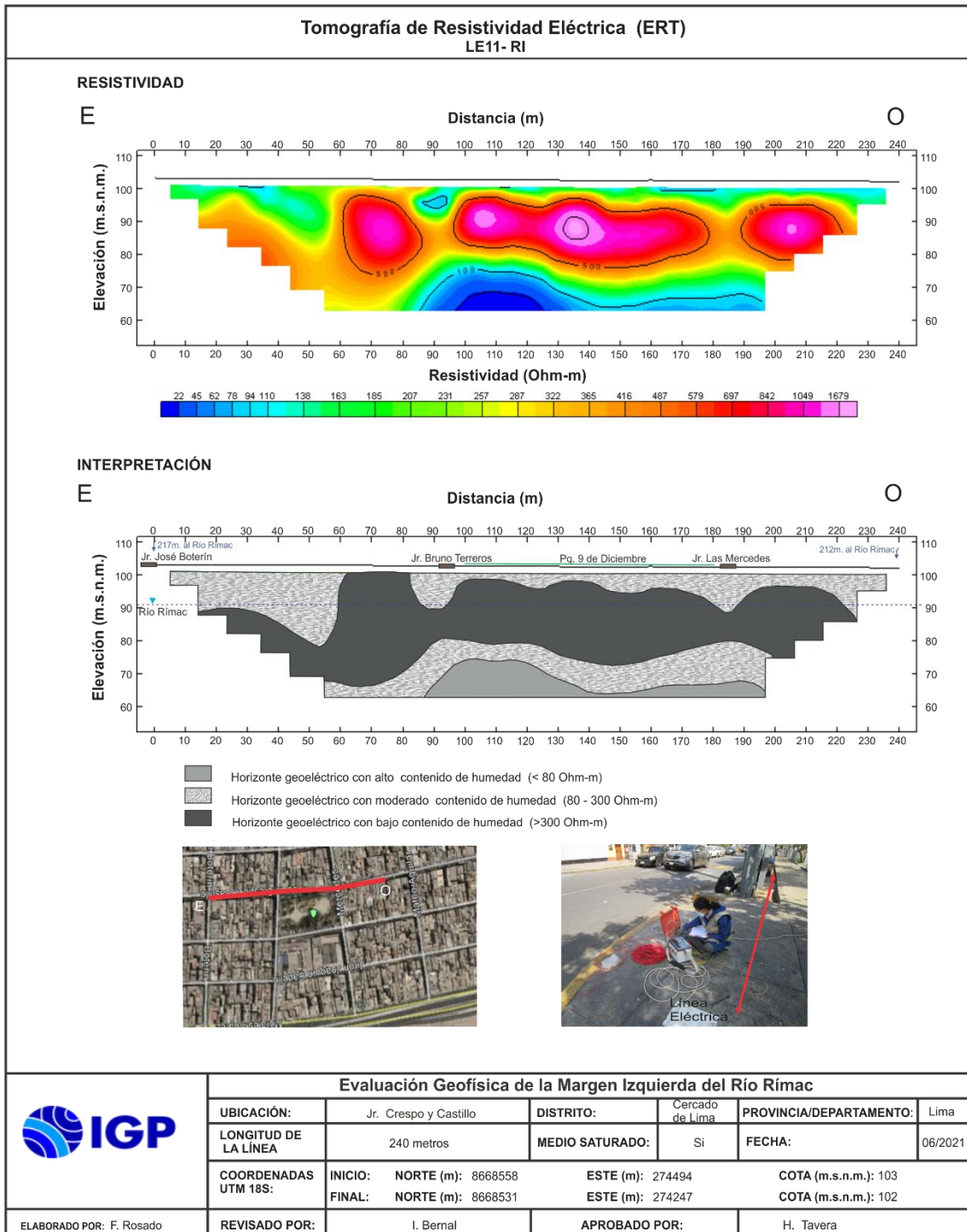






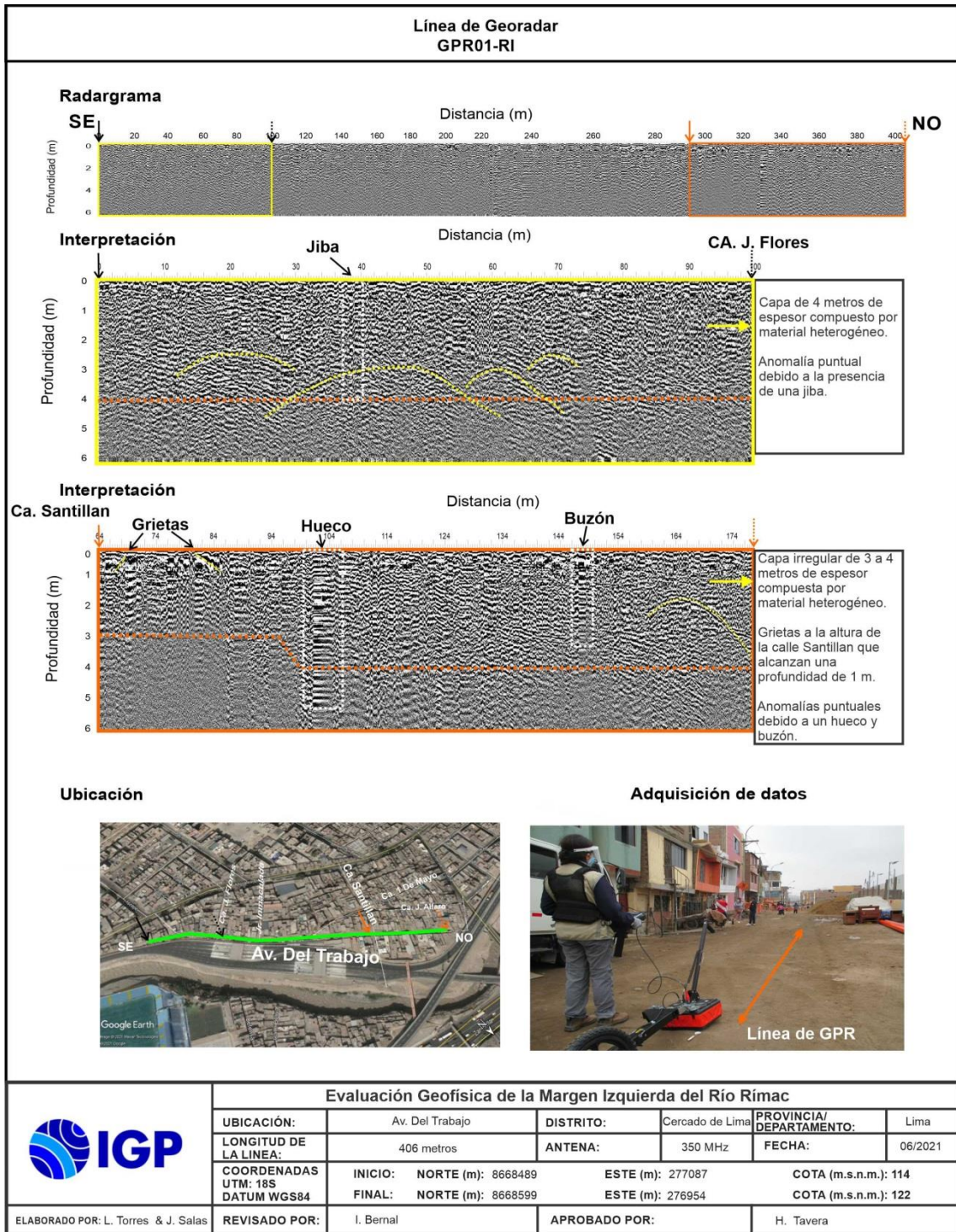


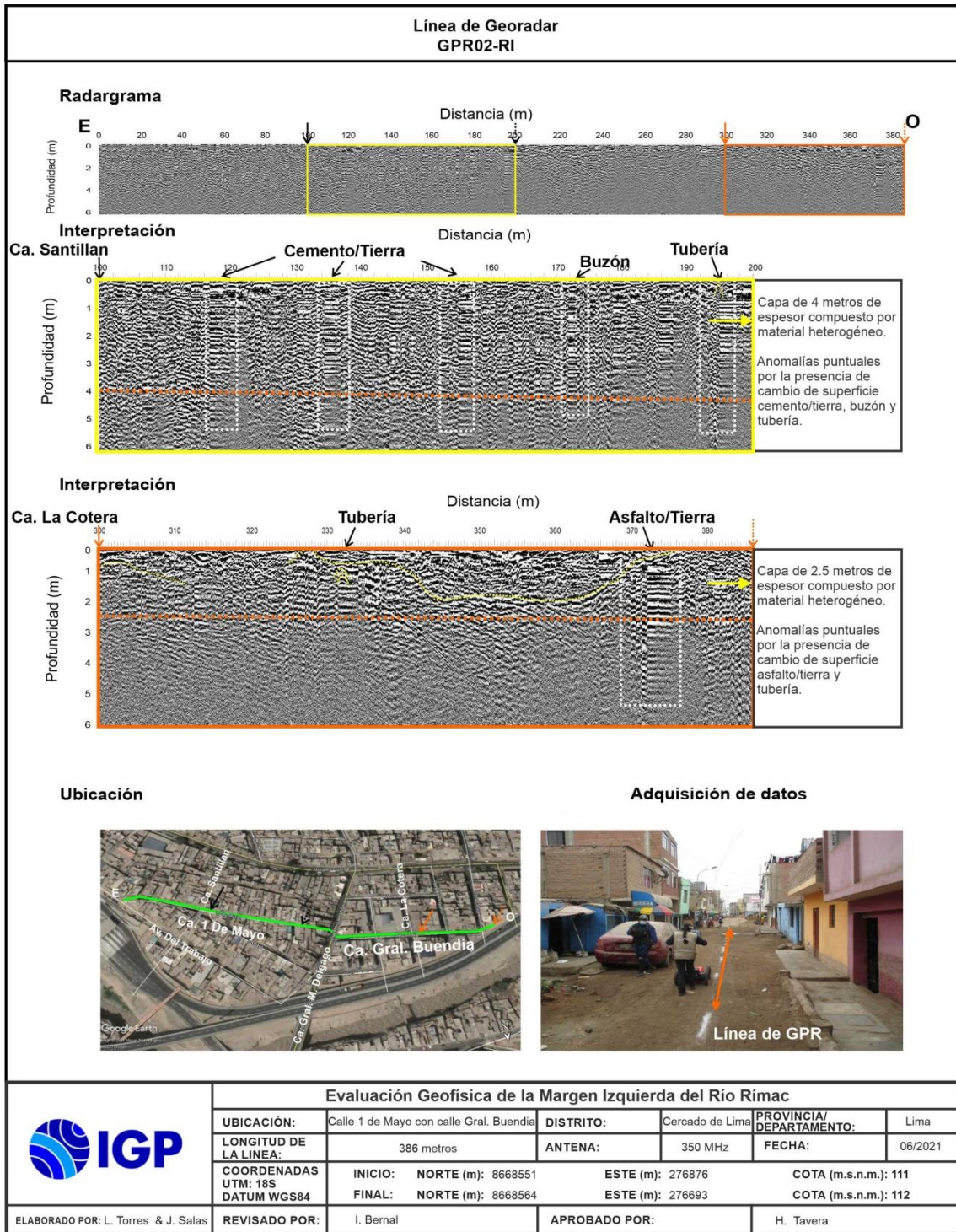


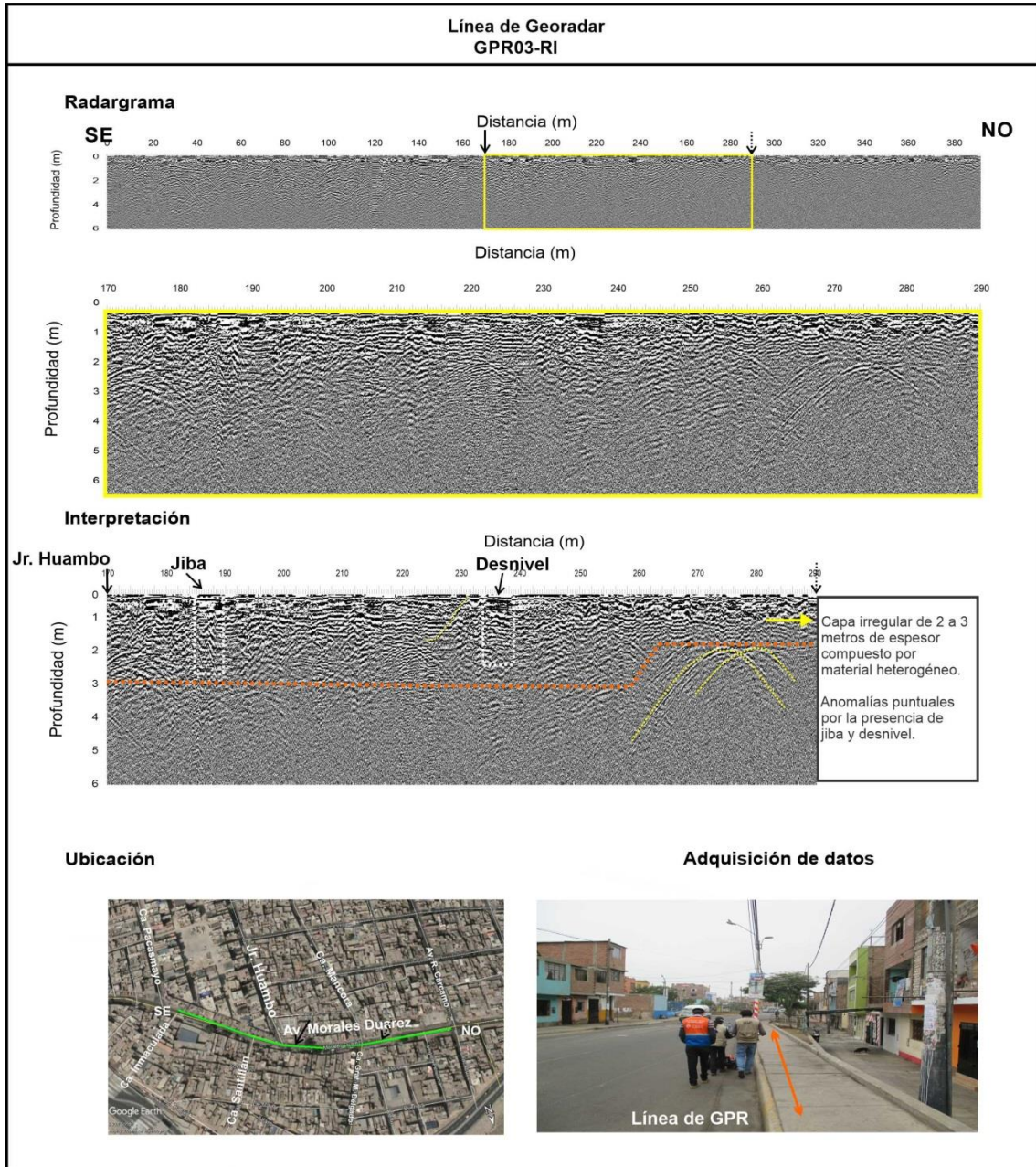


ANEXO V

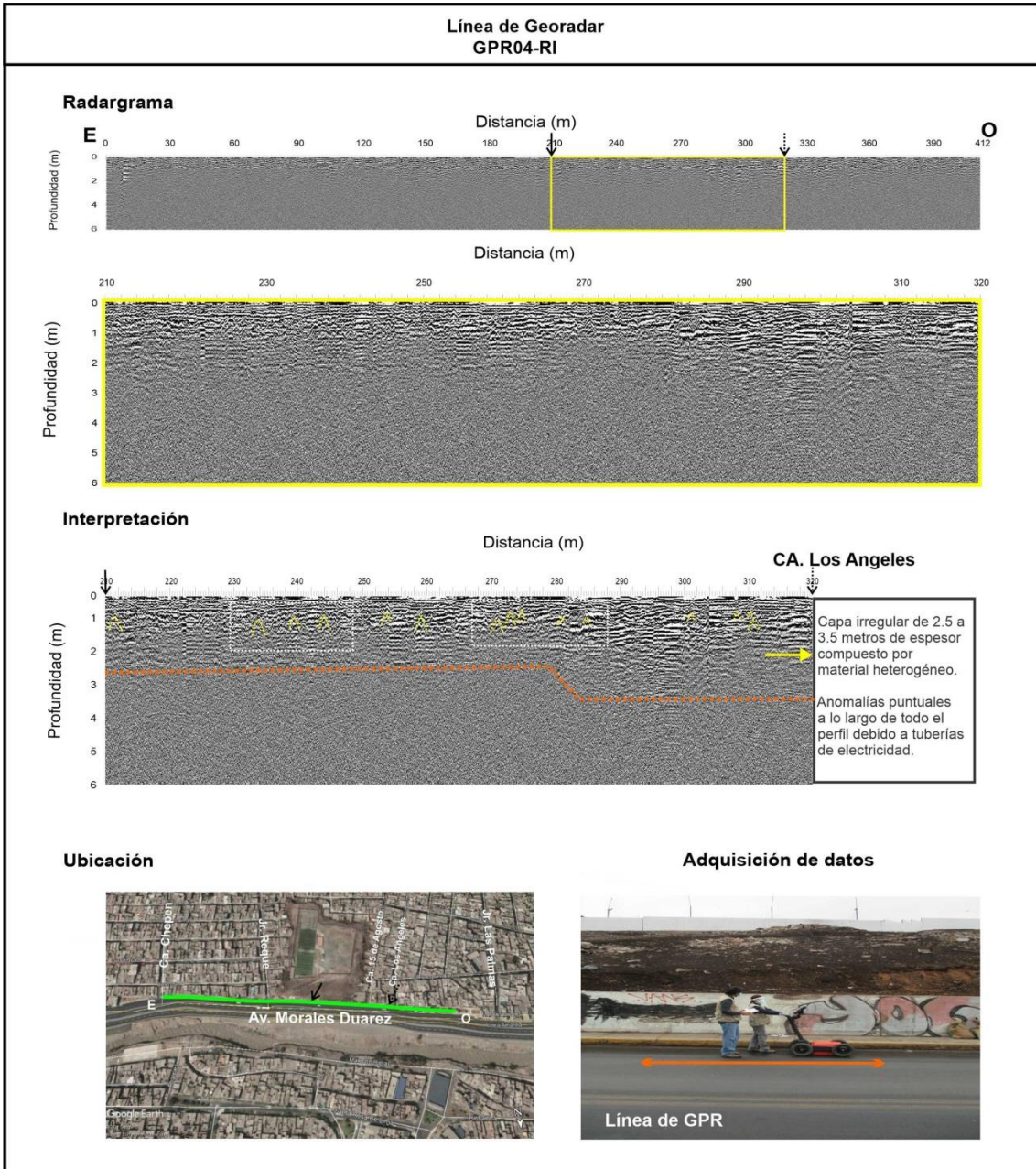
Secciones de Radargramas



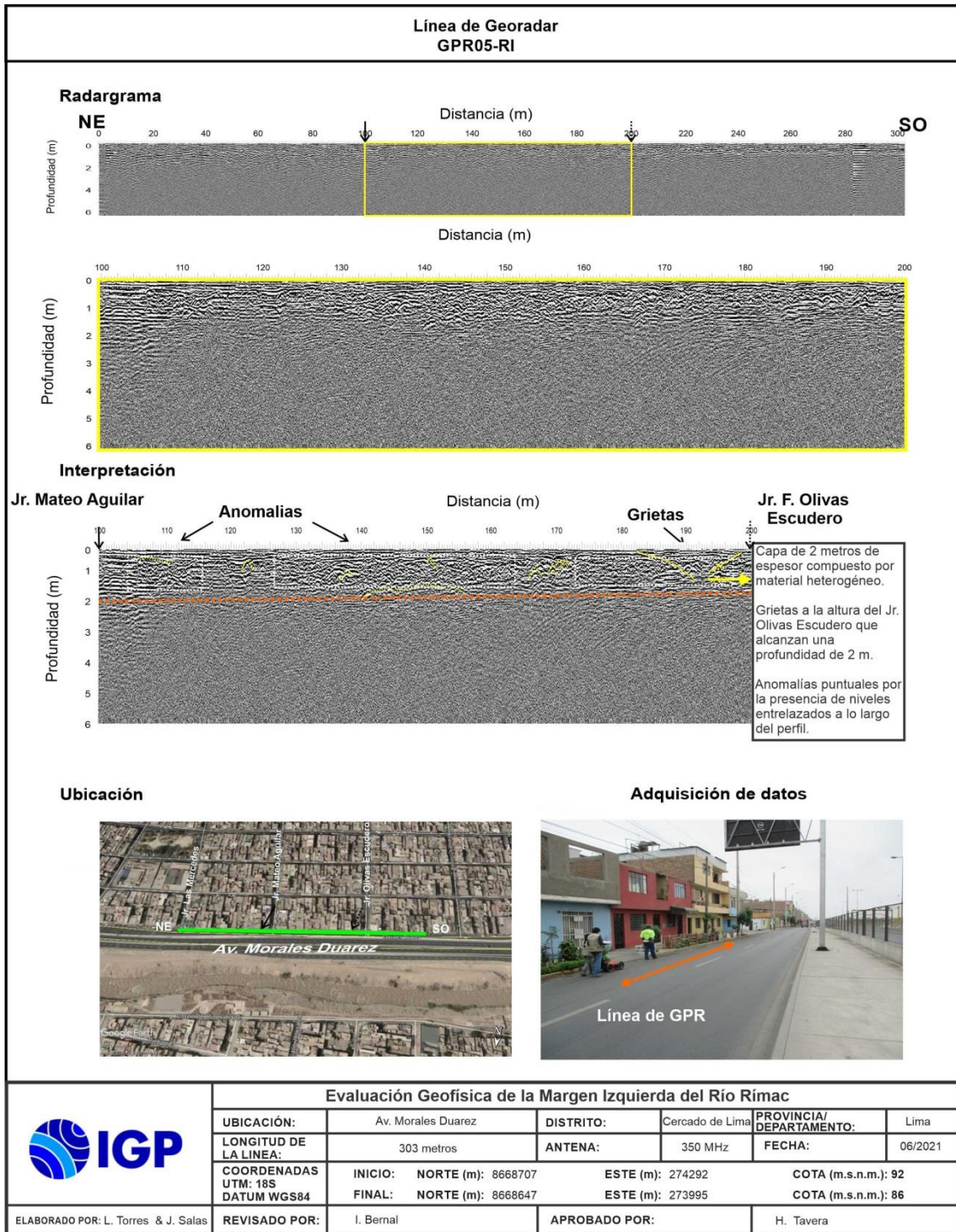


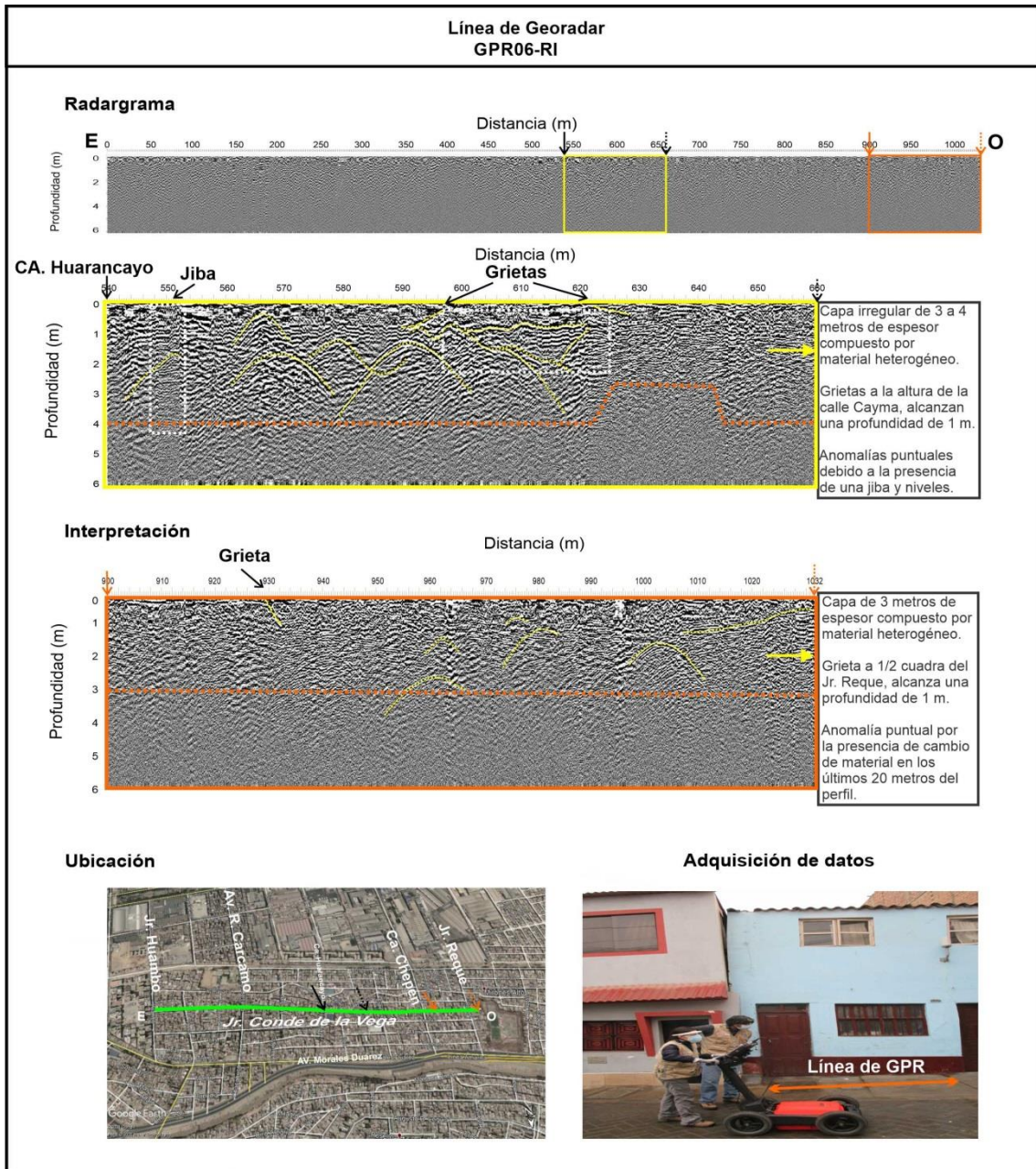


Evaluación Geofísica de la Margen Izquierda del Río Rímac							
	UBICACIÓN:	Av. Morales Duarez		DISTRITO:	Cercado de Lima	PROVINCIA/ DEPARTAMENTO:	Lima
	LONGITUD DE LA LINEA:	393 metros		ANTENA:	350 MHz	FECHA:	06/2021
	COORDENADAS UTM: 18S DATUM WGS84	INICIO:	NORTE (m): 8668360	ESTE (m): 277069	COTA (m.s.n.m.): 124		
		FINAL:	NORTE (m): 8668483	ESTE (m): 276702	COTA (m.s.n.m.): 118		
ELABORADO POR:	L. Torres & J. Salas		REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera	

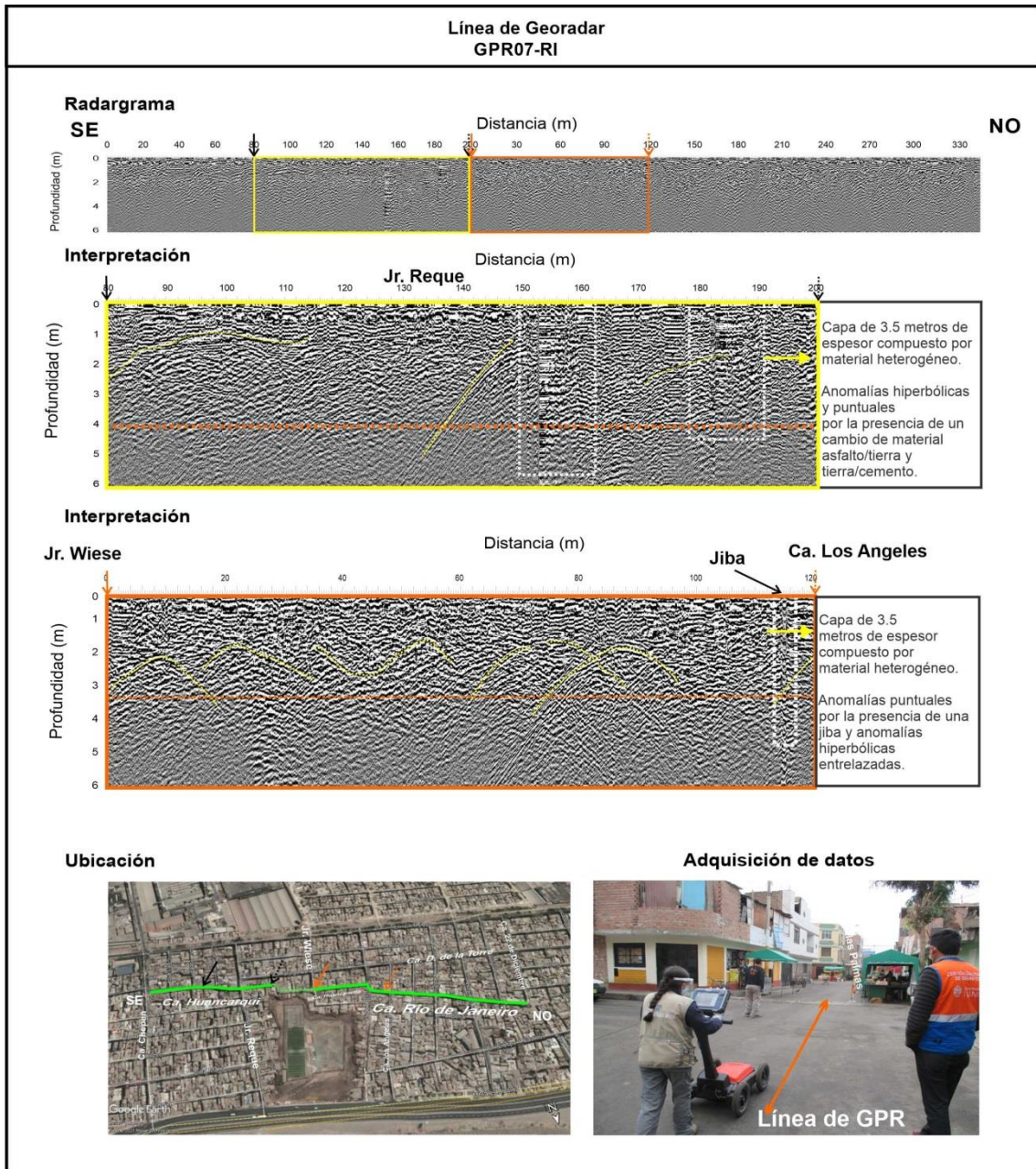


Evaluación Geofísica de la Margen Izquierda del Río Rímac						
	UBICACIÓN:	Av. Morales Duarez		DISTRITO:	Cercado de Lima	PROVINCIA/DEPARTAMENTO: Lima
	LONGITUD DE LA LINEA:	412 metros		ANTENA:	350 MHz	FECHA: 06/2021
	COORDENADAS UTM: 18S DATUM WGS84	INICIO:	NORTE (m): 8668524	ESTE (m): 276110	COTA (m.s.n.m.): 107	
		FINAL:	NORTE (m): 8668602	ESTE (m): 275709	COTA (m.s.n.m.): 102	
ELABORADO POR: L. Torres & J. Salas	REVISADO POR:	I. Bernal		APROBADO POR:	H. Tavera	

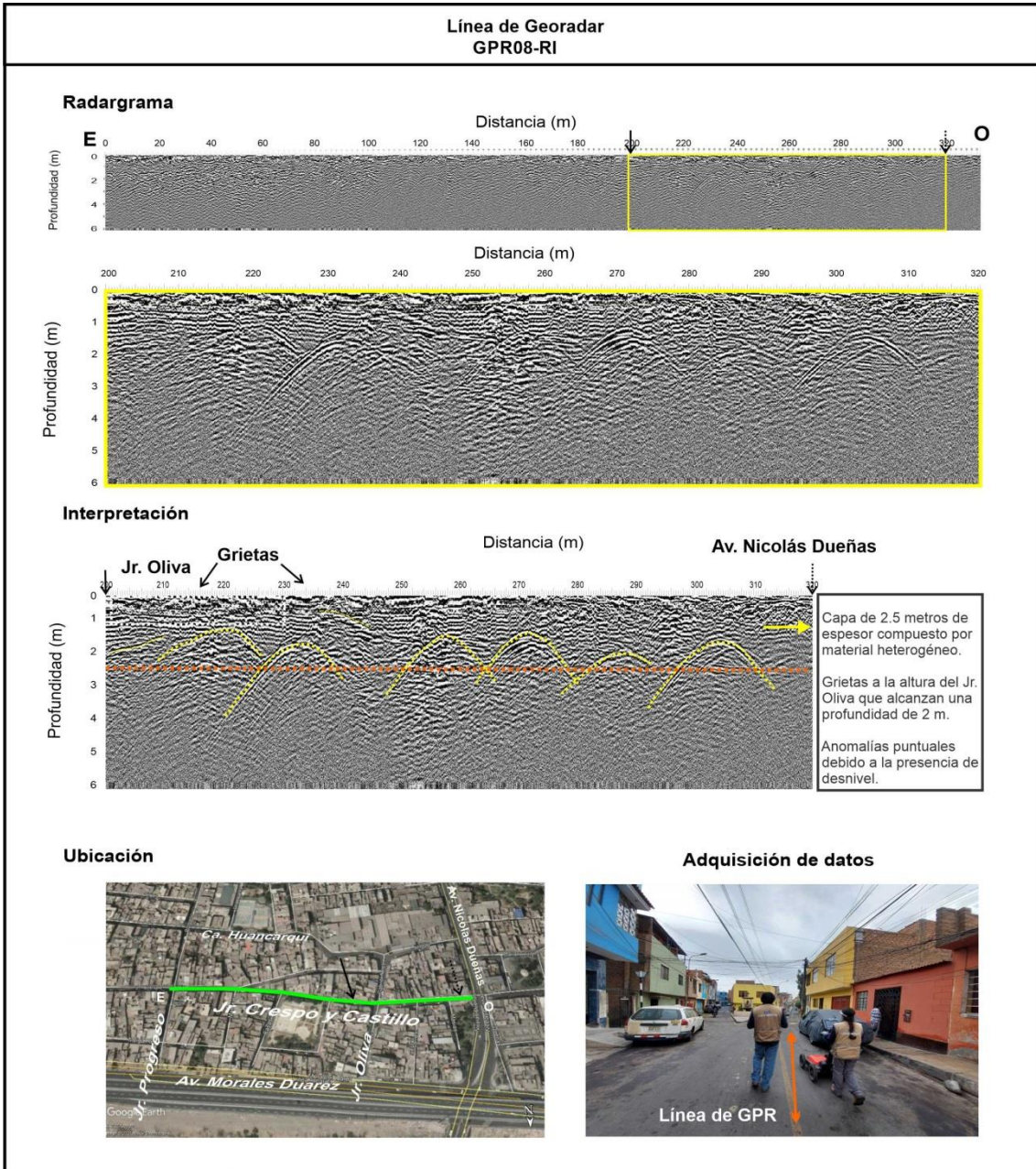




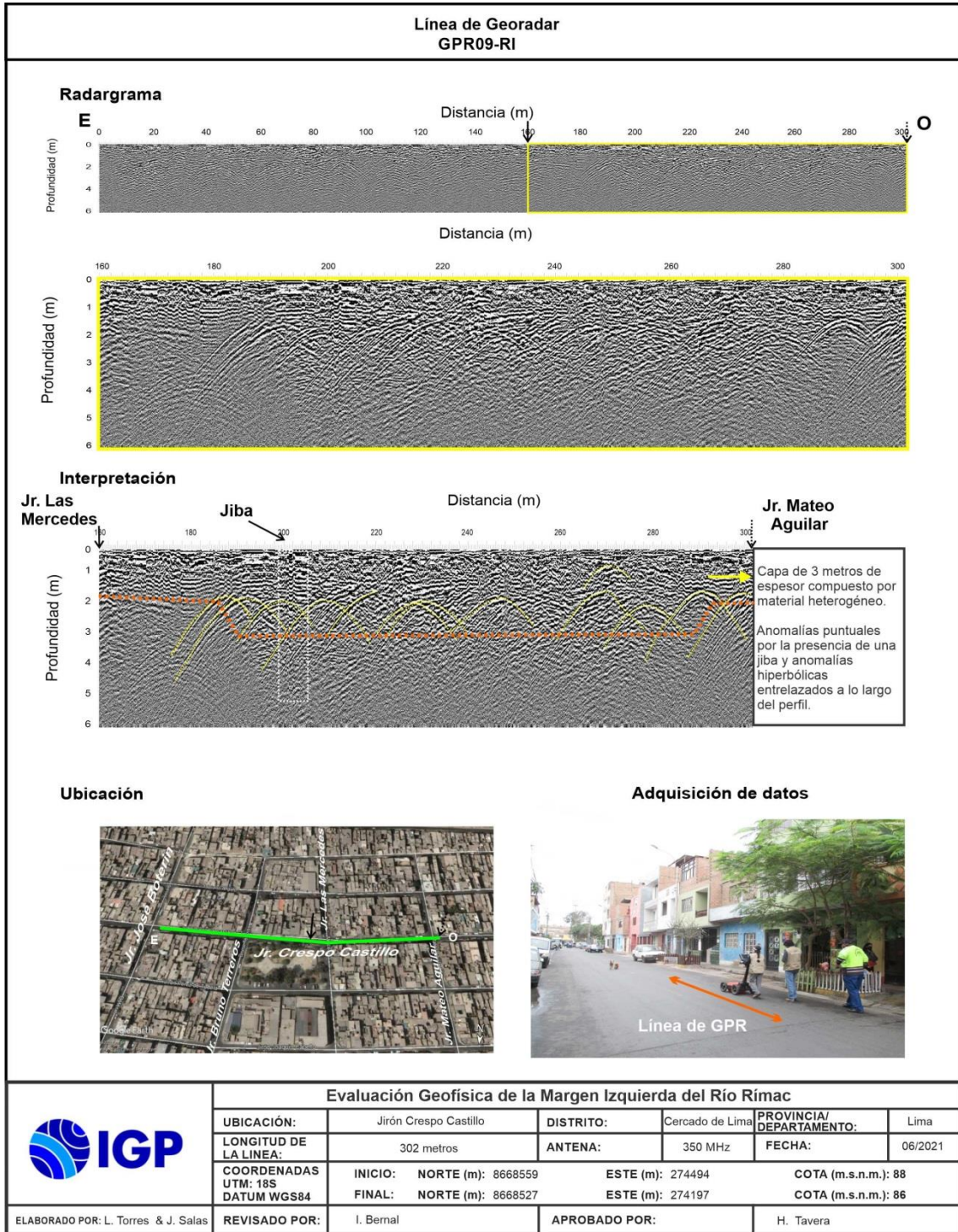
Evaluación Geofísica de la Margen Izquierda del Río Rimac							
	UBICACIÓN:	Jirón Conde de la Vega		DISTRITO:	Cercado de Lima	PROVINCIA/ DEPARTAMENTO:	Lima
	LONGITUD DE LA LINEA:	1032 metros		ANTENA:	350 MHz	FECHA:	06/2021
	COORDENADAS UTM: 18S	INICIO:	NORTE (m): 8668270	ESTE (m): 276954	COTA (m.s.n.m.): 130		
	DATUM WGS84	FINAL:	NORTE (m): 8668413	ESTE (m): 275932	COTA (m.s.n.m.): 111		
ELABORADO POR:	L. Torres & J. Salas		REVISADO POR:	I. Bernal		APROBADO POR:	H. Tavera

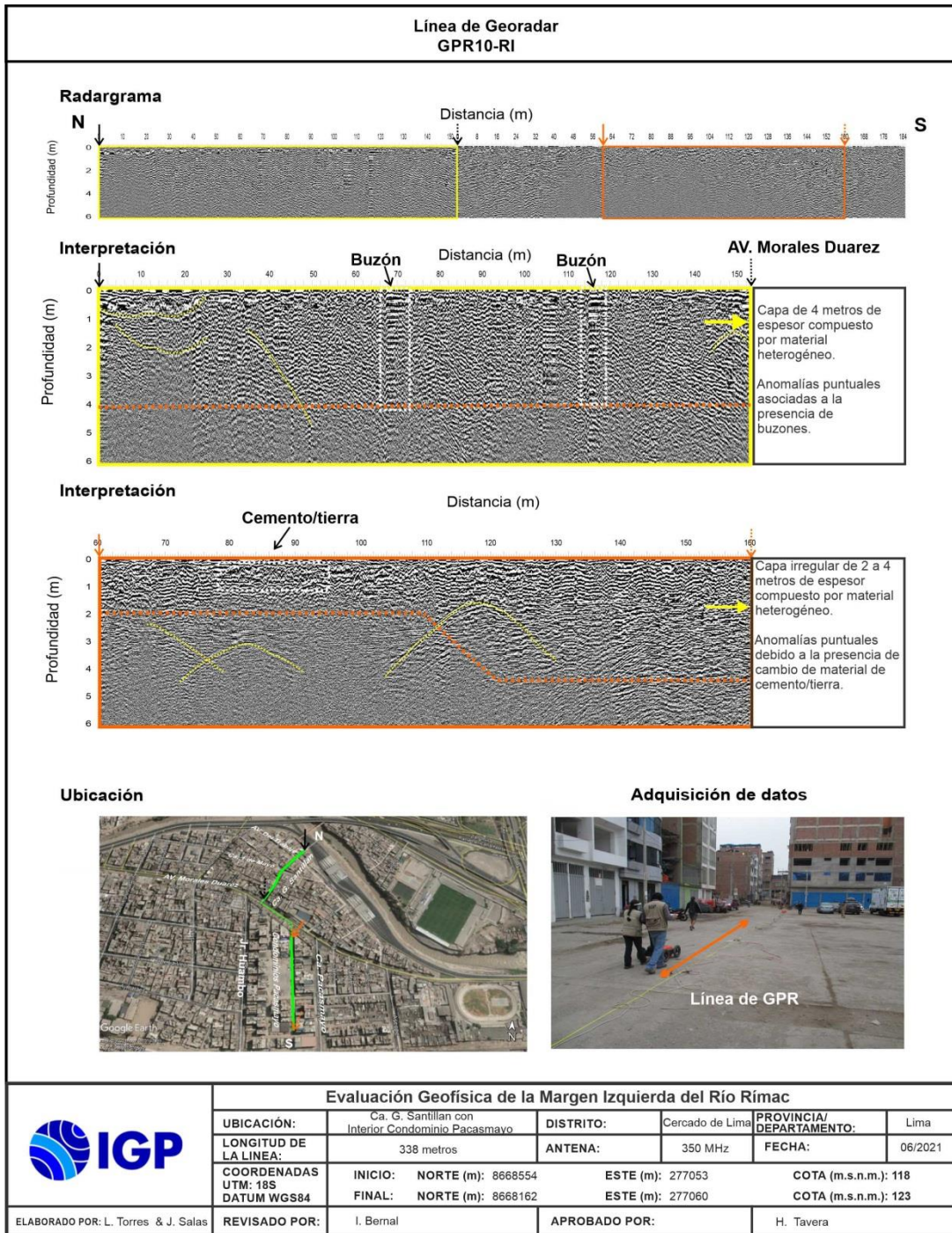


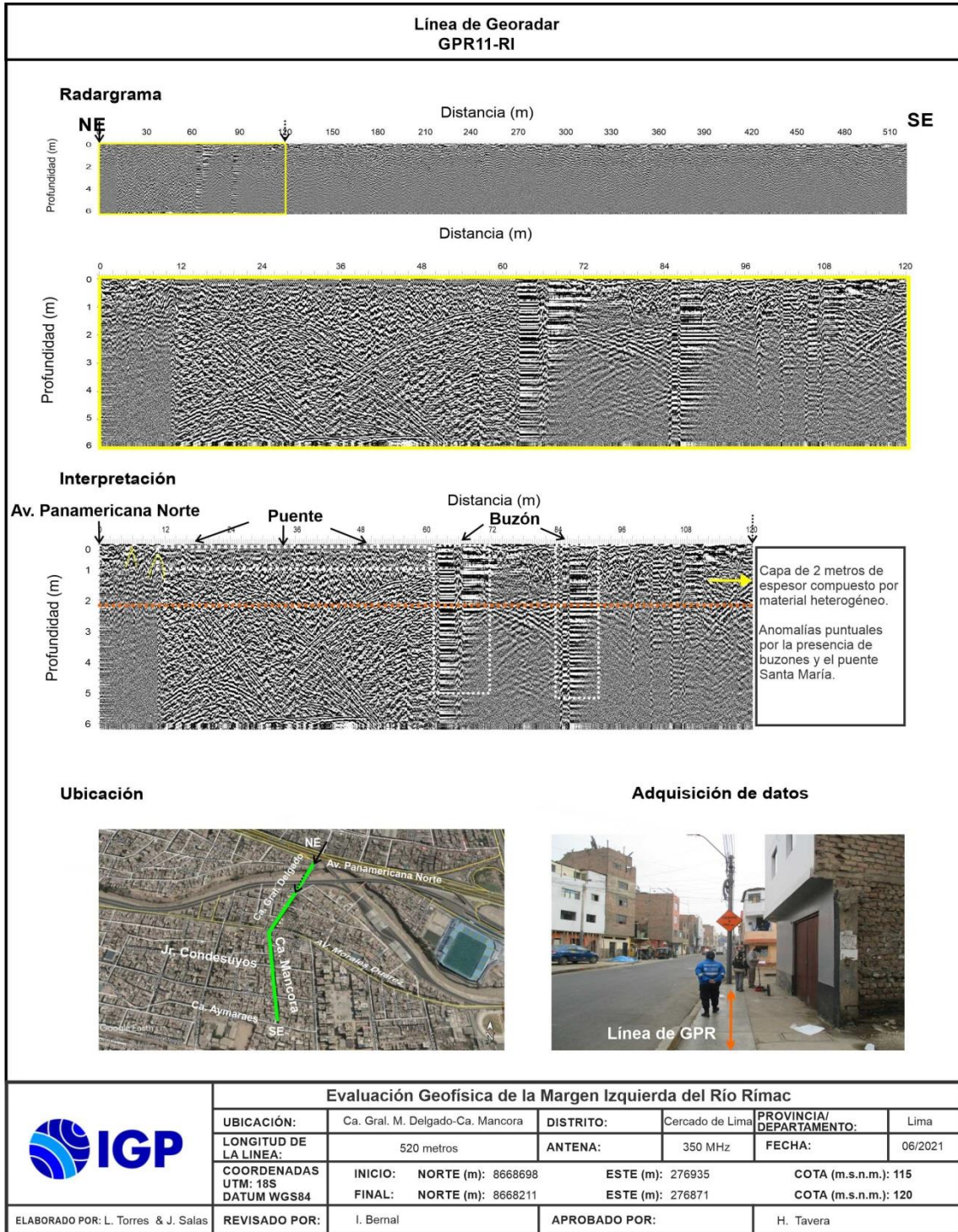
Evaluación Geofísica de la Margen Izquierda del Río Rimac						
	UBICACIÓN:	Ca. Huancarqui con Ca. Río de Janeiro	DISTRITO:	Cercado de Lima	PROVINCIA/DEPARTAMENTO:	Lima
	LONGITUD DE LA LINEA:	585 metros	ANTENA:	350 MHz	FECHA:	06/2021
	COORDENADAS UTM: 18S	INICIO: NORTE (m): 8668311	ESTE (m): 276102	COTA (m.s.n.m.): 114		
	DATUM WGS84	FINAL: NORTE (m): 8668493	ESTE (m): 275528	COTA (m.s.n.m.): 102		
ELABORADO POR: L. Torres & J. Salas	REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera		

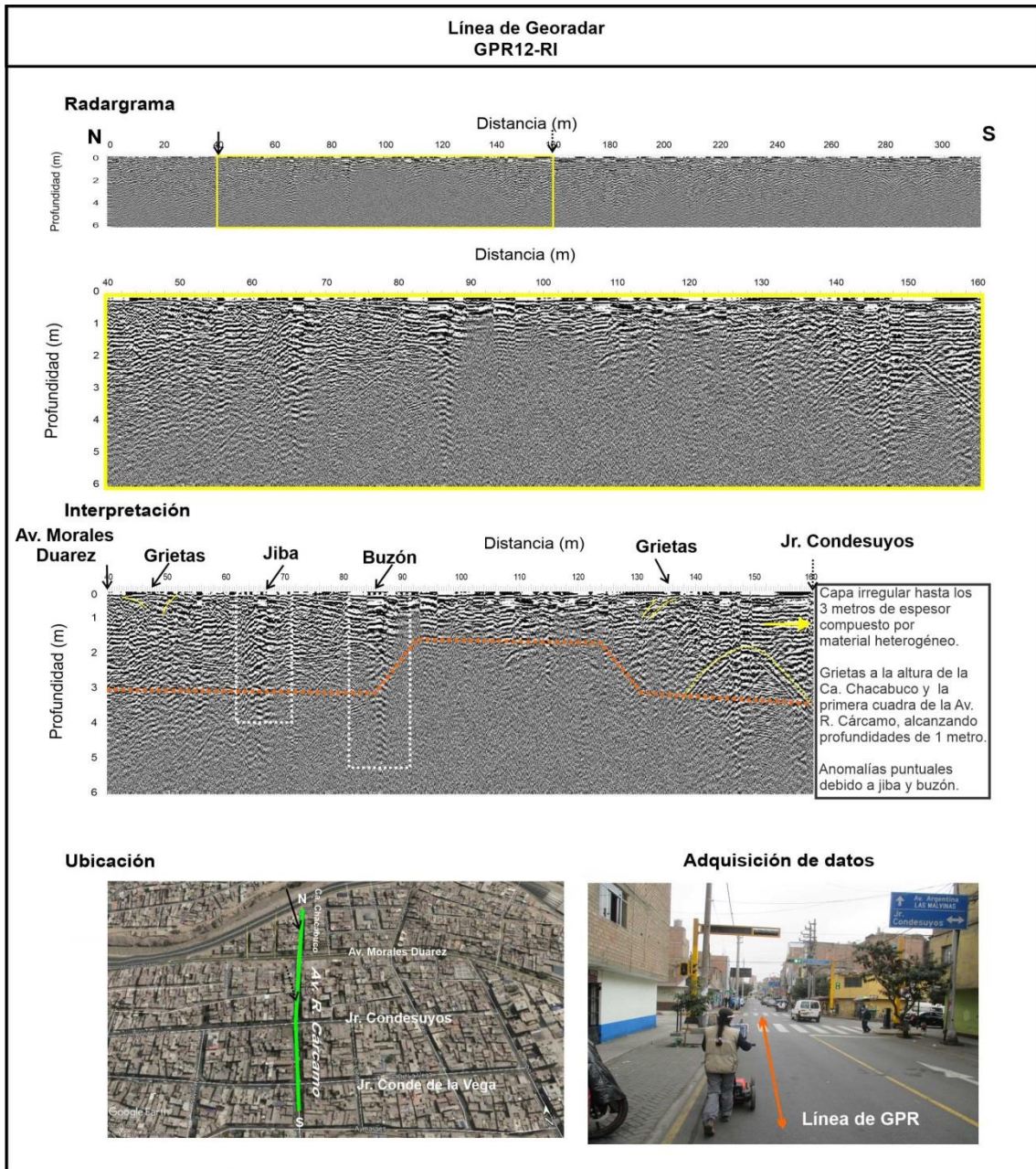


Evaluación Geofísica de la Margen Izquierda del Río Rimac						
	UBICACIÓN:	Jirón Crespo y Castillo	DISTRITO:	Cercado de Lima	PROVINCIA/ DEPARTAMENTO:	Lima
	LONGITUD DE LA LINEA:	333 metros	ANTENA:	350 MHz	FECHA:	06/2021
	COORDENADAS UTM: 18S	INICIO: NORTE (m): 8668560	ESTE (m): 275410	COTA (m.s.n.m.): 111		
	DATUM WGS84	FINAL: NORTE (m): 8668586	ESTE (m): 275074	COTA (m.s.n.m.): 106		
ELABORADO POR: L. Torres & J. Salas	REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera		

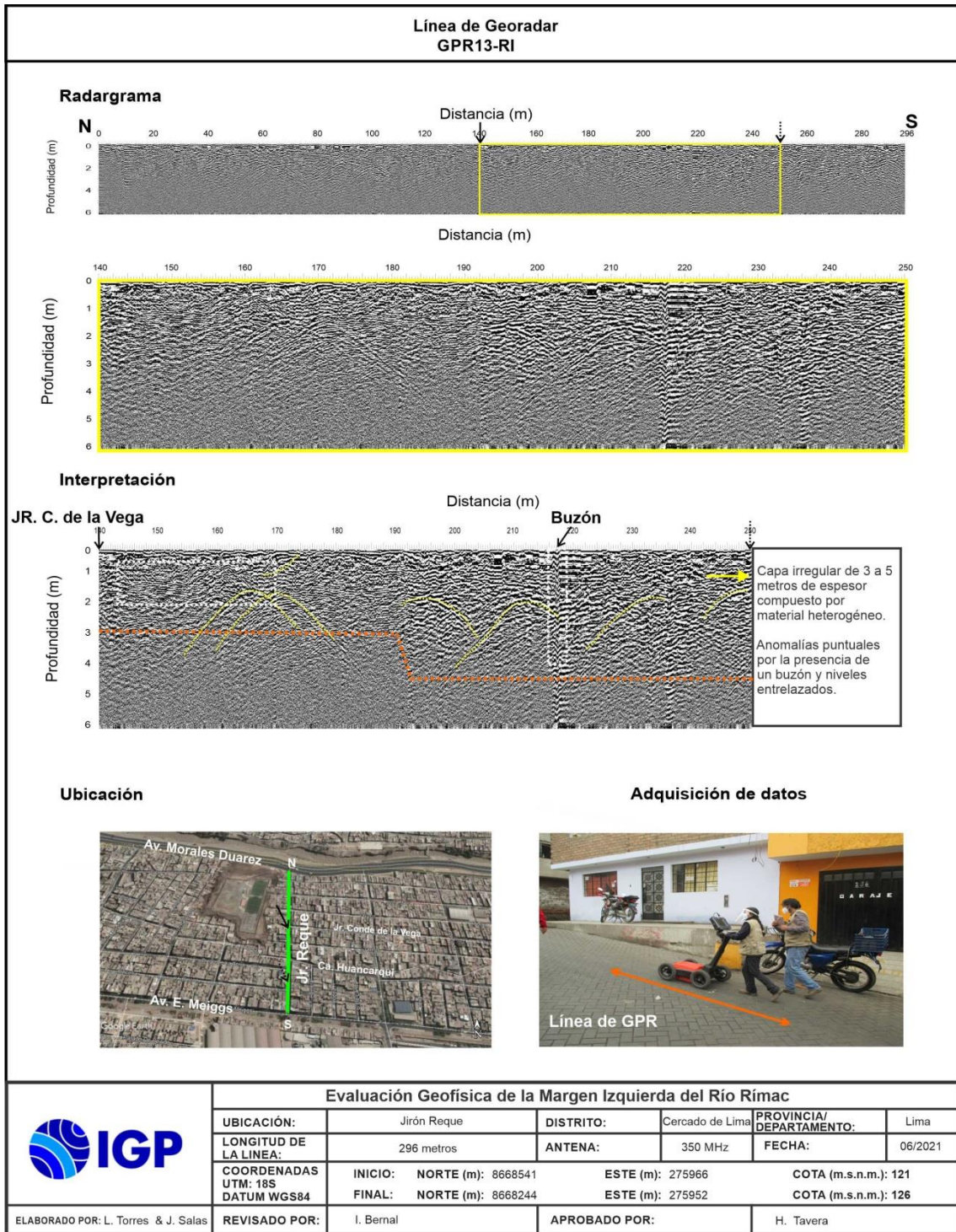


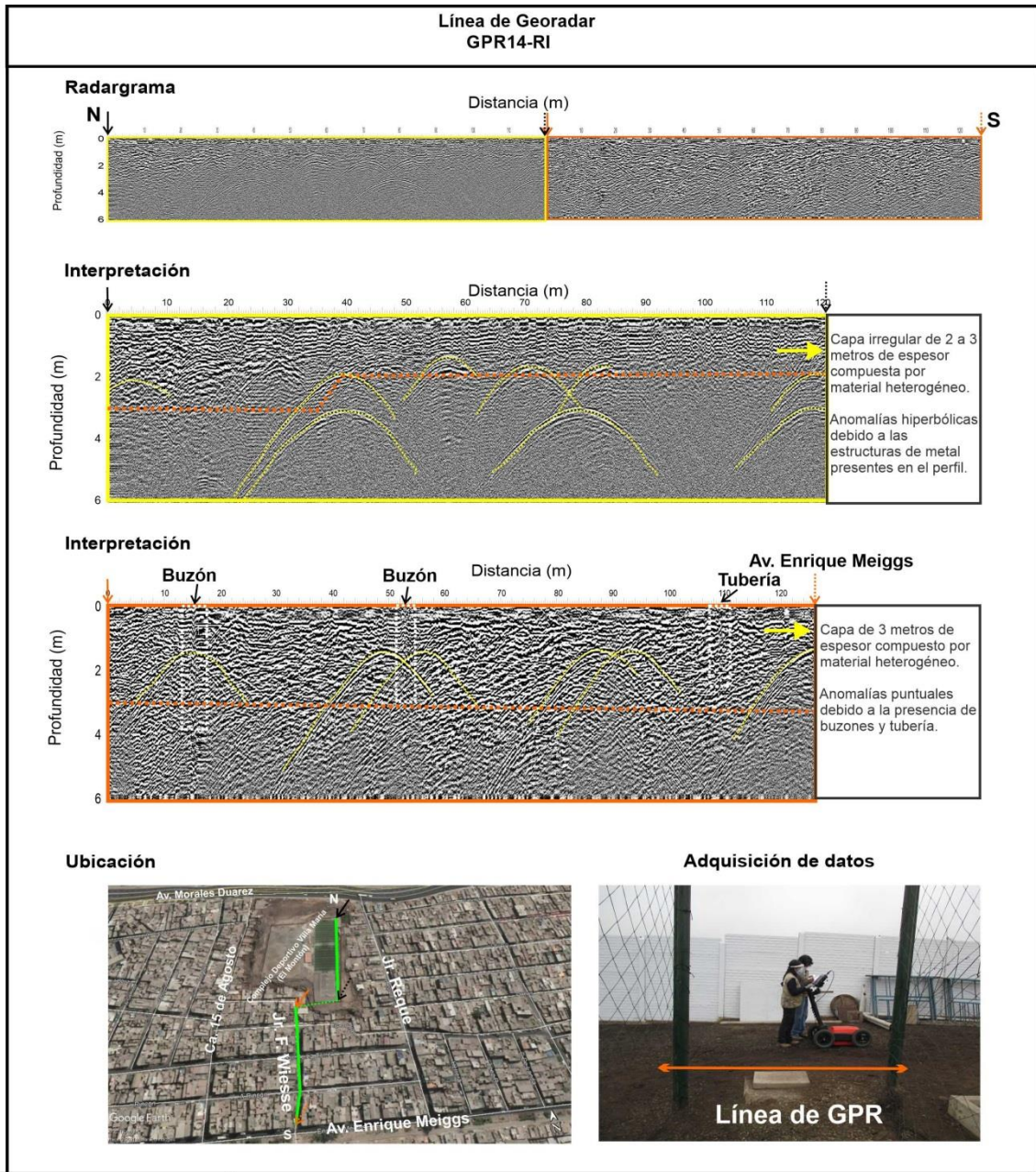




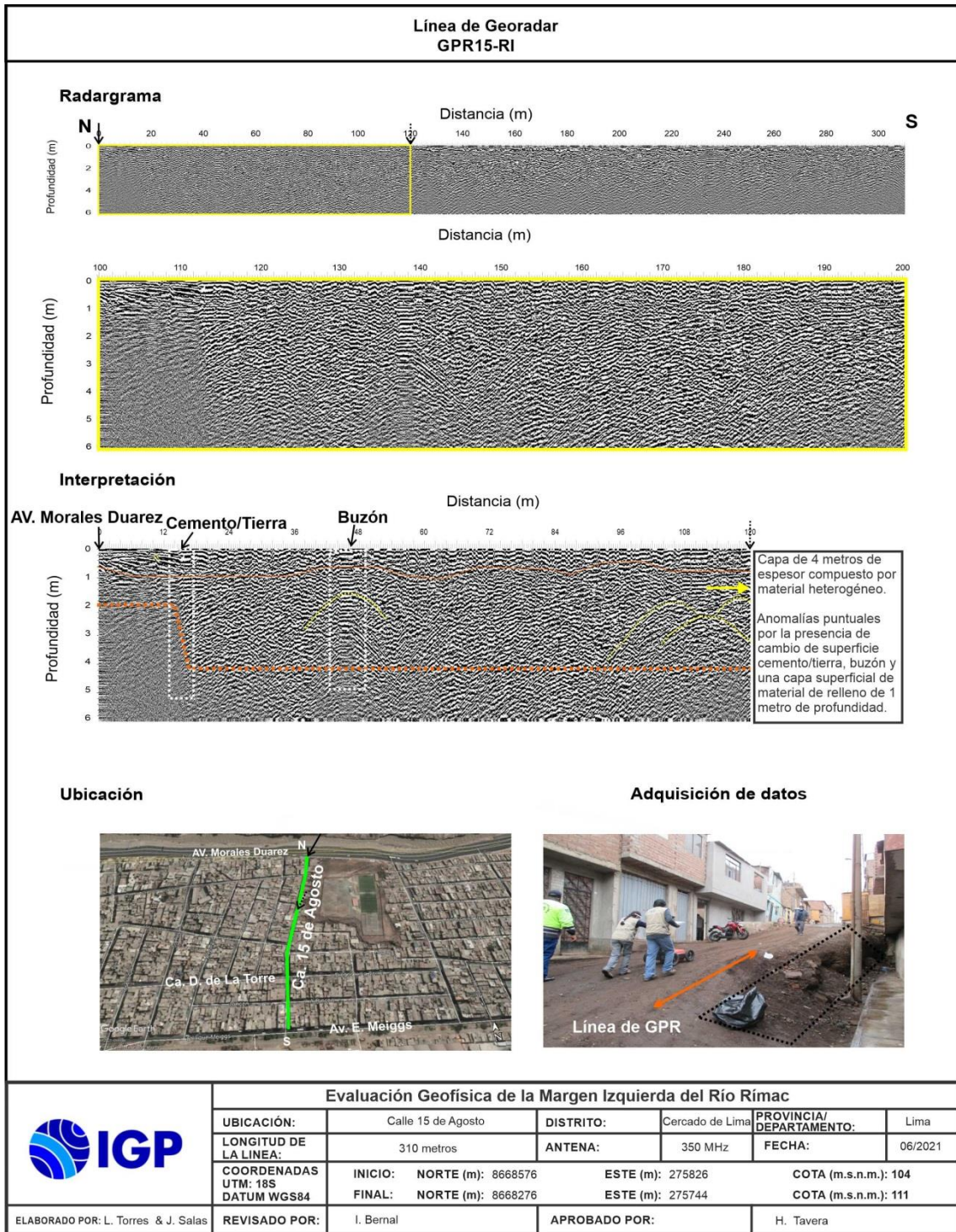


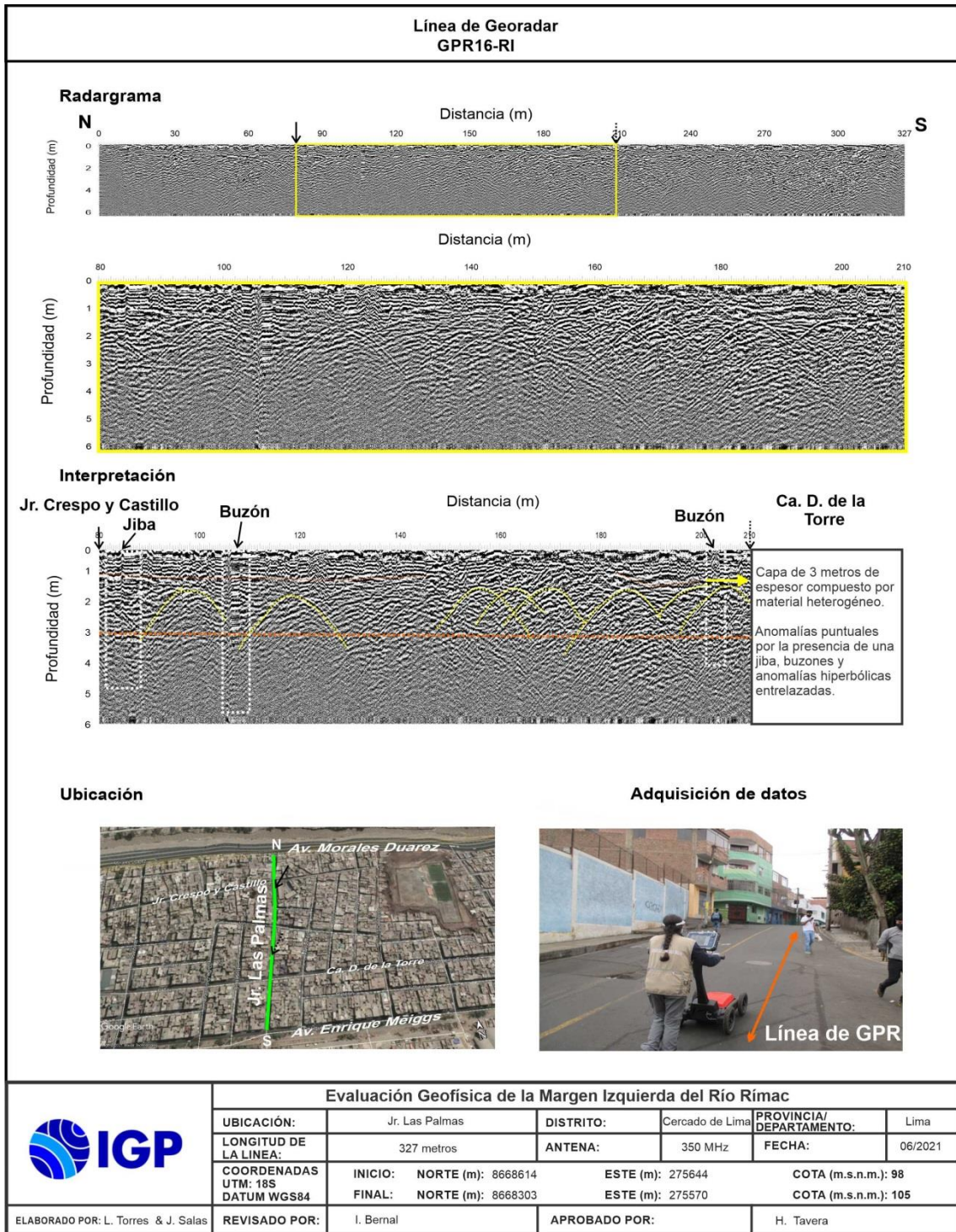
Evaluación Geofísica de la Margen Izquierda del Río Rimac						
	UBICACIÓN:	Ca. Chacabuco con Av. R. Cárcamo	DISTRITO:	Cercado de Lima	PROVINCIA/DEPARTAMENTO:	Lima
	LONGITUD DE LA LINEA:	314 metros	ANTENA:	350 MHz	FECHA:	06/2021
	COORDENADAS UTM: 18S DATUM WGS84	INICIO:	NORTE (m): 8668568	ESTE (m): 276713	COTA (m.s.n.m.): 126	
		FINAL:	NORTE (m): 8668265	ESTE (m): 276690	COTA (m.s.n.m.): 128	
ELABORADO POR: L. Torres & J. Salas	REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera		

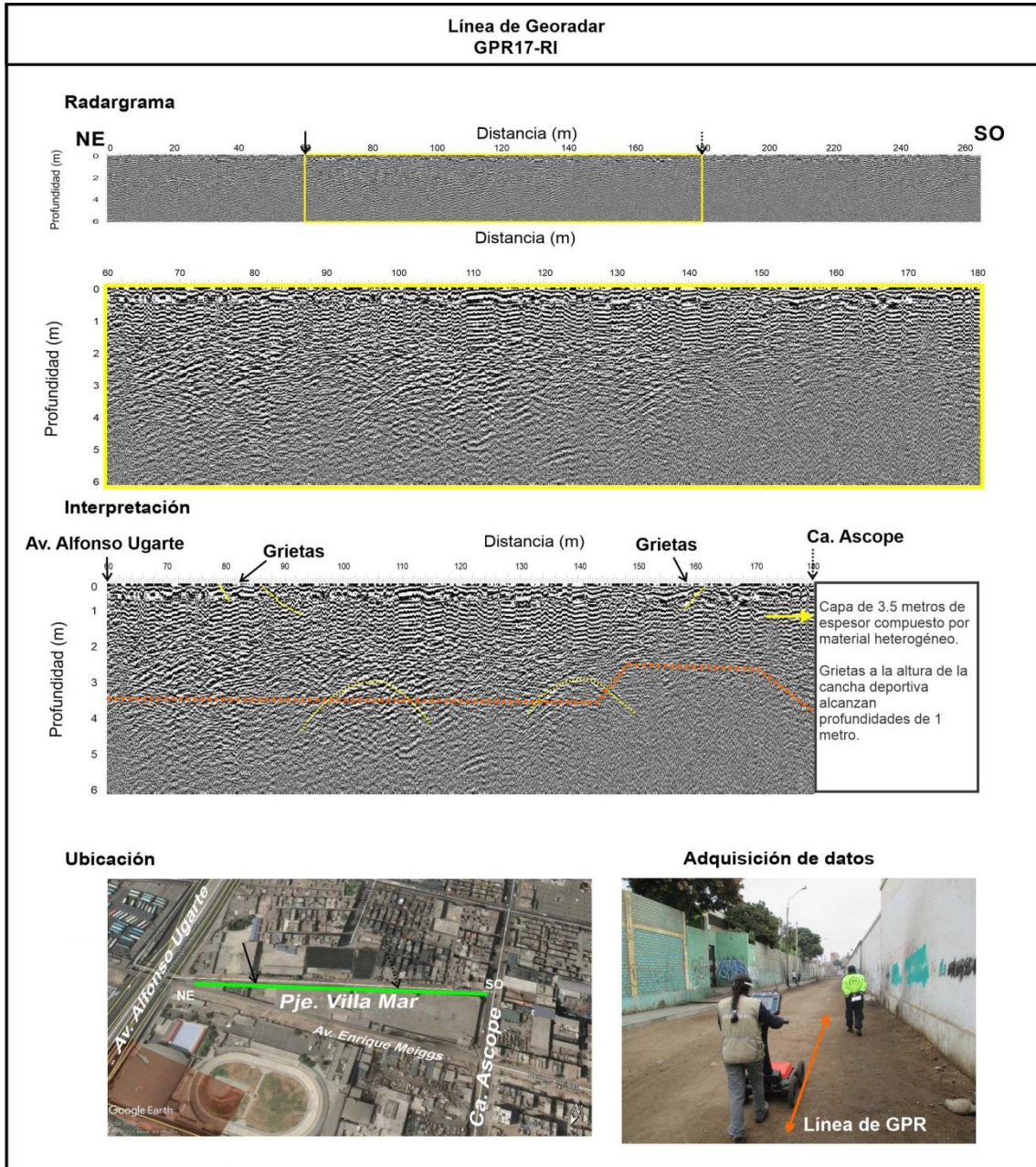




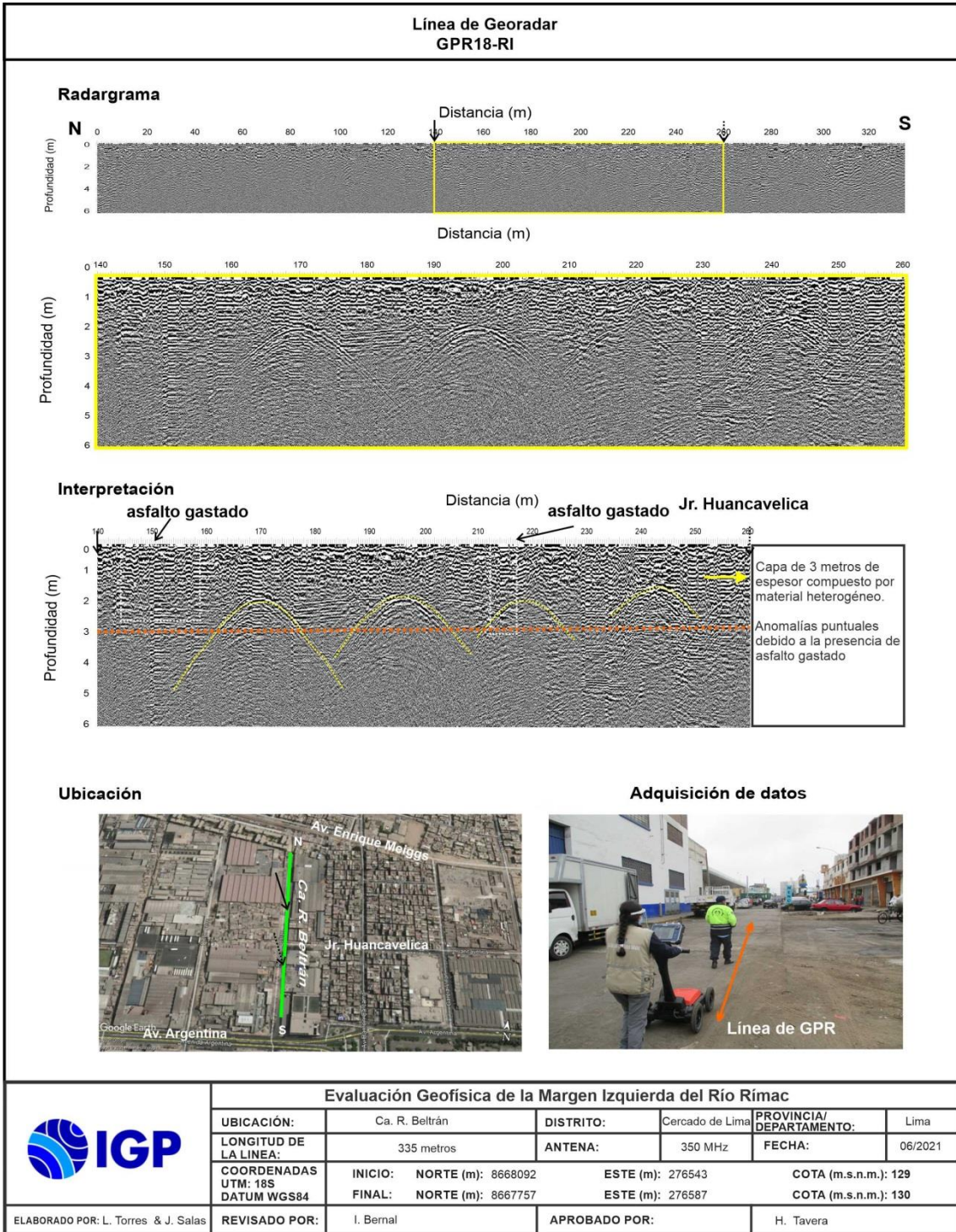
Evaluación Geofísica de la Margen Izquierda del Río Rimac								
	UBICACIÓN:	Complejo Deportivo Villa María (el Montón) Jr. Fernando Wiesse	DISTRITO:	Cercado de Lima	PROVINCIA/ DEPARTAMENTO:	Lima		
	LONGITUD DE LA LINEA:	246 metros	ANTENA:	350 MHz	FECHA:	06/2021		
	COORDENADAS UTM: 18S DATUM WGS84	INICIO: NORTE (m): 8668518	ESTE (m): 275926	COTA (m.s.n.m.): 103				
		FINAL: NORTE (m): 8668271	ESTE (m): 275825	COTA (m.s.n.m.): 108				
ELABORADO POR:	L. Torres & J. Salas		REVISADO POR:	I. Bernal		APROBADO POR:	H. Tavera	

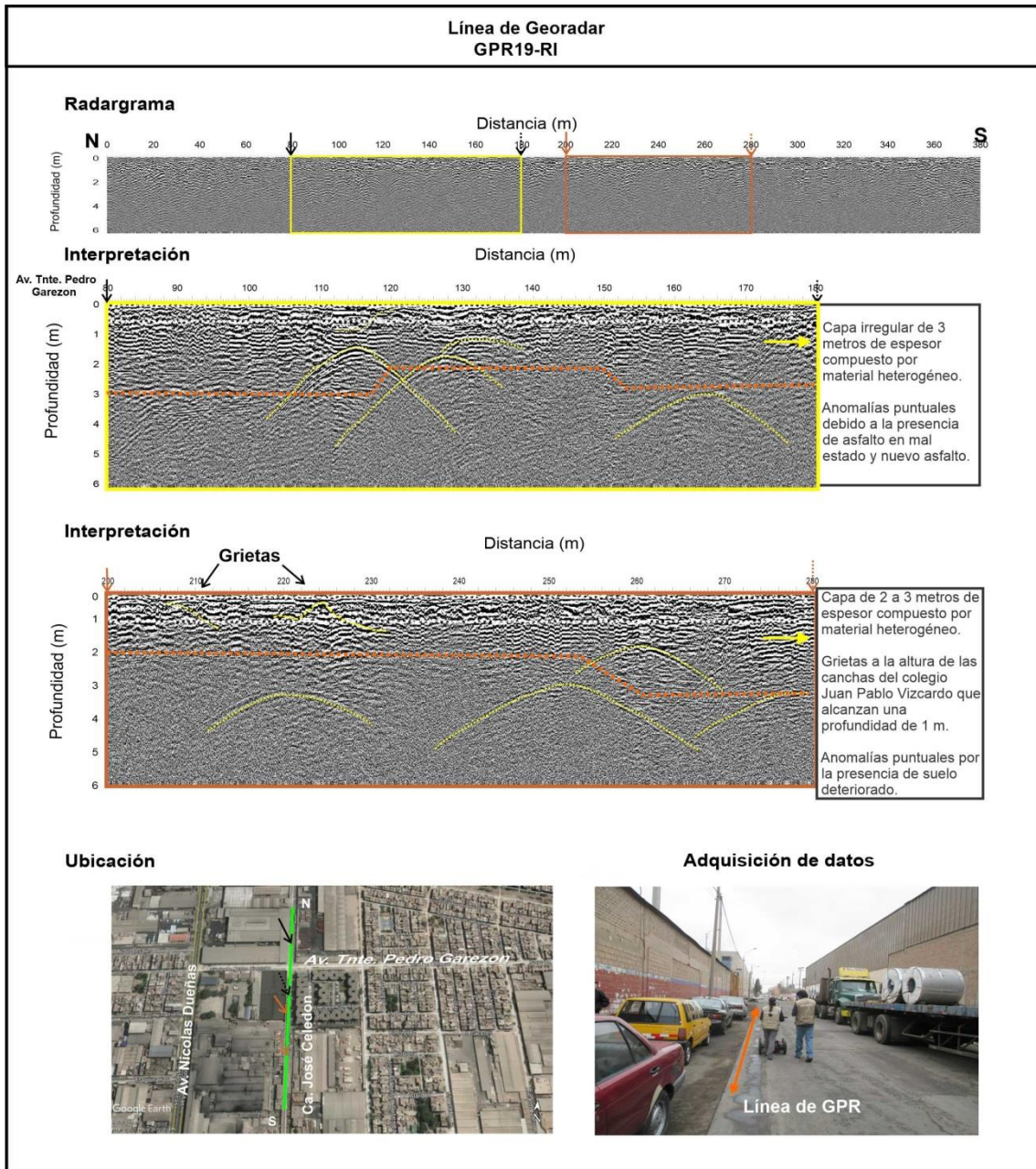




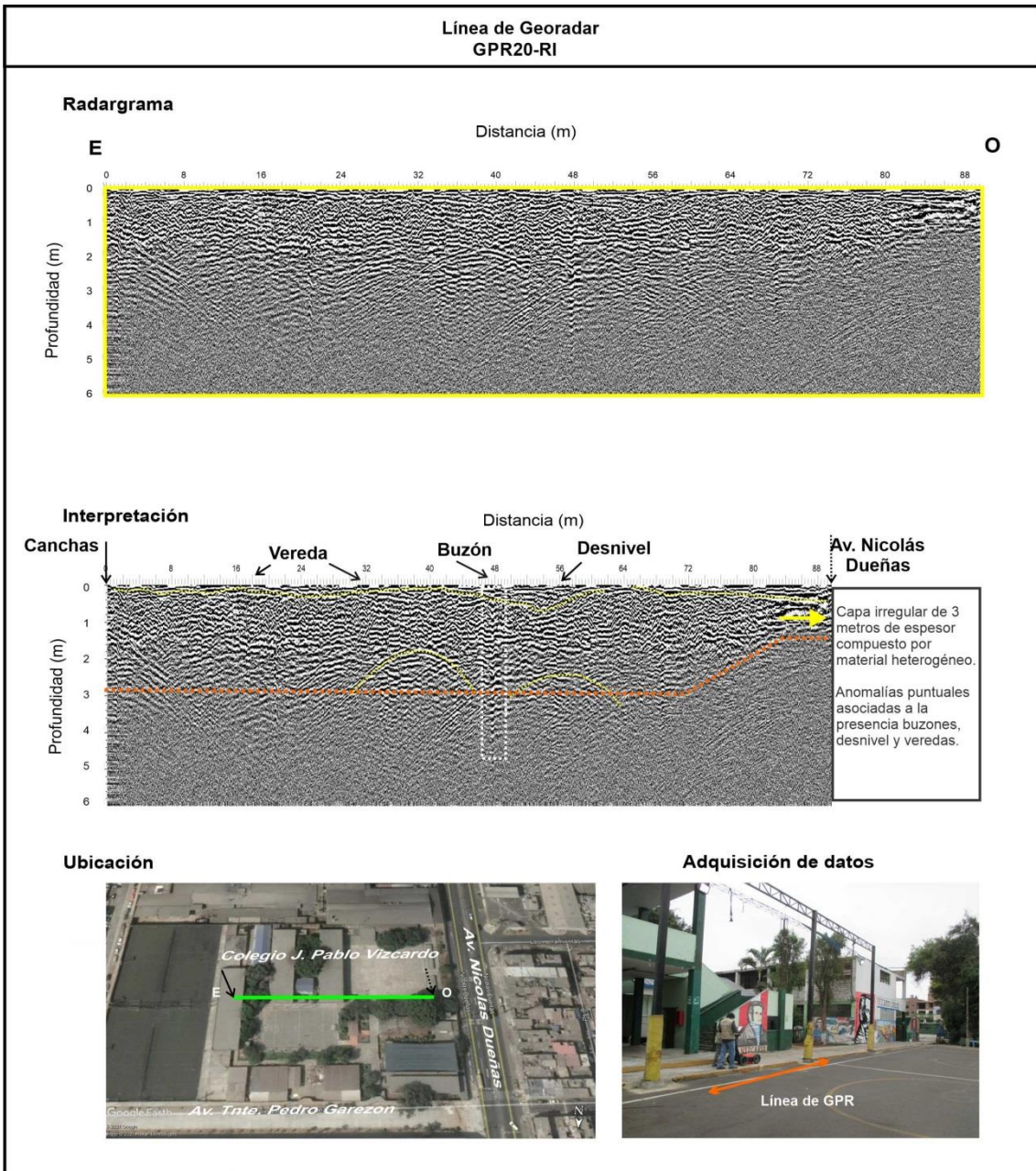



Evaluación Geofísica de la Margen Izquierda del Río Rimac						
	UBICACIÓN:	Pje. Villa mar		DISTRITO:	Cercado de Lima	PROVINCIA/ DEPARTAMENTO:
	LONGITUD DE LA LINEA:	264 metros		ANTENA:	350 MHz	FECHA:
	COORDENADAS UTM: 18S	INICIO: NORTE (m): 8668162	ESTE (m): 277516	COTA (m.s.n.m.): 142		
	DATUM WGS84	FINAL: NORTE (m): 8668072	ESTE (m): 277265	COTA (m.s.n.m.): 139		
ELABORADO POR: L. Torres & J. Salas	REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera		





Evaluación Geofísica de la Margen Izquierda del Río Rimac						
	UBICACIÓN:	Ca. José Celedon		DISTRITO:	Cercado de Lima	PROVINCIA/DEPARTAMENTO: Lima
	LONGITUD DE LA LINEA:	380 metros		ANTENA:	350 MHz	FECHA: 06/2021
	COORDENADAS UTM: 18S	INICIO: NORTE (m): 8668194	ESTE (m): 275291	COTA (m.s.n.m.): 111		
	DATUM WGS84	FINAL: NORTE (m): 8667807	ESTE (m): 275323	COTA (m.s.n.m.): 111		
ELABORADO POR: L. Torres & J. Salas	REVISADO POR:	I. Bernal		APROBADO POR:	H. Tavera	



Evaluación Geofísica de la Margen Izquierda del Río Rimac						
	UBICACIÓN:	Interior colegio J. Pablo Vizcardo	DISTRITO:	Cercado de Lima	PROVINCIA/ DEPARTAMENTO:	Lima
	LONGITUD DE LA LINEA:	90 metros	ANTENA:	350 MHz	FECHA:	06/2021
	COORDENADAS UTM: 18S DATUM WGS84	INICIO: NORTE (m): 8668006	ESTE (m): 275243	COTA (m.s.n.m.): 114		
		FINAL: NORTE (m): 8667994	ESTE (m): 275150	COTA (m.s.n.m.): 113		
ELABORADO POR: L. Torres & J. Salas	REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera		

ANEXO VI

Fichas de áreas críticas

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 01

Ubicación: av. Del Trabajo 444

Región

Lima

Provincia

Lima

Distrito

Lima Cercado

Coordenadas UTM

Zona

18 S WGS-84

Norte (m)

8668568

Este (m)

276995

Elevación (m s. n. m.)

146

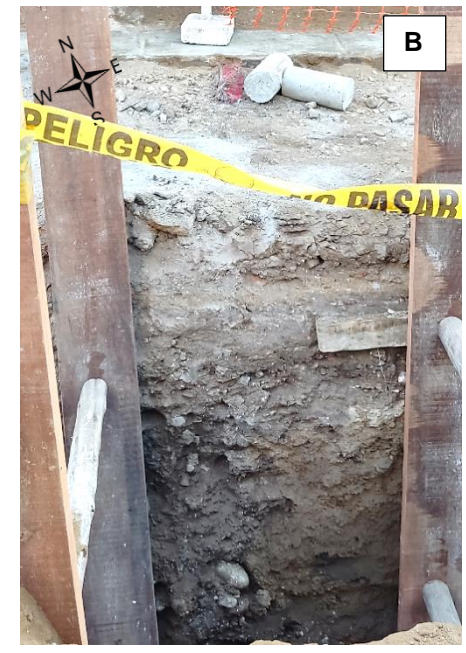


Observaciones:

- Figura A: Asentamiento diferencial. Se observa el hundimiento e inclinación de la vivienda, así como su sostenimiento con puntales de madera para el segundo piso.

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 02		Ubicación: av. Del Trabajo 398					
Región	Lima	Provincia	Lima	Distrito	Lima Cercado		
Coordenadas UTM							
Zona	18 S WGS-84	Norte (m)	8668530	Este (m)	277043	Elevación (m s. n. m.)	146



Observaciones:

- Figura A: Grieta de aproximadamente de 2 m de longitud, la cual ha sido reparada.
- Figura B: Suelo compuesto por material de relleno.

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 03

Ubicación: cruce jr. Torre de Junín con jr. 1 de Mayo

Región

Lima

Provincia

Lima

Distrito

Lima Cercado

Coordenadas UTM

Zona

18 S WGS-84

Norte (m)

8668466

Este (m)

277061

Elevación (m s. n. m.)

147



Observaciones:

- Figura A: Asentamiento diferencial (producto de conformación de suelos - relleno antrópico).
- Figura B: Vivienda (de la derecha) la cual sufrió movimiento, con abertura de 8 cm y desplazamiento de 4 cm.

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 04

Ubicación: jr. Torre de Junín 152

Región

Lima

Provincia

Lima

Distrito

Lima Cercado

Coordenadas UTM

Zona

18 S WGS-84

Norte (m)

8668439

Este (m)

277058

Elevación (m s. n. m.)

148



Observaciones:

- Figura A: Vivienda inclinada por asentamiento diferencial (producto de conformación de suelos - relleno antrópico).
- Figura B: Desplazamiento de 6 cm de la vivienda (de la izquierda, color verde) con respecto a la vivienda contigua.

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac**Pto. 05****Ubicación: av. Del Trabajo Nº 353****Región**

Lima

Provincia

Lima

Distrito**Lima Cercado****Coordenadas UTM****Zona**

18 S WGS-84

Norte (m)

8668454

Este (m)

277115

**Elevación
(m s. n. m.)**

148

**Observaciones:**

- Figura A: Asentamiento diferencial, con viviendas que presentan desplazamiento y hundimiento con respecto al nivel de la calle principal, así también se observa el uso de puntales de madera para el sostenimiento del segundo piso de las mismas.
- Figura B: Vivienda inclinada (color blanco) con abertura de 20 cm y desplazamiento de 10 cm, respecto de la vivienda contigua.

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 06		Ubicación: jr. La Inmaculada 175					
Región	Lima	Provincia	Lima	Distrito	Lima Cercado		
Coordenadas UTM							
Zona	18 S WGS-84	Norte (m)	8668409	Este (m)	277125	Elevación (m s. n. m.)	148



Observaciones:

- Figura A: Asentamiento diferencial; y fisuramiento de la fachada, con 1.5 m y 4 m de longitud, en la parte inferior y superior, respectivamente. Uso madera para su sostenimiento, mientras se desarrollan trabajos de alcantarillado en las calles contiguas.

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac**Pto. 07****Ubicación: av. Del Trabajo 301, cruce con jr. Flores.****Región**

Lima

Provincia

Lima

Distrito**Lima Cercado****Coordenadas UTM****Zona**

18 S WGS-84

Norte (m)

8668385

Este (m)

277179

**Elevación
(m s. n. m.)**

150

**Observaciones:**

- Figura A: Fisura (delimitación en rojo) con longitud de 4 m, en la pared de la vivienda asentada sobre material de relleno antrópico.
- Figura B: Fisuras (delimitación en rojo) con longitudes de 1 m (izquierda) y 5 m (derecha).

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 08		Ubicación: jr. José Flores 173-C					
Región	Lima	Provincia	Lima	Distrito	Lima Cercado		
Coordenadas UTM							
Zona	18 S WGS-84	Norte (m)	8668359	Este (m)	277151	Elevación (m s. n. m.)	149



Observaciones:

- Figura A: Asentamiento diferencial en suelo compuesto por material de relleno antrópico. Hundimiento y agrietamiento de vivienda.
- Figura B: Agrietamiento de la fachada, grietas con longitud de 3 m y abertura de 5 cm (en la parte superior izquierda).

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 09		Ubicación: av. Del Trabajo 269 A					
Región	Lima	Provincia	Lima	Distrito	Lima Cercado		
Coordenadas UTM							
Zona	18 S WGS-84	Norte (m)	8668343	Este (m)	277223	Elevación (m s. n. m.)	150



Observaciones:

- Figura A: Vivienda inclinada por asentamiento diferencial (producto de conformación de suelos - relleno antrópico). Desplazamiento de 4 cm con respecto a la vivienda contigua.

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 10		Ubicación: av. Del Trabajo 263					
Región	Lima	Provincia	Lima	Distrito	Lima Cercado		
Coordenadas UTM							
Zona	18 S WGS-84	Norte (m)	8668340	Este (m)	277230	Elevación (m s. n. m.)	150



Observaciones:

- Figura A: Asentamiento diferencial (producto de conformación de suelos - relleno antrópico). Vivienda (de la derecha) la cual sufrió movimiento, con abertura de 8 cm y desplazamiento de 10 cm respecto de la vivienda contigua.

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 11		Ubicación: jr. Florencio Olazo 160					
Región	Lima	Provincia	Lima	Distrito	Lima Cercado		
Coordenadas UTM							
Zona	18 S WGS-84	Norte (m)	8668324	Este (m)	277223	Elevación (m s. n. m.)	149



Observaciones:

- Figura A: Asentamiento diferencial en suelo compuesto por material de relleno antrópico. Agrietamiento de vivienda, con longitud entre 1 y 4 m, y aberturas hasta de 1 cm.

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac
Pto. 12
Ubicación: av. Del Trabajo 221
Región

Lima

Provincia

Lima

Distrito
Lima Cercado
Coordenadas UTM
Zona

18 S WGS-84

Norte (m)

8668309

Este (m)

277279

**Elevación
(m s. n. m.)**

149


Observaciones:

- Figura A: Asentamiento diferencial en suelo compuesto por material de relleno antrópico. Vivienda (de la derecha), que ha sufrido desplazamiento de 3 cm y abertura de 2 cm, respecto de la vivienda contigua.

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 13

Ubicación: jr. 1 de Mayo 341

Región

Lima

Provincia

Lima

Distrito

Lima Cercado

Coordenadas UTM

Zona

18 S WGS-84

Norte (m)

8668483

Este (m)

277040

Elevación (m s. n. m.)

147



Observaciones:

- Figura A: Asentamiento diferencial por suelo compuesto por relleno antrópico, se observa el hundimiento e inclinación de la vivienda.
- Figura B: Agrietamiento y deterioro del material de construcción de la vivienda.

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 14		Ubicación: jr. 1 de Mayo 407					
Región	Lima	Provincia	Lima	Distrito	Lima Cercado		
Coordenadas UTM							
Zona	18 S WGS-84	Norte (m)	8668501	Este (m)	276997	Elevación (m s. n. m.)	146

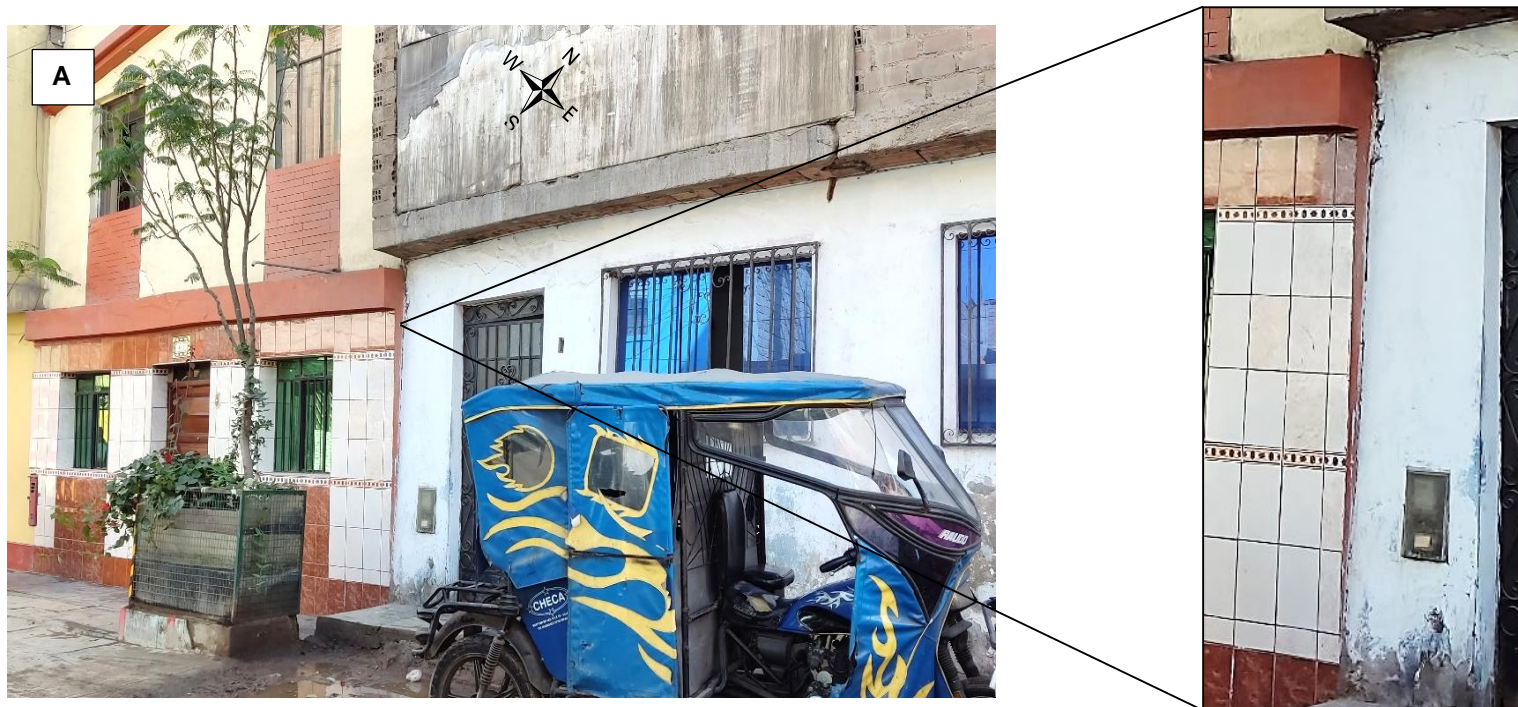


Observaciones:

- Figura A: Asentamiento diferencial en suelo compuesto por material de relleno antrópico. Vivienda (de la derecha), que ha sufrido desplazamiento de 4 cm y abertura de 3 cm, respecto de la vivienda contigua.

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 15		Ubicación: jr. 1 de Mayo 412					
Región	Lima	Provincia	Lima	Distrito	Lima Cercado		
Coordenadas UTM							
Zona	18 S WGS-84	Norte (m)	8668512	Este (m)	276980	Elevación (m s. n. m.)	146



Observaciones:

- Figura A: Vivienda inclinada por asentamiento diferencial (producto de conformación de suelos - relleno antrópico).
- Figura B: Desplazamiento de 3 cm de la vivienda (de la derecha, color blanco), con respecto a la vivienda contigua.

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 16

Ubicación: jr. 1 de Mayo 427

Región

Lima

Provincia

Lima

Distrito

Lima Cercado

Coordenadas UTM

Zona

18 S WGS-84

Norte (m)

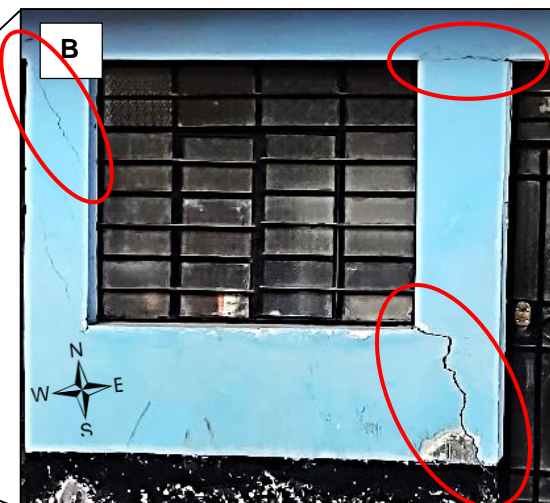
8668515

Este (m)

276966

Elevación (m s. n. m.)

146



Observaciones:

- Figura A: Asentamiento diferencial en suelo compuesto por material de relleno antrópico.
- Figura B: Agrietamiento de vivienda, con longitudes entre 0.5 y 1 m, y aberturas hasta de 1 cm.

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 17		Ubicación: jr. 1 de Mayo 438					
Región	Lima	Provincia	Lima	Distrito	Lima Cercado		
Coordenadas UTM							
Zona	18 S WGS-84	Norte (m)	8668517	Este (m)	276948	Elevación (m s. n. m.)	146



Observaciones:

- Figura A: Asentamiento diferencial en suelo compuesto por material de relleno antrópico. Hundimiento e inclinación de viviendas.
- Figura B: Desplazamiento de 2 cm y abertura de 3 cm, de la vivienda (de la derecha) respecto de la vivienda contigua.
- Figura C: Se observa la inclinación y desplazamiento (10 cm) de la vivienda de la izquierda respecto de la vivienda contigua.

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 18

Ubicación: jr. Juan Alfaro 459

Región

Lima

Provincia

Lima

Distrito

Lima Cercado

Coordenadas UTM

Zona

18 S WGS-84

Norte (m)

8668558

Este (m)

276937

Elevación (m s. n. m.)

147



Observaciones:

- Figura A: Asentamiento diferencial en suelo compuesto por material de relleno antrópico. Hundimiento e inclinación de vivienda.
- Figura B: Agrietamiento de vivienda, con longitudes entre 4 m, y aberturas hasta de 1 cm.

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 19		Ubicación: jr. Juan Alfaro 437					
Región	Lima	Provincia	Lima	Distrito	Lima Cercado		
Coordenadas UTM							
Zona	18 S WGS-84	Norte (m)	8668542	Este (m)	276960	Elevación (m s. n. m.)	146



Observaciones:

- Figura A: Asentamiento diferencial en suelo compuesto por material de relleno antrópico. Hundimiento e inclinación de viviendas.
- Figura B: Desplazamiento de 8 cm y abertura de 8 cm, de la vivienda (de la izquierda, color melón) respecto de la vivienda contigua.
- Figura C: Se observa desplazamiento (2 cm) de la vivienda de la izquierda respecto de la vivienda contigua.

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac
Pto. 20
Ubicación: av. Del Trabajo 458
Región

Lima

Provincia

Lima

Distrito
Lima Cercado
Coordenadas UTM
Zona

18 S WGS-84

Norte (m)

8668583

Este (m)

276977

**Elevación
(m s. n. m.)**

146


Observaciones:

- Figura A: Asentamiento diferencial en suelo compuesto por material de relleno antrópico. Agrietamiento de vivienda, con longitudes entre 1 y 2 m, y aberturas hasta de 5 cm (balcón del segundo piso).

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 21

Ubicación: jr. Gervacio Santillán 162

Región

Lima

Provincia

Lima

Distrito

Lima Cercado

Coordenadas UTM

Zona

18 S WGS-84

Norte (m)

8668472

Este (m)

277004

Elevación (m s. n. m.)

146



Observaciones:

- Figura A: Asentamiento diferencial en suelo compuesto por material de relleno antrópico, viviendas hundidas e inclinadas.
- Figura B: Desplazamiento de 6 cm de la vivienda (de la derecha, color celeste) respecto de la vivienda contigua izquierda.

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 22		Ubicación: jr. Federico Sotomayor 435					
Región	Lima	Provincia	Lima	Distrito	Lima Cercado		
Coordenadas UTM							
Zona	18 S WGS-84	Norte (m)	8668468	Este (m)	276963	Elevación (m s. n. m.)	145



Observaciones:

- Figura A: Asentamiento diferencial en suelo compuesto por material de relleno antrópico. Viviendas inclinadas. Desplazamiento de 6 cm de la vivienda (de la izquierda) respecto de la vivienda contigua.
- Figura B: Desplazamiento de 2 cm de la vivienda (de la derecha, color verde) respecto de la vivienda contigua izquierda.

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 23		Ubicación: jr. Federico Sotomayor 356					
Región	Lima	Provincia	Lima	Distrito	Lima Cercado		
Coordenadas UTM							
Zona	18 S WGS-84	Norte (m)	8668440	Este (m)	277037	Elevación (m s. n. m.)	148



Observaciones:

- Figura A: Asentamiento diferencial en suelo compuesto por material de relleno antrópico. Agrietamiento de vivienda, con diversas longitudes y aberturas hasta de 1 cm.

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 24		Ubicación: jr. Federico Sotomayor 338					
Región	Lima	Provincia	Lima	Distrito	Lima Cercado		
Coordenadas UTM							
Zona	18 S WGS-84	Norte (m)	8668427	Este (m)	277071	Elevación (m s. n. m.)	148



Observaciones:

- Figura A: Asentamiento diferencial en suelo compuesto por material de relleno antrópico, vivienda inclinada. Desplazamiento de 3 cm de la vivienda (de la derecha, color amarillo) respecto de la vivienda contigua izquierda.

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 25

Ubicación: jr. Villa María 968

Región

Lima

Provincia

Lima

Distrito

Lima Cercado

Coordenadas UTM

Zona

18 S WGS-84

Norte (m)

8668478

Este (m)

276012

Elevación (m s. n. m.)

132



Observaciones:

- Figura A: Asentamiento diferencial en suelo compuesto por material de relleno antrópico. Vivienda (de la derecha, color rosado), que ha sufrido desplazamiento de 6 cm y abertura de 4 cm, respecto de la vivienda contigua (color azul).

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 26		Ubicación: jr. Villa María 927					
Región	Lima	Provincia	Lima	Distrito	Lima Cercado		
Coordenadas UTM							
Zona	18 S WGS-84	Norte (m)	8668464	Este (m)	276073	Elevación (m s. n. m.)	133



Observaciones:

- Figura A: Asentamiento diferencial en suelo compuesto por material de relleno antrópico. Vivienda (de la izquierda, color verde claro), que ha sufrido desplazamiento de 8 cm y abertura de 10 cm, respecto de la vivienda contigua (derecha, color verde oscuro).

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 27

Ubicación: jr. Villa María 918

Región

Lima

Provincia

Lima

Distrito

Lima Cercado

Coordenadas UTM

Zona

18 S WGS-84

Norte (m)

8668466

Este (m)

276067

Elevación (m s. n. m.)

133



Observaciones:

- Figura A: Asentamiento diferencial en suelo compuesto por material de relleno antrópico; vivienda inclinada. Vivienda (de la izquierda, color turques), que ha sufrido desplazamiento de 4 cm y abertura de 1 cm, respecto de la vivienda contigua (derecha).

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 28		Ubicación: jr. Celendín 916					
Región	Lima	Provincia	Lima	Distrito	Lima Cercado		
Coordenadas UTM							
Zona	18 S WGS-84	Norte (m)	8668506	Este (m)	276091	Elevación (m s. n. m.)	133



Observaciones:

- Figura A: Asentamiento diferencial en suelo compuesto por material de relleno antrópico. Vivienda (de la izquierda, color lila), que ha sufrido desplazamiento de 2 cm y abertura de 8 cm, respecto de la vivienda contigua (derecha). La abertura ha sido rellena.

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 29

Ubicación: jr. Celendín 952

Región

Lima

Provincia

Lima

Distrito

Lima Cercado

Coordenadas UTM

Zona

18 S WGS-84

Norte (m)

8668510

Este (m)

276055

Elevación (m s. n. m.)

132



Observaciones:

- Figura A: Asentamiento diferencial en suelo compuesto por material de relleno antrópico. Viviendas hundidas e inclinadas.
- Figura B: Vivienda (de la derecha, color celeste), que ha sufrido desplazamiento de 15 cm respecto de la vivienda contigua (derecha, color crema).

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 30		Ubicación: jr. Reque 162					
Región	Lima	Provincia	Lima	Distrito	Lima Cercado		
Coordenadas UTM							
Zona	18 S WGS-84	Norte (m)	8668465	Este (m)	275963	Elevación (m s. n. m.)	131

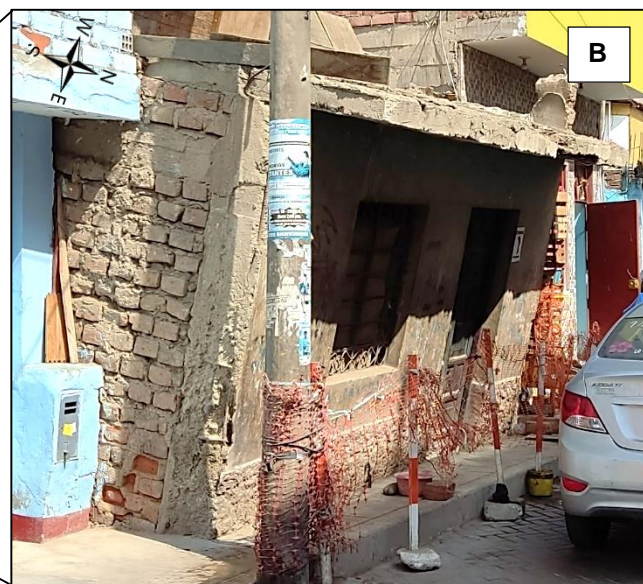


Observaciones:

- Figura A: Asentamiento diferencial en suelo compuesto por material de relleno antrópico. Viviendas hundidas, agrietadas e inclinadas.
- Figura B: Vivienda (de la izquierda, sin pintar), que ha sufrido desplazamiento de 7 cm y abertura de 10 cm respecto de la vivienda contigua (derecha, color verde).

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 31		Ubicación: jr. Olmos 1013					
Región	Lima	Provincia	Lima	Distrito	Lima Cercado		
Coordenadas UTM							
Zona	18 S WGS-84	Norte (m)	8668372	Este (m)	275946	Elevación (m s. n. m.)	132



Observaciones:

- Figura A: Asentamiento diferencial en suelo compuesto por material de relleno antrópico. Vivienda hundida e inclinada.
- Figura B: Vivienda (de la derecha, sin pintar), que ha sufrido desplazamiento de 80 cm respecto de la vivienda contigua (derecha, color verde). Se encuentra hundida e inclinada (ángulo de 15°, aproximadamente).

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 32		Ubicación: jr. Olmos 966					
Región	Lima	Provincia	Lima	Distrito	Lima Cercado		
Coordenadas UTM							
Zona	18 S WGS-84	Norte (m)	8668371	Este (m)	275999	Elevación (m s. n. m.)	131



Observaciones:

- Figura A: Asentamiento diferencial en suelo compuesto por material de relleno antrópico. Vivienda hundida e inclinada. Desplazamiento de 6 cm de la vivienda (de la derecha, color amarillo claro) respecto de la vivienda contigua (izquierda, color celeste).

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 33		Ubicación: jr. Olmos 942					
Región	Lima	Provincia	Lima	Distrito	Lima Cercado		
Coordenadas UTM							
Zona	18 S WGS-84	Norte (m)	8668368	Este (m)	276026	Elevación (m s. n. m.)	131



Observaciones:

- Figura A: Asentamiento diferencial en suelo compuesto por material de relleno antrópico. Vivienda hundida e inclinada, lateral.
- Figura B: Abertura de 9 cm de la vivienda (de la derecha, color amarillo) respecto de la vivienda contigua izquierda. La abertura ha sido rellena.

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 34

Ubicación: jr. Olmos 908

Región

Lima

Provincia

Lima

Distrito

Lima Cercado

Coordenadas UTM

Zona

18 S WGS-84

Norte (m)

8668361

Este (m)

276086

Elevación (m s. n. m.)

131

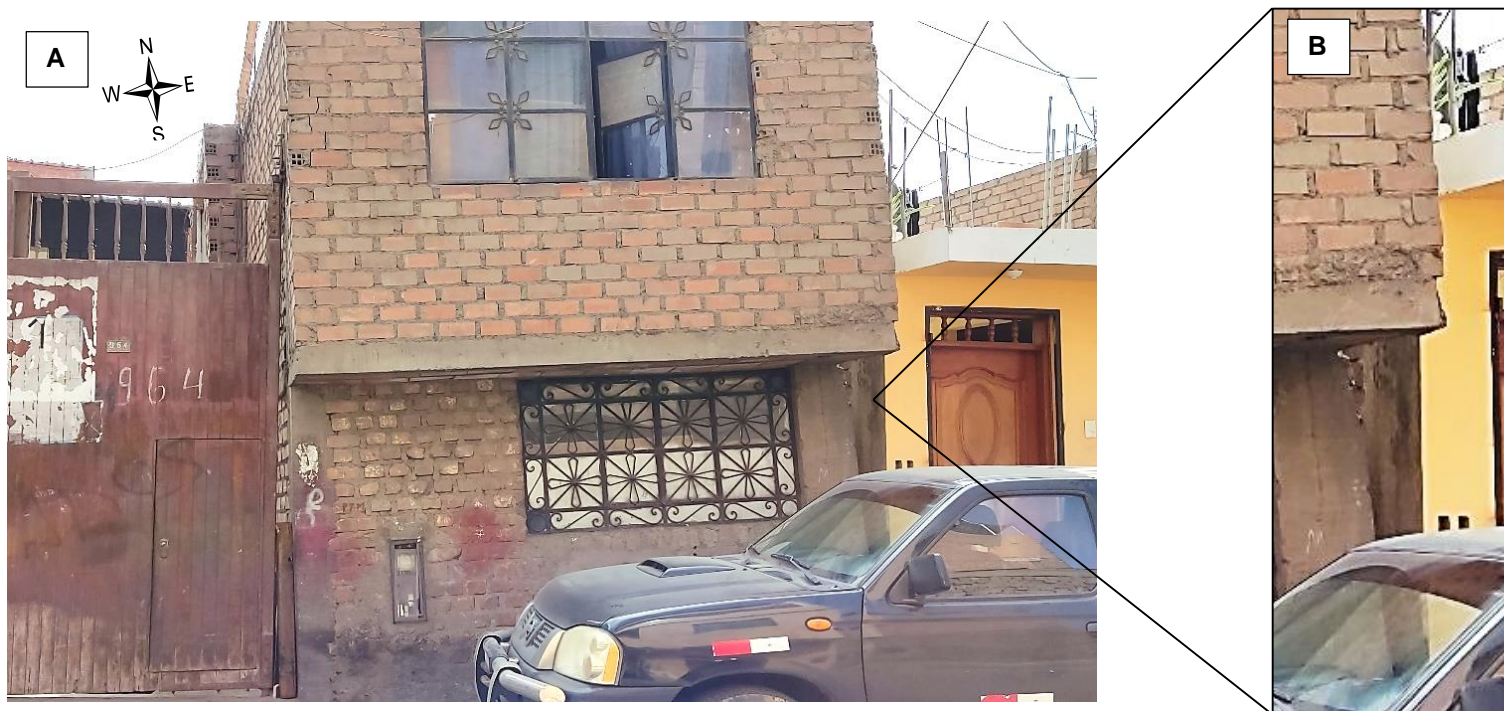


Observaciones:

- Figura A: Asentamiento diferencial, hundimiento, agrietamiento e inclinación de viviendas en suelo de relleno antrópico.
- Figura B: Desplazamiento de 8 cm, de la vivienda (de la derecha, color melón) respecto de la vivienda contigua (color guinda).
- Figura C: Se observa desplazamiento (2 cm) de la vivienda de la derecha respecto de la vivienda contigua (color verde).

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 35		Ubicación: jr. Huancarqui 964					
Región	Lima	Provincia	Lima	Distrito	Lima Cercado		
Coordenadas UTM							
Zona	18 S WGS-84	Norte (m)	8668325	Este (m)	276022	Elevación (m s. n. m.)	133



Observaciones:

- Figura A: Asentamiento diferencial en suelo compuesto por material de relleno antrópico. Vivienda hundida e inclinada, de forma lateral.
- Figura B: Abertura de 25 cm de la vivienda (de la izquierda, sin pintar) respecto de la vivienda contigua derecha (color amarillo).

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 36

Ubicación: jr. 15 de Agosto S/N, frente al cruce con psje. Los Ángeles

Región

Lima

Provincia

Lima

Distrito

Lima Cercado

Coordenadas UTM

Zona

18 S WGS-84

Norte (m)

8668456

Este (m)

275784

Elevación (m s. n. m.)

130



Observaciones:

- Figura A: Asentamiento diferencial en suelo compuesto por material de relleno antrópico. Vivienda hundida e inclinada. Se observa el uso de puntales de madera para su sostenimiento.
- Figura B: Fisura de 1 m de longitud.

Identificación de sitios afectados por problemas geotécnicos en la margen izquierda del río Rímac

Pto. 37

Ubicación: av. Ramón Cárcamo 108

Región

Lima

Provincia

Lima

Distrito

Lima Cercado

Coordenadas UTM

Zona

18 S WGS-84

Norte (m)

8668438

Este (m)

276685

Elevación (m s. n. m.)

139



Observaciones:

- Figura A: Asentamiento diferencial en suelo compuesto por material de relleno antrópico; y fuerte agrietamiento, con longitudes entre 1 m y 4 m; y aberturas de hasta 1 cm.

ANEXO VII

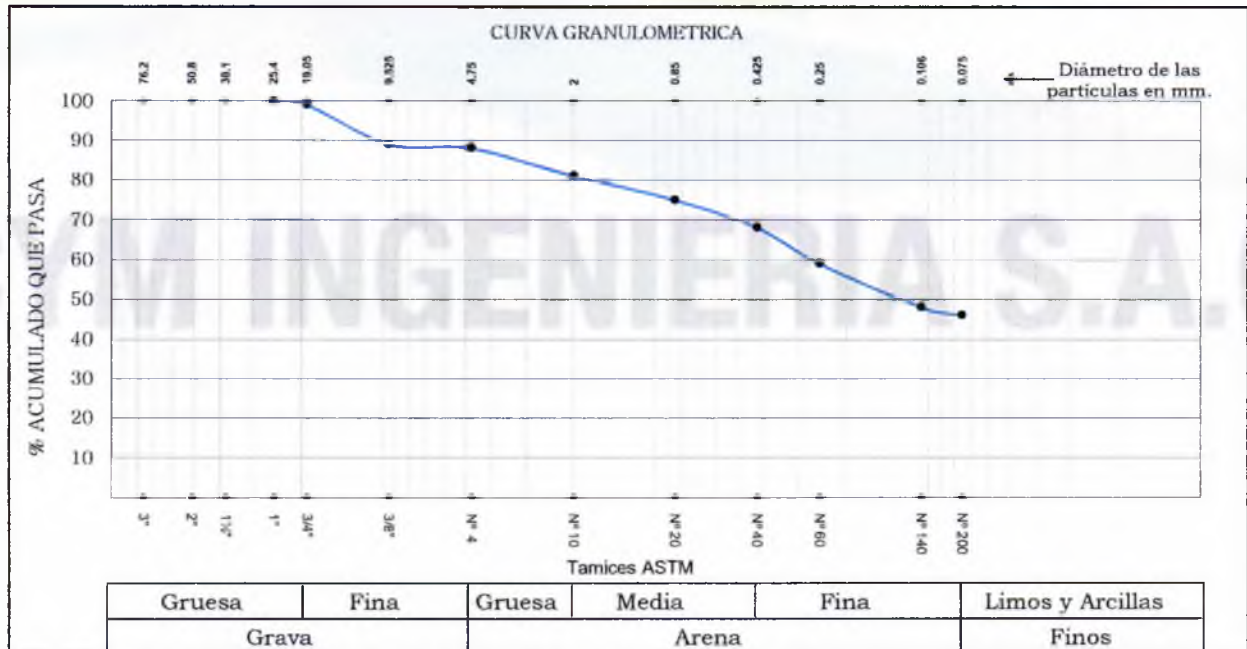
Ensayos geotécnicos



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO, PAVIMENTOS
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS
 PROYECTOS DE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS

Solicitante: INSTITUTO GEOFISICO DEL PERÚ (IGP) Calicata: **CMIRR-01**
 Proyecto: EJECUCIÓN DE 06 CALICATAS CON ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Muestra: M-1
 Ubicación: Distrito: Mirones Alto, Provincia: Lima, Departamento: Lima Profundidad: 1.90 - 2.70 m.
 Fecha: San Borja, 10 de Noviembre del 2021 Expediente: **ELAB-031-2021**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO NTP 339.128 / ASTM - D 422			LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM - D 427 / D 4318	
MALLA	ABERTURA mm.	% QUE PASA	Limite líquido (%)	NT
3"	76.20		Limite plástico (%)	NP
2"	50.80		Índice plástico (%)	-
1 1/2"	38.10		Resultados: ASTM - D 2487 / D 3282	
1"	25.40	100	Coefficiente de:	
3/4"	19.05	99	-Uniformidad	
3/8"	9.525	89	-Curvatura	
Nº 004	4.750	88	Material:	
Nº 010	2.000	81	-Grava (%)	12
Nº 020	0.850	75	-Arena (%)	42
Nº 040	0.425	68	-Finos (%)	46
Nº 060	0.250	59	Clasificación:	
Nº 140	0.106	48	-AASHTO	
Nº 200	0.075	46	-SUCS	SM
			Nombre de grupo:	
			CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D 2216	
			Humedad natural (%)	44.38



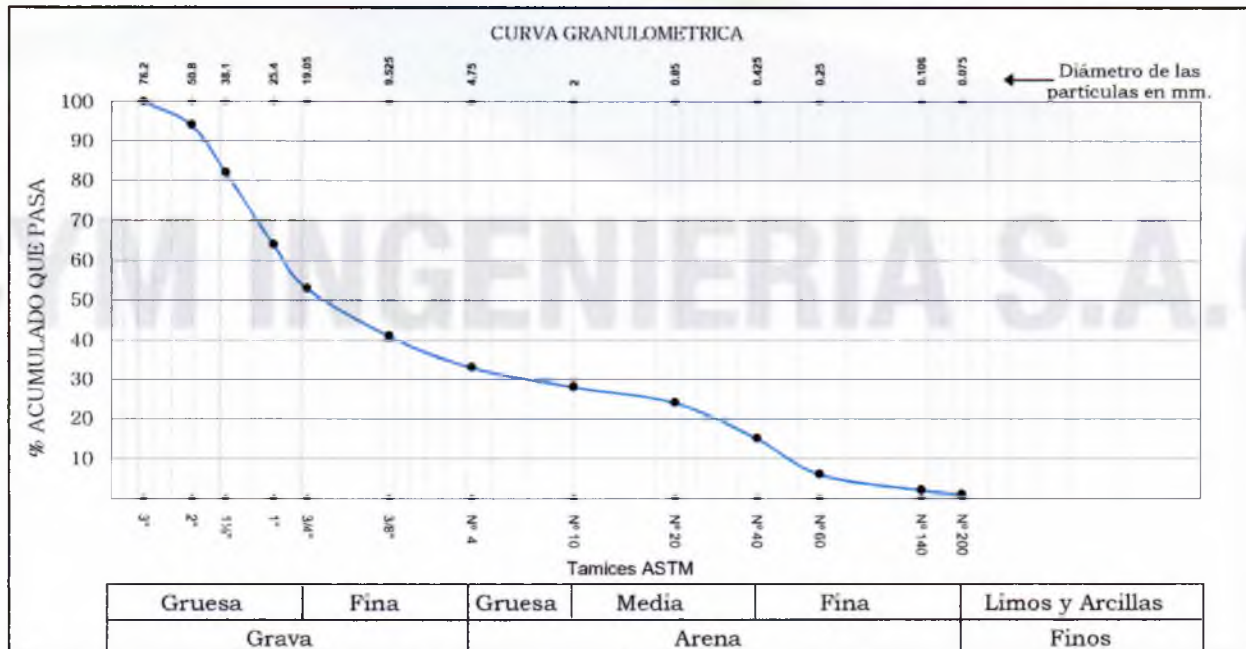
NOTA: La muestra ha sido identificada y proporcionada por el Solicitante.

TEC. LUIS MEZA QUISPE
 VºBº AREA TÉCNICA

ING. CARLOS CONDORI SANCHEZ
 CIP N° 092020
JEFE DE LABORATORIO

Solicitante: INSTITUTO GEOFISICO DEL PERÚ (IGP) Calicata: **CMIRR-02**
 Proyecto: EJECUCIÓN DE 06 CALICATAS CON ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Muestra: M-1
 Ubicación: Distrito: Mirones Alto, Provincia: Lima, Departamento: Lima Profundidad: 1.00 - 2.70 m.
 Fecha: San Borja, 10 de Noviembre del 2021 Expediente: **ELAB-031-2021**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO NTP 339.128 / ASTM - D 422			LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM - D 427 / D 4318	
MALLA	ABERTURA mm.	% QUE PASA	Limite líquido (%)	NT
3"	76.20	100	Limite plástico (%)	NP
2"	50.80	94	Indice plástico (%)	-
1 1/2"	38.10	82	Resultados: ASTM - D 2487 / D 3282	
1"	25.40	64	Coefficiente de:	
3/4"	19.05	53	-Uniformidad	
3/8"	9.525	41	-Curvatura	
Nº 004	4.750	33	Material:	
Nº 010	2.000	28	-Grava (%)	67
Nº 020	0.850	24	-Arena (%)	32
Nº 040	0.425	15	-Finos (%)	1
Nº 060	0.250	6	Clasificación:	
Nº 140	0.106	2	-AASHTO	
Nº 200	0.075	1	-SUCS	GW con arena
			Nombre de grupo:	
CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D 2216				
			Humedad natural (%)	4.06



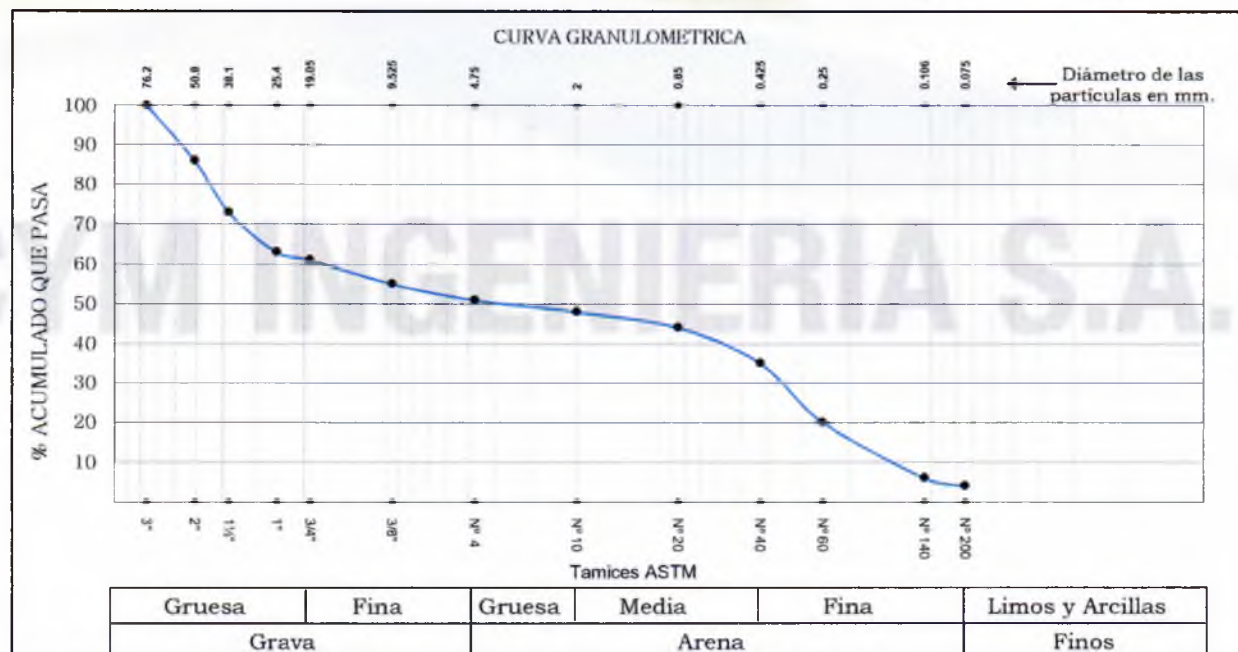
NOTA: La muestra ha sido identificada y proporcionada por el Solicitante.


TEC. LUIS MEZA QUISPE
 VºBº AREA TÉCNICA


ING. CARLOS CONDORI SANCHEZ
 CIP N° 092020
 JEFE DE LABORATORIO

Solicitante: INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ (IGP) Calicata: **CMIRR-03**
 Proyecto: EJECUCIÓN DE 06 CALICATAS CON ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Muestra: M-1
 Ubicación: Distrito: Mirones Alto, Provincia: Lima, Departamento: Lima Profundidad: 2.60 - 2.80 m.
 Fecha: San Borja, 10 de Noviembre del 2021 Expediente: **ELAB-031-2021**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO NTP 339.128 / ASTM - D 422			LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM - D 427 / D 4318	
MALLA	ABERTURA mm.	% QUE PASA	Limite líquido (%)	NT
3"	76.20	100	Limite plástico (%)	NP
2"	50.80	86	Indice plástico (%)	-
1 1/2"	38.10	73	Resultados: ASTM - D 2487 / D 3282	
1"	25.40	63	<i>Coefficiente de:</i>	
3/4"	19.05	61	-Uniformidad	
3/8"	9.525	55	-Curvatura	
Nº 004	4.750	51	<i>Material:</i>	
Nº 010	2.000	48	-Grava (%)	49
Nº 020	0.850	44	-Arena (%)	47
Nº 040	0.425	35	-Finos (%)	4
Nº 060	0.250	20	<i>Clasificación:</i>	
Nº 140	0.106	6	-AASHTO	
Nº 200	0.075	4	-SUCS	GP con arena
			Nombre de grupo:	
CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D 2216				
			Humedad natural (%)	2.71



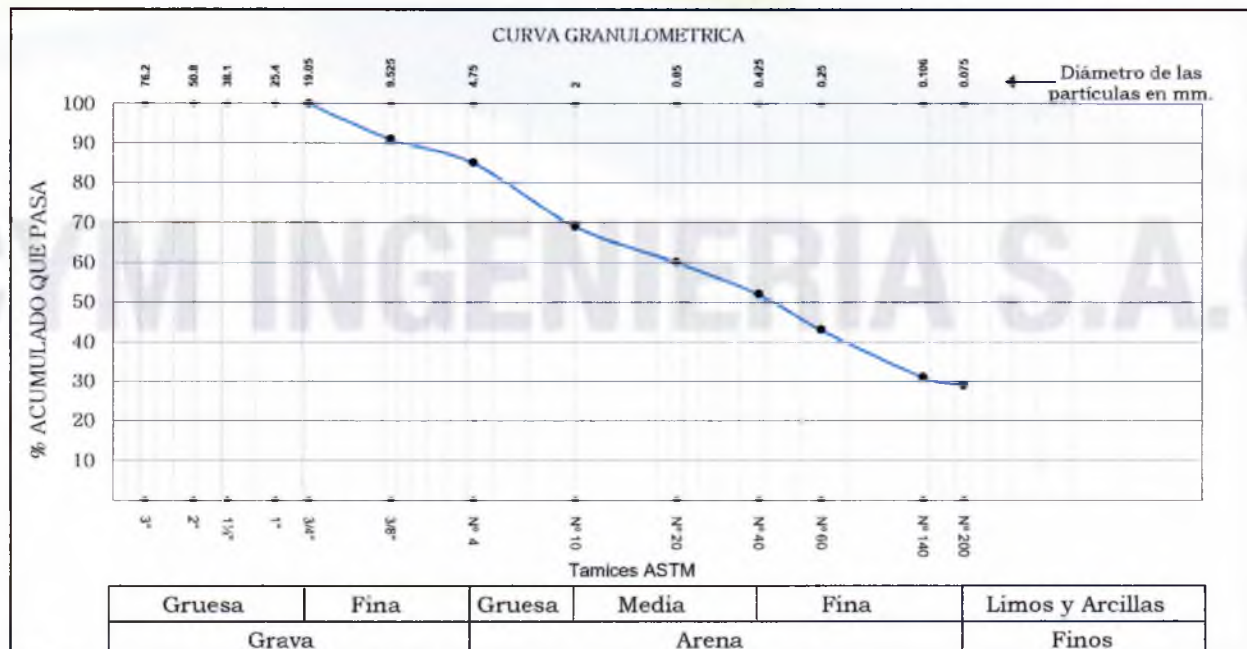
NOTA: La muestra ha sido identificada y proporcionada por el Solicitante.

TEC. LUIS MEZA QUISPE
VºBº AREA TÉCNICA

ING. CARLOS CONDORI SANCHEZ
CIP N° 092020
JEFE DE LABORATORIO

Solicitante: INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ (IGP) Calicata: **CMIRR-04**
 Proyecto: EJECUCIÓN DE 06 CALICATAS CON ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Muestra: M-1
 Ubicación: Distrito: Mirones Alto, Provincia: Lima, Departamento: Lima Profundidad: 0.00 - 2.70 m.
 Fecha: San Borja, 10 de Noviembre del 2021 Expediente: **ELAB-031-2021**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO NTP 339.128 / ASTM - D 422			LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM - D 427 / D 4318	
MALLA	ABERTURA mm.	% QUE PASA	Limite líquido (%)	NT
3"	76.20		Limite plástico (%)	NP
2"	50.80		Indice plástico (%)	-
1 1/2"	38.10		Resultados: ASTM - D 2487 / D 3282	
1"	25.40		Coefficiente de:	
3/4"	19.05	100	-Uniformidad	
3/8"	9.525	91	-Curvatura	
Nº 004	4.750	85	Material:	
Nº 010	2.000	69	-Grava (%)	15
Nº 020	0.850	60	-Arena (%)	56
Nº 040	0.425	52	-Finos (%)	29
Nº 060	0.250	43	Clasificación:	
Nº 140	0.106	31	-AASHTO	
Nº 200	0.075	29	-SUCS	SM con grava
			Nombre de grupo:	
CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D 2216				
			Humedad natural (%)	29.91



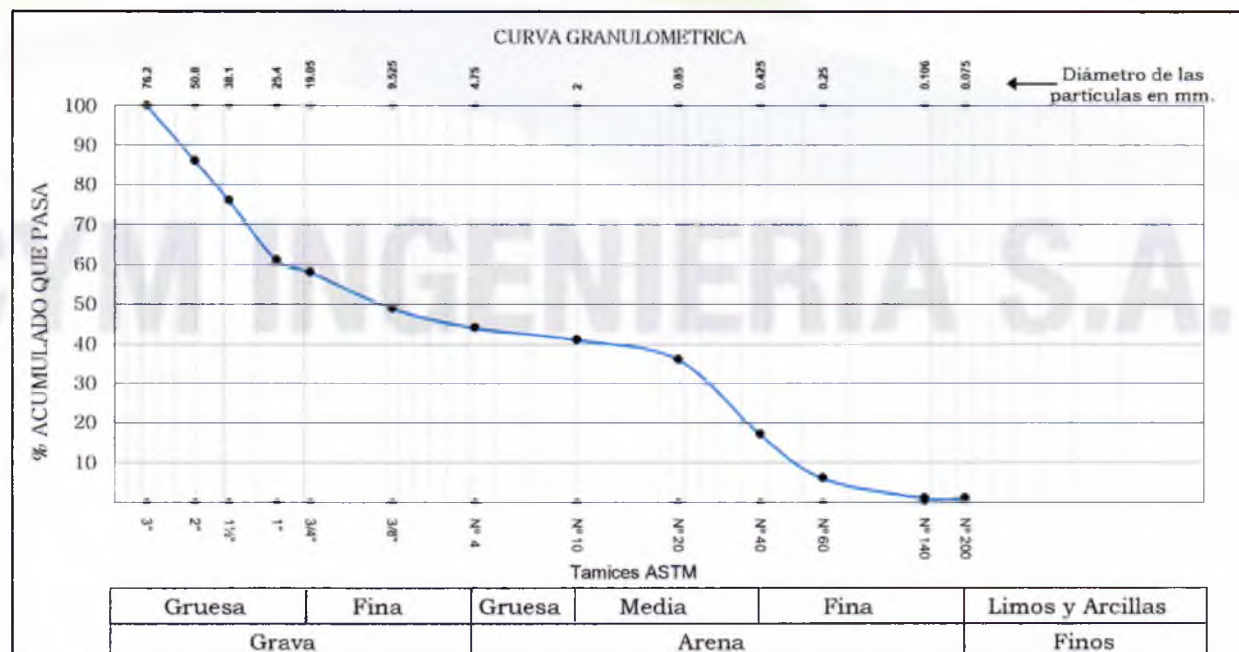
NOTA: La muestra ha sido identificada y proporcionada por el Solicitante.


TEC. LUIS MEZA QUISPE
 VºBº AREA TÉCNICA


ING. CARLOS CONDORI SANCHEZ
 CIP N° 092020
 JEFE DE LABORATORIO


Solicitante: INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ (IGP) Calicata: **CMIRR-05**
 Proyecto: EJECUCIÓN DE 06 CALICATAS CON ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Muestra: M-1
 Ubicación: Distrito: Mirones Alto, Provincia: Lima, Departamento: Lima Profundidad: 1.60 - 2.70 m.
 Fecha: San Borja, 10 de Noviembre del 2021 Expediente: **ELAB-031-2021**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO NTP 339.128 / ASTM - D 422			LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM - D 427 / D 4318	
MALLA	ABERTURA mm.	% QUE PASA	Limite líquido (%)	NT
3"	76.20	100	Limite plástico (%)	NP
2"	50.80	86	Indice plástico (%)	-
1 1/2"	38.10	76	Resultados: ASTM - D 2487 / D 3282	
1"	25.40	61	Coefficiente de:	
3/4"	19.05	58	-Uniformidad	
3/8"	9.525	49	-Curvatura	
Nº 004	4.750	44	Material:	
Nº 010	2.000	41	-Grava (%)	56
Nº 020	0.850	36	-Arena (%)	43
Nº 040	0.425	17	-Finos (%)	1
Nº 060	0.250	6	Clasificación:	
Nº 140	0.106	1	-AASHTO	
Nº 200	0.075	1	-SUCS	GP con arena
			Nombre de grupo:	
CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D 2216				
			Humedad natural (%)	2.43



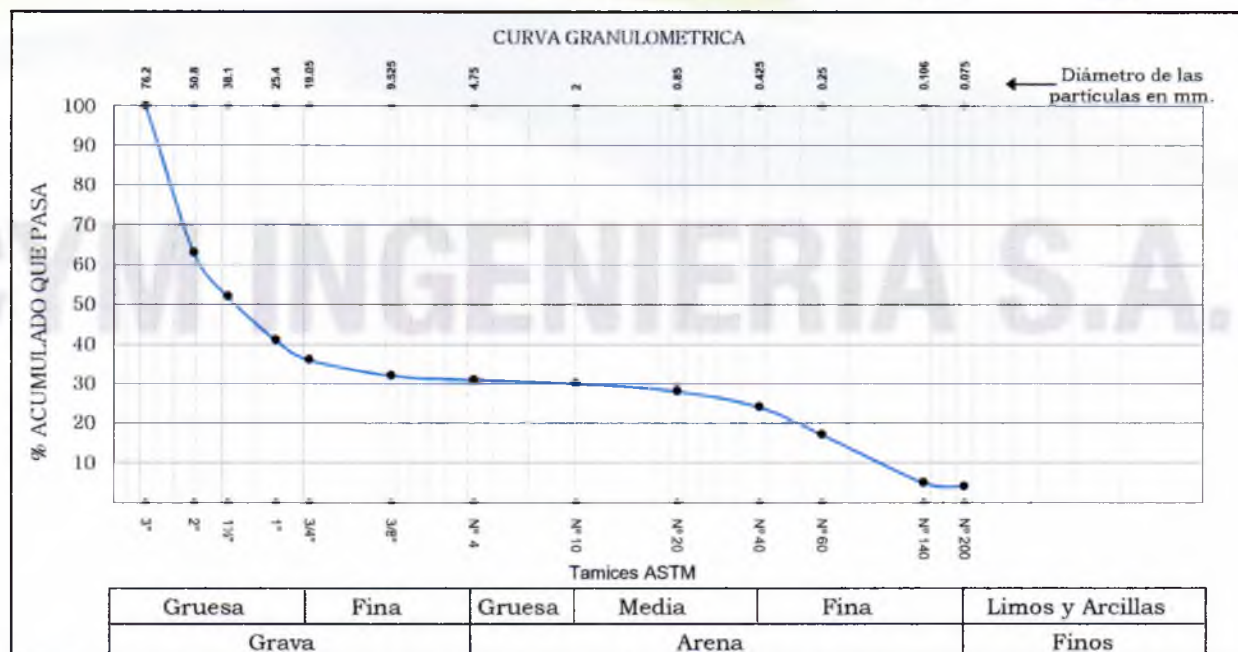
NOTA: La muestra ha sido identificada y proporcionada por el Solicitante.


TEC. LUÍS MEZA QUISPE
 VºBº AREA TÉCNICA



ING. CARLOS CONDORI SANCHEZ
 CIP N° 092020
 JEFE DE LABORATORIO

Solicitante: INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ (IGP) Calicata: **CMIRR-07**
 Proyecto: EJECUCIÓN DE 06 CALICATAS CON ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Muestra: M-1
 Ubicación: Distrito: Mirones Alto, Provincia: Lima, Departamento: Lima Profundidad: 2.10 - 2.50 m.
 Fecha: San Borja, 10 de Noviembre del 2021 Expediente: **ELAB-031-2021**


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO NTP 339.128 / ASTM - D 422			LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM - D 427 / D 4318	
MALLA	ABERTURA mm.	% QUE PASA	Limite líquido (%)	NT
3"	76.20	100	Limite plástico (%)	NP
2"	50.80	63	Indice plástico (%)	-
1 1/2"	38.10	52	Resultados: ASTM - D 2487 / D 3282	
1"	25.40	41	Coefficiente de:	
3/4"	19.05	36	-Uniformidad	
3/8"	9.525	32	-Curvatura	
Nº 004	4.750	31	Material:	
Nº 010	2.000	30	-Grava (%)	69
Nº 020	0.850	28	-Arena (%)	27
Nº 040	0.425	24	-Finos (%)	4
Nº 060	0.250	17	Clasificación:	
Nº 140	0.106	5	-AASHTO	
Nº 200	0.075	4	-SUCS	GW con arena
			Nombre de grupo:	
CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D 2216				
			Humedad natural (%)	2.25



NOTA: La muestra ha sido identificada y proporcionada por el Solicitante.



TEC. LUIS MEZA QUISPE
 VºBº AREA TÉCNICA



ING. CARLOS CONDORI SANCHEZ
 CIP N° 092020
JEFE DE LABORATORIO

Proyecto: EJECUCIÓN DE 06 CALICATAS CON ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Ubicación: Distrito: Mirones Alto, Provincia: Lima, Departamento: Lima
Código: CMIRR-01
Zona: Calle Buen Día (Espacio Libre)
Profundidad: 1.90 - 2.70 m
Fecha: San Borja, 11 de Noviembre del 2021

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D-3080

Especimen:	1	2	3
Lado (cm):	6.00	6.00	6.00
Altura (cm):	2.544	2.544	2.544
Densidad Húmeda (gr/cm ³):	1.470	1.470	1.470
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.020	1.020	1.020
Humedad Inicial (%):	44.38	44.38	44.38
Esfuerzo Normal (kg/cm ²):	0.50	1.00	2.00

Deformación Unitaria
(E - %)

Esfuerzo Cortante
(kg/cm²)

0.5	0.05	0.06	0.10
1.0	0.09	0.14	0.30
2.0	0.14	0.21	0.39
3.0	0.18	0.31	0.54
4.0	0.20	0.38	0.63
5.0	0.23	0.40	0.73
6.0	0.25	0.42	0.79
7.0	0.26	0.44	0.84
8.0	0.27	0.47	0.91
9.0	0.28	0.49	0.94
10.0	0.29	0.50	0.98
11.0	0.30	0.52	1.00
13.0	0.31	0.52	1.02
15.0	0.31	0.53	1.03

Observación: Muestra remoldeada a la Densidad Natural.

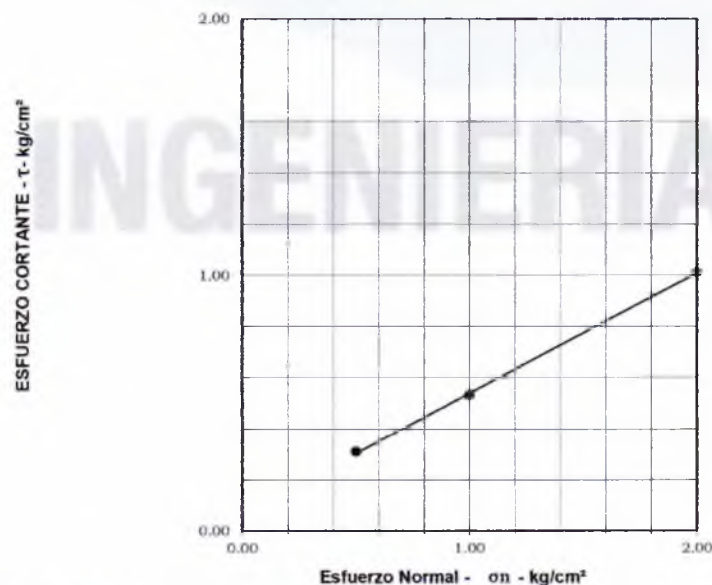
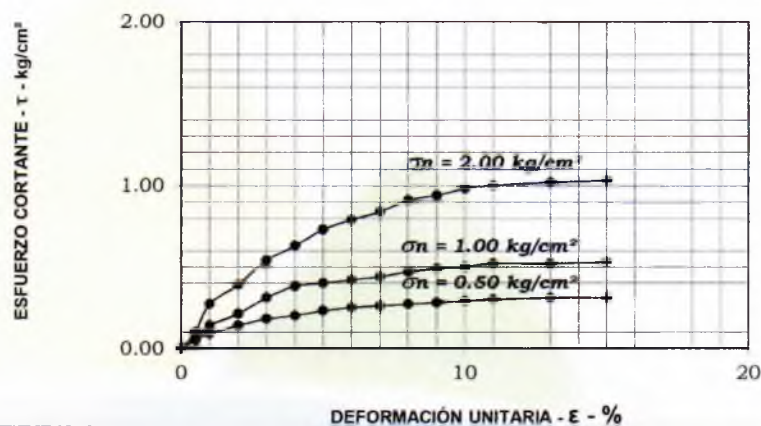

 TEC. LUIS MEZA QUISPE
 VºBº AREA TÉCNICA


 ING. CARLOS CONDORI SANCHEZ
 CIP N° 092020
 JEFE DE LABORATORIO

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D - 3080


Proyecto : EJECUCIÓN DE 06 CALICATAS CON ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Ubicación : Distrito: Mirones Alto, Provincia: Lima, Departamento: Lima
Código : CMIRR-01
Zona : Calle Buen Día (Espacio Libre)
Profundidad : 1.90 - 2.70 m
Fecha : San Borja, 11 de Noviembre del 2021

Ángulo de fricción interna del suelo : **26.94 °**
 Cohesión Aparente del suelo : **0.04 kg/cm²**
 Densidad Húmeda Promedio : **1.47 gr/cm³**
 Densidad Seca Promedio : **1.02 gr/cm³**
 Humedad Natural (%) : **44.38 %**



Observación: Muestra remoldeada a la Densidad Natural.


 TEC. LUIS MEZA QUISPE
 VRBº AREA TÉCNICA


 ING. CARLOS CONDORI SANCHEZ
 CIP N° 092020
 JEFE DE LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO, PAVIMENTOS
LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS
PROYECTOS DE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS

Proyecto: EJECUCIÓN DE 06 CALICATAS CON ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Ubicación: Distrito: Mirones Alto, Provincia: Lima, Departamento: Lima
Código: CMIRR-05
Zona: Av. Morales Duárez (Jardín Municipal)
Profundidad: 1.60 - 2.70 m
Fecha: San Borja, 11 de Noviembre del 2021

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D-3080

Especimen:	1	2	3
Lado (cm):	6.00	6.00	6.00
Altura (cm):	2.544	2.544	2.544
Densidad Húmeda (gr/cm ³):	1.640	1.640	1.640
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.600	1.600	1.600
Humedad Inicial (%):	2.43	2.43	2.43
Esfuerzo Normal (kg/cm ²):	0.50	1.00	2.00

Deformación Unitaria
(E - %)

Esfuerzo Cortante
(kg/cm²)

0.5	0.05	0.06	0.13
1.0	0.03	0.12	0.30
2.0	0.15	0.26	0.53
3.0	0.25	0.41	0.72
4.0	0.27	0.48	0.85
5.0	0.29	0.50	0.92
6.0	0.29	0.53	0.96
7.0	0.30	0.54	1.03
8.0	0.30	0.55	1.06
9.0	0.30	0.55	1.09
10.0	0.30	0.55	1.11
11.0	0.30	0.55	1.12
13.0	0.30	0.55	1.12
15.0	0.29	0.55	1.12

Observación: Muestra remoldeada a la Densidad Natural.

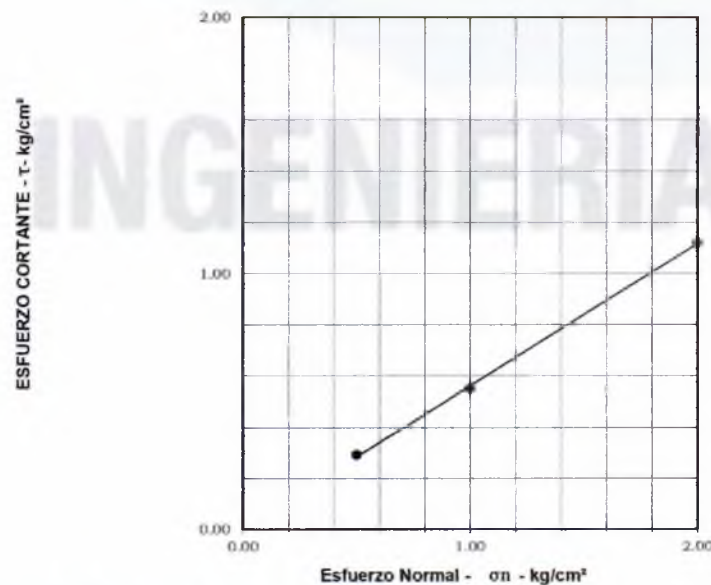
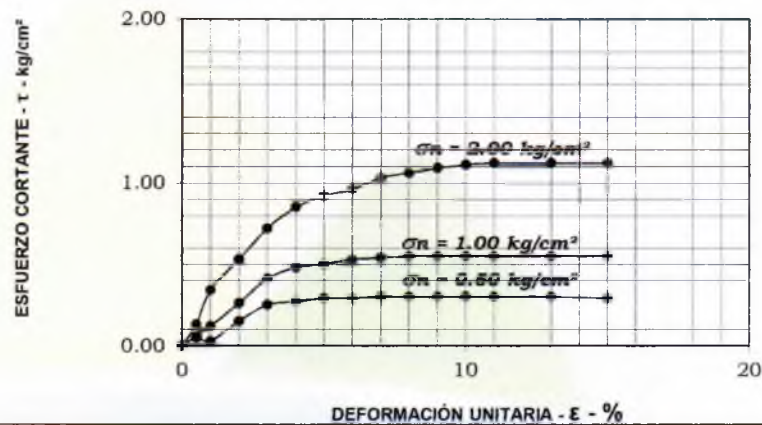

TEC. LUIS MEZA QUISPE
VºBº AREA TÉCNICA


ING. CARLOS CONDORI SANCHEZ
CIP N° 092020
JEFE DE LABORATORIO

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D - 3080

Proyecto : EJECUCIÓN DE 06 CALICATAS CON ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Ubicación : Distrito: Mirones Alto, Provincia: Lima, Departamento: Lima
Código : CMIRR-05
Zona : Av. Morales Duárez (Jardín Municipal)
Profundidad : 1.60 - 2.70 m
Fecha : San Borja, 11 de Noviembre del 2021

Ángulo de fricción interna del suelo : **30.80 °**
 Cohesión Aparente del suelo : **0.00 kg/cm²**
 Densidad Húmeda Promedio : **1.64 gr/cm³**
 Densidad Seca Promedio : **1.60 gr/cm³**
 Humedad Natural (%) : **2.43 %**



Observación: Muestra remoldeada a la Densidad Natural.

TEC. LUIS MEZA QUISPE
 VºBº AREA TÉCNICA

ING. CARLOS CONDORI SANCHEZ
 CIP N° 092020
 JEFE DE LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO, PAVIMENTOS
LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS
PROYECTOS DE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS

Proyecto: EJECUCIÓN DE 06 CALICATAS CON ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Ubicación: Distrito: Mirones Alto, Provincia: Lima, Departamento: Lima
Código: CMIRR-07
Zona: Zona libre (Jardin Municipal)
Profundidad: 2.10 - 2.50 m
Fecha: San Borja, 11 de Noviembre del 2021

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D-3080

Especimen:	1	2	3
Lado (cm):	6.00	6.00	6.00
Altura (cm):	2.544	2.544	2.544
Densidad Húmeda (gr/cm ³):	1.620	1.620	1.620
Densidad Seca (gr/cm ³):	1.580	1.580	1.580
Humedad Inicial (%):	2.25	2.25	2.25
Esfuerzo Normal (kg/cm ²):	0.50	1.00	2.00


Deformación Unitaria
(E - %)

Esfuerzo Cortante
(kg/cm²)

0.5	0.03	0.08	0.10
1.0	0.07	0.14	0.30
2.0	0.14	0.34	0.58
3.0	0.21	0.45	0.78
4.0	0.26	0.50	0.89
5.0	0.27	0.52	0.95
6.0	0.28	0.53	1.01
7.0	0.28	0.54	1.06
8.0	0.28	0.55	1.12
9.0	0.28	0.56	1.13
10.0	0.28	0.57	1.14
11.0	0.27	0.58	1.14
13.0	0.26	0.58	1.14
15.0	0.26	0.58	1.14

Observación: Muestra remoldeada a la Densidad Natural.

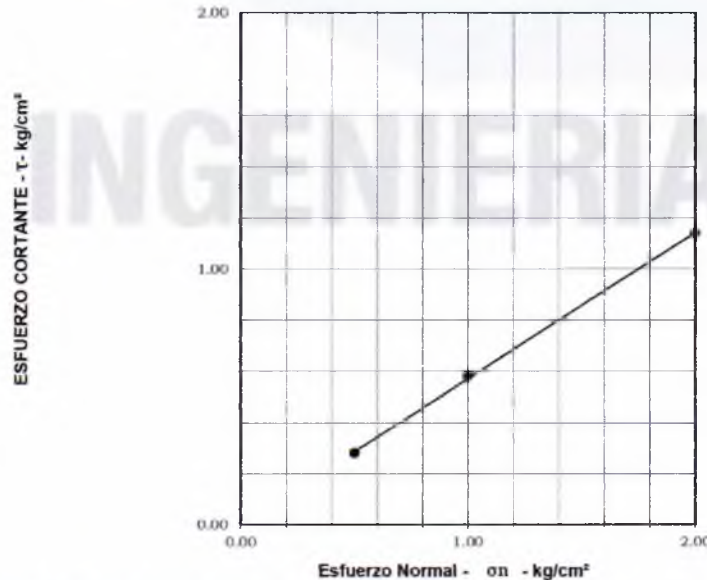
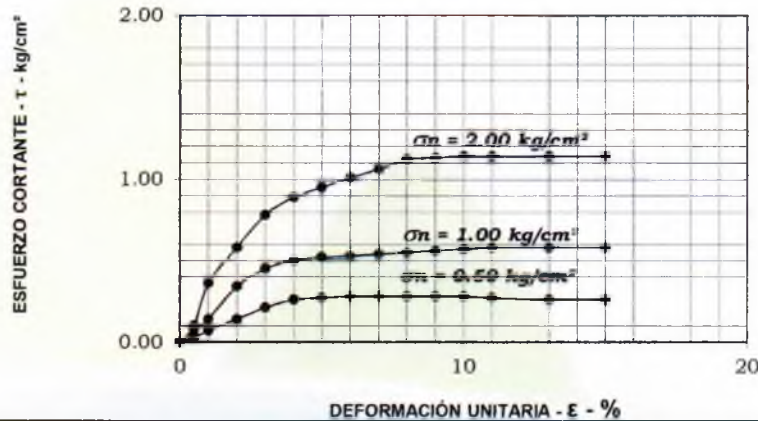

TEC. LUIS MEZA QUISPE
VºBº AREA TÉCNICA


ING. CARLOS CONDORI SANCHEZ
CIP N° 092020
JEFE DE LABORATORIO

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D - 3080

Proyecto : EJECUCIÓN DE 06 CALICATAS CON ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Ubicación : Distrito: Mirones Alto, Provincia: Lima, Departamento: Lima
Código : CMIRR-07
Zona : Zona libre (Jardín Municipal)
Profundidad : 2.10 - 2.50 m
Fecha : San Borja, 11 de Noviembre del 2021

Ángulo de fricción interna del suelo : **31.28 °**
 Cohesión Aparente del suelo : **0.00 kg/cm²**
 Densidad Húmeda Promedio : **1.62 gr/cm³**
 Densidad Seca Promedio : **1.58 gr/cm³**
 Humedad Natural (%) : **2.25 %**



Observación: Muestra remoldeada a la Densidad Natural.


TEC. LUIS MEZA QUISPE
 VºBº AREA TÉCNICA


ING. CARLOS CONDORI SANCHEZ
 CIP N° 092020
 JEFE DE LABORATORIO



Solicitante : INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ (IGP)
Proyecto : EJECUCIÓN DE 06 CALICATAS CON ENSAYOS DE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Ubicación : Distrito: Mirones Alto, Provincia: Lima, Departamento: Lima
Profundidad : 0.90-2.70 m.
Calicata : **CMIRR-02**

ENSAYO DE DENSIDAD MÁXIMA Y MÍNIMA

NTP 339.137 - NTP 339.138

Fecha de Ensayo: 04.11.2021

MUESTRA	Prof. (m)	Densidad Máxima (gr/cm³)	Densidad Mínima (gr/cm³)
M-1	2.70	2.23	2.00

CYM INGENIERIA S.A.C.

NOTA: La muestra ha sido identificada y proporcionada por el Solicitante.


TEC. LUIS MEZA QUISPE
VºBº AREA TÉCNICA


ING. CARLOS CONDORI SANCHEZ
CIP N° 092020
JEFE DE LABORATORIO

Solicitante : INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ (IGP)
Proyecto : EJECUCIÓN DE 06 CALICATAS CON ENSAYOS DE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Ubicación : Distrito: Mirones Alto, Provincia: Lima, Departamento: Lima
Profundidad : 1.60-2.70 m.
Calicata : **CMIRR-05**

ENSAYO DE DENSIDAD MÁXIMA Y MÍNIMA

NTP 339.137 - NTP 339.138


Fecha de Ensayo: 04.11.2021

MUESTRA	Prof. (m)	Densidad Máxima (gr/cm³)	Densidad Mínima (gr/cm³)
M-1	2.70	2.12	1.94

CYM INGENIERIA S.A.C.

NOTA: La muestra ha sido identificada y proporcionada por el Solicitante.


TEC. LUIS MEZA QUISPE
VºBº AREA TÉCNICA


ING. CARLOS CONDORI SANCHEZ
CIP N° 092020
JEFE DE LABORATORIO

