



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



# **ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA - GEOTÉCNICA DE SUELOS**

## **ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE SALAVERRY**

### **(Región La Libertad)**

Informe Técnico N°038-2025/IGP CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA



Lima – Perú  
Noviembre, 2025

## **Instituto Geofísico del Perú**

Jefe Institucional Ejecutivo: Hernando Tavera

Director Ciencias de la Tierra Sólida: Juan Carlos Gómez

## **Informe Técnico**

Zonificación Geofísica - Geotécnica de suelos, área urbana del distrito de Salaverry (Región La Libertad).

## **Autores**

Isabel Bernal, Luz Arredondo, Juan Carlos Gómez, Hernando Tavera

## **Participantes:**

*Evaluación Geofísica: Isabel Bernal / Wilfredo Sulla / Kelly Pari / Fabiola Rosado / Jorge Salas / Javier Oyola / Luz Arredondo / Liliana Torres.*

*Cartografía: Javier Oyola.*

*Evaluación Geodinámica-Geotécnica: Pilar Vivanco / Juan Carlos Gómez.*

*Apoyo técnico: Liliana Torres / Jesús Huarachi / Luz Arredondo.*

*Apoyo logístico: Robert Yupanqui / Augusto Cárdenas.*

*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

**ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA - GEOTÉCNICA DE SUELOS**  
**ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE SALAVERRY**  
**(Región La Libertad)**

Noviembre, 2025  
Lima - Perú

## **RESUMEN**

Con la aplicación de técnicas geofísicas y geotécnicas, se analiza y evalúa las características físicas y dinámicas de los suelos en el área urbana del Distrito de Salaverry, provincia Trujillo - región La Libertad. Los resultados obtenidos evidencian el predominio de suelos medianamente rígidos, con velocidades de ondas de corte  $V_{s30}$ : 280-376 m/s, en capas de 18 a 25 metros de espesor, cubiertos por una capa de suelos poco compactos (con velocidades de 155-192 m/s) con espesores de 4 a 9 metros. Los suelos presentan alto contenido de humedad, superando los 30 metros de profundidad; y su periodo dominante de respuesta fluctúa entre 0.1 y 0.3 segundos; adicionalmente en dirección NO, los suelos también muestran sensibilidad a periodos largos ( $\geq 0.6$  segundos) conforme se tiende al litoral y presentan una capacidad de carga portante Muy Baja ( $< 1.0 \text{ Kg/cm}^2$ ) a la profundidad de 1.2 metros. De acuerdo con estas características, en el área urbana de Salaverry predominan suelos Tipo S2, S3 y S4 (Norma E.030); es decir, suelos medianamente rígidos a blandos. A la ocurrencia de un sismo de moderada a mayor magnitud, los suelos poco compactos y con alto contenido de humedad al interactuar con las ondas sísmicas experimentarán altos niveles de sacudimiento que afectaría directamente a los elementos expuestos en superficie y a la población en general.

## **CONTENIDO**

### **RESUMEN**

#### **1. INTRODUCCIÓN**

- 1.1. Objetivo del estudio
- 1.2. Área de estudio
- 1.3. Condiciones locales de suelo
- 1.4. Norma Técnica E.030
- 1.5. Antecedentes

#### **2. GEOMORFOLOGÍA, GEOLOGÍA Y GEOTECNIA**

- 2.1. Geomorfología
  - 2.1.1. Levantamiento topográfico
  - 2.1.2. Unidades geomorfológicas
- 2.2. Geología local
- 2.3. Geodinámica superficial
- 2.4. Aspectos geotécnicos
  - 2.4.1. Clasificación de suelos (SUCS)
  - 2.4.2. Capacidad de carga del suelo

#### **3. EVALUACIÓN GEOFÍSICA**

- 3.1. Método de razones espectrales
  - 3.1.1. Adquisición de datos
  - 3.1.2. Procesamiento y análisis
  - 3.1.3. Resultados e interpretación
- 3.2. Métodos Sísmicos MASW-MAM
  - 3.2.1. Adquisición de datos
  - 3.2.2. Procesamiento y análisis
  - 3.2.3. Resultados e interpretación

### **3.3. Método de Resistividad Eléctrica**

#### **3.3.1. Adquisición de datos**

#### **3.3.2. Procesamiento y análisis**

#### **3.3.3. Resultados e interpretación**

## **4. ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA - GEOTÉCNICA**

### **4.1. Caracterización física y dinámica de los suelos**

### **4.2. Zonificación Geofísica – Geotécnica**

## **CONCLUSIONES**

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS:**

**ANEXO 1 – Información topográfica**

**ANEXO 2 – Información geológica – geotécnica**

**ANEXO 3 – Información geofísica: Perfiles sísmicos MASW - MAM  
y secciones de tomografía eléctrica**

## **1. INTRODUCCIÓN**

En el marco del Programa Presupuestal por Resultados N°068: Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de Emergencias por Desastres, el Instituto Geofísico del Perú ejecutó el proyecto “Zonas Geográficas con Gestión de Información Sísmica”, el mismo que tuvo como una de sus actividades la “Generación de Estudios Territoriales de Peligros Sísmicos” obteniéndose como resultado final, el mapa de Zonificación Geofísica – Geotécnica de los suelos para el área urbana del distrito de Salaverry, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad. El estudio permite conocer el Comportamiento Dinámico del Suelo a partir de la recolección de información y aplicación de métodos geofísicos, geológicos, geomorfológicos y geotécnicos.

De acuerdo a la historia sísmica del Perú, la región centro ha sido afectada en varias oportunidades por eventos sísmicos de variada magnitud que han generado altos niveles de sacudimiento del suelo, puesta en evidencia con los daños observados post-sismo, en los departamentos de Ancash y La Libertad (Silgado, 1978; Tavera et al. 2016). Al ser los sismos cíclicos, es de esperarse que, en el futuro, las mismas ciudades y/o áreas urbanas sean afectadas por nuevos eventos sísmicos con la misma o mayor intensidad. Entonces, no es tan importante el tamaño del sismo, sino la intensidad del sacudimiento del suelo, la educación de la población y la calidad de las construcciones.

Los estudios de Zonificación Geofísica – Geotécnica (Comportamiento Dinámico del Suelo) permitirán tener mayor conocimiento sobre las características dinámicas del suelo sobre el cual se levantan las ciudades y/o futuras áreas de expansión. Para ello se realiza la aplicación de diferentes metodologías que consideran información sísmica, geofísica, geológica, geodinámica, geomorfológica y geotécnica. Estos métodos permiten

conocer, el contenido de humedad, espesores y velocidades de las ondas de corte ( $V_s$ ) en las capas que conforman el suelo y a su vez, los resultados se correlacionan con los aspectos geo-ambientales de la zona de estudio. El suelo condiciona el diseño y la construcción de viviendas y estructuras apropiadas para cada tipo de suelo; por ende, estos estudios son una herramienta básica para la Gestión del Riesgo de Desastres (GRD).

### **1.1. Objetivo del estudio**

El presente estudio tiene como objetivo conocer los parámetros físicos de la estructura del suelo y su comportamiento dinámico ante la ocurrencia de sismos, a fin de generar el Mapa de Zonificación Geofísica – Geotécnica para el área urbana del distrito de Salaverry, provincia de Trujillo en la región La Libertad. Mediante estudios multidisciplinarios de geofísica, geología, geomorfología y geotecnia. Esta información debe ser considerada por las autoridades locales como una herramienta básica para la Gestión del Riesgo de Desastres, adecuada planificación y expansión urbana del área de estudio.

### **1.2. Área de estudio**

El área urbana del distrito de Salaverry, se encuentra en la región central del Perú, provincia de Trujillo y departamento de La Libertad (Figura 1 y 2), en las coordenadas  $8.13^{\circ}\text{S}$  y  $78.59^{\circ}\text{O}$ , a una elevación media de 3 m s.n.m. Asimismo, tiene una población de 18,944 habitantes (INEI, 2017), que se asientan sobre una superficie llana y de pendiente baja, con un cambio de elevación en dirección este y sur del área urbana de Salaverry correspondiente a la unidad geomorfológica de las lomas. Los fenómenos naturales que afectan directamente a esta población son los sismos que pueden generar altos niveles de sacudimiento del suelo y las intensas precipitaciones con lluvias que, en conjunto, causarían daños a la población e infraestructura.





Figura 1. Ubicación del área de estudio.





Figura 2. Vista panorámica de la plaza de Armas del distrito de Salaverry.

### 1.3. Condiciones locales de suelo

En la actualidad, es ampliamente conocido que las condiciones locales de sitio son uno de los principales factores responsables de los daños que se producen en cualquier tipo de edificación durante la ocurrencia de sismos severos. Este factor es fuertemente dependiente de las características físicas y dinámicas del suelo (Lermo y Chávez-García, 1994 a, b; Bard y SESAME, 2004; Bernal, 2002, 2023). Estos controlan la amplificación de las ondas sísmicas causantes de los daños a observarse en superficie después de ocurrido un evento sísmico.

La metodología a seguir en este estudio, con el objetivo de lograr el mayor conocimiento sobre el comportamiento dinámico del suelo o efectos de sitio, considera estudios multidisciplinarios de geofísica, sismología, geología, geomorfología y geotecnia. Cada uno de estos campos de investigación provee información básica de observaciones de campo y la toma de datos in situ, para lo cual es necesario disponer de mapas catastrales actualizados de la zona de estudio y también, las zonas de futura expansión urbana.

En general, los efectos que produce cada tipo de suelo sobre la propagación y amplitud de las ondas sísmicas, permiten tipificar los suelos y estimar su comportamiento dinámico. El resultado final es el Mapa de Zonificación Geofísica – Geotécnica que debe constituirse como el documento más importante en las tareas y programas de gestión del riesgo ante la ocurrencia de sismos.

Tabla 1. Clasificación de perfiles de suelos de la Norma E.030 (2018).

Perfil	Vs30 (m/s)	Descripción
S0	> 1500	Roca dura
S1	500 a 1500	Roca o suelos muy rígidos
S2	180 a 500	Suelos intermedios
S3	< 180	Suelos blandos
S4	Clasificación basada en el EMS	Condiciones Excepcionales

#### 1.4. Norma técnica E.030

En el Perú, la construcción de obras civiles de cualquier envergadura debe considerar lo establecido por la Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones, modificada según Decreto Supremo N° 003- 2016-Vivienda y actualizada según Resolución Ministerial N° 355-2018-Vivienda. Básicamente, esta norma considera los perfiles de suelos en función de sus propiedades físicas, tomando en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte. En base a lo descrito anteriormente, se establecen 5 tipos de perfiles

cuyas características se detallan en la Tabla 1.

La velocidad de propagación de ondas de corte para los primeros 30 metros ( $V_{s30}$ ) se determina con la siguiente fórmula:

$$V_{s30} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n \left( \frac{di}{V_{si}} \right)}$$








Dónde:

$di$  = espesor de cada uno de los estratos  $n$ .

$V_{si}$  = velocidad de ondas de corte (m/s).

En este estudio, el mapa de Zonificación Geofísica - Geotécnica se realiza en función de las características mecánicas, físicas y dinámicas de los suelos que conforman el terreno de cimentación del área de estudio. De acuerdo a los estudios de zonificación realizados por el IGP, el rango de velocidades de los perfiles de suelo S1 y S2 se subdividen, a fin de analizar con mayor detalle las velocidades de ondas de corte que caracterizan a los suelos identificados en la zona de estudio (Tabla 2), mejorando la descripción de las condiciones locales de cada tipo de suelo.

Tabla 2. Clasificación de perfiles de suelos adaptados a la zona de estudio, a partir de lo establecido en la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente E.030 (2018).

Perfil	Velocidades de ondas de corte – $V_{s30}$ (m/s)	Periodos $T_0$ (seg.)	Tipos de suelos	Simbología
S0	>800 m/s	--	Roca dura	
S1	500 a 800 m/s	0.1-0.2	Suelos muy rígidos o roca fracturada	
S2	350 a 500 m/s	0.2-0.4	Suelos rígidos	
S3	180 a 350 m/s	0.4-0.6	Suelos intermedios (medianamente rígidos)	
S4	<180 m/s	--	Suelos blandos	
	Condiciones Excepcionales	--	Suelos inestables por su composición (pantanos, rellenos antrópicos, eólicos)	
			Suelos inestables por topografía	

## **1.5. Antecedentes**

En el año 2023, la Municipalidad de Salaverry, aprueba el Plan distrital de contingencia por temporadas de lluvias intensas para los años 2023-2024. Los peligros identificados en el Plan distrital de contingencia son: tsunamis, sismos, lluvias intensas e inundaciones, asimismo las zonas vulnerables corresponden a las viviendas ubicadas en las faldas del cerro Carretas, el A.H. Miguel Grau II, A. H. Las Lomas, sector Villa Marina.

En el año 2018, la Municipalidad provincial de Trujillo, generó el Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres de la provincia de Trujillo 2018-2021, que incluye el área urbana de Salaverry, el cual determina que el distrito de Salaverry presenta nivel de peligro bajo a medio por deslizamientos, siendo el factor detonante la acción pluvial. Cabe mencionar que en menor grado de incidencia en los peligros se da la acción marítima (tsunamis) y las grandes acumulaciones de arena eólica. Asimismo, menciona que el distrito de Salaverry no es afectado por inundaciones (desborde de ríos), flujos de detritos (activación de quebradas).

En el 2018, Valdivia, D., elabora la tesis “Evaluación de licuefacción mediante cargas por niveles de edificaciones típicas, en el suelo del asentamiento Las Brisas, Salaverry, la Libertad”, los resultados del estudio se obtuvo un suelo de tipo arenoso pobremente graduado (SP), dicho suelo posee una capacidad portante admisible de 1.36 kg/cm<sup>2</sup> a 2.58 kg/cm<sup>2</sup> en cimiento corrido y de 1.88 kg/cm<sup>2</sup> a 3.68 kg/cm<sup>2</sup> en cimiento cuadrado.

En el año 2017, el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, generó el informe Escenario de riesgos ante la temporada de lluvias 2017-2018, en el cual 3,443 viviendas del área urbana de Salaverry se asientan en zonas con niveles de susceptibilidad alta ante movimientos en masas, con lo que se verían afectados 13,842 habitantes.

En el 2015, Silva, H. & Terán, S., elaboran la tesis "Estudio de microzonificación geotécnica empleando el penetrómetro dinámico liviano (DPL) en los sectores costeros de: Salaverry, Aurora Díaz 1 y 2, Fujimori y Luis Alberto Sánchez del distrito de Salaverry, provincia de Trujillo-departamento de la Libertad", los resultados del estudio geotécnico proponen dos zonas para el distrito de Salaverry: ZONA I: cuyos suelos presentan una capa superficial de relleno de 0.10 metros a 0.30 metros de espesor, de compacidad media, de poca a relativa a mediana humedad. y ZONA II: Cubre la mayor parte central y costera del distrito de Salaverry. Presenta una capa superficial de relleno de 0.10 metros a 0.20 metros de espesor. Continúa arena mal graduada (SP), de compacidad media, de poca elevada humedad. No se nota presencia del NAF hasta la profundidad explorada de 0.80 metros a 1.40 metros La Capacidad admisible para esta zona varía de 0.667 a 0.888 Kg/cm<sup>2</sup>, para un Df = 1.00 y 1.20 metros.

En el 2014, el IGP mediante el proyecto de cooperación con el Banco Mundial realiza el estudio "Re-evaluación del peligro probabilístico para el Perú", donde se define nuevas fuentes sismogénicas y se generan los mapas de aceleración horizontal (PGA), cuyos resultados muestran que, en el área del Distrito Salaverry, para un periodo de 500 años se esperaría aceleraciones de hasta 400 gals.

Entre los meses de Noviembre 2011 a Mayo 2012, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) con el financiamiento de la Comisión Europea a través de su Programa de Reducción de Desastres del Departamento de Ayuda Humanitaria y Protección Civil (DIPECHO), desarrolló el estudio: Sistema de Información de Recursos para Atención de Desastres - SIRAD Trujillo, como una herramienta de gran importancia para la gestión de riesgos de desastre en el ámbito de la provincia, donde de acuerdo al mapa de Peligros Síntesis de la provincia de Trujillo. La Libertad, el distrito de Salaverry presenta niveles de peligro medio, alto a muy alto.

En 1967, Cossio, A. & Jaén, H., del Servicio de Geología y Minería, Lima, Geología de los cuadrángulos de Puémape, Chocope, Otuzco, Trujillo, Salaverry y Santa Boletín N° A 17, indican que, la localidad de Salaverry se asienta sobre depósitos aluviales, fluviales y eólicos; asimismo, hacia el extremo este y suroeste de Salaverry, los afloramientos rocosos están constituidos por rocas intrusivas (diorita y granodiorita).

## **2. GEOMORFOLOGÍA, GEOLOGÍA Y GEOTECNIA**

### **2.1. Geomorfología**

La geomorfología estudia las diferentes formas del relieve de la superficie terrestre (geoformas) y los procesos que las generan. A continuación, se describen las unidades geomorfológicas identificadas en el área urbana del distrito de Salaverry en base a sus características físicas y los procesos que las han originado.

#### **2.2.1. Levantamiento topográfico**

Se realizó el levantamiento topográfico en alta resolución del área urbana del distrito de Salaverry, mediante fotogrametría aérea con un dron modelo Phantom 4 Pro V2.0 y mediciones GNSS (sistema global de navegación por satélites), lo cual ha permitido generar lo siguiente:

**- Modelo Digital de Superficie (MDS) y del Terreno:** Se ha obtenido un modelo digital de superficie y un modelo digital del terreno del área urbana y rural del distrito de Salaverry, ambos modelos presentan una resolución espacial de 30 cm/píxel. Los mapas muestran zonas de menor y mayor elevación. El área de mayor elevación se encuentra en el sector este comprendiendo la Urb. Sol de Trujillo y alrededores con una elevación media de 300 metros y una pendiente del 8%. Las zonas ubicadas en el sector oeste presentan una elevación media de 10 metros con pendiente suave. A partir de esta información es posible realizar la planificación de zonas adecuadas para la construcción, espacios verdes y gestionar riesgos como deslizamientos e inundaciones (Figura 3).



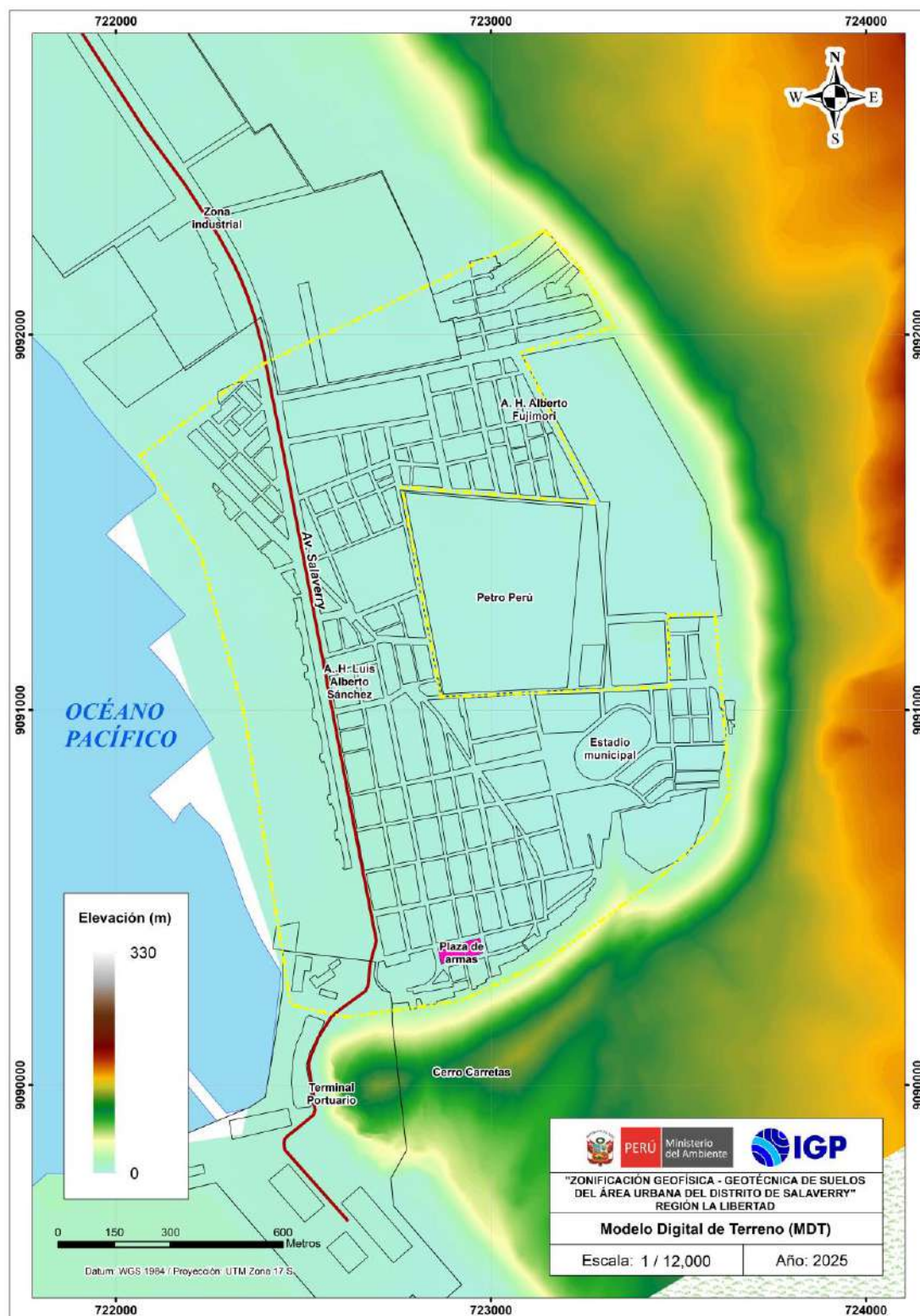


Figura 3. Modelo digital de terreno del área urbana de Salaverry.

- **Ortomosaico:** Se ha generado a partir de la unión de 2,550 mosaicos de alta resolución inferior a 8 cm/pixel a escala 1/30,000 que han sido corregidos por distorsiones ocasionados por el relieve y los objetos presentes en Salaverry. Se ha evidenciado que las áreas de cultivo abarcan una extensión aproximada de 440 hectáreas lo que representa un 23% del área de estudio.

- **Mapa de curvas de nivel:** A partir del Modelo Digital del Terreno, se ha generado un mapa de curvas de nivel para Salaverry con un intervalo de 10 metros a escala 1/30,000. El mapa de curvas de nivel permite identificar un relieve llano en el sector oeste del área de estudio, que comprende el casco urbano de Salaverry, con un cambio de elevación de apenas 5 metros en un perfil de 1 kilómetro. La pendiente aumenta gradualmente conforme se aleja de la línea de costa en dirección al continente. En el sector este del área de estudio, se aprecia un cambio de elevación significativo de 220 metros en un perfil de 2 kilómetros. Las curvas de nivel muy juntas indican un cambio de pendiente pronunciado, y estas se observan en el sector este, bordeando los centros poblados de Salaverry y el A.H. Alberto Fujimori.

En el Anexo 1, se presenta el mapa de ortomosaico y de curvas de nivel con intervalos de 10 metros, para el área urbana de Salaverry. Los rangos de pendiente del terreno fueron definidos bajo la clasificación indicada en la Tabla 3.

Tabla 3. Rango de clasificación de pendientes del terreno.

<b>RANGOS DE PENDIENTE (°)</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>
< 1.00	Muy Baja
1.00 – 5.00	Baja
5.00 – 15.00	Media
15.00 – 25.00	Inclinada
>25.00	Fuerte

El área urbana de Salaverry se asienta sobre playas con pendientes de 0°, la pendiente aumenta gradualmente conforme se aleja de la línea de

costa en dirección al continente (lomas) con pendientes menores a  $35^\circ$ .

### 2.1.2. Unidades geomorfológicas

Las principales unidades geomorfológicas identificadas en Salaverry son:

**Loma:** Esta geoforma presenta pendiente menor a  $35^\circ$ , altura máxima de 120 metros, geometría alargada, conformado por rocas intrusivas tipo granodiorita que presentan diaclasamiento y fracturamiento producto de la erosión. Esta unidad se ubica hacia el extremo este del área de estudio, a aproximadamente 80 metros de la plaza principal de Salaverry, con una altura de 120 m s.n.m. cuyas laderas están cubiertas por mantos de arena.

**Dunas:** geoforma resultante de la sedimentación de partículas transportadas por el viento, que dan origen a depósitos de arena y polvo. En la ciudad de Salaverry, las dunas se encuentran en dirección sur, este y al norte del casco urbano de Salaverry, Figura 4.



Figura 4. Geoforma de una duna en el distrito de Salaverry.

**Playa:** Son unidades formadas por la acción de las olas y posterior acumulación o acreción de sedimentos de arena, grava o mezclas de ambas, cuyo origen puede ser fluvial, erosión de los acantilados. Sedimentos de fondo marino y eólico. La ciudad de Salaverry se desarrolla y asienta sobre esta geoforma (población urbana e industrias).

Finalmente, en la Figura 5 se presenta el mapa de geomorfología del área urbana de la localidad de Salaverry, elaborado con la información recolectada en campo.

## **2.2. Geología local**

El análisis de la geología regional ha sido desarrollado a información consolidada por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET, 1998) a escala 100,000 (Cuadrángulo Geológico de Salaverry – hoja 17-f); mientras que, para la geología local se ha hecho uso de información recolectada directamente en campo para el presente estudio a la escala 1/12,000. De acuerdo con estos resultados, se ha logrado identificar las siguientes unidades geológicas:

**Rocas Intrusivas - granodiorita (KTi-gd):** El Batolito de la Costa es una intrusión múltiple y compleja formada predominantemente por tonalitas y granodioritas que ocupan el núcleo de la cordillera occidental. Tiene 1,600 km. de largo y más de 65 km. de ancho. La roca tipo granodiorita en el distrito de Salaverry aflora en dirección SO (puerto de Salaverry) conformando la unidad geomorfológica loma.

**Depósitos eólicos (Q-e):** Son depósitos causados generalmente por la acción del viento que los deposita en extensas planicies formado por arenas de grano medio a grueso, sobre este tipo de depósitos cubre a la geoforma loma, y se asienta el sector Villa Miramar (extremo NE del área de estudio),

se desarrolla la actividad agrícola, Figura 6.

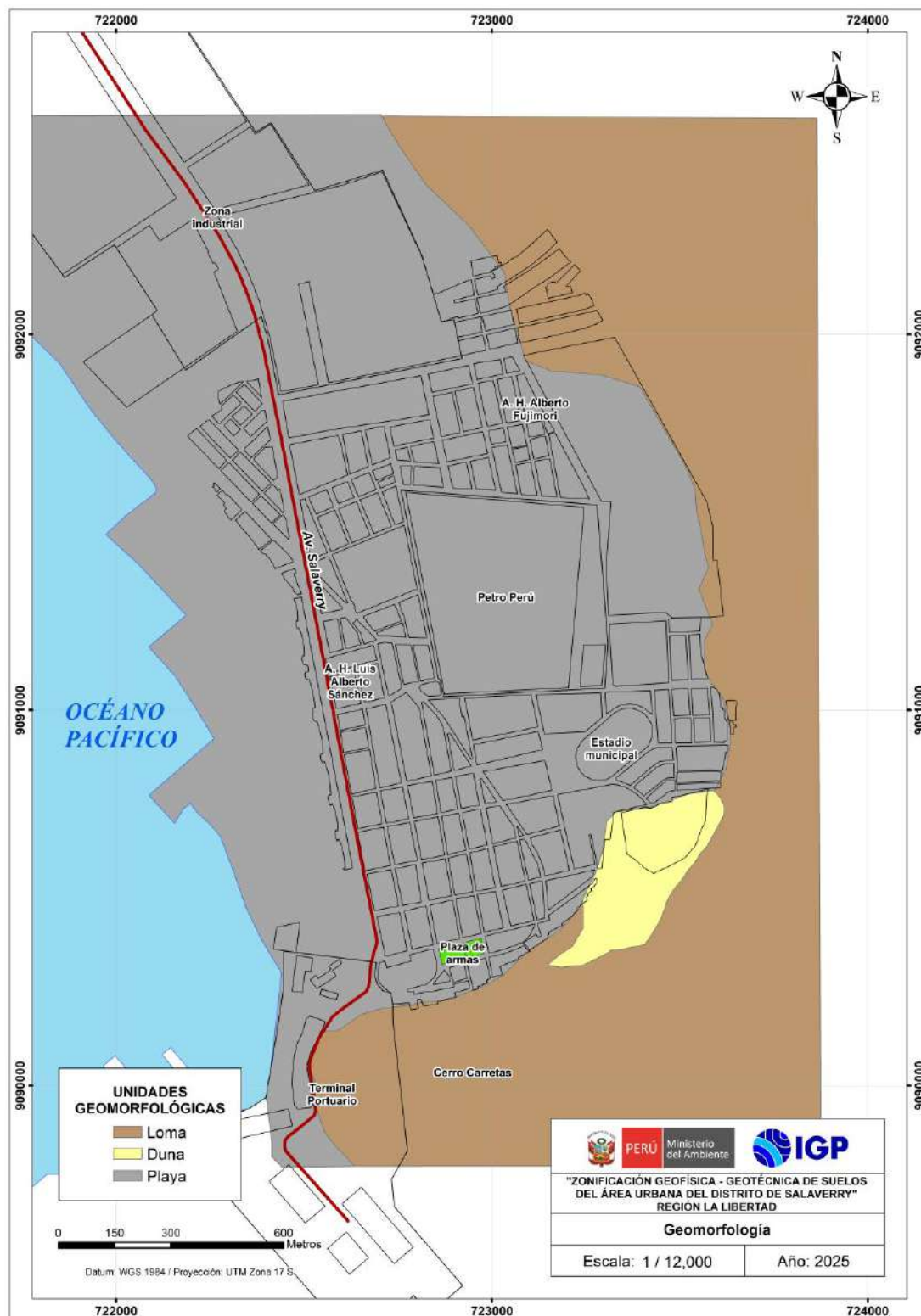


Figura 5. Mapa geomorfológico del área urbana del distrito de Salaverry, donde la población se asienta principalmente en la playa.



**Depósitos marinos (Q-m):** Constituyen a las zonas de playas que se encuentran a lo largo del litoral, conformados por arenas gruesas. Estos depósitos se encuentran ubicados en el extremo oeste y suroeste del distrito de Salaverry.

Las unidades geológicas, antes descritas han sido cartografiadas en campo y representadas en el mapa geológico de la Figura 7.



Figura 6. Depósitos eólicos en la ciudad de Salaverry que se encuentran formando la geoforma duna.

### 2.3. Geodinámica superficial

La geodinámica estudia los fenómenos geológicos que provocan modificaciones en la superficie terrestre producto de la interacción de procesos geológicos (internos y externos) que originan cambios físicos, químicos y/o morfológicos que alteran y modifican el relieve actual. Durante los trabajos de campo, en el área urbana del distrito de Salaverry, se

identificaron zonas de inundación y caída de rocas.

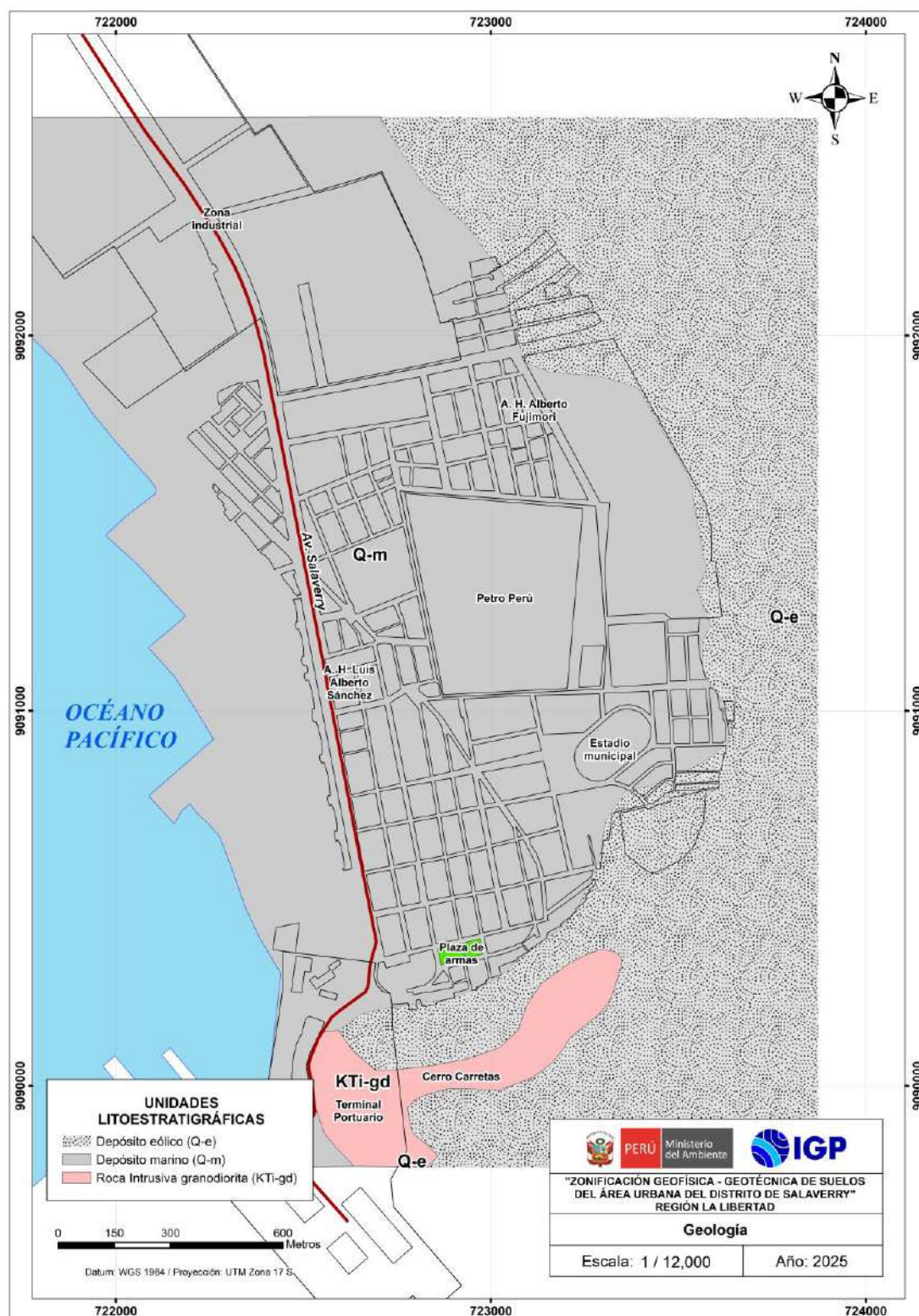


Figura 7. Mapa geológico del distrito de Salaverry.

**-Inundación pluvial:** Las inundaciones se originan por el desborde del agua, desde el cauce de los ríos o canales, debido al incremento del caudal por el aumento de precipitaciones, generando daños a los elementos expuestos. En la ciudad de Salaverry, la inundación pluvial afectó las viviendas de material precario ubicadas en el sector “Las Lomas de Salaverry” a causa del evento hidrometeorológico denominado ciclón “Yaku” en el 2023 que ocasionó precipitaciones extraordinarias, el tirante de la inundación fue de aproximadamente 0.50 metros.

**-Caída de rocas:** Es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Figura 8).



Figura 8. La zona susceptible a caída de rocas en la ciudad de Salaverry se ubica en la geoforma loma cerca al faro.



Finalmente, en la Figura 9 se presenta el mapa de geodinámica del área urbana de Salaverry, elaborado con la información recolectada en campo.



Figura 9. Mapa geodinámico del distrito de Salaverry.

## **2.4. Aspectos geotécnicos**

Con la finalidad de obtener la información geotécnica de los suelos de cimentación en el área urbana de Salaverry, en coordinación con el Gobierno Regional de La Libertad, se ejecutaron exploraciones a cielo abierto (calicatas) y cortes directos para la clasificación de suelos (SUCS) y la estimación de la capacidad de carga portante de los suelos.

Para el análisis geotécnico, en el área urbana de Salaverry, se realizaron 05 calicatas, 07 posteos y 06 ensayos de penetración dinámica ligera (DPL), indicados en la Figura 10. De las 05 muestras extraídas, se enviaron al laboratorio GSE Laboratorio, Ingeniería y Construcción, con la finalidad de determinar la composición granulométrica, plasticidad, corte directo y realizar el cálculo de la capacidad portante de los suelos de cimentación.

**- Exploraciones a cielo abierto (calicatas, norma ASTM 420):** En el área de estudio se realizaron 05 calicatas con profundidades de exploración de 3.0 metros, extrayendo muestras en bolsas herméticas con capacidad de 5 kg. Las características físicas de las calicatas se muestran en la Tabla 4. La exploración geotécnica ha permitido identificar suelos conformados por arenas mal graduadas con grava y zonas con presencia de nivel freático a una profundidad promedio de 1.0 metro, principalmente en la calicata CS-05, ubicada próxima al estadio municipal.

**- Exploraciones con posteadora manual:** A fin de obtener muestras del suelo, se realizaron sondeos exploratorios (perforaciones) en suelos blandos (arcillas y arenas) hasta una profundidad de 5 a 6 metros. En cada uno de los ensayos se llevó a cabo una detallada descripción de los tipos de suelos encontrados y el contenido de humedad que presenta. Se evidenció la presencia de nivel freático superficial a 0.60 metros de profundidad en el

posteo 1 ubicado en el extremo NO de área de estudio. La ubicación de los posteos y resultados obtenidos se muestran en la Tabla 5; mientras que, el registro de perforaciones se describe en el Anexo 2.

Tabla 4. Ubicación de calicatas.

CALICATA	COORDENADAS UTM		ELEVACIÓN (m s.n.m.)	PROFUNDIDAD (m)	NIVEL FREÁTICO (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)			
CS-01	722331	9091706	21	2.50	2.50
CS-02	722888	9092135	19	2.30	2.20
CS-03	723089	9091685	25	1.80	1.70
CS-05	723196	9090850	23	1.00	1.00
CS-06	723470	9090756	26	2.00	1.90

Fuente: IGP, 2023. Dónde: N.P. = No presenta

Tabla 5. Ubicación de posteos y clasificación de suelos SUCS.

POSTEO	COORDENADAS UTM		ELEVACIÓN (m s.n.m.)	PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE SUELO (SUCS)	PROF. DEL NIVEL FREÁTICO (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)				
Post-1	722601	9091592	21	0.80	SP	0.60
Post-3	722814	9092013	20	1.10	SP	1.00
Post-4	723129	9091636	22	1.10	SP	1.00
Post-5	723529	9091436	22	1.30	SP	1.20
Post-6	722824	9092053	20	1.20	SP	0.90
Post-7	722978	9090388	10	1.50	SP	1.40
Post -8	722815	9091061	16	1.60	SP	1.50

Fuente: IGP, 2023. Dónde: NP= No Presenta

**-Ensayo de penetración dinámica ligera – DPL (Norma DIN 4094):** El DPL es un equipo de campo de registro continuo dónde se contabiliza y registra el “N”, que es el número de golpes dados por un martillo de 10 Kg. Este martillo se deja caer por gravedad desde una altura de 0.50 metros, medida en la parte superior del tambor de acero, para profundizar tramos cada 10 cm, a través de una punta cónica de 60° que se encuentra en el extremo inferior. Este ensayo permite estimar el ángulo de fricción de suelos específicos, que ayudarán a calcular mediante fórmulas

empíricas la capacidad portante (resistencia al corte) de los suelos en  $\text{kg/cm}^2$ , además, se puede tener las propiedades de compacidad de los suelos.

En la Tabla 6, se indica la ubicación de los ensayos de penetración dinámica ligera (DPL) realizados en el área de estudio, el número de golpes y el ángulo de fricción interna calculado en base a los parámetros de compacidad (correlación del valor de N) establecida por Terzaghi y Peck 1984 y densidad relativa según la fórmula de Meyerhof (1956). La ficha del ensayo se adjunta en el Anexo 2 de Geotecnia y el mapa de ubicación de ensayos geotécnicos en el área de estudio, en la Figura 10.

$$\Phi = 25^\circ + 0.15 * Dr$$

Dónde:

$\Phi$  = Ángulo de fricción interna  $Dr$  = Densidad relativa

Tabla 6. Ubicación de ensayos de penetración dinámica ligera (DPL) y parámetros obtenidos.

DPL	COORDENADAS UTM		ELEVACIÓN (m s.n.m.)	PROF. (m)	NÚMERO DE GOLPES	$\Phi$
	ESTE (m)	NORTE (m)				
DPL_01	722769	9091667	26	1.90	12	21.2
DPL_02	723132	9091637	25	1.70	5	20.4
DPL_03	723457	9090759	21	1.80	13	22.7
DPL_04	723072	9090675	23	1.70	10	19.8
DPL_05	722959	9090381	23	1.90	12	20.9
DPL_06	722821	9091066	23	1.90	10	20.8

Fuente: IGP, (2023). Dónde:  $\Phi$  = ángulo de fricción interna

Los ensayos DPL alcanzaron una profundidad en promedio de 1.80 metros esta información permite inferir que los suelos del área urbana de Salaverry, presentan resistencia constante y probablemente se trate de un mismo tipo de suelo.

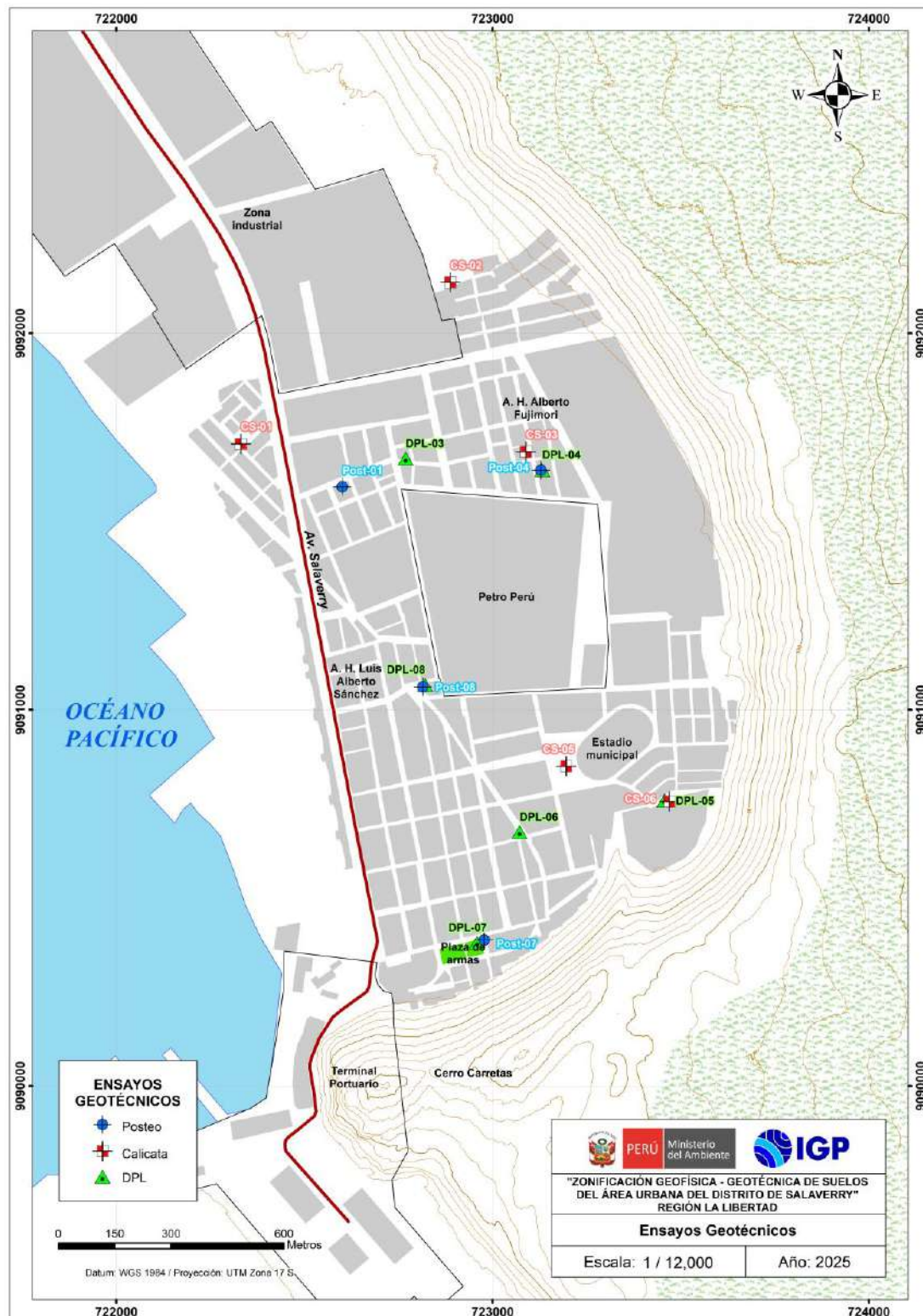


Figura 10. Mapa de ubicación de ensayos geotécnicos.



### 2.4.1. Clasificación de suelos (SUCS)

En base a la información recolectada de las calicatas y los resultados obtenidos de los ensayos granulométricos y de plasticidad, se han identificado, en el área urbana de Salaverry, 01 tipo de suelo, el mismo que ha sido agrupado haciendo uso del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), Tabla 7, Figura 11.

**-Suelo tipo SP:** Están conformados por arenas pobremente gradadas, con contenido de humedad alto, constituyen suelos de compacidad suelta a media y se han identificado en toda el área urbana de Salaverry, no presentan plasticidad.

A continuación, se establece una tabla resumen de los tipos de suelos existentes en el área urbana de Salaverry.

Tabla 7. Clasificación SUCS de los suelos de Salaverry.

CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	NIVEL FREÁTICO (m)	LÍMITE LÍQUIDO (%)	LÍMITE PLÁSTICO (%)	ÍNDICE PLÁSTICO	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	CLASIFICACIÓN SUCS	DENOMINACIÓN
CS-01	2.50	2.50	27	N.P	N.P	26.01	SP	Arena pobremente gradada
CS-02	2.30	2.20	26	N.P	N.P	24.27	SP	Arena pobremente gradada
CS-03	1.80	1.70	26	N.P	N.P	27.31	SP	Arena pobremente gradada
CS-05	1.00	1.00	24	N.P	N.P	24.78	SP	Arena pobremente gradada
CS-06	2.00	1.90	28	N.P	N.P	25.87	SP	Arena pobremente gradada

Fuente: IGP, 2023. Dónde: N.P. =No presenta

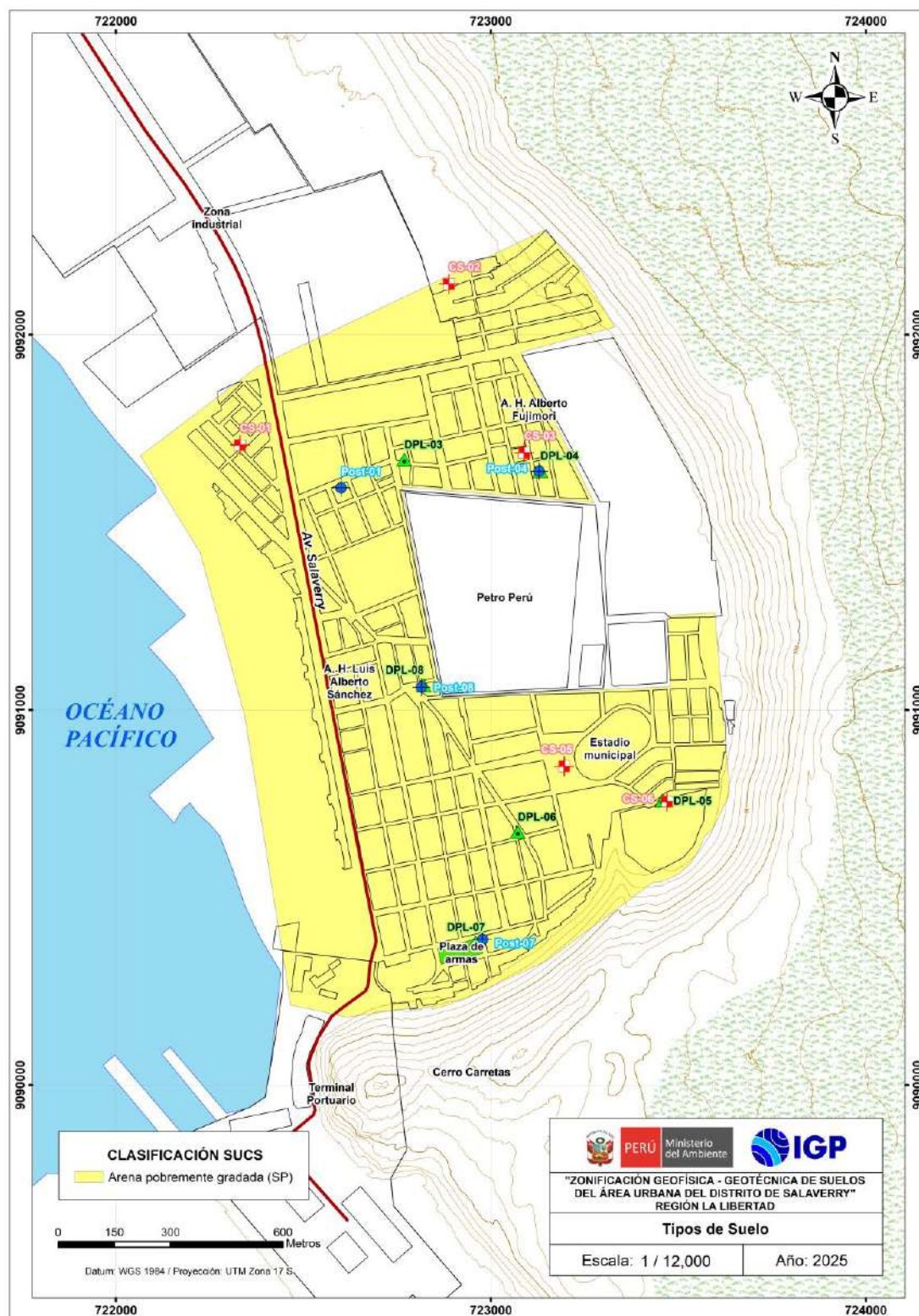


Figura 11. Mapa de clasificación de suelos SUCS en el área urbana de Salaverry.

#### **2.4.2. Capacidad de carga del suelo**

En base a la información recolectada de las calicatas y los resultados obtenidos de los ensayos de corte directo, se determina la capacidad de carga portante.

**-Ensayo de corte directo (Norma ASTM D – 3080):** La finalidad del ensayo de corte directo es determinar la resistencia al esfuerzo de corte de una muestra de suelo, sometida a fatigas y/o deformaciones (esfuerzos verticales y horizontales) que simula que existe o existirá en el terreno, producto de la aplicación de carga. Esta resistencia al corte de los suelos se debe a dos componentes: La cohesión (comportamiento plástico que presentan las partículas finas) y el ángulo de fricción interna (rozamiento que existe en las partículas granulares).

Los valores finales de la capacidad portante de los suelos del área urbana de Salaverry están basados en datos de laboratorio de Mecánica de Suelos (Anexo de Geotecnia – Resultados de Laboratorio), corroborados con datos teóricos de los parámetros de ángulo de fricción y cohesión de Terzaghi e información de DPL realizados en campo, haciendo uso de las fórmulas de falla general o local, según el tipo de suelo.

**-Capacidad de carga portante:** Es la máxima presión ejercida por una cimentación transmitida a un suelo sin que se produzcan asentamientos excesivos, es decir, que la presión de la cimentación no sea mayor a la admisible, manteniendo el mismo factor de seguridad especificado en la Norma E 0.50 de diseño de cimentación. Los resultados de capacidad de carga admisible de las 05 muestras de suelos, se presentan en el Tabla 8.

Según los valores del ángulo de fricción corregido a partir del “N” de la correlación del “N” del DPL en función al del SPT y los datos de cohesión de



los suelos obtenidos mediante el corte directo realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos, se determinó las capacidades portantes de los suelos investigados para los DPL que alcanzaron una profundidad de 1.00 metro, Tabla 9.

Tabla 8. Capacidad de carga portante de cinco (05) muestras extraídas del área urbana de Salaverry.

<b>MUESTRA</b>	<b>Capacidad de carga última (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Capacidad de carga portante (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Falla de corte</b>
CS - 01	1.21	0.48	Falla local
CS - 02	1.00	0.33	Falla local
CS - 03	0.98	0.33	Falla local
CS - 05	1.11	0.52	Falla local
CS - 06	1.27	0.42	Falla local
<b>DIMENSIONES DE CIMENTACIÓN</b>	Profundidad: 1.00 m. y ancho: 1.00 m.		

Tabla 9. Capacidad de carga portante (criterio de falla general y local) en base al ángulo de fricción corregido del N del DPL vs SPT y cohesión obtenida del ensayo de corte directo.

<b>ENSAYO</b>	<b>Capacidad de carga última (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Capacidad de carga portante (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Falla de corte</b>
DPL-01	0.80	0.27	Falla local
DPL-02	1.12	0.84	Falla local
DPL-03	1.05	0.56	Falla local
DPL-04	0.99	0.24	Falla local
DPL-05	1.21	0.25	Falla local
DPL-06	1.00	0.74	Falla local
DPL-07	1.18	0.80	Falla local
<b>DIMENSIONES DE CIMENTACIÓN</b>	Profundidad: 1.00 m. y ancho: 1.00 m.		

Fuente: IGP, 2023

Según los resultados, indicados en la Tabla 10, se ha determinado que el área urbana de Salaverry, en su mayoría ha sido construida sobre suelos con capacidad de carga portante muy baja. Ante ello, se ha realizado la siguiente clasificación:

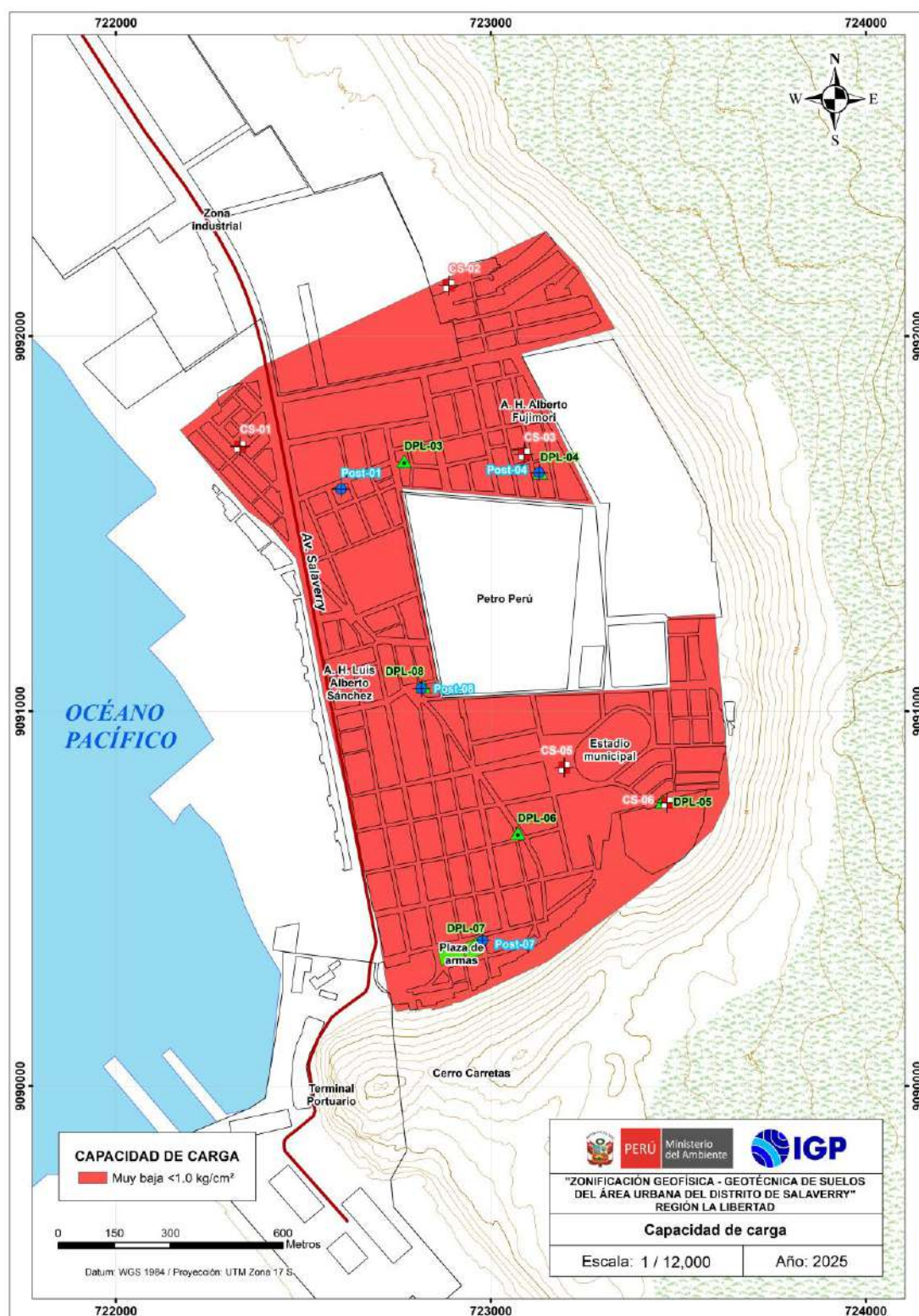


Figura 12. Mapa de capacidad portante del suelo para el área urbana de Salaverry.

**-. Capacidad de carga portante muy baja:** Comprende rangos de capacidad de carga admisible menores a  $1.00 \text{ kg/cm}^2$ , se consideran suelos cohesivos con contenido de arenas muy sueltas y con presencia de nivel freático superficial. Abarca el 100% de la zona de estudio.

Tabla 10. Rango de capacidad de carga portante.

<b>CAPACIDAD CARGA PORTANTE (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>DENOMINACIÓN</b>
< 1.0	MUY BAJA
1.0 - 2.0	BAJA
2.0 - 3.0	MEDIA
> 3.0	ALTA

Fuente: IGP, 2018

Finalmente, en la Figura 12 se presenta el mapa de capacidad de carga portante del suelo del área urbana del distrito de Salaverry, elaborado con la información recolectada en campo.

### **3. EVALUACIÓN GEOFÍSICA**

A fin de conocer los diferentes parámetros físicos que controlan el comportamiento dinámico de la estructura del suelo en el área urbana del distrito de Salaverry, se procede a aplicar diferentes métodos geofísicos, cuyos resultados se correlacionan entre sí y con los aspectos geo-ambientales de la zona de estudio.

A continuación, se describe cada método y se presenta los resultados obtenidos.

#### **3.1. Método de Razones Espectrales – Vibración Ambiental**

El método de razones espectrales (H/V) permite caracterizar la respuesta dinámica del suelo a partir del periodo de respuesta del suelo y en algunos casos, estimar su amplificación, ante la 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 (Nakamura, 1989; SESAME, 2004). Asimismo, debemos entenderse que la variación de las propiedades físicas de los tipos de suelos, espesor, geometría y composición litológica, condicionan, la amplificación de las ondas sísmicas.

##### **3.1.1. Adquisición de datos**

Para la adquisición de los registros de vibración ambiental, se utilizaron sensores Lennartz y registradores CityShark II (Figura 13). Cada registro presenta una duración de 15 minutos, lo cual permite disponer de buena cantidad de datos para su posterior análisis. En el área urbana se ha recolectado un total de 30 registros de vibración ambiental en puntos distribuidas de manera equidistante, tal como se observa en la Figura 14.



Figura 13. Equipo sísmico utilizado para el registro de vibraciones ambientales: sensor Lennartz (2N) y registradores CityShark II.

En la Figura 15, se muestra ejemplos de registros de vibración ambiental obtenidos en el punto SLV-22 ubicado al este del distrito de Salaverry. Aquí se observa que la señal es estable; es decir, no está muy perturbada en comparación con la señal de SLV-05 que presenta mayor amplificación de la señal, con algunos saltos y/o picos de señal debido a que dicho punto, está ubicado sobre suelos con diferente consistencia o rigidez, permitiendo clasificarlos y a la vez zonificar el área de estudio en base a la respuesta sísmica del suelo.

### 3.1.2. Procesamiento y análisis

Para aplicar la técnica de Razones Espectrales H/V, los registros de vibración ambiental fueron tratados por ventanas de 20 segundos, para luego calcularse FFT a fin de obtener espectros para cada componente de registro, para luego sumar las horizontales (H) antes de dividir las entre la vertical (H/V). Finalmente, en cada señal 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. En la Figura 16, se observa los resultados obtenidos para el punto SLV-25.

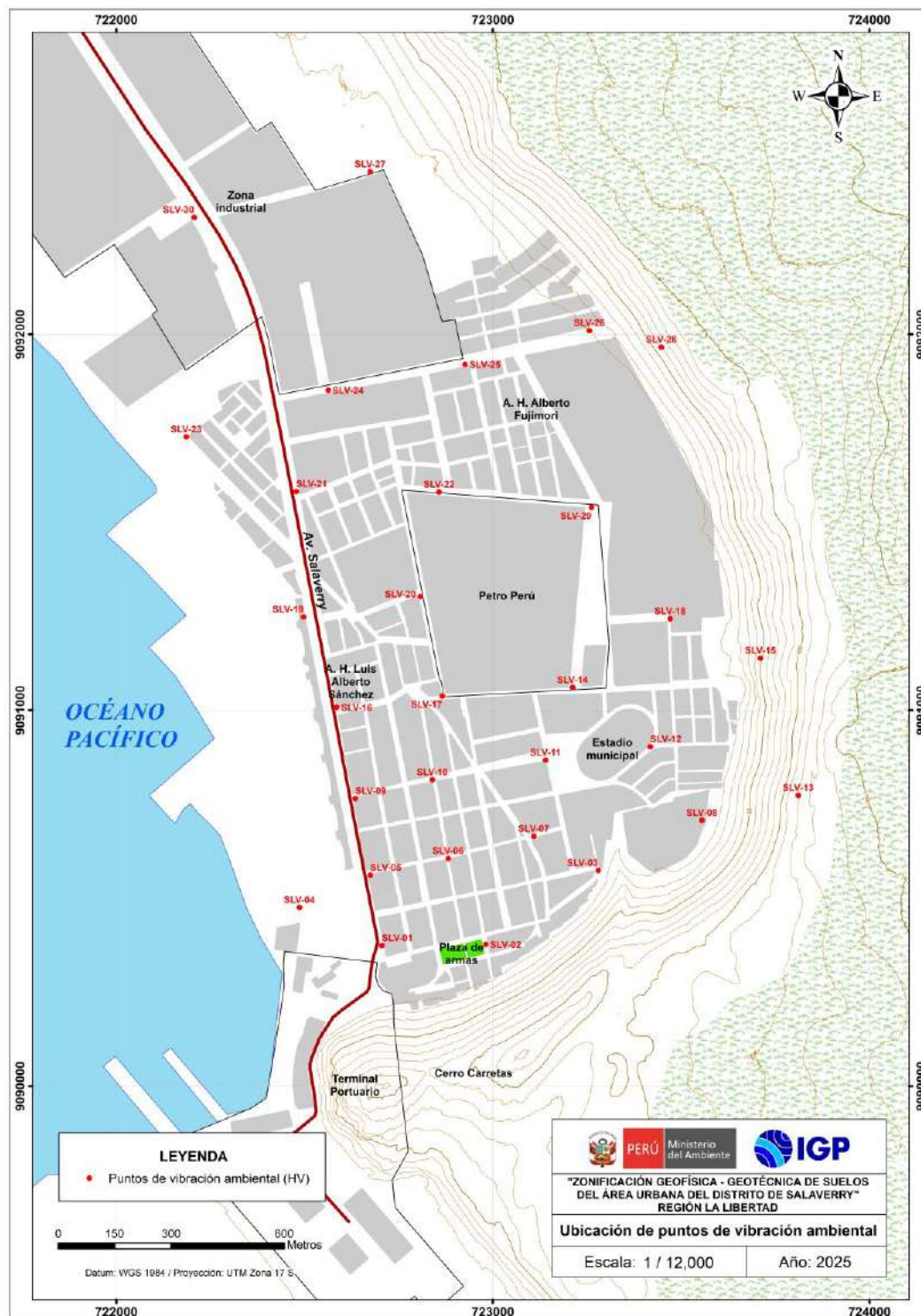


Figura 14. Distribución espacial de los puntos de registros de vibración ambiental, en el área urbana del distrito de Salaverry.

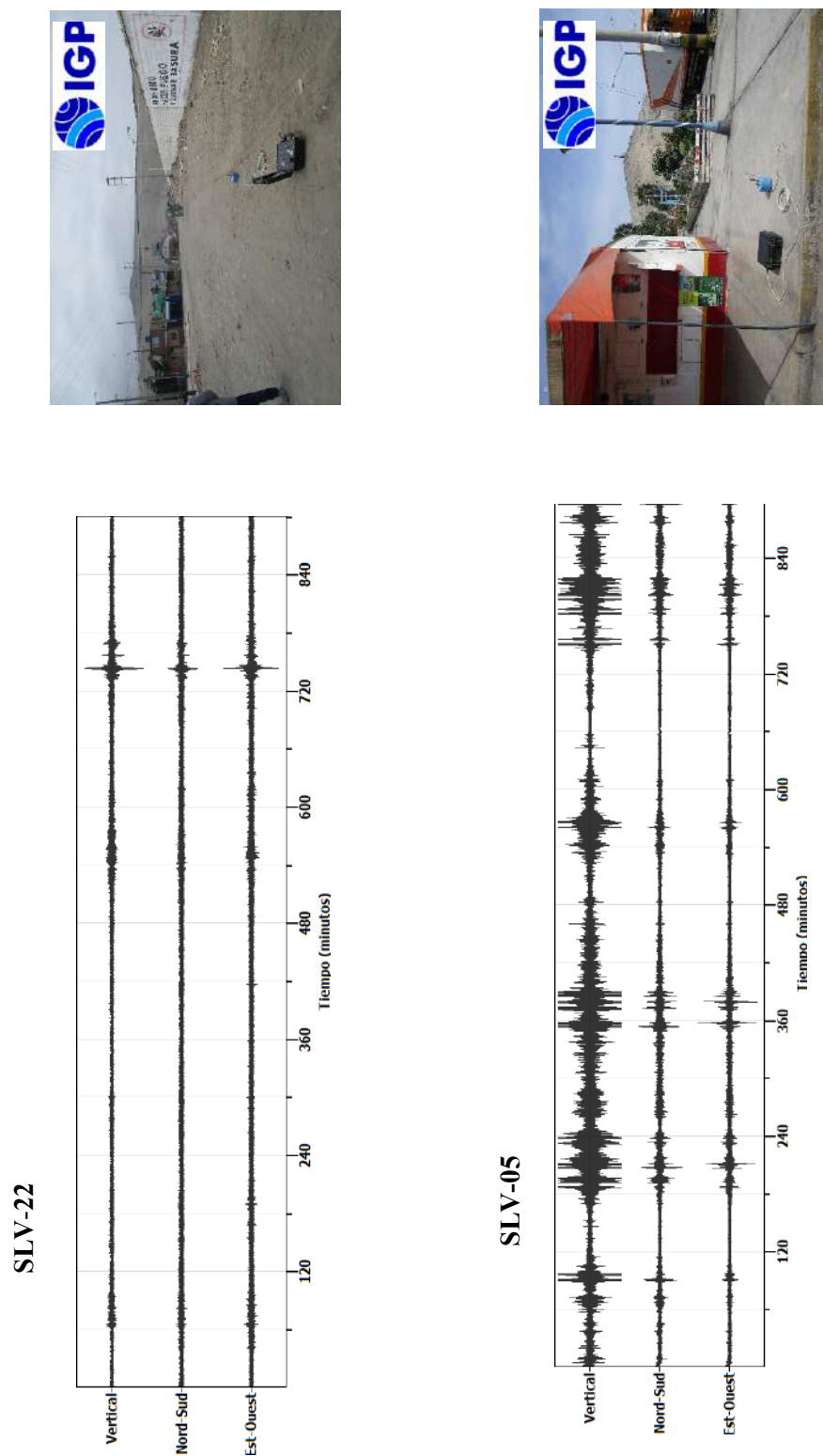


Figura 15. Ejemplos de registros obtenidos: En el extremo sur del A.H. Alberto Fujimori con ruido constante (SLV-22) y en la Av. Salaverry con ruido transitorio (SLV-05). Obsérvese las diferentes amplitudes de la señal registrada en cada punto.

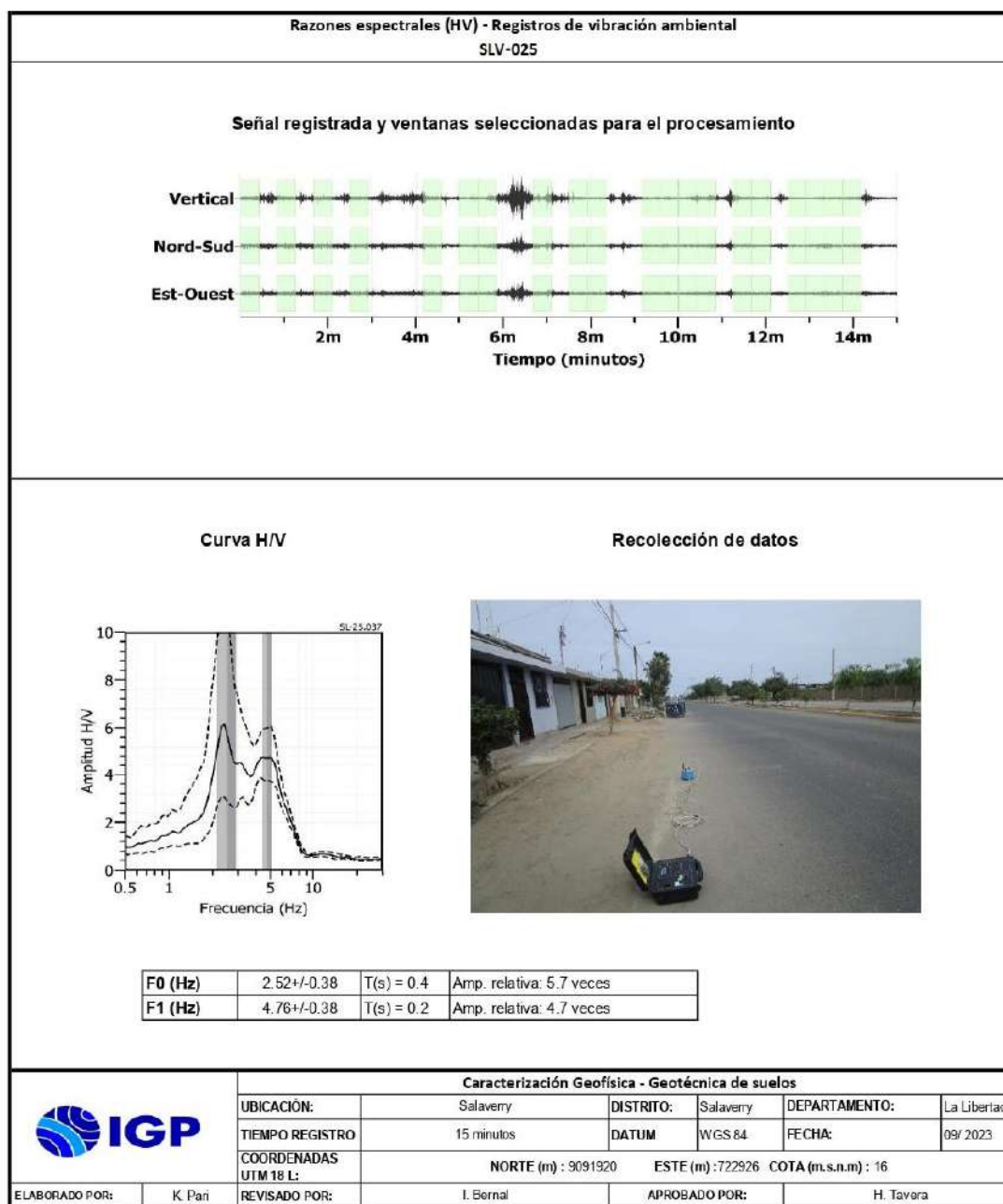


Figura 16. Resultados obtenidos con el método de razones espectrales (H/V) para el punto SLV-25. Arriba, la señal registrada y abajo la curva promedio de las razones espectrales (H/V) en línea gruesa y su desviación estándar en líneas discontinuas. Las barras grises, definen la frecuencia predominante.

Para la interpretación de los resultados se considera que: 1) Las frecuencias predominantes menores a 1.0 Hz corresponden a vibraciones generadas por el oleaje del mar y/o cambios meteorológicos (periodos muy largos); 2) Las bajas frecuencias o periodos largos son debidas a la presencia de depósitos profundos; y 3) Las frecuencias altas o periodos cortos son debidos a depósitos superficiales blandos y de poco espesor (SESAME, 2004;



Bernal, 2006). Asimismo, se evalúa la correspondencia de los parámetros físicos-dinámicos encontrados con los aspectos geológicos, geomorfológicos y geotécnicos que domina a la zona de estudio.

### 3.1.3. Resultados e interpretación

Los suelos del área urbana del distrito de Salaverry, responden a dos rangos de frecuencias  $F_0$  y  $F_1$ , donde los valores de  $F_0$  fluctúa entre 0.83 a 2.50 Hz y los valores de  $F_1$  fluctúa entre 2.98 a 7.55 Hz que corresponde a periodos de respuesta que fluctúa entre periodos de 0.1 y 1.1 segundos. En la Figura 17, se presenta la distribución espacial de los periodos dominantes de la respuesta del suelo de Salaverry, donde se observa que, en el área de estudio, predominan periodos de 0.2 a 0.3 segundos y periodos de 0.1, 0.4 a 1.1 segundos de manera local, principalmente por el estadio municipal, entre la Av. Salaverry, el A.H. Alberto Fujimori y el A.H. Luis Alberto Sánchez.

Asimismo, las mayores amplificaciones relativas se presentan en lugares próximos a la Av. Salaverry, A.H. Alberto Fujimori, A.H. Luis Alberto Sánchez y estadio municipal. En la Figura 18, se muestra la distribución de las curvas de razones espectrales ( $H/V$ ) representativas para 03 sectores identificados en el área de estudio:

-Sector A	<i>Identificado al Oeste del área de estudio, por la avenida Salaverry y el límite con el A.H. Alberto Fujimori, A.H. Luis Alberto Sánchez, donde los suelos responden a periodos de 0.2-0.3 segundos con amplificaciones de más de 3.5 veces. Adicionalmente, muestran sensibilidad a periodos largos (<math>\geq 0.6</math> segundos). La forma de las curvas <math>H/V</math>, evidencian que el suelo al responder a dos rangos de periodos con altas amplificaciones, presenta una respuesta dinámica compleja ante sismos.</i>
-Sector B	<i>Identificado en el extremo Sur del área de estudio, por la plaza de Armas y estadio municipal, donde el suelo responde a periodos entre 0.1 y 0.3 segundos. En este sector, próximo a la plaza de Armas, se observa una disminución en el factor de amplificación, respecto al sector A, evidenciando una mayor consistencia de los materiales que conforman el suelo.</i>

Estos resultados evidencian la presencia de suelos blandos a medianamente rígidos, cuyo espesor disminuye conforme se tiende hacia el extremo sur.

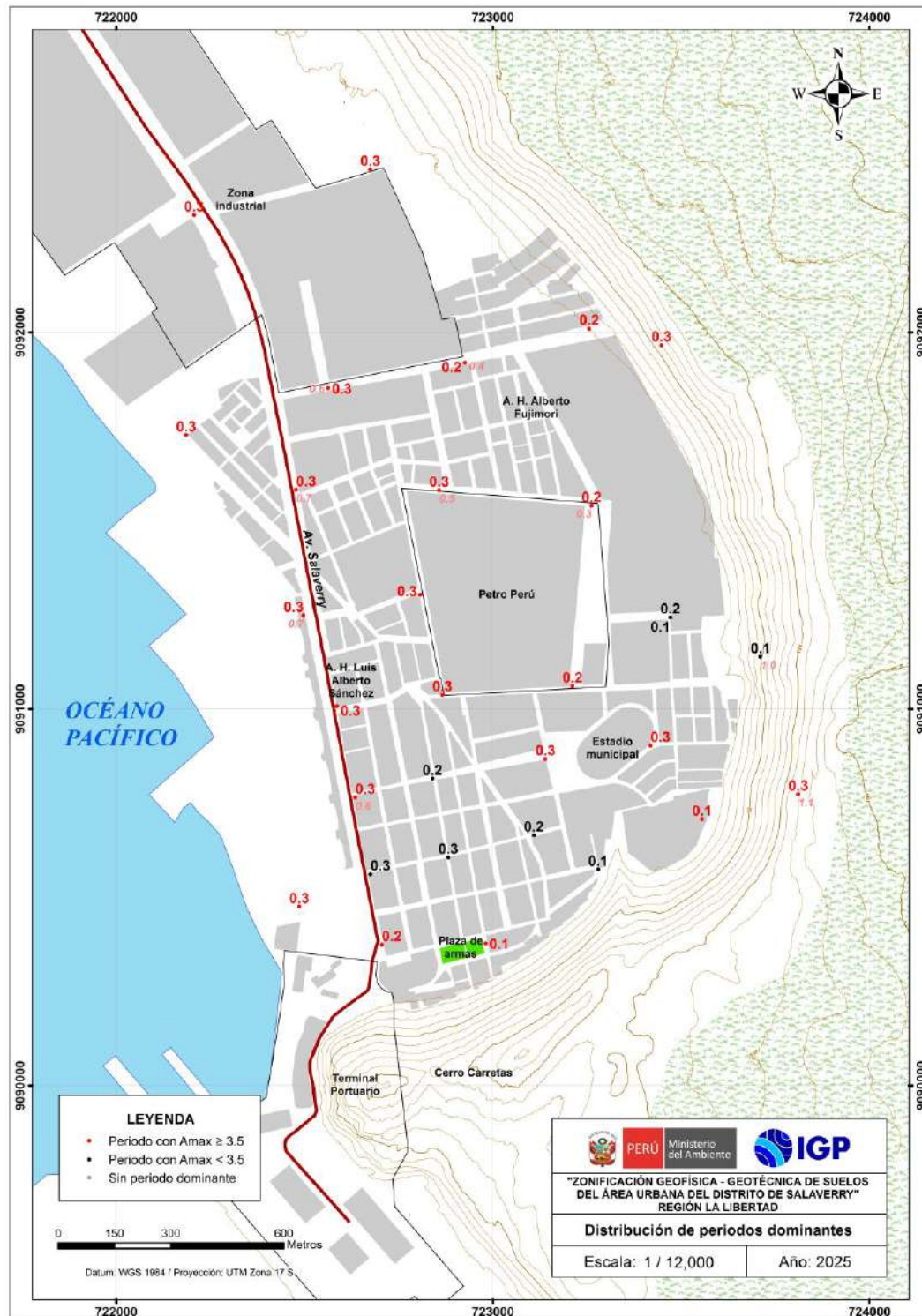


Figura 17. Distribución espacial de los periodos predominantes del suelo ( $T_0$ ). Los valores en rojo corresponden a puntos con amplificaciones mayores a 3.5 veces.

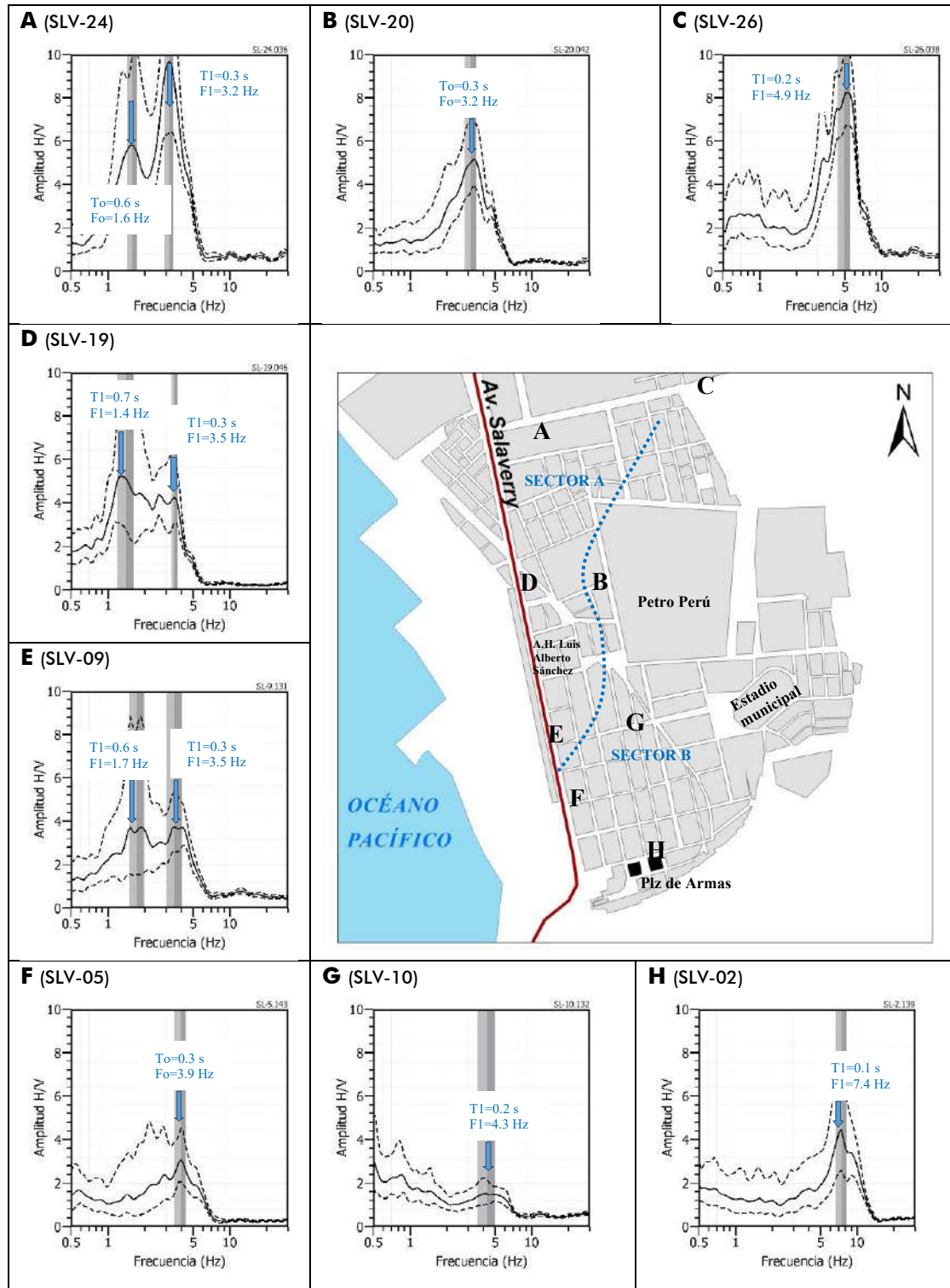


Figura 18. Razones espectrales obtenidas para los puntos de A hasta H, distribuidas en el área de estudio. Las flechas indican el periodo predominante de respuesta del suelo y la línea discontinua delimita por sectores a las familias espectrales.

### **3.2. Métodos Sísmicos MASW-MAM**

El ensayo de Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW) o sísmica activa (Park, 1999), permite determinar la estratigrafía del suelo bajo un punto; es decir, conocer la velocidad de propagación de las ondas de corte  $V_s$  en el suelo a partir del análisis de la dispersión de ondas superficiales generadas por una fuente de energía impulsiva y registrada por arreglos lineales de estaciones sísmicas.

El ensayo de Análisis Multicanal de Microtremores (MAM) o sísmica de Microtremores (Louie, 2001), es otro método para conocer la estructura del suelo 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 de los métodos MASW y MAM permite obtener información del suelo a niveles superficiales y en profundidad.

#### **3.2.1. Adquisición de datos**

Para la aplicación de los métodos sísmicos se ha utilizado un sismógrafo digital, modelo GEODE de Geometrics, 24 sensores o geófonos de baja frecuencia (4.5 Hz). Para el método MASW, se usó como fuente de impacto y/o energía para generar las ondas sísmicas, un martillo de 20 lbs (Figura 19) y para MAM el ruido ambiental. La geometría del tendido fue variable, estuvo en función de la geomorfología y accesibilidad a la zona de estudio. En total se realizaron 04 líneas sísmicas de MASW-MAM, las coordenadas y características se observan en la Tabla 11 y su distribución en la Figura 20. La ubicación de los ensayos fue en función de las zonas de interés de acuerdo al reconocimiento hecho en campo, investigaciones o estudios previos.



Figura 19. Equipos utilizados en la adquisición de datos MASW – MAM, en el área urbana de Salaverry.

### 3.2.2. Procesamiento y análisis

Para los ensayos MASW–MAM, los datos sísmicos recolectados fueron procesados con el programa de computación Seislmager y en su procedimiento, se aplicó la Transformada Rápida de Fourier (FFT) para obtener la curva de dispersión que relaciona la velocidad de fase de las ondas superficiales con la frecuencia (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  $V_s$  en una dimensión (1D) para el punto central de la línea, ver Figura 21.

Tabla 11. Coordenadas y características de las líneas sísmicas MASW-MAM realizadas en el área urbana de Salaverry, codificadas como LS01-SLV,..., LS04-SLV.

Línea Sísmica		Coordenadas UTM – WGS84		Cota (m s.n.m.)	Espaciamiento entre geófonos (m)	Longitud total (m)
		Este (m)	Norte (m)			
1	LS01-SLV	722655	9091167	6	3	69
2	LS02-SLV	723201	9090852	5	4	92
3	LS03-SLV	722900	9090378	8	3	69
4	LS04-SLV	723025	9091752	7	3	69





Figura 20. Distribución espacial de líneas de MASW - MAM, codificadas como LS01-SLV,..., LS04-SLV.



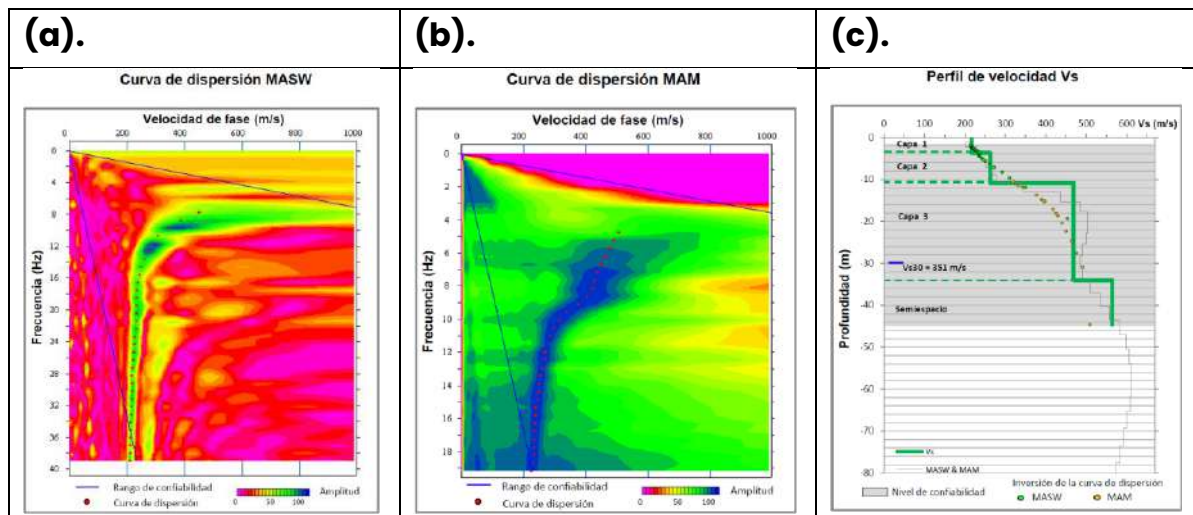


Figura 21. Curvas de dispersión obtenidas con los métodos de MASW (a) y MAM (b) y el perfil de velocidad obtenido a partir de la combinación de ambos métodos (c).

Para el análisis de los resultados obtenidos, se considera la clasificación de suelos adaptada a partir de la Norma de Diseño Sismorresistente (2018), tal como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. Clasificación de los suelos en función de las velocidades de ondas de corte ( $V_s$ ), según Norma E.030 (2018) adaptada para el área de estudio.

Clasificación de los perfiles de suelo			
N°	$V_s$ (m/s)	Adaptación al área de estudio	
1	> 1500	Roca moderadamente dura a dura	
2	800 a 1500		
3	500 a 800	Suelos muy rígidos	
4	350 a 500	Suelos rígidos	
5	180 a 350	Suelos intermedios (medianamente rígido)	
6	< 180	Suelos blandos	

### 3.2.3. Resultados e interpretación

A continuación, se describen las características observadas en los perfiles de velocidad de ondas de corte ( $V_s$ ) obtenidos con los métodos sísmicos MASW – MAM. En la Figura 22, se presenta el perfil sísmico obtenido para la línea LS01-SLV y en el Anexo 3, para las líneas restantes.

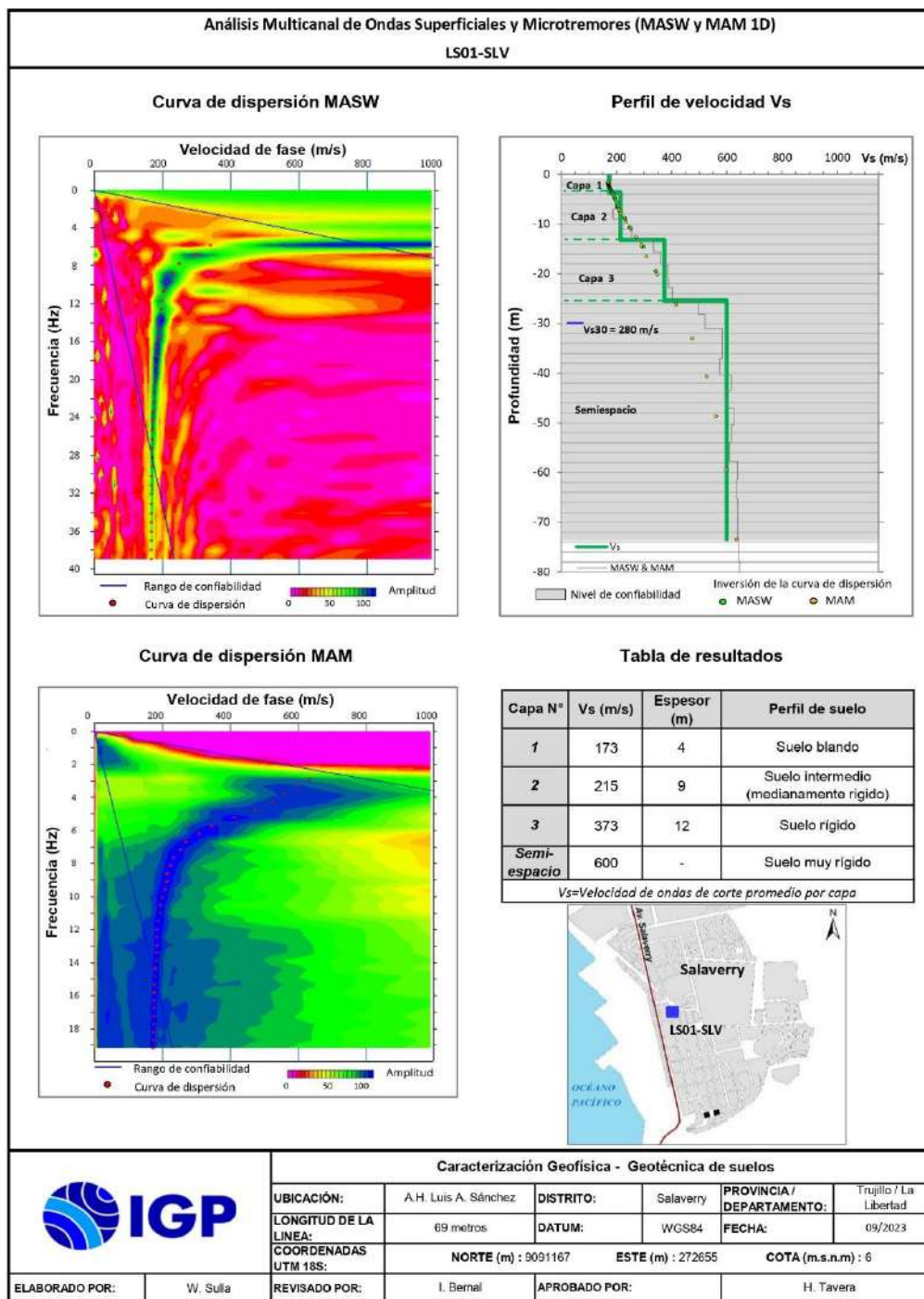


Figura 22. Resultados obtenidos con el ensayo MASW - MAM para la línea sísmica LS01-SLV.

**Línea sísmica LS01-SLV:** Ubicada en el A.H. Luis Alberto Sánchez, siendo la profundidad de resolución promedio del perfil de 74 metros. Este perfil permite identificar la existencia de tres (3) capas sísmicas: La primera de 4 metros de espesor y velocidad Vs de 173 m/s corresponde a suelo blando; la segunda capa de 9 metros de espesor y velocidad Vs de 215 m/s

correspondiente a suelo intermedio (medianamente rígido); la tercera capa de 12 metros de espesor y velocidad  $V_s$  de 373 m/s corresponde a suelo rígido. El semiespacio con velocidad  $V_s > 600$  m/s, sugieren la existencia de suelo muy rígido.

En el Anexo 3, se describen los resultados obtenidos en el resto de líneas sísmicas realizadas en la zona de estudio. En la Tabla 13, se resumen los valores de velocidad de ondas de corte ( $V_s$ ) para cada uno de los perfiles de suelo obtenidos y teniendo en cuenta, lo indicado en la Tabla 12.

Tabla 13. Valores de espesor y  $V_s$  de los perfiles sísmicos obtenidos para el área de estudio.

Superficie <span style="float: right;">➔</span> Profundidad									
Línea Sísmica	N° DE CAPA								VS30 (m/s)
	1		2		3		Semiespacio		
	Vs (m/s)	Esp. (m)	Vs (m/s)	Esp. (m)	Vs (m/s)	Esp. (m)	Vs (m/s)	Esp. (m)	
LS01-SLV	173	4	215	9	373	12	600	-	280
LS02-SLV	155	7	389	16	622	24	940	-	303
LS03-SLV	196	7	417	11	698	-	-	-	376
LS04-SLV	192	9	401	14	661	24	787	-	322
<div><div></div> Suelo blando (Vs &lt; 180 m/s)</div> <div><div></div> Suelo intermedio - medianamente rígido (180 - 350 m/s)</div> <div><div></div> Suelo rígido(350 - 500 m/s)</div> <div><div></div> Suelo muy rígido (500 - 800 m/s)</div> <div><div></div> Roca moderadamente dura a dura (Vs &gt; 800 m/s)</div>									

En el área urbana del distrito de Salaverry, se ha identificado a nivel superficial el predominio de dos tipos de suelos: Los suelos blandos ( $V_s=155$  a 173 m/s y espesor entre 4 y 7 metros) identificados por el estadio municipal y por el A.H. Luis Alberto Sánchez, y los suelos medianamente rígidos ( $V_s=196$  a 215 m/s y espesor entre 7 y 9 metros), identificados por el A.H. Alberto Fujimori y por la plaza de Armas, mientras que en dirección hacia la Av. Salaverry, estos suelos subyacen a los suelos blandos, Figura 23 (Perfil 02). A mayor profundidad se ha identificado una capa de suelos rígidos con rangos de velocidades de ondas de corte varían entre  $V_s$ : 373 y 417 m/s y

con espesores entre 11 y 16 metros.

En conjunto, los suelos blandos, medianamente rígidos y rígidos suman un espesor total entre 18 y 25 metros, tendiendo los mayores espesores en dirección a la Av. Salaverry (próximo a la playa). Por debajo se identifica los suelos muy rígidos y la roca en profundidad, ver Figura 23.

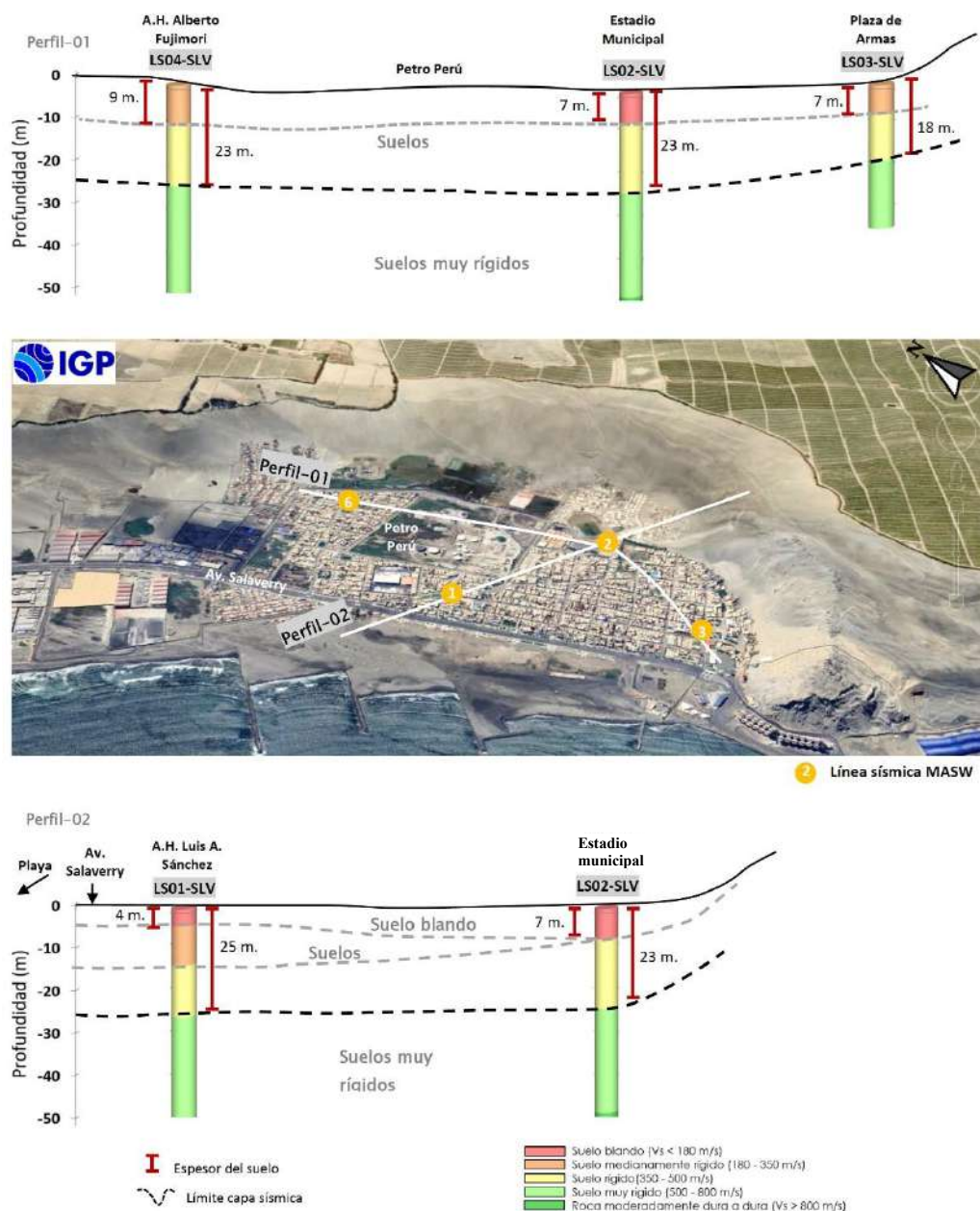


Figura 23. Resultados de MASW-MAM ubicados a lo largo de los perfiles 01 y 02, muestran la disposición de las capas de suelos identificados en el distrito de Salaverry.

En este contexto, los suelos que caracterizan el área urbana de Salaverry corresponden a depósitos marinos de variada rigidez que podría deberse al contenido de humedad. Por debajo se encontraría la roca intrusiva que aflora al sur de la plaza de Armas.

Para el área de estudio, el  $V_{s30}$  calculado; entre 280 y 322 m/s corresponde a suelos Tipo S3 y de 376 m/s a suelos Tipo S2; es decir predominan suelos intermedios a rígidos respectivamente (Adaptación de la clasificación de suelos de la Norma sismorresistente E.030 al área de estudio).

### **3.3. Método de Resistividad Eléctrica**

El método de Resistividad Eléctrica - ERT (Orellana, 1982), permite determinar las variaciones de resistividad y conductividad eléctrica de las rocas y suelos para conocer su contenido de humedad o el nivel freático en su estructura. En general, los materiales que conforman el suelo muestran diversos rangos de valores de resistividad ( $\rho$ ) 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.

#### **3.3.1. Adquisición de datos**

Los datos recolectados en campo corresponden al registro de valores de resistividad obtenidos en 06 líneas de ERT utilizando un equipo de Resistividad / IP Syscal Pro (Figura 24). Asimismo, en la Figura 25 se presenta su distribución espacial y en la Tabla 14 las características de las líneas ERT realizadas en el área urbana del distrito Salaverry.

#### **3.3.2. 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 geoelectricos y de procesamiento de imágenes.



Figura 24. Equipos utilizados en la adquisición de datos ERT.

Tabla 14. Coordenadas y características del ensayo ERT realizados en Salaverry.

Línea Eléctrica	Coordenadas UTM – WGS84		Cota (m s.n.m.)	Espaciamiento entre electrodos (m)	Longitud total (m)
	Este (m)	Norte (m)			
LE01- SLV	722773	9091174	20	10	200
	722599	9091129	19		
LE02- SLV	723192	9090939	18	10	150
	723206	9090793	19		
LE03- SLV	723082	9090372	20	10	150
	722949	9090329	21		
LE04- SLV	723137	9091772	17	10	150
	723001	9091747	23		
	761304	9005022	30		

Asimismo, para la interpretación de los resultados se debe tener en cuenta que son varios los factores que influyen en las propiedades físicas de

los suelos (grado de saturación, porosidad y forma del poro, salinidad del fluido, tipo y composición de la roca, temperatura, procesos geológicos que afectan a los materiales); es decir, el incremento de fluidos en el terreno se verá reflejado por una disminución en los valores de resistividad. En la Tabla 15, se presentan algunos valores de resistividad relacionados con los diferentes tipos de suelos y rocas.

Tabla 15. Valores representativos de resistividad (modificado de 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

### 3.3.3. Resultados e interpretación

A continuación, se describen las características observadas en las secciones geoelectricas con resolución de hasta los 40 metros de profundidad. En la Figura 26, se presenta la sección obtenida para la línea LE01-SLV y en el Anexo 3, para las secciones restantes.

**Sección geoelectrica LE01-SLV:** Ubicada en el A.H. Luis Alberto Sánchez sobre una longitud de 200 metros y en dirección NE-SO. En esta sección predominan materiales con alto contenido de humedad ( $< 80 \text{ Ohm-m}$ ), espesores de hasta 40 metros. Además, dentro de este horizonte se presenta una anomalía con mayor concentración de humedad. Por otro lado,

a nivel superficial se presentan dos anomalías con moderado contenido de humedad (80 a 300 Ohm-m), la primera a la altura de la calle La Libertad y Rivera, y la segunda al final de la sección.

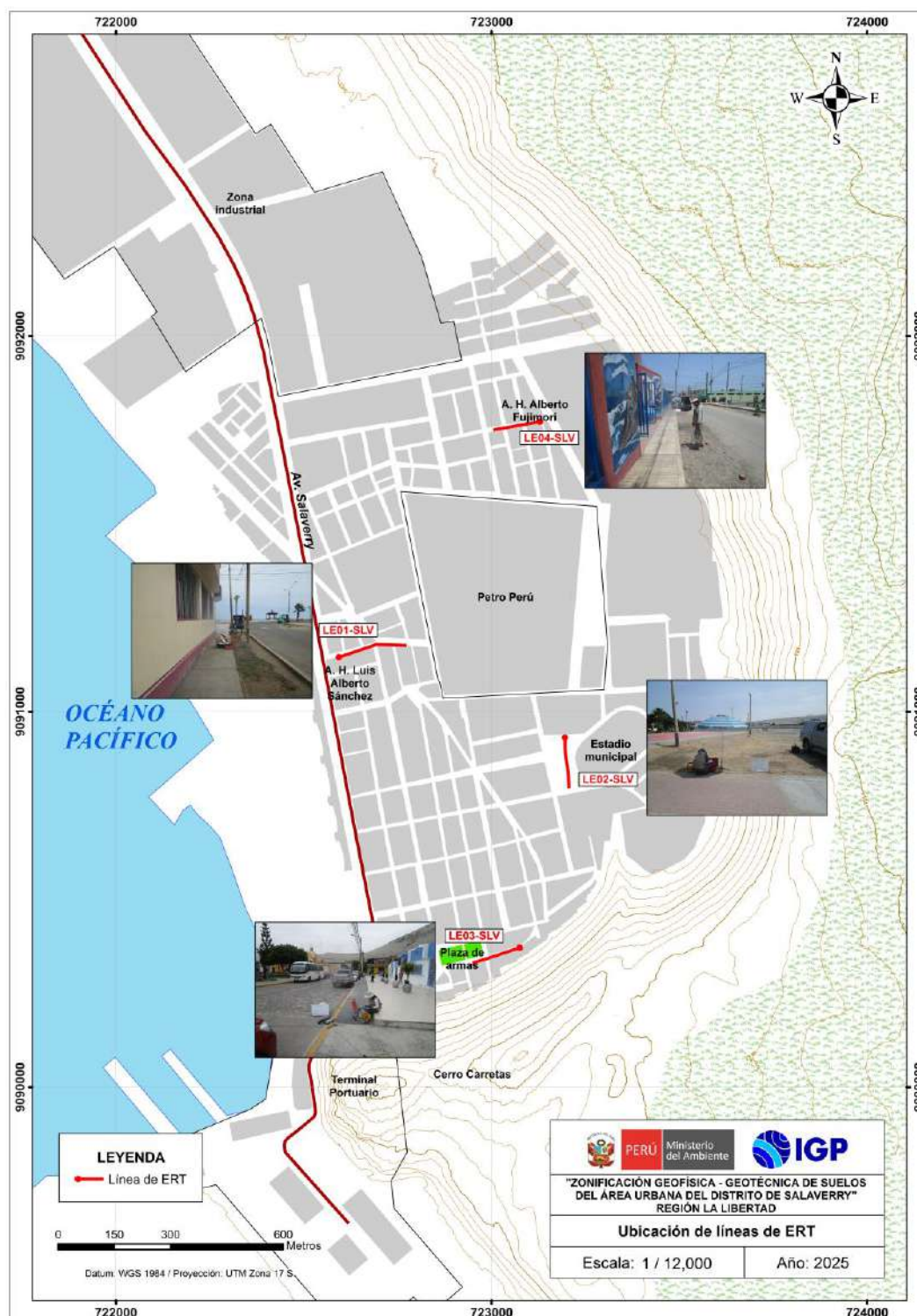


Figura 25. Distribución espacial de las líneas de ERT codificadas como LE01-SLV,... LE04-SLV en el área urbana del distrito de Salaverry.

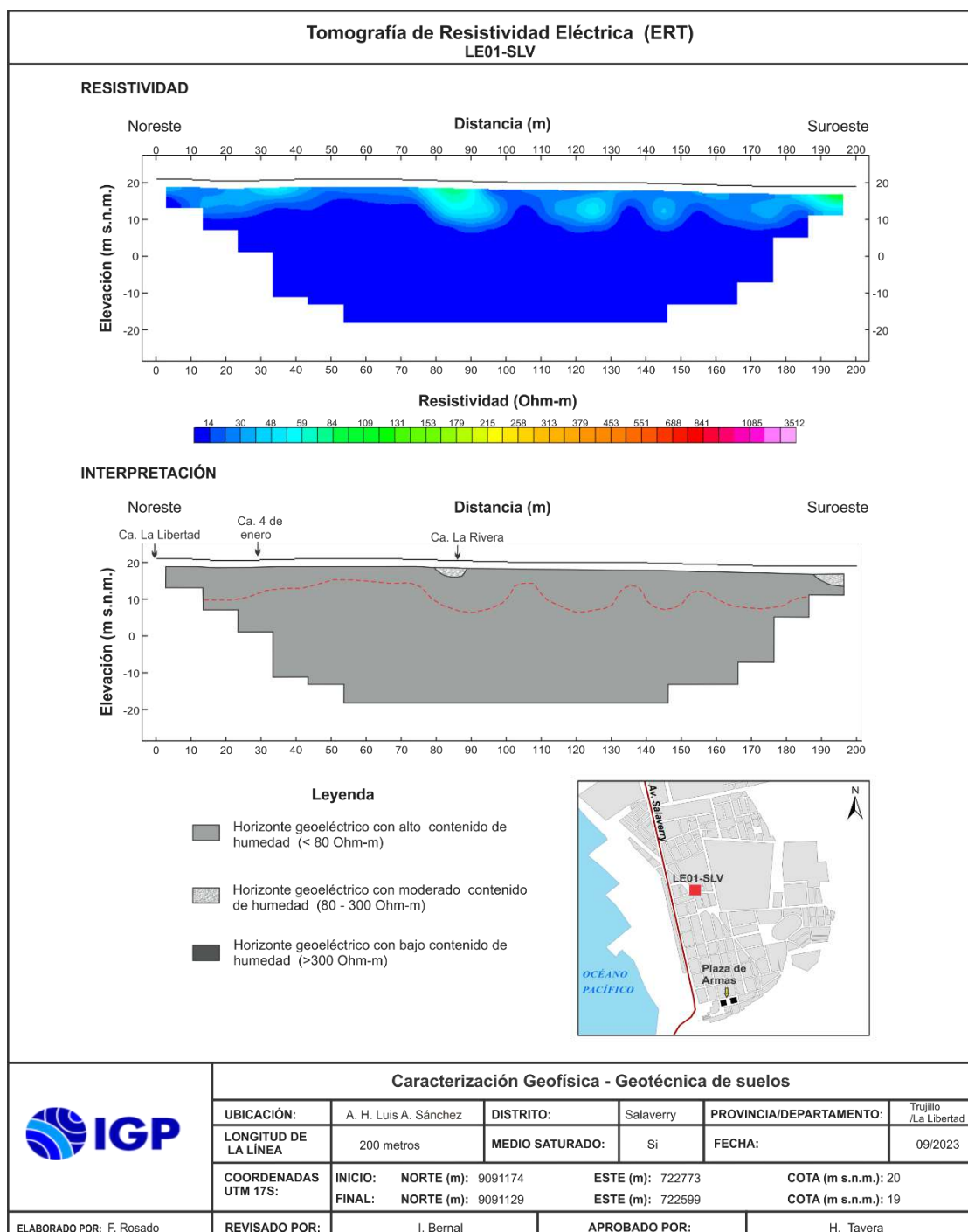


Figura 26. Resultado de tomografía de resistividad eléctrica para la línea LE01-SLV.

**Sección geoelectrica LE02-SLV:** Realizada en el estadio Municipal, sobre una longitud de 150 metros y en dirección norte-sur. En esta sección predominan materiales con alto contenido de humedad (< 80 Ohm-m), espesores mayores a 40 metros.

En el Anexo 3, se describen los resultados obtenidos en el resto de secciones geoelectricas.

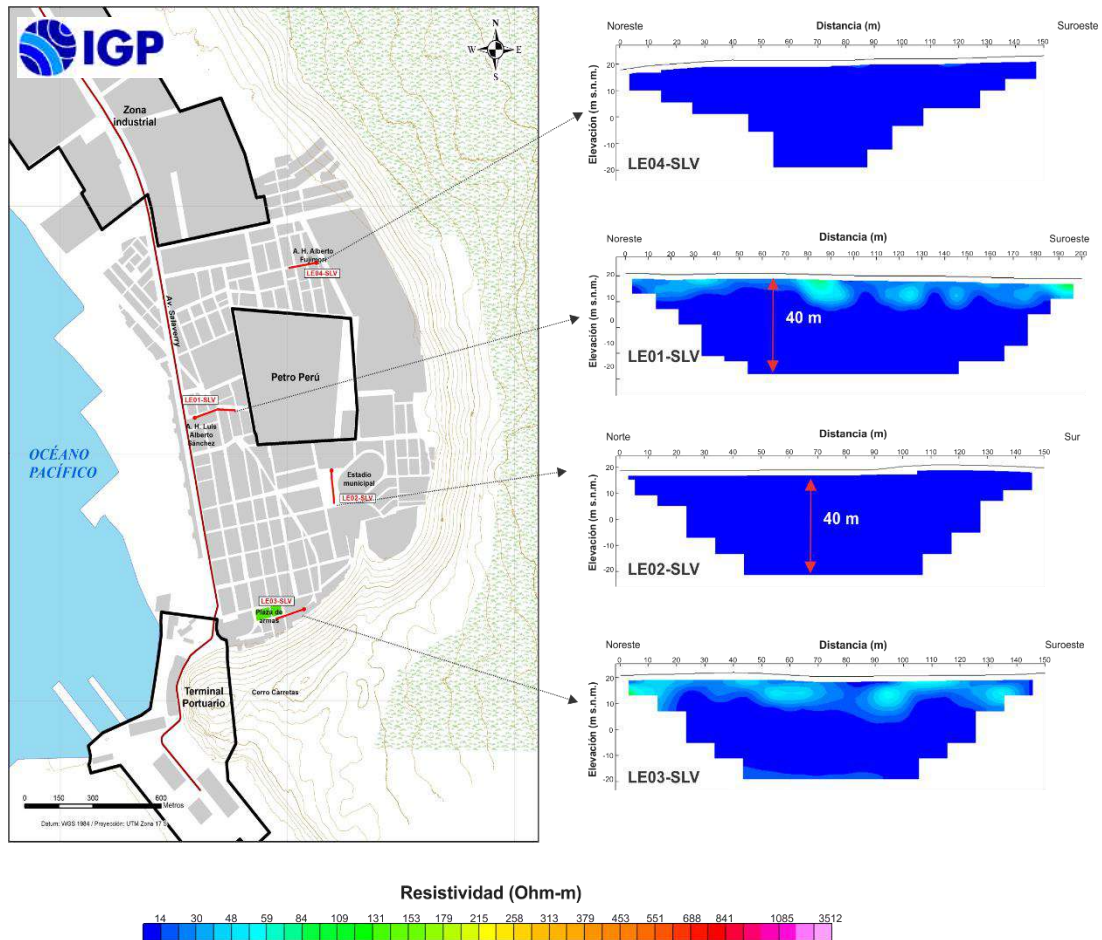


Figura 27. Ubicación de las líneas de tomografía eléctrica LE01-SLV, LE02-SLV, LE03-SLV, y LE04-SLV. Las bajas resistividades ( $<80 \text{ Ohm-m}$ ), indican la presencia de mayor contenido de humedad.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las secciones de tomografía eléctrica para el área urbana del distrito de Salaverry, se ha identificado la presencia de capas con suelos húmedos y/o saturados con las siguientes características:

- Hacia el extremo oeste del área de estudio (A.H. Luis Alberto Sánchez y la plaza de Armas), se ha identificado la presencia de un horizonte con alto contenido de humedad y espesores de hasta 40 metros (Figura 27, LE01-SLV y LE03-SLV).



- Hacia el extremo este del área de estudio (A.H. Luis Alberto Sánchez y estadio municipal) se ha identificado la presencia de un horizonte, con alto contenido de humedad con espesores con más de 40 metros, en el estadio se observó las paredes y suelo húmedo. (Figura 27, LE02-SLV y LE04-SLV).

## **4. ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA - GEOTÉCNICA**

La caracterización física y dinámica de suelos del área urbana del distrito de Salaverry, región La Libertad, fue realizada usando datos e información generada a partir de los métodos geofísicos y su correlación con la información geológica y geodinámica, siendo los resultados obtenidos los siguientes:

### **4.1. Caracterización física y dinámica de suelos**

El área urbana de Salaverry se encuentra ubicada a una altura promedio de 3 m.s.n.m., se emplaza sobre depósitos aluviales, fluviales y eólicos, presenta una topografía relativamente llana en la parte central urbana con altitudes entre los 0 a 20 m.s.n.m. y algunas elevaciones en promedio de 180 a 360 m.s.n.m. en la Urb. Sol de Trujillo y alrededores.

Los suelos del área urbana de Salaverry responden predominantemente a periodos de 0.1 a 0.3 segundos; adicionalmente, en dirección noroeste, por sectores los suelos presentan sensibilidad a periodos largos ( $\geq 0.6$  segundos) presentes por los A.H. Luis Alberto Sánchez y A.H. Alberto Fujimori. Hacia el extremo sur del área de estudio por la plaza de Armas y estadio municipal. La forma de las curvas H/V, evidencian que el suelo al responder a dos rangos de periodos con altas amplificaciones presenta una respuesta dinámica compleja ante sismos.

*Para una mejor descripción el área de estudio, a continuación, se realiza un análisis por sectores de los resultados obtenidos:*

***Hacia los extremos noreste y suroeste del distrito de Salaverry, se comprende a los sectores del A.H. Alberto Fujimori (extremo este) y***

próximos a la plaza de Armas. Los resultados permiten definir:

- Una capa de suelo medianamente rígido a rígido constituido por depósitos marinos.
- Velocidades de ondas de corte  $V_s$ : 192 -196 a 401 -417 m/s con espesores promedio de 18 y 23 metros por la plaza y el A.H. Fujimori, respectivamente.
- Presentan alto contenido de humedad, superando los 40 metros de profundidad (Figuras 28).
- Estos suelos muestran sensibilidad a un rango de periodos entre 0.1 a 0.3 segundos.
- A mayor profundidad, la capa de suelo está caracterizada por material rígido y correspondería al material compacto.

**Hacia los extremos SE a NO de la zona céntrica** del distrito de Salaverry, se comprende a los sectores del A.H. Luis Alberto Sánchez y el estadio municipal. Los resultados permiten definir:

- Una capa de suelo blando a medianamente rígido constituido por depósitos marinos.
- Velocidades de ondas sísmicas  $V_s$ : 155-173 a 215 - 389 m/s con espesores promedio de 25 metros de profundidad, ver Figura 29.
- Presentan alto contenido de humedad, superando los 40 metros de profundidad.
- Estos suelos muestran sensibilidad a periodos de 0.2- 0.3 segundos y conforme se tiende hacia el A.H. Luis Alberto Sánchez, muestran adicionalmente sensibilidad a periodos largos.
- Por debajo, la capa de suelo está caracterizado por una capa de material rígido.

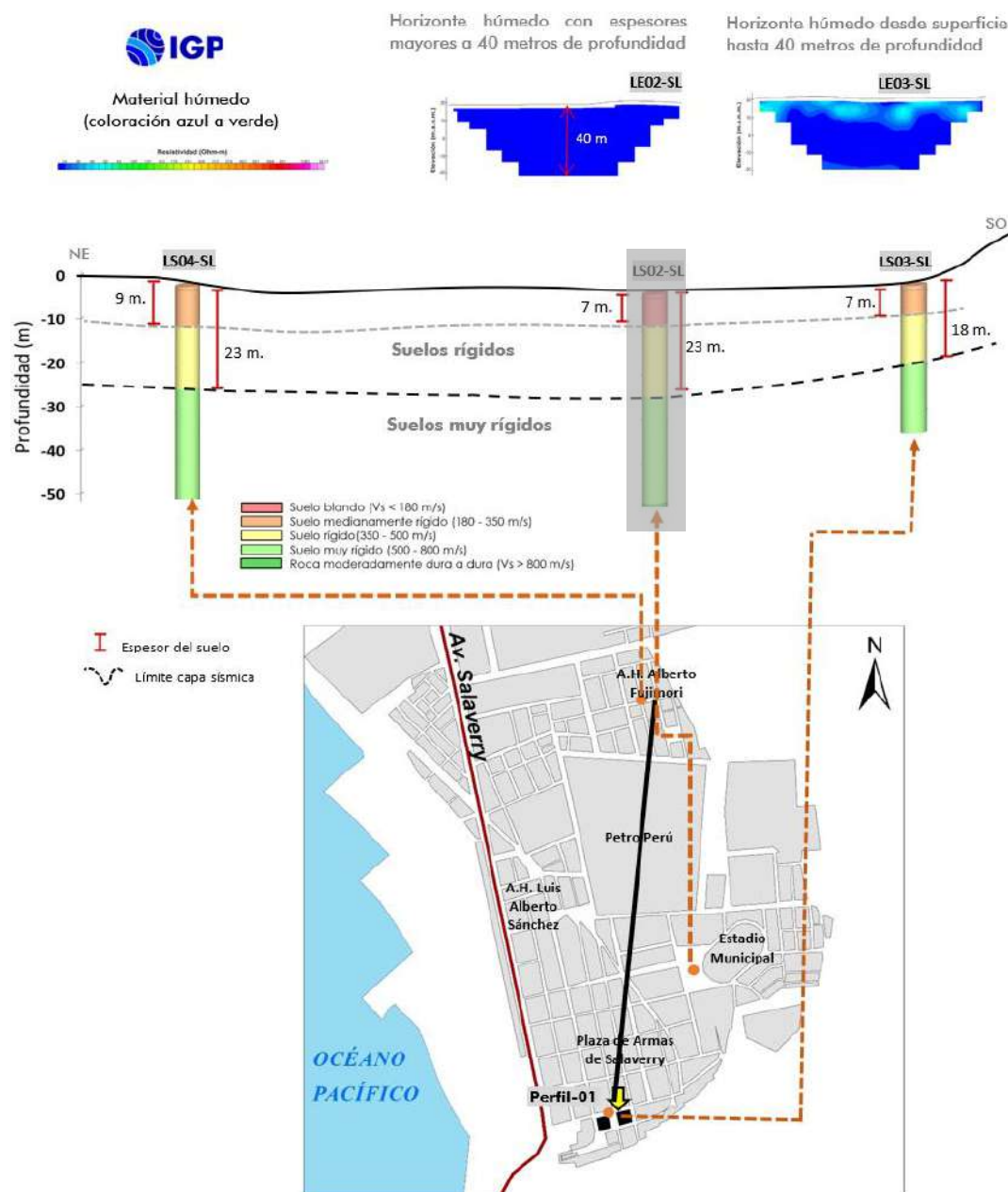


Figura 28. Estructura del suelo identificado en dirección NE y SE del área urbana del distrito de Salaverry, Perfil-01 realizado a partir de la correlación de los resultados obtenidos con los métodos de ERT y MASW-MAM.

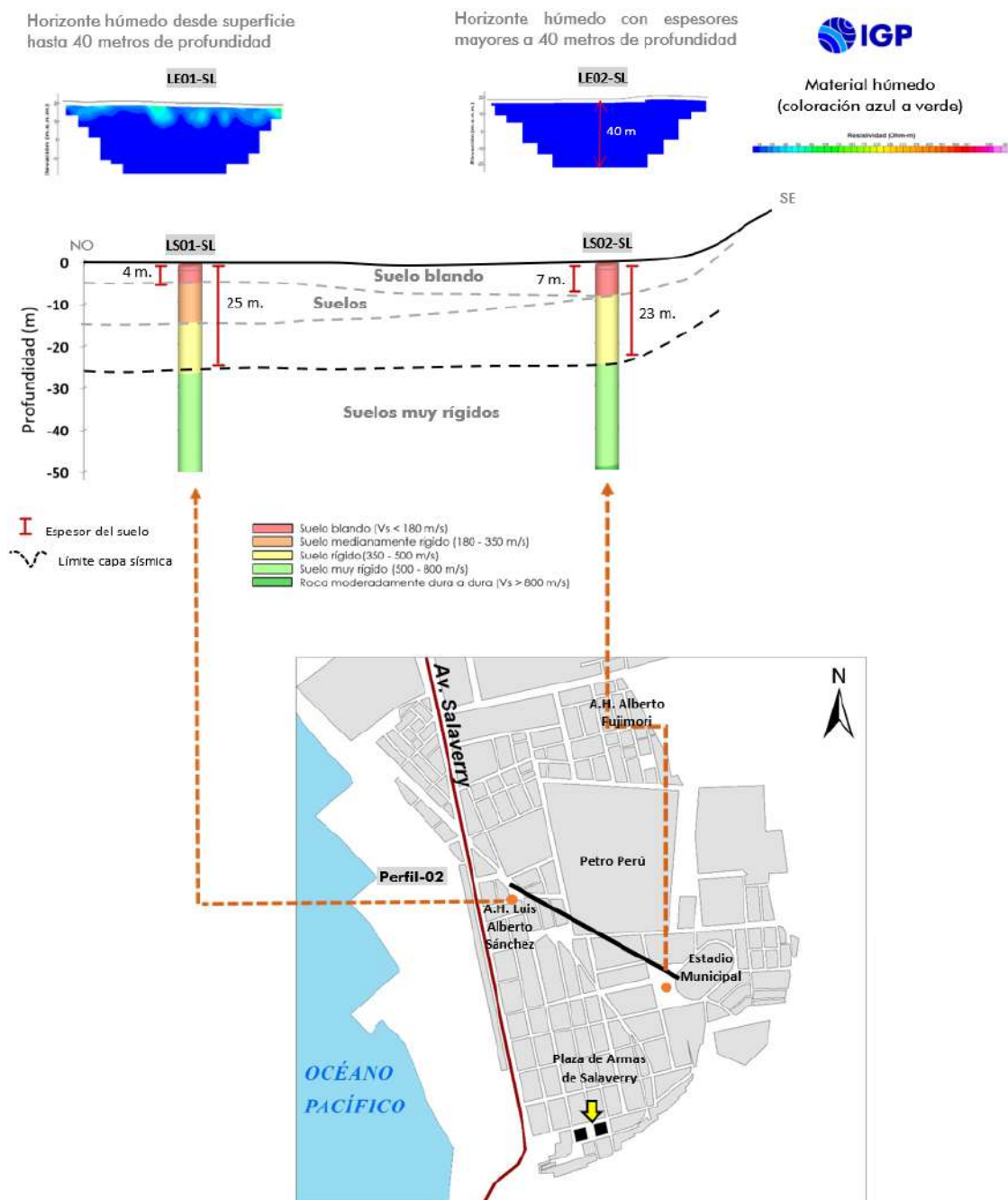


Figura 29. Estructura del suelo identificado en dirección NO y SE del área urbana del distrito de Salaverry, Perfil-02 realizado a partir de la correlación de los resultados obtenidos con los métodos de ERT y MASW-MAM.



Los resultados de este análisis sugieren que en el área de estudio existe una capa de suelos poco compactos a nivel superficial, cuyo espesor se incrementa conforme se tiende hacia el litoral. Asimismo, estos suelos presentan alto contenido de humedad y una respuesta dinámica compleja ante la ocurrencia de sismos de moderada a gran magnitud.

#### **4.2. Mapa de Zonificación Geofísica – Geotécnica**

El mapa de Zonificación Geofísica-Geotécnica para el área urbana del distrito de Salaverry, se elabora en función de la integración de los resultados de los estudios geológicos, geotécnicos y geofísicos, delimitando zonas cuyos suelos presentan características físicas y dinámicas similares y que de acuerdo a las consideraciones indicadas en la Norma E.030, se ha identificado la existencia de suelos de Tipo S2, S3 y S4, que corresponden a suelos medianamente rígidos a blandos.

Para el área urbana del distrito de Salaverry, se propone la siguiente Zonificación Geofísica-Geotécnica (Figura 30).

**-ZONA I:** Considera suelos Tipo S1 (E.030) que corresponden a suelos muy rígidos ( $V_{s30} \geq 500$  m/s). Estos suelos no fueron identificados en el área de estudio.

**-ZONA II:** Considera suelos conformado principalmente por estratos de arena y arena limosa. Presenta velocidades de ondas de corte  $V_{s30}$  de ~376 m/s, con periodos de vibración natural de entre 0.1 – 0.2 segundos. Los suelos presentan moderado a alto contenido de humedad y una capacidad de carga portante muy baja ( $< 1$  kg/cm<sup>2</sup>) a un metro de profundidad. Estos parámetros comprenden a suelos Tipo S2 (E.030) que corresponden a suelos rígidos a medianamente rígidos identificados por la Plaza de Armas.

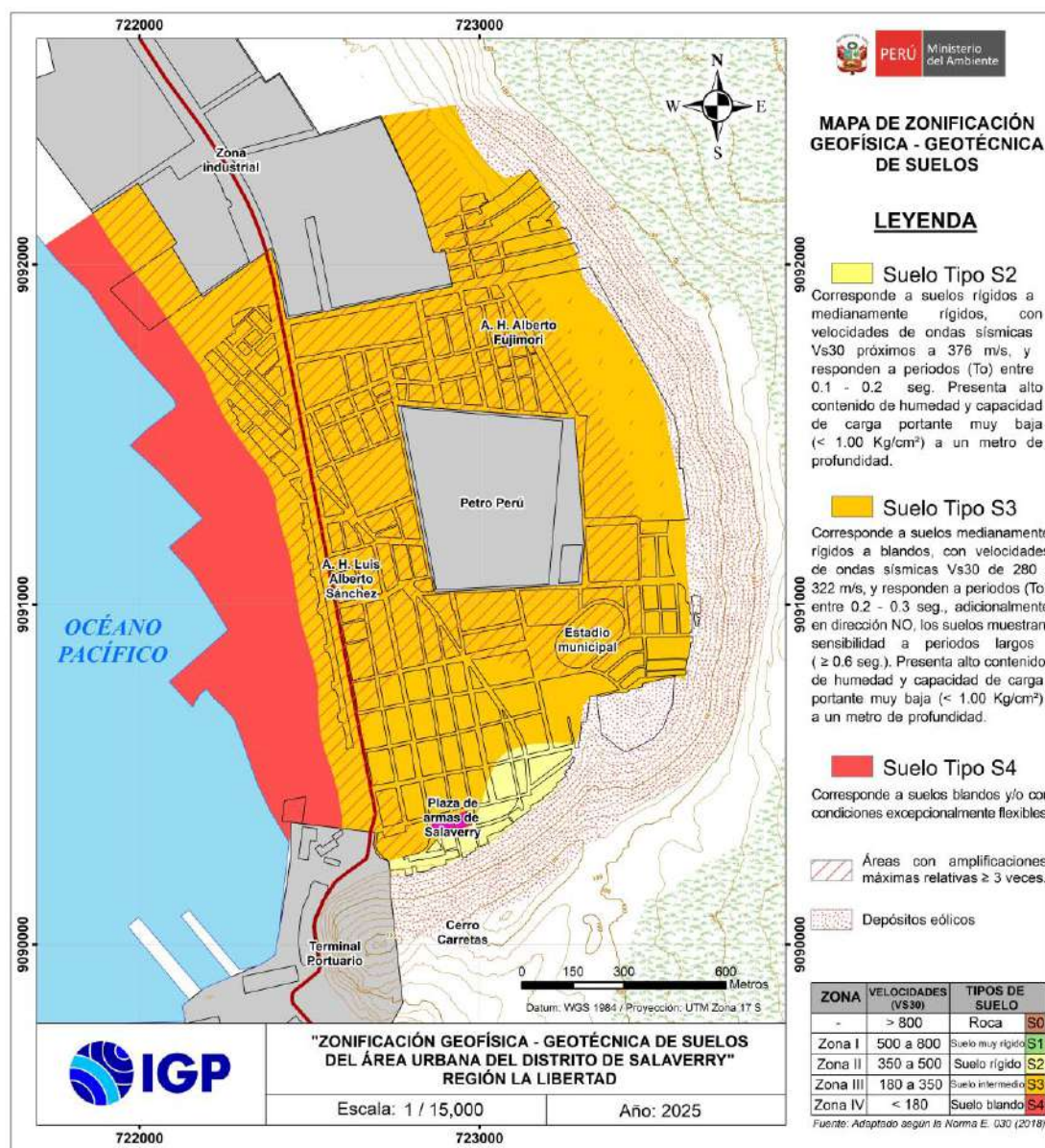


Figura 30. Mapa de Zonificación Geofísica - Geotécnica de los suelos del distrito de Salaverry. Escala 1/15,000

**-ZONA III:** Considera suelos conformado principalmente por estratos de arena. Presenta velocidades de ondas de corte  $V_{s30}$  de 280 a 322 m/s. Los suelos responden a periodos de vibración natural de 0.3 segundos y muestra sensibilidad a periodos largos ( $\geq 0.6$  segundos). Asimismo, los suelos presentan alto contenido de humedad y una capacidad de carga portante muy baja ( $< 1 \text{ kg/cm}^2$ ) a un metro de profundidad. Estos parámetros comprenden a suelos Tipo S3 (E.030) que corresponden a suelos medianamente rígidos a blandos.

**-ZONA IV:** Considera suelos Tipo S4; es decir, suelos blandos a excepcionalmente flexibles (NTE 030). Estos suelos se encuentran en zonas inundables, próximas al litoral, zonas de derrumbes y/o susceptibles a caída de rocas, presentando un alto nivel de saturación. Esta zona comprende sectores próximos a la línea de costa del océano Pacífico, ver Figura 30.

Asimismo, en el mapa de zonificación, con las líneas inclinadas en rojo se delimitan áreas donde los suelos presentan amplificaciones relativas mayores a 3.5 veces

## **CONCLUSIONES**

El estudio de Zonificación Geofísica - Geotécnica (Comportamiento Dinámico del Suelo) para el área urbana del distrito de Salaverry, ha permitido llegar a las siguientes conclusiones:

- El área urbana de Salaverry se asienta sobre la geoforma de playas conformada por la acumulación o acreción de sedimentos granulares, rodeada por lomas que presentan una inclinación inferior a  $35^\circ$  a aproximadamente 80 metros de la plaza principal de Salaverry.

- Geológicamente, se identificaron tres unidades: Depósitos cuaternarios (eólicos y marinos) que se encuentran conformados por arenas de grano medio a gruesos, y rocas intrusivas (tonalitas y granodioritas) que ocupan el núcleo de la cordillera occidental.

- En el área urbana de Salaverry se identifica un tipo de suelo conformado por: arenas pobremente gradadas (SP) los cuales presentan capacidad de carga portante muy baja ( $< 1.00 \text{ kg/cm}^2$ ).

- El análisis espectral de los registros de vibración ambiental, evidencian que los suelos del área urbana del distrito de Salaverry, responden a periodos entre 0.1 a 0.3 segundos que se distribuyen en gran parte del área de estudio. Adicionalmente en dirección NO los suelos muestran sensibilidad a periodos largos ( $\geq 0.6$  segundos), identificados principalmente hacia el extremo NO del distrito por el A.H. Luis Alberto Sánchez y extremo oeste del A.H. Alberto Fujimori, evidenciando la presencia de suelos heterogéneos cuya respuesta dinámica ante sismos es compleja.

- Los resultados permiten identificar que los suelos en el área urbana de Salaverry están diferenciados en 3 capas sísmicas y un semi espacio. Los

suelos medianamente rígidos ( $V_{s30}=280$  a  $376$  m/s), predominan en el área de estudio, cubiertos por una capa superficial de poco espesor de suelos blandos, de 4 a 7 metros de espesor por el A.H. Luis Alberto Sánchez y el estadio municipal. En conjunto, los suelos blandos y medianamente rígidos, alcanzan espesores de hasta 25 metros en promedio.

- Los suelos en el área urbana del distrito de Salaverry, presentan alto contenido de humedad desde la superficie y pueden superar los 40 metros de profundidad. Se ha identificado en el A.H. Luis Alberto Sánchez y el estadio municipal un horizonte con alto contenido de humedad, en este último se observó las paredes y suelo superficial húmedo.

- Los resultados obtenidos para el área urbana del distrito de Salaverry a partir de sus características físicas y dinámicas del suelo, han permitido identificar, de acuerdo a las consideraciones indicadas en la Norma de Construcción Sismorresistente E.030 adaptado al área de estudio, la existencia de suelos de Tipo S2, S3 y S4, que corresponden a suelos rígidos, medianamente rígidos y blandos.



## **BIBLIOGRAFÍA**

- Bernal, I., (2006), "Microzonificación sísmica de la ciudad de Tlaxcala, México", Tesis de Maestría, Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM.
- CENEPRED, (2017) - Escenario de Riesgo ante la temporada de lluvias 2017-2018.
- Cossio, A. & Jaén, H., (1967) - Geología de los cuadrángulos Puemape 16-d, Chocope 16-e, Otuzco 16-f, Trujillo 17-e, Salaverry 17-f y Santa 18-f. Serie A: Carta Geológica Nacional. Boletín N° 59. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico- INGEMMET.
- INEI, 2017. Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú.
- Lermo, J. y Chavez-Garcia, F.J. (1994a). "Are microtremors useful in site response evaluation", Bull. Seism. Soc. Am. 84, 1350-1364 pp.
- Municipalidad distrital de Salaverry (2023) – Plan distrital de contingencia por temporadas de lluvias intensas para los años 2023-2024.
- Municipalidad provincial de Trujillo (2017) - Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres de la provincia de Trujillo 2018 – 2021.
- Nakamura, Y. (1989): A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremors on the ground surface, Quaterly Report of Railway Technical Research Institute, 30(1):25-33.
- Norma Técnica de edificaciones E.030. 2018. Aprobada por resolución ministerial N°355-2018- VIVIENDA.
- PNUD-INDECI, (2012) – Sistema de Información de Recursos para Atención de Desastres-SIRAD Trujillo. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- 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.
- Silva, H., Terán, S., (2015). Estudio de microzonificación geotécnica empleando el penetrómetro dinámico liviano (DPL) en los sectores costeros de: Salaverry, Aurora Diaz 1 y 2, Fujimori y Luis Alberto Sánchez del distrito de Salaverry, provincia de Trujillo departamento de La Libertad. Tesis de grado.
- Tavera, H., Bernal, I., Condori, C., Ordaz, M., Zeballos, A. y Ishizawa, O. (2014). Re-Evaluación del peligro sísmico probabilístico para el Perú. Instituto Geofísico del Perú.
- Valdivia, D. (2018). Evaluación de licuefacción mediante cargas por niveles de edificaciones típicas, en el suelo del asentamiento Las Brisas, Salaverry, La Libertad. Tesis de grado.

## **ANEXOS 1**

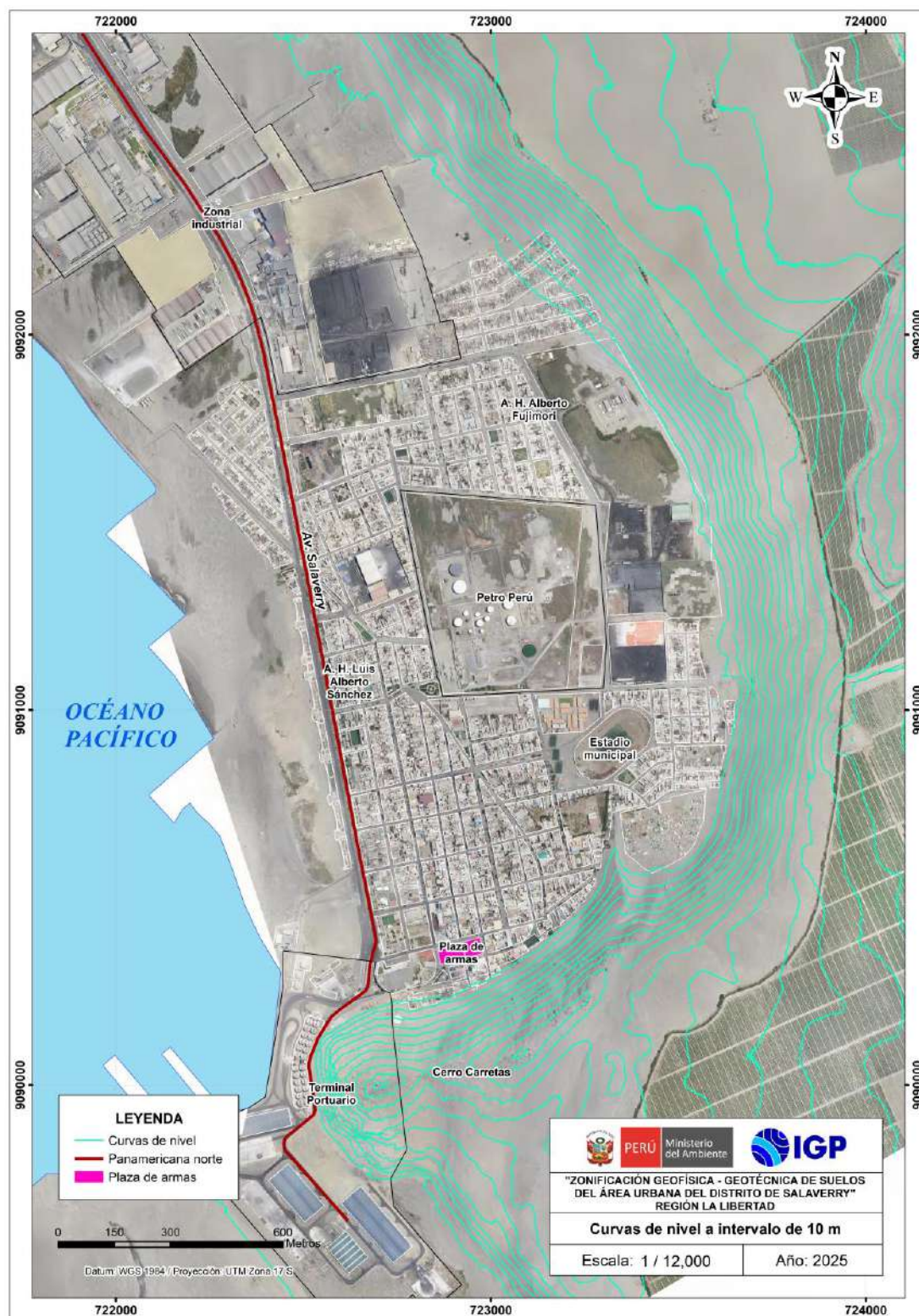
### **Información Topográfica**

## Ortomosaico





## Curvas de nivel








## **ANEXOS 2**

### **Información Geológica – Geotécnica**




## Registro de calicatas

 <b>PERÚ</b> Ministerio del Ambiente								
REGISTRO DE CALICATAS								
<b>ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE SALAVERRY</b>		CALICATA: CS-01						
		UBICACIÓN: Los Birisas						
		DISTRITO: Salaverry	PROVINCIA: Trujillo					
		PROFUNDIDAD (m): 2.50	NIVEL FREÁTICO (m): 2.50					
		COORDENADAS UTM						
ELABORADO POR: Mariana Vivanco		NORTE (m): 9091706	ESTE (m): 722331					
		REVISADO POR: Juan Carlos Gómez A.	RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera					
		COTA (m s.n.m.): 21						
PROF. (m)	MAESTRÍAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm³)		GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
			Dh	Ds				
0.00								
0.10								
0.20								
0.30								
0.40								
0.50								
0.60								
0.70								
0.80								
0.90								
1.00								
1.10								
1.20								
1.30								
1.40								
1.50								
1.60								
1.70								
1.80								
1.90								
2.00								
2.10								
2.20								
2.30								
2.40								
2.50	M-01	26.01						
2.60								
2.70								
2.80								
2.90								
3.00								
OBSERVACIONES:								
REGISTRO FOTOGRÁFICO CS-01								
								
La calicata se realizó en zona de campo deportivo								



PERÚ

Ministerio del Ambiente



ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE SALAVERRY

CALICATA:

UBICACIÓN:

DISTRITO:

PROFUNDIDAD (m):

NORTE (m):

Las Lomas de Salaverry

Salaverry

2.30

9092135

CS-02

PROVINCIA:

NIVEL FREÁTICO (m):

COORDENADAS UTM

ESTE (m):

COTA (m s.n.m.):

Trujillo

1.90

722888

19

ELABORADO POR:

REVISADO POR:

RESPONSABLE DEL PROYECTO:

Mariana Vivanco



Juan Carlos Gómez A.

Hernando Tavera

(m)	PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm3)		GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERIL	DESCRIPCIÓN
				Dh	Ds				
0.00									
0.10									
0.20									
0.30									
0.40									
0.50									
0.60									
0.70									
0.80									
0.90									
1.00									
1.10									
1.20									
1.30									
1.40									
1.50									
1.60									
1.70									
1.80									
1.90									
2.00									
2.10									
2.20		M-02	24.27						
2.30									
2.40									
2.50									
2.60									
2.70									
2.80									
2.90									
3.00									



OBSERVACIONES:

REGISTRO FOTOGRÁFICO CS-02








Se evidencia nivel freático a 1.90 m

Instituto Geofísico del Perú

PERÚ		Ministerio del Ambiente		IGP					
<b>REGISTRO DE CALICATAS</b>									
<b>ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE SALAVERRY</b>		<b>CALICATA:</b> CS-03							
		<b>UBICACIÓN:</b> Zona recreativa entre calle D y calle K, Sector Alberto Fujimori							
		<b>DISTRITO:</b> Salaverry	<b>PROVINCIA:</b> Trujillo	<b>REGIÓN:</b> La Libertad					
		<b>PROFUNDIDAD (m):</b> 1.80	<b>NIVEL FREÁTICO (m):</b> 1.70	<b>FECHA:</b> junio 2023					
		<b>COORDENADAS UTM</b>							
<b>ELABORADO POR:</b>		<b>NORTE (m):</b> 9091685	<b>ESTE (m):</b> 723089	<b>COTA (m s.n.m.):</b> 25					
		<b>REVISADO POR:</b> Juan Carlos Gómez A.	<b>RESPONSABLE DEL PROYECTO:</b> Hernando Tavera						
(m)	PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm³)		GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERIL	DESCRIPCIÓN
				Dh	Ds				
0.00									
0.10							SC		Arena arcillosa con presencia de limos, compacidad alta, humedad alta
0.20									
0.30									
0.40									
0.50									
0.60									
0.70									
0.80									
0.90									
1.00									
1.10									
1.20									
1.30									
1.40									
1.50									
1.60									
1.70									
1.80		M-03	27.31						Arena, compacidad baja a muy baja (deleznable) a medida que se profundizaba, humedad alta a medida que se profundizaba aumentaba la humedad, evidencia de nivel freático a 1.70
1.90									
2.00									
2.10									
2.20									
2.30									
2.40									
2.50									
2.60									
2.70									
2.80									
2.90									
3.00									
3.10									
3.20									
OBSERVACIONES:									
<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO CS-03</b>									
									
La calicata se realizó en las inmediaciones de zona recreativa					Se evidenció nivel freático a 1.80 m de profundidad				





El ensayo de densidad se realizó a 1.20 m de profundidad





		<b>PERÚ</b> Ministerio del Ambiente						
<b>REGISTRO DE CALICATAS</b>								
<b>ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE SALAVERRY</b>		<b>CALICATA:</b> CS-06						
		<b>UBICACIÓN:</b> Frontis del cementerio municipal de Salaverry						
		<b>DISTRITO:</b> Salaverry	<b>PROVINCIA:</b> Trujillo	<b>REGIÓN:</b> La Libertad				
		<b>PROFUNDIDAD (m):</b> 2.00	<b>NIVEL FREÁTICO (m):</b> 1.90	<b>FECHA:</b> Junio 2023				
		<b>COORDENADAS UTM</b>						
<b>ELABORADO POR:</b> Mariana Vivanco		<b>NORTE (m):</b> 9090756	<b>ESTE (m):</b> 773470	<b>COTA (m s.n.m.):</b> 26				
		<b>REVISADO POR:</b> Juan Carlos Gómez A.	<b>RESPONSABLE DEL PROYECTO:</b> Hernando Tavera					
<b>(m)</b>	<b>PROF.</b>	<b>MUESTRAS</b>	<b>HUMEDAD (%)</b>	<b>DENSIDAD (gr/cm3)</b>	<b>GRÁFICO</b>	<b>SUCS</b>	<b>REGISTRO FOTOGRAFICO DE PERFIL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
0.00				<b>Dh</b> <b>Ds</b>				
0.20								Material de desmonte (arenas, bloques de ladrillos)
0.25								
0.30								
0.40								
0.50								
0.60								
0.70								
0.80								
0.90								
1.00								
1.20								
1.30								
1.40								
1.50								
1.60								
1.70								
1.80								
1.90	M-06		25.87					Arena, humedad alta, compacidad baja a media, lentes de limo escasos y presencia de restos marinos (conchuelas), se evidenció nivel freático a 1.90 m de profundidad.
2.00								
2.10								
2.20								
2.30								
2.40								
2.50								
2.60								
2.70								
2.80								
2.90								
3.00								
<b>OBSERVACIONES:</b>								
<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO CS-06</b>								
								
La calicata se realizó en El frontis del cementerio municipal de Salaverry					Se evidenció nivel freático a 1.90 m			











GW		Grava bien graduada
GP		Grava mal graduada
GM		Grava limosa
GC		Grava arcillosa
SW		Arena bien graduada
SP		Arena mal graduada
SM		Arena limosa
SC		Arena arcillosa
ML		Limo inorganico de baja plasticidad
CL		Arcilla inorganica de baja plasticidad
OL		Limo o arcilla organica de baja plasticidad
MH		Limo inorganico de alta plasticidad
CH		Arcilla inorganica de alta plasticidad
OH		Limo o arcilla organica de alta plasticidad
PT		Turba u otros suelos altamente organicos

## Registro de posteos



 <b>PERÚ</b> Ministerio del Ambiente			
REGISTRO DE POSTEOS			
ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE SALAVERRY		POSTEO:	POST - 01
UBICACIÓN:		DISTRITO:	PROVINCIA:
PROFUNDIDAD (m):		NIVEL FREÁTICO (m):	REGIÓN:
NORTE (m):		ESTE (m):	FECHA:
REVISADO POR:		RESPONSABLE DEL PROYECTO:	
ELABORADO POR:	Mariana Vivanco	Juan Carlos Gómez A.	Hernando Tavera
COORDENADAS UTM	7225601	COTA (m s.n.m.):	8
GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
(m) PROF. 0.00 0.10 0.20 0.30 0.40 0.50 0.60 0.70 0.80 0.90 1.00 1.10 1.20 1.30 1.40 1.50 1.60 1.70 1.80 1.90 2.00 2.10 2.20 2.30 2.40 2.50 2.60 2.70 2.80 2.90 3.00	MUESTRAS HUMEDAD (%) DENSIDAD D (gr/cm³) Dh Ds	SP	Arena limo arcillosa humedad alta con presencia de raíces.  Arena humedad media a alta, compacidad media, se evidenció nivel freático a 0.60 m de profundidad.
OBSERVACIONES:			
REGISTRO FOTOGRÁFICO POST - 01			
			
El ensayo se realizó a inmediaciones de la plaza del sector Aurora Díaz		El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo es arena pobremente gradada saturada	

 <b>PERÚ</b> Ministerio del Ambiente								
REGISTRO DE POSTEOS								
<b>ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE SALAVERRY</b>		<b>POSTEO:</b> POST - 03						
<b>UBICACIÓN:</b> Avenida de evitamiento Salaverry- exteriores carbonera SMYLE PERU SAC		<b>PROVINCIA:</b> Trujillo						
<b>DISTRITO:</b> Salaverry		<b>REGIÓN:</b> La Libertad						
<b>PROFUNDIDAD (m):</b> 1.10		<b>NIVEL FREÁTICO (m):</b> 1.00						
<b>COORDENADAS UTM</b>								
<b>NORTE (m):</b> 9091879		<b>ESTE (m):</b> 722636						
<b>REVISADO POR:</b> Juan Carlos Gómez A.		<b>RESPONSABLE DEL PROYECTO:</b> Hernando Tavera						
<b>ELABORADO POR:</b> Mariana Vivanco		<b>COTA (m s.n.m.):</b> 8						
PROF. (m)	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD D (gr/cm³)		GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
			Dh	Ds				
0.00								
0.10								
0.20								
0.30								
0.40								
0.50								
0.60								
0.70								
0.80								
0.90								
1.00								
1.10								
1.20								
1.30								
1.40								
1.50								
1.60								
1.70								
1.80								
1.90								
2.00								
2.10								
2.20								
2.30								
2.40								
2.50								
2.60								
2.70								
2.80								
2.90								
3.00								
OBSERVACIONES: el ensayo se detuvo a las 1.10 m debido a que el suelo presentaba saturación (nivel freático)								
REGISTRO FOTOGRÁFICO POST - 03								
								
El ensayo se realizó en zonas aledañas de la farica SMYLE			El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo es arena pobremente gradada					



 <b>PERÚ</b> Ministerio del Ambiente								
<b>REGISTRO DE POSTEOS</b>								
<b>ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE SALAVERRY</b>		POSTEO: POST - 04						
		UBICACIÓN: Área recreativa en Salaverry						
		DISTRITO: Salaverry	PROVINCIA: Trujillo					
		PROFUNDIDAD (m): 1.00	NIVEL FREÁTICO (m): 1.00					
		COORDENADAS UTM						
ELABORADO POR: Mariana Vivanco		NORTE (m): 9091636	ESTE (m): 723129					
REVISADO POR: Juan Carlos Gómez A.		COTA (m s.n.m.): 9						
		RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera						
PROF. (m)	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD D (gr/cm <sup>3</sup> )		GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
			Dh	Ds				
0.00								
0.10								
0.20								
0.30								
0.40								
0.50								
0.60								
0.70								
0.80								
0.90								
1.00						SP		Arena humedad media a alta, compactación media, se evidenció nivel freático a 0.90 m de profundidad
1.10								
1.20								
1.30								
1.40								
1.50								
1.60								
1.70								
1.80								
1.90								
2.00								
2.10								
2.20								
2.30								
2.40								
2.50								
2.60								
2.70								
2.80								
2.90								
3.00								
OBSERVACIONES:								
<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO POST - 04</b>								
								
El ensayo se realizó en zona de área recreativa					El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo es arena pobremente gradada			

 <b>PERÚ</b> Ministerio del Ambiente								
<b>REGISTRO DE POSTEOS</b>								
<b>ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE SALAVERRY</b>		POSTEO: POST-05						
		UBICACIÓN: Zona recreativa Aurora Diaz II						
		DISTRITO: Salaverry	PROVINCIA: Trujillo					
		PROFUNDIDAD (m): 1.30	NIVEL FREÁTICO (m): 1.20					
		COORDENADAS UTM						
NORTE (m): 909166Z		ESTE (m): 722778						
ELABORADO POR: Mariana Vivanco		REVISADO POR: Juan Carlos Gómez A.						
		RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera						
(m)	PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERIL	DESCRIPCIÓN
				Dh	Da			
0.00								
0.10								
0.20								
0.30								Material de desmonte
0.40								
0.50								
0.60								
0.70								
0.80								
0.90								
1.00						SP		Arena humedad media a alta, compactidad media, se evidenció nivel freático a 1.00 m de profundidad
1.10								
1.20								
1.30								
1.40								
1.50								
1.60								
1.70								
1.80								
1.90								
2.00								
2.10								
2.20								
2.30								
2.40								
2.50								
2.60								
2.70								
2.80								
2.90								
3.00								
OBSERVACIONES:								
REGISTRO FOTOGRÁFICO POST-05								
								
El ensayo se realizó en inmundaciones del sector La Victoria					El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo es SP (arena pobremente gradada)			











 <b>PERÚ</b> Ministerio del Ambiente								
REGISTRO DE POSTEOS								
ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE SALAVERRY		POST - 06						
<b>POSTEO:</b> <b>UBICACIÓN:</b> Calle Soce y Calle Chiclayo - Parque José Géspedes Bravo <b>DISTRITO:</b> Salaverry <b>PROVINCIA:</b> Trujillo <b>REGIÓN:</b> La Libertad <b>PROFUNDIDAD (m):</b> 1.20 <b>NIVEL FREÁTICO (m):</b> 0.90 <b>FECHA:</b> junio 2023		<b>COORDENADAS UTM</b> <b>NORTE (m):</b> 9090663 <b>ESTE (m):</b> 723077 <b>COTA (m s.n.m.):</b> 8						
<b>ELABORADO POR:</b> Mariana Vivanco		<b>REVISADO POR:</b> Juan Carlos Gómez A. <b>RESPONSABLE DEL PROYECTO:</b> Hernando Tavera						
PROF. (m)	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD D (gr/cm <sup>3</sup> )		GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE FENIL	DESCRIPCIÓN
			Dh	Ds				
0.00								
0.10								
0.20								
0.30								
0.40								
0.50								
0.60								
0.70								
0.80								
0.90								
1.00								
1.10								
1.20								
1.30								
1.40								
1.50								
1.60								
1.70								
1.80								
1.90								
2.00								
2.10								
2.20								
2.30								
2.40								
2.50								
2.60								
2.70								
2.80								
2.90								
3.00								

OBSERVACIONES: el ensayo culmina a los 1.20 m debido a que el suelo presenta nivel freático a los 0.90 m

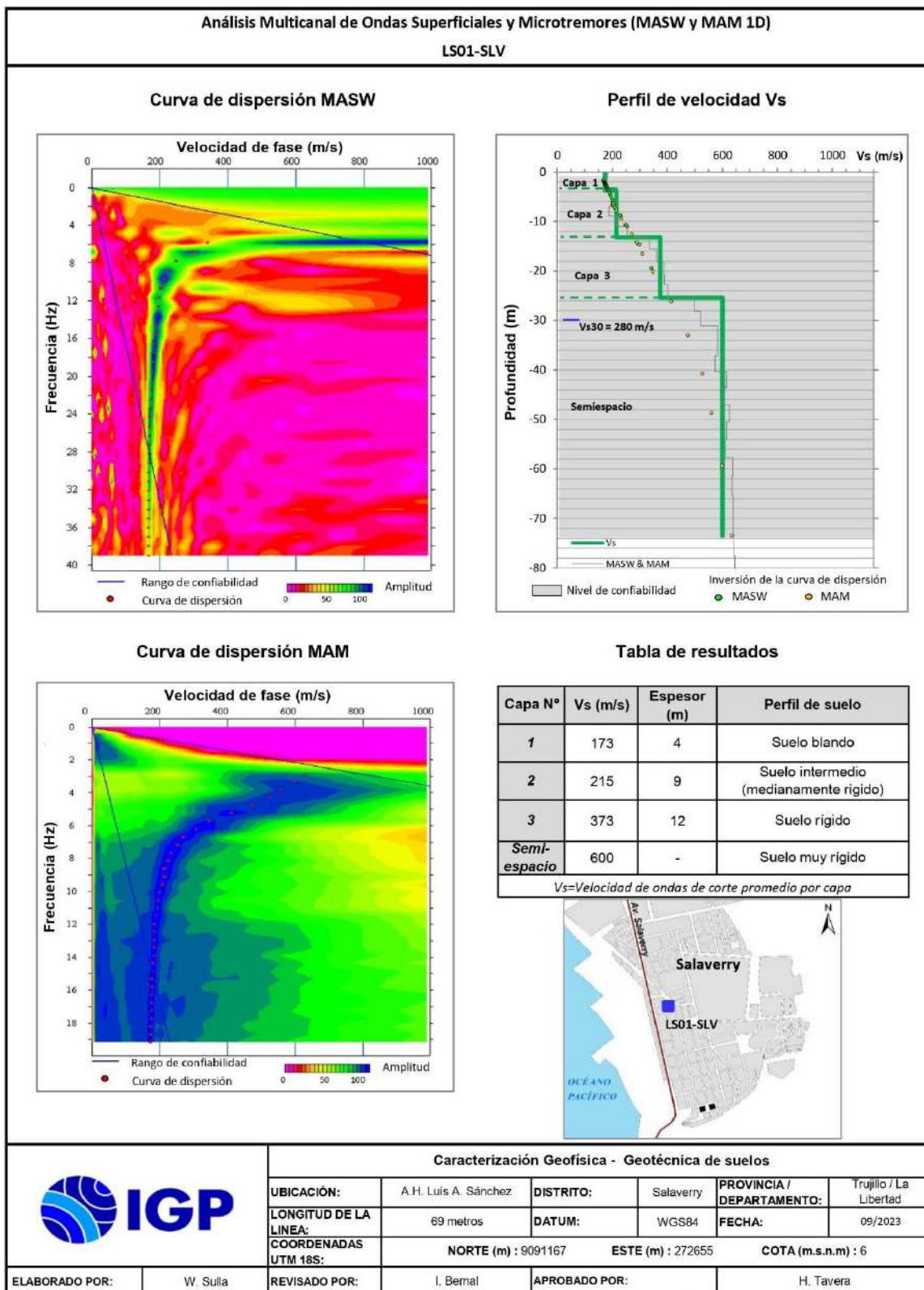
REGISTRO FOTOGRÁFICO POST - 06	
	

El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo es arena pobremente gradada.

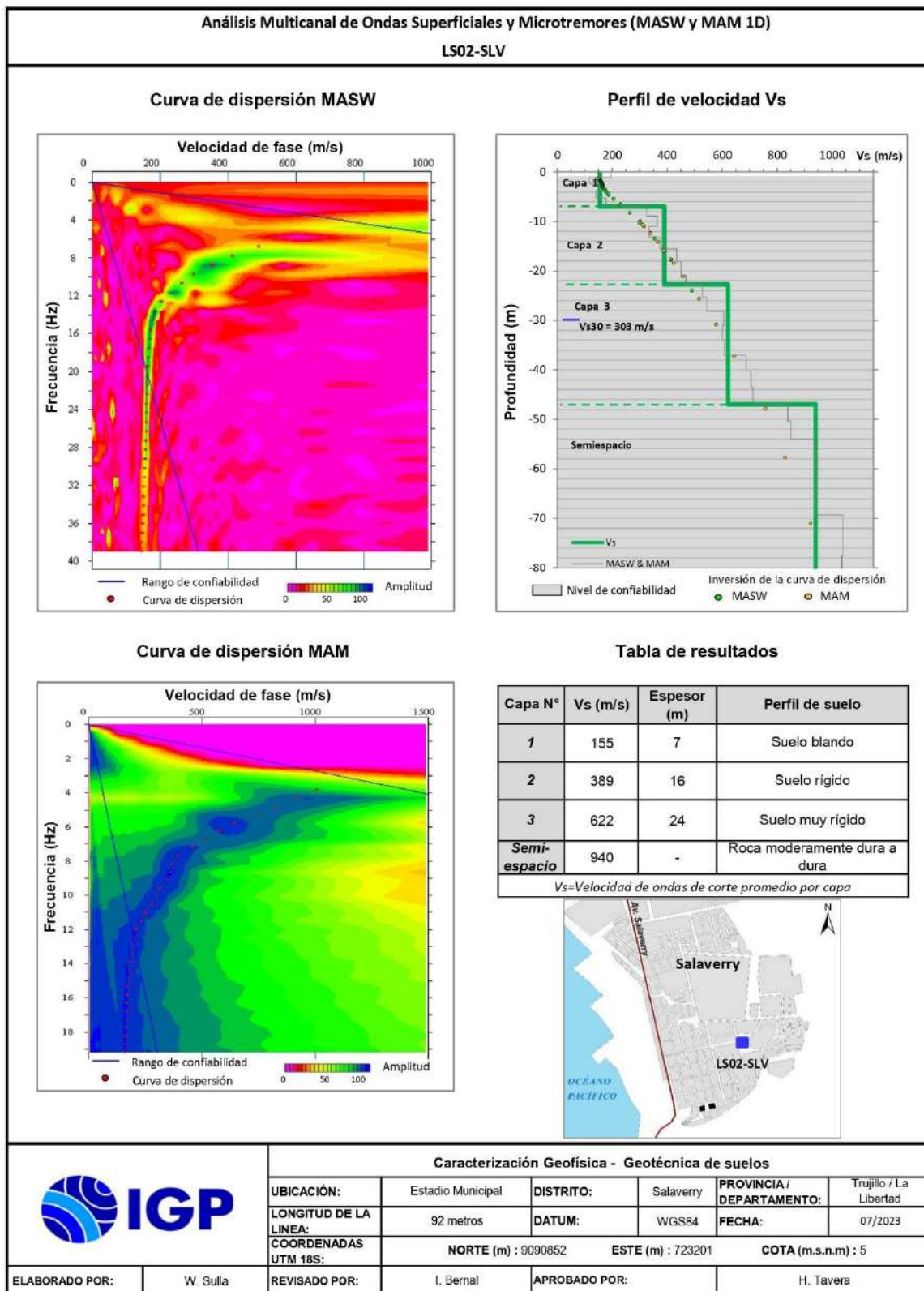
 <b>PERÚ</b> Ministerio del Ambiente							
REGISTRO DE POSTEOS							
<b>ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE SALAVERRY</b>		POSTEO: POST-07					
		UBICACIÓN: Plaza principal de Salaverry					
		DISTRITO: Salaverry	PROVINCIA: Trujillo				
		PROFUNDIDAD (m): 1.50	NIVEL FREÁTICO (m): 1.40				
		COORDENADAS UTM					
NORTE (m): 9090388		ESTE (m): 722976	COTA (m s.n.m.): 8				
ELABORADO POR: Mariana Vivanco		REVISADO POR: Juan Carlos Gómez A.	RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera				
PROF. (m)	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> ) Dh Ds	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERIL	DESCRIPCIÓN
0.00							Material de desmonte
0.10							
0.20							
0.30							
0.40							
0.50							Arena humedad media a alta, compactación media, se evidenció nivel freático a 1.40 m de profundidad
0.60							
0.70							
0.80							
0.90							
1.00							
1.10							
1.20							
1.30							
1.40							
1.50							
1.60							
1.70							
1.80							
1.90							
2.00							
2.10							
2.20							
2.30							
2.40							
2.50							
2.60							
2.70							
2.80							
2.90							
3.00							
OBSERVACIONES: El ensayo se detuvo a los 1.50 m debido a que se evidenció nivel freático a 1.40 m de profundidad.							
REGISTRO FOTOGRÁFICO POST - 07							
							
El ensayo se realizó en las inmediaciones de la plaza principal de Salaverry				El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo es arena pobremente gradada (SP)			

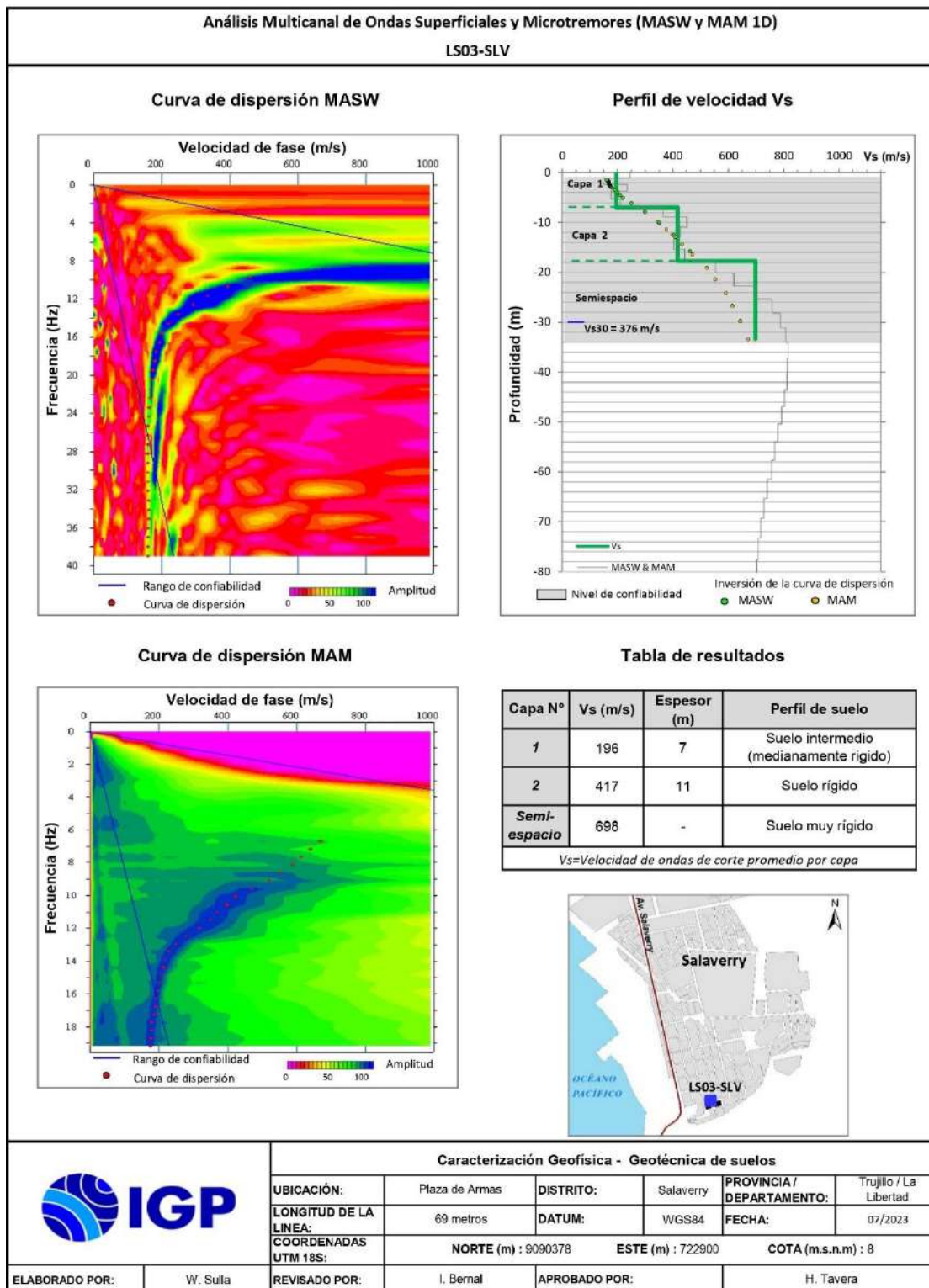
 <b>PERÚ</b> Ministerio del Ambiente								
REGISTRO DE POSTEOS								
ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE SALAVERRY				POSTEO: POST - 08 UBICACIÓN: Salaverry PROVINCIA: Trujillo REGIÓN: La Libertad DISTRITO: Salaverry PROFUNDIDAD (m): 1.00 NIVEL FREÁTICO (m): 1.50 FECHA: junio 2023 COORDENADAS UTM NORTE (m): 9091061 ESTE (m): 722815 COTA (m s.n.m.): 8 REVISADO POR: Juan Carlos Gómez A. RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera				
PROF. (m)	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm³)		GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERIL	DESCRIPCIÓN
			Dh	Ds				
0.00								
0.20								
0.40								Material de desmonte
0.60								
0.80								
1.00								
1.20								
1.40								
1.50								
1.60								
1.80								
2.00								
2.20								
2.40								
2.60								
2.80								
3.00								
3.20								
3.40								
3.60								
3.80								
4.00								
4.20								
4.40								
4.60								
4.80								
5.00								
5.20								
5.40								
5.60								
5.80								
6.00								
6.20								
6.40								
6.60								
6.80								
7.00								
7.20								
7.40								
7.60								
7.80								
8.00								
8.20								
8.40								
8.60								
8.80								
9.00								
9.20								
9.40								
9.60								
9.80								
10.00								
OBSERVACIONES: El ensayo se detuvo a los 1.50 m debido a que se evidenció nivel freático a 1.40 m de profundidad.								
REGISTRO FOTOGRÁFICO POST - 07								
								
El ensayo se realizó en las inmediaciones de la plaza principal de Salaverry					El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo es arena pobremente gradada (SP)			

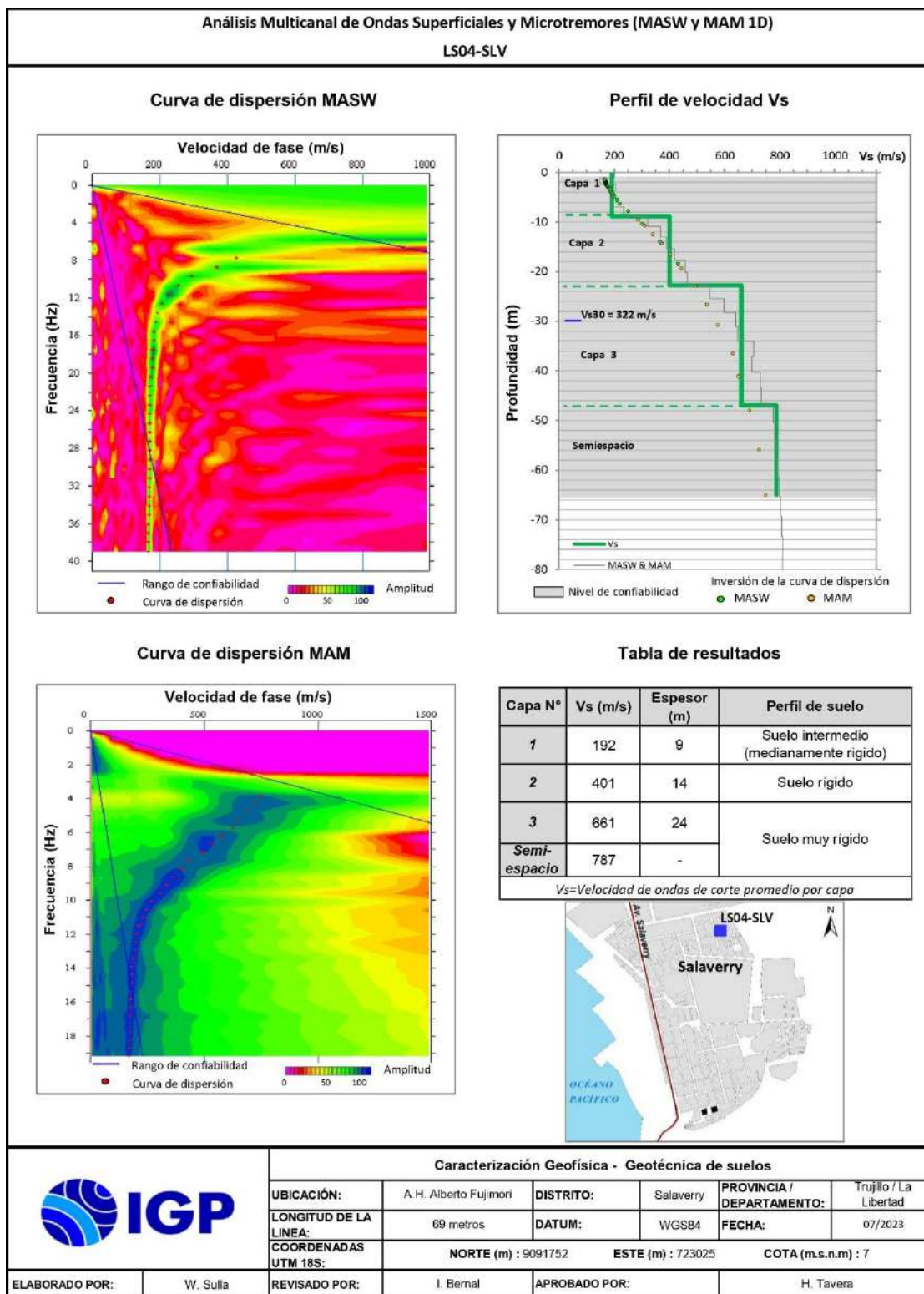
**ANEXOS 3**  
**Información Geofísica**  
**Perfiles sísmicos MASW – MAM**











**Información Geofísica:**  
**Secciones de tomografía eléctrica**

