



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



# ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA - GEOTÉCNICA DE SUELOS

## ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE VIRÚ

### (Región La Libertad)

Informe Técnico N°040-2025/IGP CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA



Lima – Perú  
Noviembre, 2025

**Instituto Geofísico del Perú**

**Jefe Institucional:** Hernando Tavera

**Director Ciencias de la Tierra Sólida:** Juan Carlos Gómez

**Informe Técnico**

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

**Autores**

Isabel Bernal, Kelly Pari, 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 VIRÚ**

**(Región La Libertad)**

**Lima – Perú  
Noviembre, 2025**

## 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 Virú, provincia de Virú - región La Libertad. Los resultados obtenidos evidencian la presencia de suelos rígidos ( $V_{s30}=353$  a  $485$  m/s), entre la plaza de Armas y la Huaca Santa Clara y suelos medianamente rígidos (suelos aluviales con velocidades  $V_{s30}$ :  $316$ - $344$ m/s) en dirección suroeste, con espesores de  $15$  a  $28$  metros, cubiertos por una capa delgada de suelos blandos con espesores de  $4$  a  $5$  metros por el sector del Porvenir La Caña, C.P. Puente Virú, Urb. Los Jardines y Huaca Blanca. En la mayor extensión del área de estudio, los suelos responden a dos rangos de periodos entre  $0.1$ - $0.3$  y  $0.5$ - $1.1$  segundos y presentan una capacidad de carga portante Muy Baja ( $<1.0$  kg/cm $^2$ ) a un metro de profundidad. Finalmente, en el área urbana de Virú predominan Suelos Tipo S2, S3 y S4 que corresponden a suelos rígidos, medianamente rígidos y blandos. A la ocurrencia de un sismo de moderada a mayor magnitud, los suelos medianamente rígidos a blandos con altos niveles de humedad a nivel superficial, pueden experimentar niveles altos de sacudimiento que podrían afectar a viviendas y a la población.

## **CONTENIDO**

### **RESUMEN**

#### **1. INTRODUCCIÓN**

- 1.1. Objetivo del estudio**
- 1.2. Área de estudio**
- 1.3 Condiciones locales de sitio**
- 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 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, se 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 Virú, provincia de Virú, 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. 2014). Al ser los sismos cílicos, 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 de suelos permiten tener mayor conocimiento sobre las características físicas y dinámicas del suelo sobre el cual se levantan las ciudades y/o futuras áreas de expansión. Para ello se aplica diferentes metodologías que consideran información sísmica, geofísica, geológica, geodinámica, geomorfológica y de geotecnia. Estos métodos permiten conocer, el contenido de humedad, espesores y

velocidades de las ondas de corte ( $V_s$ ) de las capas que conforman el suelo y a su vez, los resultados se correlacionan con los aspectos geo-ambientales del área de estudio a fin de obtener un adecuado mapa de zonificación de suelos. Es importante mencionar, que el suelo acondiciona el diseño y la construcción de viviendas y/o estructuras, por ende, estos estudios son una herramienta básica para la planificación urbana y la Gestión del Riesgo de Desastres (GRD).

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

El presente estudio tiene como objetivo generar el Mapa de Zonificación Geofísica – Geotécnica de suelos para el área urbana del distrito de Virú, provincia de Virú en la región La Libertad, mediante la realización de estudios multidisciplinarios de geofísica, geología, geodinámica y geotecnia, a fin de determinar los parámetros físicos y dinámicos que caracterizan a cada tipo de suelo y así conocer su comportamiento dinámico ante la ocurrencia de un sismo de moderada a gran magnitud.

### **1.2. Área de estudio**

El área urbana del distrito de Virú, se encuentra en la región central del Perú, provincia del mismo nombre y departamento de La Libertad (Figuras 1 y 2), en las coordenadas  $8.24^{\circ}\text{S}$  y  $78.45^{\circ}\text{O}$ , a una elevación media de 68 m s.n.m. Asimismo, tiene una población de 52,407 habitantes (INEI, 2017) que se asientan sobre una superficie llana con pendiente baja; con un solo cambio de elevación en dirección NE, en la huaca Santa Clara. 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.

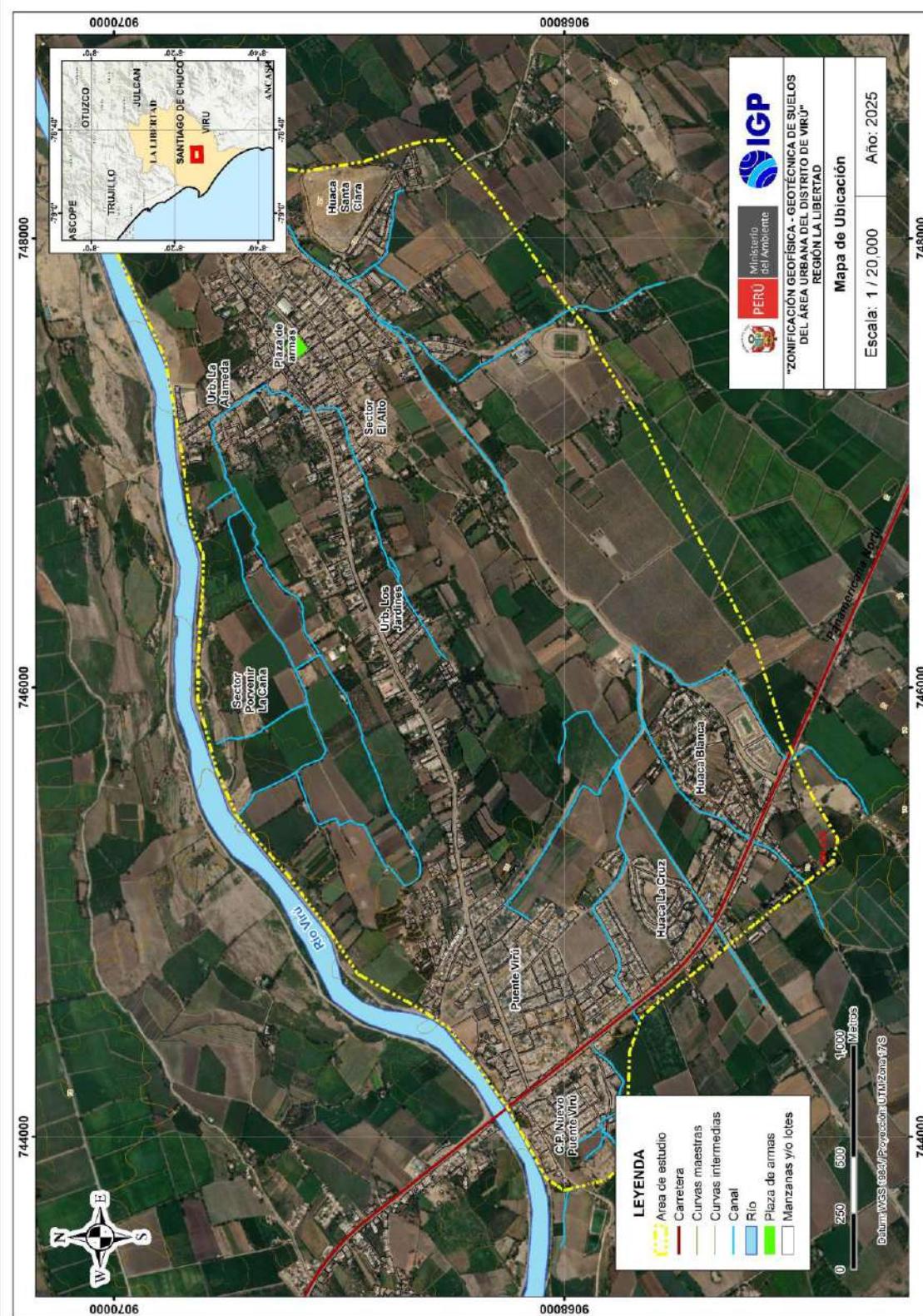


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.



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

### 1.3. Condiciones locales de sitio

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; Bernal, 2006). 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.

#### 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.

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

La velocidad de propagación de ondas de corte para los primeros 30 metros (Vs30) se determina con la siguiente fórmula:

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

Dónde:

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

$Vsi$  = 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 (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 – Vs30 (m/s)	Periodos To (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 2020, el IGP mediante el programa presupuestal 068: Reducción de la Vulnerabilidad y atención de emergencia por desastres. Presenta el estudio “Caracterización geomorfológica, geológica, geodinámica y geotécnica de Virú”, donde indica que el distrito de Virú geomorfológicamente está conformado por colinas, lomas, mantos de arena, lecho fluvial y llanura aluvial y sobre esta última se asienta el distrito de Virú. Así mismo el área de estudio está asentada sobre depósitos aluviales (gravas, arenas y limos) y el substrato rocoso lo conforman rocas de tipo volcánica sedimentaria del Grupo Casma, finalmente identifica que el evento

geodinámico en el distrito son las inundaciones.

La Municipalidad distrital de Virú, generó el plan de prevención y reducción del riesgo de desastres del distrito de Virú desarrollo 2019-2024, indican que el peligro más importante sería el peligro sísmico; sin embargo, tienen un segundo peligro aún más latente asociado a las inundaciones por lluvias intensas. El curso del río Virú desde sus orígenes hasta su desembocadura en el océano Pacífico, es muy irregular y torrentoso, cuando se producen lluvias intensas generan desbordes en zonas críticas del distrito, como en la quebrada seca y en la zona urbana. El informe ha identificado los elementos expuestos como servicios, población, vivienda y sus vulnerabilidades, teniendo sus servicios esenciales como establecimientos de salud e instituciones educativas en nivel de exposición muy alto. Además, el nivel de exposición de las viviendas es muy alto.

En el año 2017, CENEPRED presenta el informe de evaluación de riesgo por inundación pluvial en los centros poblados de California, Puente Virú y Zaraque, distrito de Virú, provincia de Virú, departamento de La Libertad, indican que, el área de estudio se encuentra sobre depósitos aluviales y sobre estos se desarrollan los terrenos de cultivo, siendo el principal agente responsable el río Virú, el cual ha arrastrado y luego depositados sedimentos constituidos por arcillas, arenas y gravas. Se identificó el nivel de peligro muy alto en el ámbito de estudio por desborde del río Virú e inundación pluvial en el centro poblado Puente Virú.

En el año 2014, el IGP mediante el proyecto de cooperación con el Banco Mundial presenta el estudio "Re-evaluación del peligro probabilístico para el Perú", considerando que el Perú se encuentra en una región altamente sísmica llegándose a definir nuevas fuentes sismogénicas y generarse los mapas de aceleración horizontal (PGA). Los resultados muestran que Virú, ante un evento sísmico, presentaría aceleraciones de hasta 400 gals para un periodo de retorno de 500 años.

## 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 Virú en base a sus características físicas y los procesos que las han originado.

#### 2.1.1. Levantamiento topográfico

Se realizó el levantamiento topográfico en alta resolución del área urbana del distrito de Virú, 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 del Terreno:** Se han obtenido un modelo digital del terreno (MDT), para el distrito de Virú (1,380 ha) con una resolución espacial de 29.4 cm/pixel. Este modelo contiene información sobre la superficie del terreno en coordenadas X, Y, Z libre de edificios y árboles. Las tonalidades que se observan en el mapa indican las elevaciones del terreno, estas varían de tonos verdes (para elevaciones <100 m s.n.m.) a marrones (para elevaciones entre 115 a 158 m s.n.m.), concentrándose en el sector de la Huaca Santa Clara al Este del mapa, identificada como una zona histórica monumental considerada como Patrimonio Cultural de la Nación; las tonalidades verdes se observan en todo el mapa abarcando los centros urbanos de Virú, Puente Virú y el centro poblado Santa María, estas zonas presentan elevaciones promedio de 85, 60 y 57 m s.n.m. respectivamente. Asimismo, en la zona suroeste del mapa se observan tonalidades verdes oscuras que representan a las Huacas Santa Rosa y Blanca que tienen una elevación máxima de 85 y 80 m s.n.m. respectivamente (Figura 3).

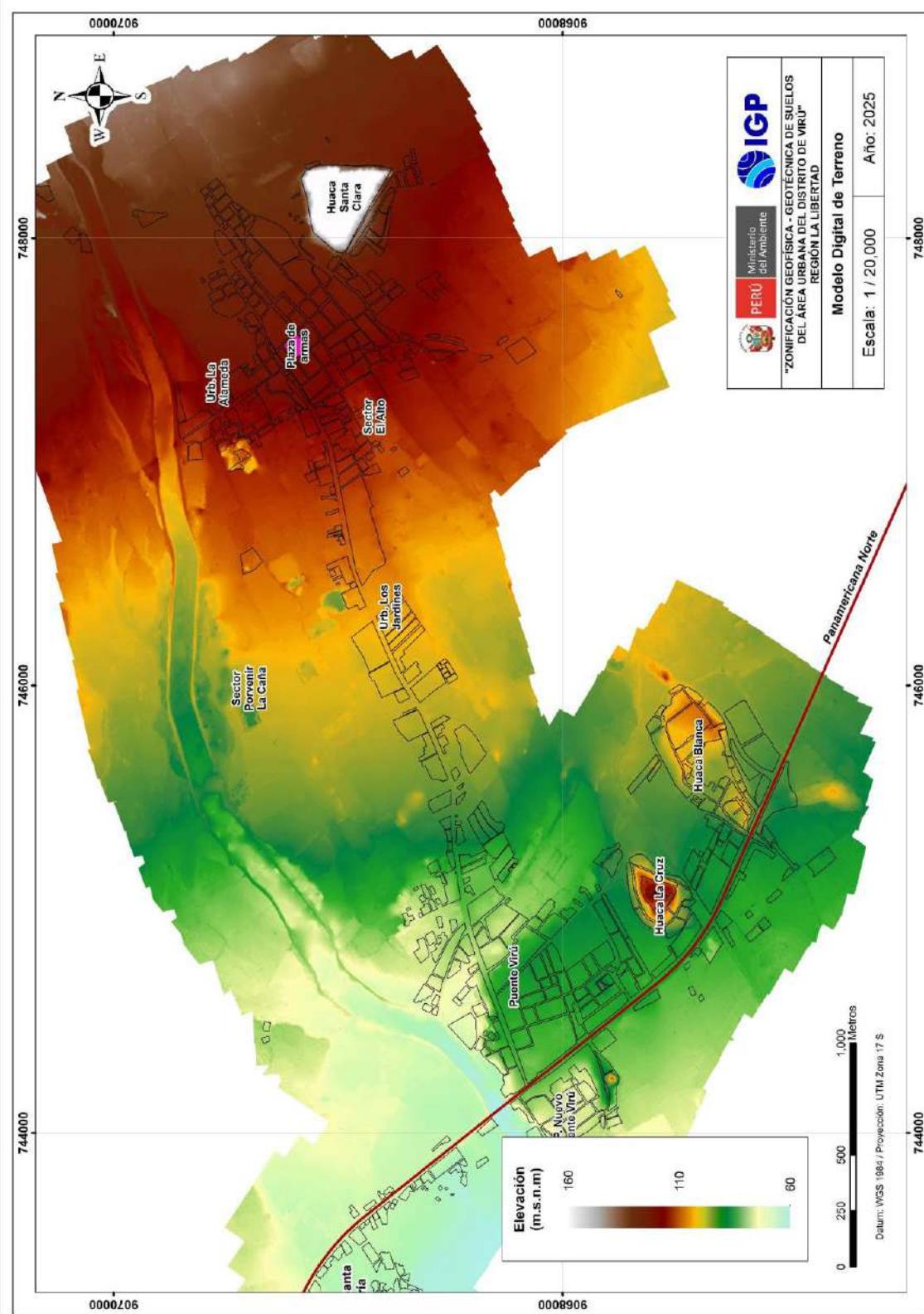


Figura 3. Modelo digital de terreno del área urbana de Virú.

**- Ortomosaico:** Se ha generado un mapa de Ortomosaico del distrito de Virú con una resolución espacial de 7.35 cm/píxel a escala 1/20,000 (Anexo 1) que han sido corregidos por distorsiones ocasionados por el relieve y los objetos presentes. Se ha evidenciado que las áreas de cultivo, abarcan una extensión aproximada de 1,000 hectáreas aproximadamente.

**- Mapa de curvas de nivel:** A partir del Modelo Digital del Terreno, se ha generado un mapa de curvas de nivel para Virú con un intervalo de 5 metros a escala 1/20,000. El mapa de curvas de nivel obtenido permite identificar claramente una loma convexa al Este del centro urbano de Virú, el cual corresponde a la Huaca Santa Clara con elevaciones que oscilan entre 95 (pie de la loma) a 164 m s.n.m (cima de la loma). Las zonas urbana y rural de Virú se encuentran a elevaciones intermedias de 70 a 90 m s.n.m. Las zonas de cultivo y centros poblados de Puente Virú y Santa María localizados al SE del mapa se encuentran a elevaciones bajas de 57 a 65 m s.n.m.; las curvas de nivel espaciadas en estas dos últimas zonas indican que el relieve es llano. Por último, se observa que el río Virú cruza el área de estudio de NE a SO presentando curvas de nivel de baja sinuosidad y un cambio de elevación de 60 a 90 metros, en una longitud de 5.5 kilómetros.

En el Anexo 1, se presenta el mapa de ortomosaico y de curvas de nivel con intervalos de 5 metros, para el área urbana de Virú. Los rangos de pendiente del terreno fueron definidos bajo la siguiente clasificación (Tabla 3):

Tabla 3. Rango de clasificación de pendientes del terreno.

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

La mayor parte de la ciudad de Virú, se encuentra asentada sobre una llanura con pendientes menores a 5°, y hacia el cerro Cementerio varían

entre 20° a 35°.

### 2.1.2. Unidades geomorfológicas

Las principales unidades geomorfológicas identificadas en Virú son:

**Llanura aluvial:** Extensión del terreno moderadamente plana que ha sido generada por la acumulación de materiales de origen aluvial, sobre esta unidad geomorfológica se emplaza en área urbana de Virú, Figura 4.

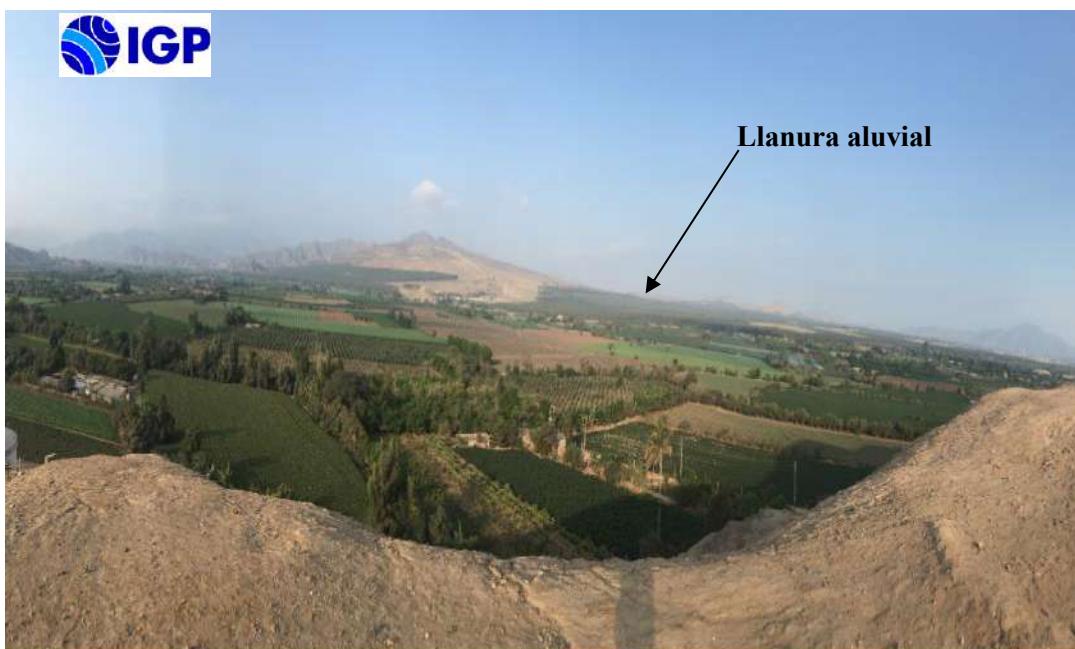


Figura 4. Llanura aluvial donde se asienta el área urbana de Virú y se desarrolla la actividad agrícola.

**Colina:** Se refiere a superficies elevadas cuya base presenta forma redondeada, pendientes de 20° a 35°. En la ciudad de Virú se ubica a aproximadamente 450 m al este de la plaza principal, identificada como cerro Cementerio, Figura 5.

**Lecho fluvial:** Es el canal excavado por el flujo de un río y los sedimentos que éste transporta durante todo su desarrollo y evolución. La morfología depende del caudal, pendiente, tamaño de sedimento y de lo erosionable del sustrato rocoso, de tal forma que exista un equilibrio entre

la carga de sedimentos y su capacidad de transporte. El lecho fluvial del río Virú, se desplaza en dirección noreste-noroeste, el ancho promedio del cauce es de 97 metros aproximadamente. Finalmente, en la Figura 6 se presenta el mapa de geomorfología del área urbana de la localidad de Virú, elaborado con la información recolectada en campo.

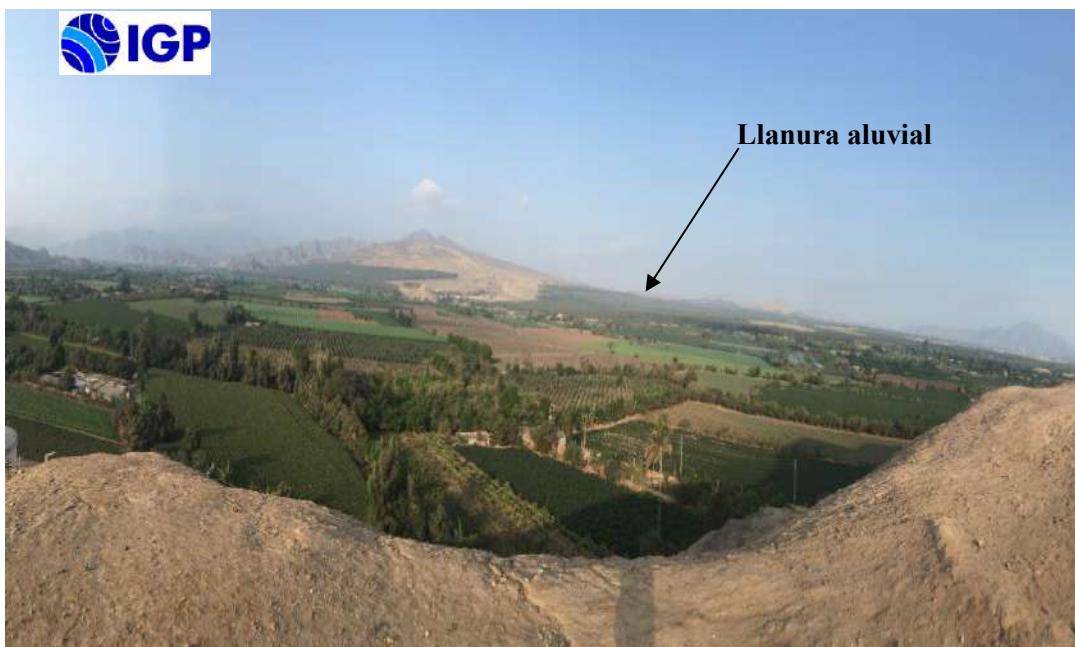


Figura 4. Llanura aluvial donde se asienta el área urbana de Virú y se desarrolla la actividad agrícola.



Figura 5. Colina identificada en el cerro Cementerio, con elevación de aproximada de 160 metros, en la zona de la cima se identificaron zonas arqueológicas.

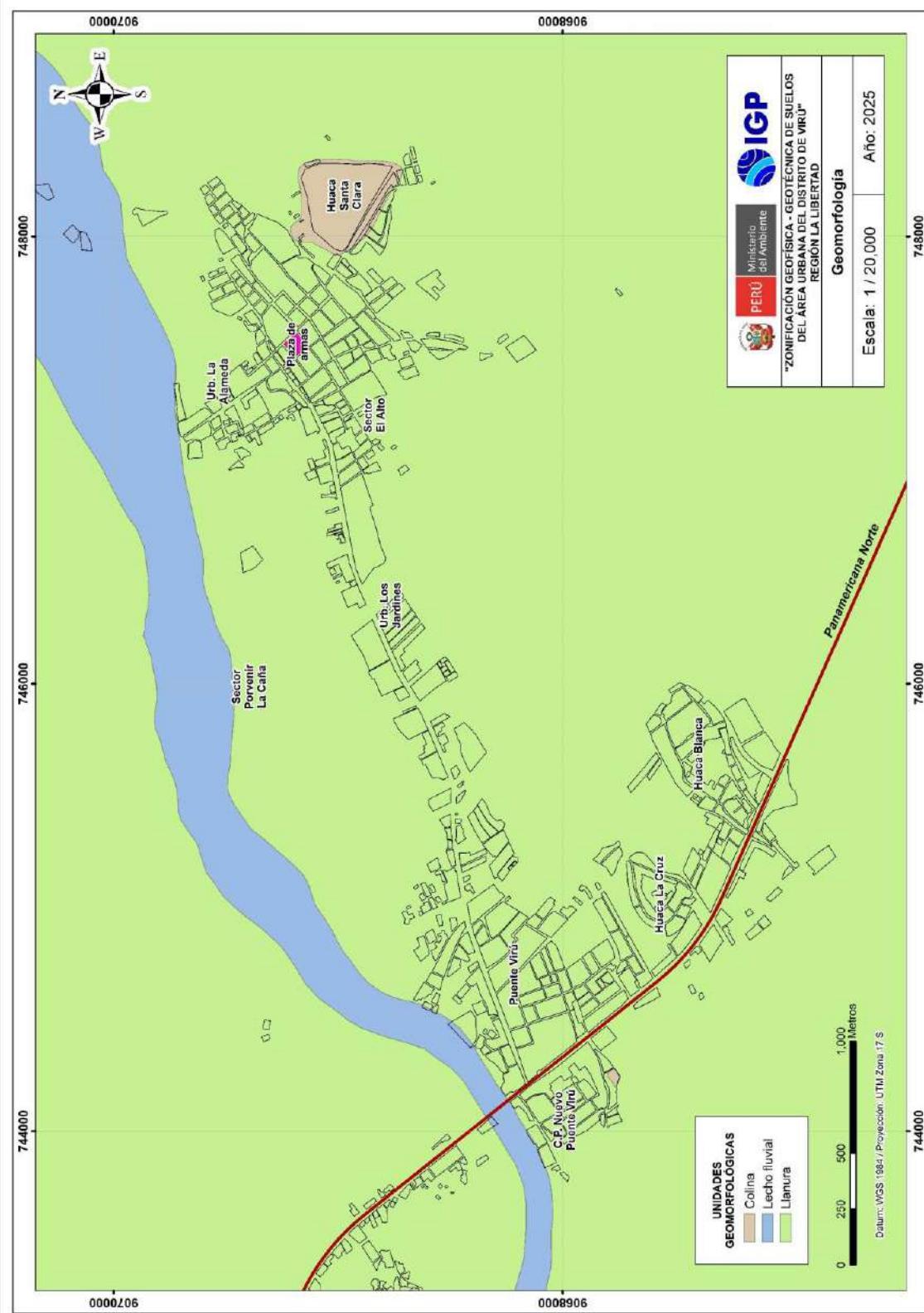


Figura 6. Mapa geomorfológico de Virú.

## 2.2. Geología Local

El análisis de la geología ha sido desarrollado, en base a información geológica regional del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET, 1967) 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 1/15,000. De acuerdo con estos resultados, se ha logrado identificar las siguientes unidades geológicas:

**Grupo Casma (Ki-ca/v):** Consiste en rocas volcánico-sedimentarias (turbiditas, brechas, lutitas y calizas intercaladas con areniscas) que conforman el substrato rocoso de la ciudad de Virú, este tipo de rocas afloran en el cerro Cementerio ubicado al noreste de la ciudad en mención Figura 7.



Figura 7. Afloramiento de rocas del Grupo Casma en el cerro Cementerio.

**Depósitos aluviales (Qh-al):** Consiste en materiales heterogéneos de origen aluvial, tales como clastos de roca, gravas, arenas y limos. Las unidades geológicas antes descritas han sido cartografiadas en campo y representadas en el mapa geológico.

**Depósitos fluviales (Qh-fl):** Están conformados mayormente por suelos gravosos, con elementos de diferentes diámetros y origen envueltos en matriz arenosa o areno-limosa. Estos materiales son transportados por la dinámica y evolución del cauce del río Virú Figura 8.

Las unidades geológicas, antes descritas han sido cartografiadas en campo y representadas en el mapa geológico de la Figura 9.

### **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 de Virú, se identificaron las siguientes zonas de inundación:

**-Inundación fluvial y 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. El distrito se asienta en la margen izquierda del río Virú, sobre una llanura aluvial, en el año 2017 producto de las precipitaciones extraordinarias (evento Niño) se generaron inundaciones que afectaron a los sectores Pacora y La Gloria ubicados a 2 kilómetros aproximadamente al Norte de la plaza principal, sector Santo Toribio (a 400 metros al NE del centro urbano) y A.H. Alan García, Figura 10.



Figura 8. Depósitos fluviales en el cauce del río Virú.

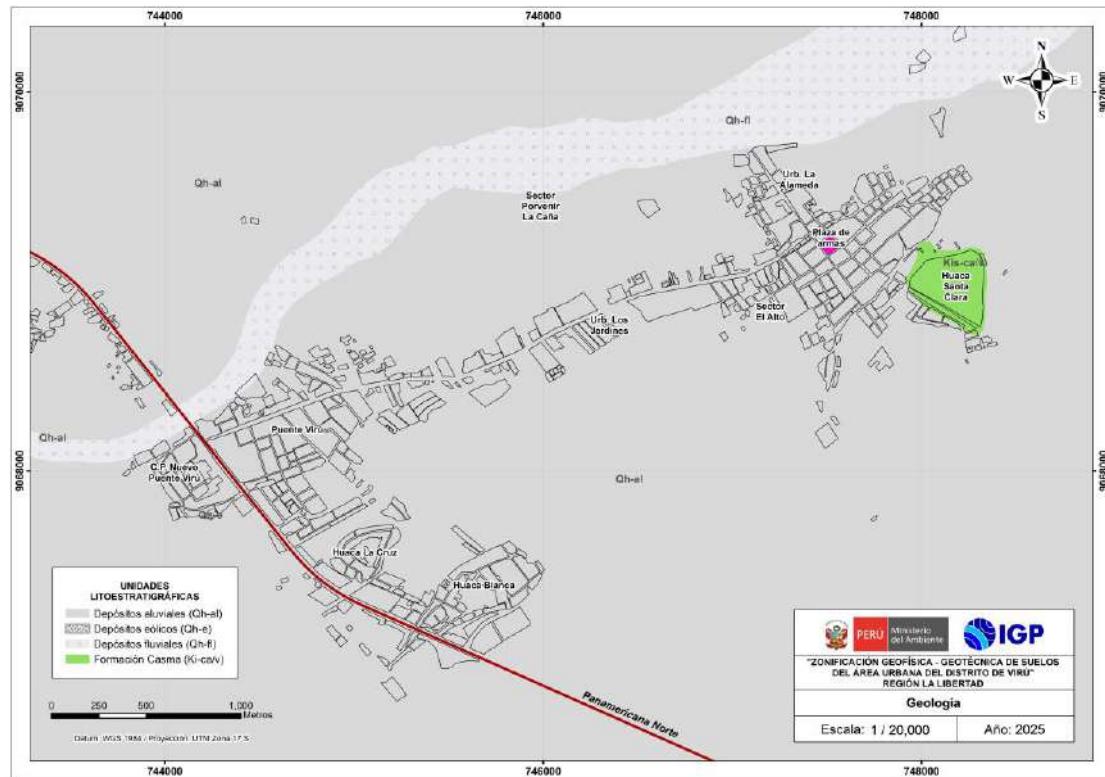


Figura 9. Mapa geológico de Virú.



Figura 10. Sector Pacora afectado por el desborde del río Virú.

Asimismo, el desborde del canal Santa Clara - Chavimochic afectó a los sectores La Gloria y Socorro, la inundación alcanzó alturas entre 0.50 y 1.10 metros, Figuras 11 y 12.

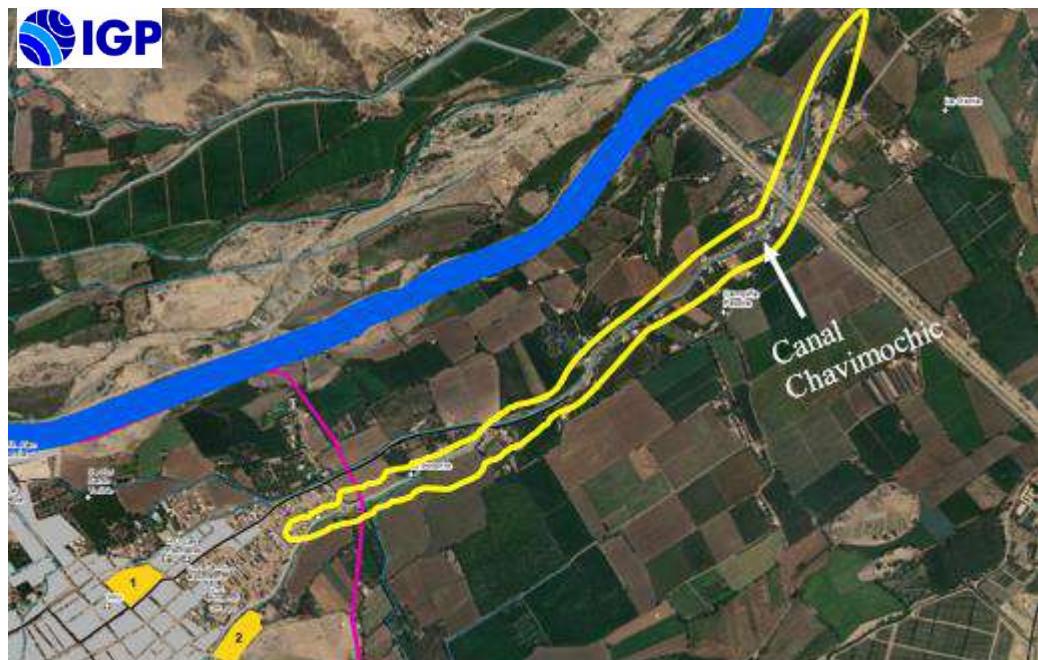


Figura 11. Desborde de canal Chavimochic, delimitado por el polígono color amarillo.

En la parte NE y SO de la colina cerro Cementerio se han delimitado cárcavas o surcos producto de la acción erosiva de las aguas de escorrentía. Las cárcavas tienen una profundidad de 0.20 metros y ancho de 0.30 metros, esto contribuye a la inestabilidad de los materiales que conforman la colina, Figuras 13 y 14.



Figura 12. Sector El Socorro-Virú afectado por el desborde de canal. La línea color celeste demarca el nivel de la columna de agua (0.50 metros.).

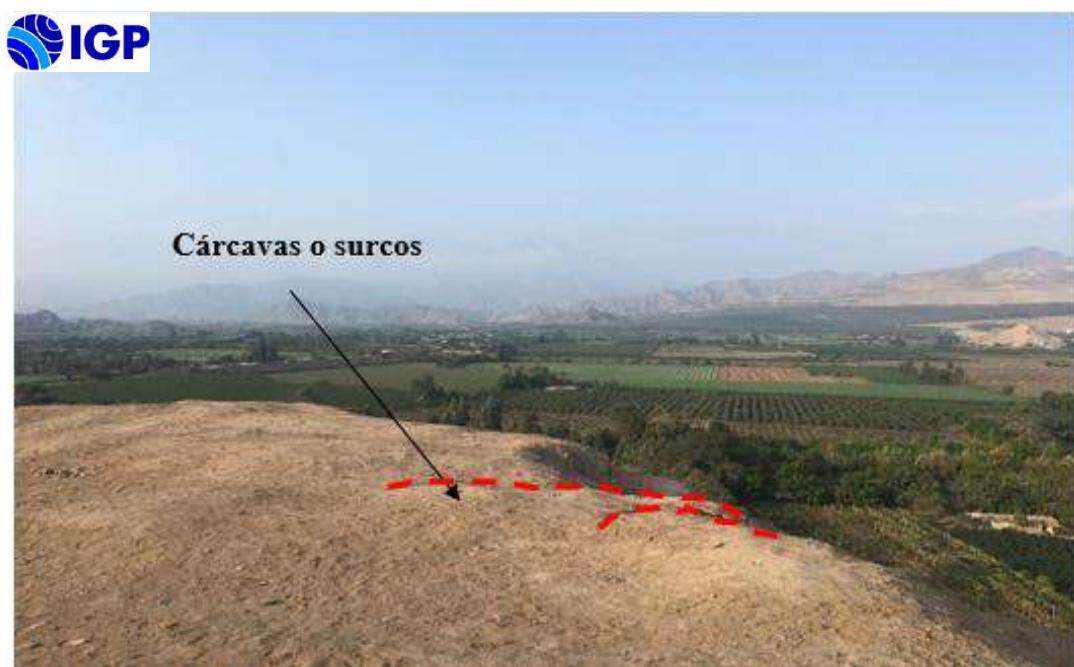


Figura 13. Cárcavas delimitadas en la ladera NE de la colina denominada "cerro Cementerio"-Virú.

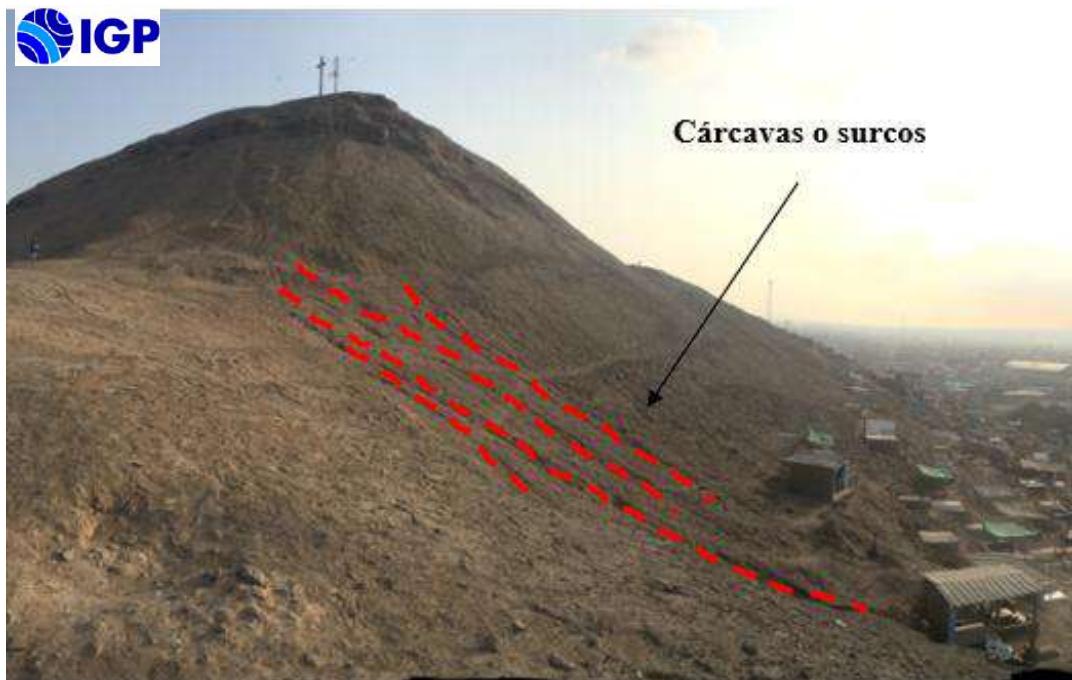


Figura 14. Cárcavas delimitadas en la ladera suroeste de la colina denominada "cerro Cementerio" - Virú.

Finalmente, en la Figura 15 se presenta el mapa de geodinámica del área urbana de Virú, elaborado con la información recolectada en campo.

#### 2.4. Aspectos geotécnicos

Con la finalidad de obtener la información geotécnica de los suelos de cimentación en el área urbana de Virú, 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 Virú, se realizaron 07 calicatas, 07 posteos y 09 ensayos de penetración dinámica ligera (DPL), indicados en la Figura 16. Las muestras extraídas de las calicatas se analizaron en el laboratorio de mecánica de suelos para determinar la composición granulométrica, plasticidad, corte directo y realizar el cálculo de la capacidad portante de los suelos de cimentación.

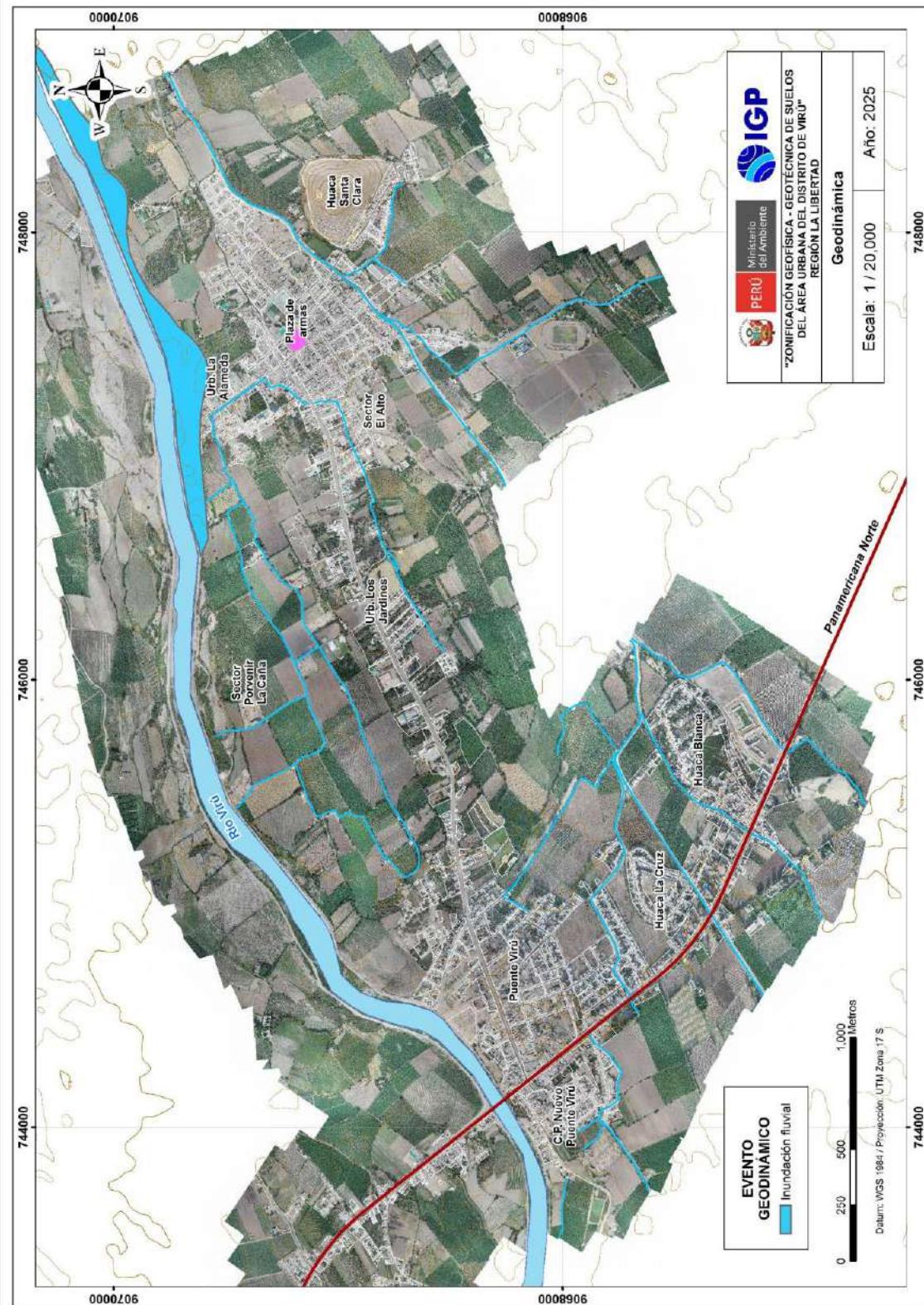


Figura 15. Mapa geodinámico de Virú.

**- Exploraciones a cielo abierto (calicatas, norma ASTM 420):** En el área de estudio se realizaron 07 calicatas con profundidades de exploración de 3 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 permitido identificar suelos conformados por limos, arena arcillosa, arcillas y arena mal graduada.

Tabla 4. Ubicación de calicatas.

CÓDIGO DE CALICATA	COORDENADAS UTM		ELEVACIÓN (m s.n.m.)	PROFUNDIDAD (m)	NIVEL FREÁTICO (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)			
CV-01	748172	9069583	81	3.00	N.P.
CV-02	747181	9068693	70	3.00	N.P.
CV-03	747300	9069585	69	3.20	N.P.
CV-04	746383	9068759	71	3.00	N.P.
CV-05	745266	9068456	55	3.20	N.P.
CV-06	744262	9067923	56	3.00	N.P.
CV-07	745316	9067356	55	2.90	N.P.

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

**- 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, ver Tabla 5; mientras que, el registro de perforaciones se describe en el Anexo 2.

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

POSTEO	COORDENADAS		ELEVACIÓN (m s.n.m.)	PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE SUELO	NIVEL FREÁTICO (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)				
Post_01	747619	9069559	79	1.50	CL	N.P.
Post_02	747927	9068478	70	1.60	CL	N.P.
Post_03	746525	9069335	72	1.60	CL	N.P.
Post_04	745445	9069136	64	1.50	SM	N.P.
Post_05	744012	9067822	50	1.60	CL	N.P.
Post_06	745230	9068104	59	1.50	SP	N.P.
Post_07	744627	9067449	55	1.50	SM	N.P.
Post_08	746086	9067264	59	1.60	CL	N.P.

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 donde 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 centímetros., 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 kg/cm<sup>2</sup>, 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 Geotécnica y el mapa de ubicación de ensayos geotécnicos en el área de estudio, en la Figura 16.

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

Dónde:  $\phi$ = Ángulo de fricción interna y Dr=Densidad relativa

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

CÓDIGO DE DPL	COORDENADAS UTM		ELEVACIÓN (m s.n.m.)	PROFUNDIDAD (m)	NÚMERO DE GOLPES	$\phi$
	Este (m)	Norte (m)				
DPL_01	748048	9069538	77	3.40	3	23.3
DPL_02	748321	9068635	73	3.35	45	23.7
DPL_03	747438	9068304	71	1.93	45	30
DPL_04	746761	9069017	69	2.68	45	34.8
DPL_05	745471	9069162	64	3.30	7	23.3
DPL_06	745115	9068651	58	3.70	17	22.7
DPL_07	744740	9067941	59	3.30	7	24.7
DPL_08	744813	9067609	60	3.30	13	26.3
DPL_09	745832	9067588	59	3.40	10	20.9

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

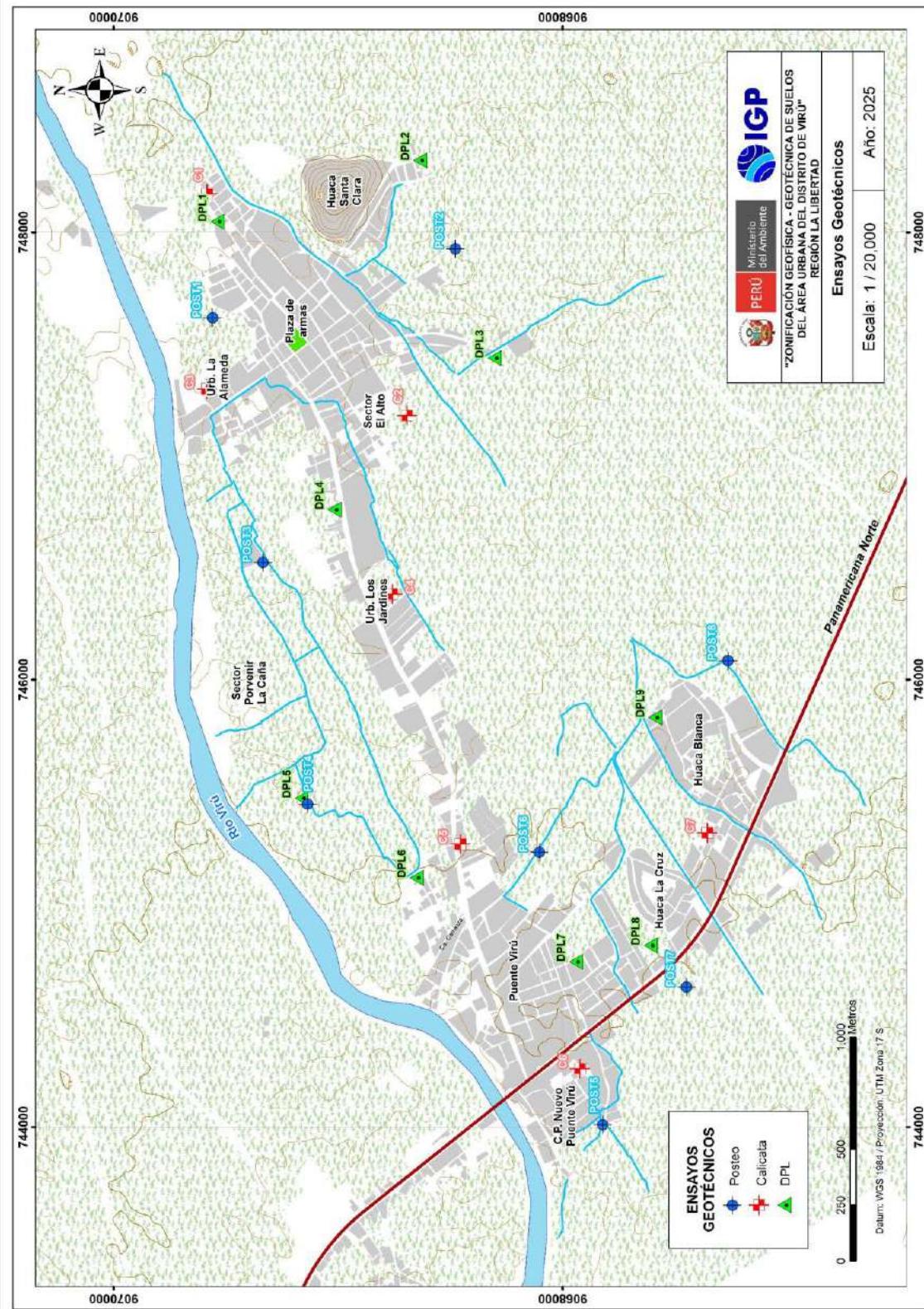


Figura 16. Mapa de ubicación de ensayos geotécnicos.

Los ensayos DPL alcanzaron una profundidad en promedio de 1.93 metros esta información permite inferir que los suelos del área urbana de Virú y anexos, presentan resistencia y correspondería a suelos constituidos por gravas.

#### **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 Virú, 03 tipos de suelos, los mismos que han sido agrupados haciendo uso del Sistema de Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y cuyos resultados son (Figura 17 y Tabla 7):

- **Suelo tipo SP:** Arena mal graduada con grava, con contenido de humedad de 8.9 %, constituyen suelos de compacidad suelta a media, no presentan plasticidad, este tipo de suelo se identificó hacia el norte del centro urbano de Virú, en la calicata (CV-03) sector La Alameda.
- **Suelo tipo SW-SM:** Arena limosa, con contenido de humedad 7.6 %, constituyen suelos de compacidad baja (suelta a muy suelta), no presenta plasticidad y se identificó en las inmediaciones de terrenos de cultivo en la calicata (CV-01).
- **Suelo tipo CL:** Arcillas con contenido de humedad de 7.68 %, constituyen suelos de compacidad media presentan índice de plasticidad de baja a alta, y se identificaron en la Urb. La Alameda, residencial La Alborada, sector Primero de Mayo, en las calicatas (CV-02, CV-04, CV-05, CV-06 y CV-07).

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

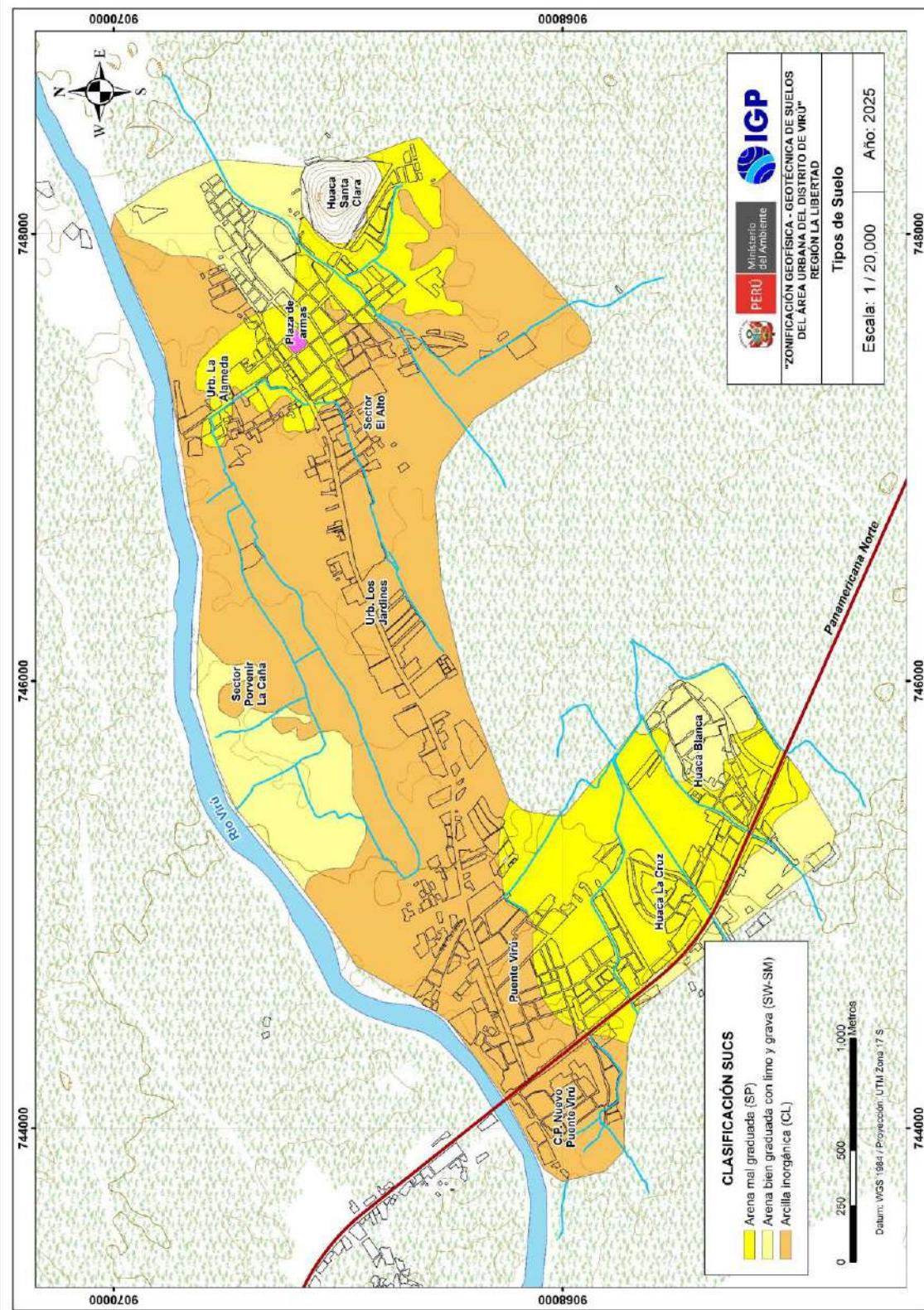


Figura 17. Mapa de clasificación de suelos SUCS en el área urbana de Virú.

Tabla 7. Clasificación SUCS de los suelos de Virú.

CÓDIGO DE CALICATA	PROF (m)	PRESENCIA DE AGUA		GRANULOMETRÍA (%)			LÍMITES ATTERBERG (%)			CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN
		NIVEL FREÁTICO	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	GRAVAS (>4.76 mm)	ARENAS (>0.074 mm, <4.76 mm)	FINOS (<0.074 mm)	LÍMITE LIQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE PLÁSTICO		
CV-01	3.00	N.P	7.6	20	73	7	21	N.P	N.P	SW-SM	Arena bien graduada con limo y grava
CV-02	3.00	N.P	18.6	0	34	66	22	14	8	CL	Arcilla inorgánica de baja plasticidad
CV-03	3.00	N.P	8.9	0	98	2	31	N.P	N.P	SP	Arena mal graduada
CV-04	3.00	N.P	16.7	0	18	82	33	14	19	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad media
CV-05	3.20	N.P	24.8	0	12	88	34	20	14	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad media
CV-06	3.00	N.P	33.3	0	18	82	47	20	27	CL	Arcilla inorgánica de alta plasticidad
CV-07	3.00	N.P	0.5	0	98	2	23	N.P	N.P	SP	Arena mal graduada

## 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):** Este ensayo permite determinar la resistencia al esfuerzo cortante de una muestra de suelo, sometida a fatigas y/o deformaciones (esfuerzos verticales y horizontales) que simulen la que existe o existirá en el terreno producto de la aplicación de una carga. Esta resistencia al corte en los suelos se debe a dos componentes: la cohesión (comportamiento plástico que presentan las partículas finas de una muestra) y el ángulo de fricción interna (rozamiento que existe en las partículas granulares).

Los valores finales de la capacidad portante de los suelos de Virú 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 portante, manteniendo el mismo factor de seguridad especificado en la Norma E 0.50 de diseño de cimentación. Los resultados de capacidad de carga portante de las 07 muestras de suelos, se presentan en el Tabla 8.

Tabla 8. Capacidad de carga portante de cinco (07) muestras extraídas del área urbana de Virú.

CÓDIGO DE MUESTRA	CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA (kg/cm <sup>2</sup> )	CAPACIDAD DE CARGA PORTANTE (kg/cm <sup>2</sup> )	FALLA DE CORTE
CV - 01	1.77	0.59	Falla Local
CV - 02	2.44	0.81	Falla General
CV - 03	1.36	0.45	Falla Local
CV - 04	4.93	1.64	Falla General
CV - 05	3.11	1.04	Falla General
CV - 06	2.70	0.90	Falla General
CV - 07	2.16	0.72	Falla Local
DIMENSIONES DE CIMENTACIÓN	Profundidad: 1.00 m. y ancho: 1.00 m.		

Fuente: Anexo de Geotecnia. Datos del ensayo de DPL y SPT corregidos.

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 cimentación de 1.00 metro y ancho de 1.00 metro, Tabla 9.

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

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.

CÓDIGO DE DPL	CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA (kg/cm <sup>2</sup> )	CAPACIDAD DE CARGA PORTANTE (kg/cm <sup>2</sup> )	FALLA DE CORTE
DPL-01	0.80	0.27	Falla Local
DPL-02	3.54	1.18	Falla General
DPL-03	3.09	1.03	Falla Local
DPL-04	0.72	0.24	Falla Local
DPL-05	0.74	0.25	Falla Local
DPL-06	2.22	0.74	Falla Local
DPL-07	2.4	0.80	Falla Local
DPL-08	1.59	0.53	Falla Local
DPL-09	1.08	0.36	Falla Local
DIMENSIONES DE CIMENTACIÓN	Profundidad: 1.00 m. y ancho: 1.00 m.		

Fuente: IGP, 2023

Tabla 10. Rango de capacidad de carga admisible.

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

Fuente: IGP, 2018

- **Capacidad de carga portante muy baja:** Comprende rangos de capacidad de carga portante menores a 1.00 kg/cm<sup>2</sup>, se encuentra representado por los tipos de suelos, tales como: Arenas muy sueltas, arenas con limos y grava; arcillas de plasticidad media. Se identificó al noreste por la urbanización Alameda, plaza de Armas, sector El Alto, al SO por Puente Virú, centro poblado Nuevo Puente Virú. Huaca Blanca y por el sector Porvenir La Caña.

- **Capacidad de carga portante media:** Comprende rangos de capacidad de carga portante de 1.00 a 2.00 kg/cm<sup>2</sup>, se encuentra representado por los tipos de suelos, tales como: Arcillas de plasticidad baja a alta. Se identificó en la zona central por la urbanización Los Jardines.

Finalmente, en la Figura 18 se presenta el mapa de capacidad de carga admisible del área urbana de la localidad de Virú, elaborado con la información recolectada en campo.

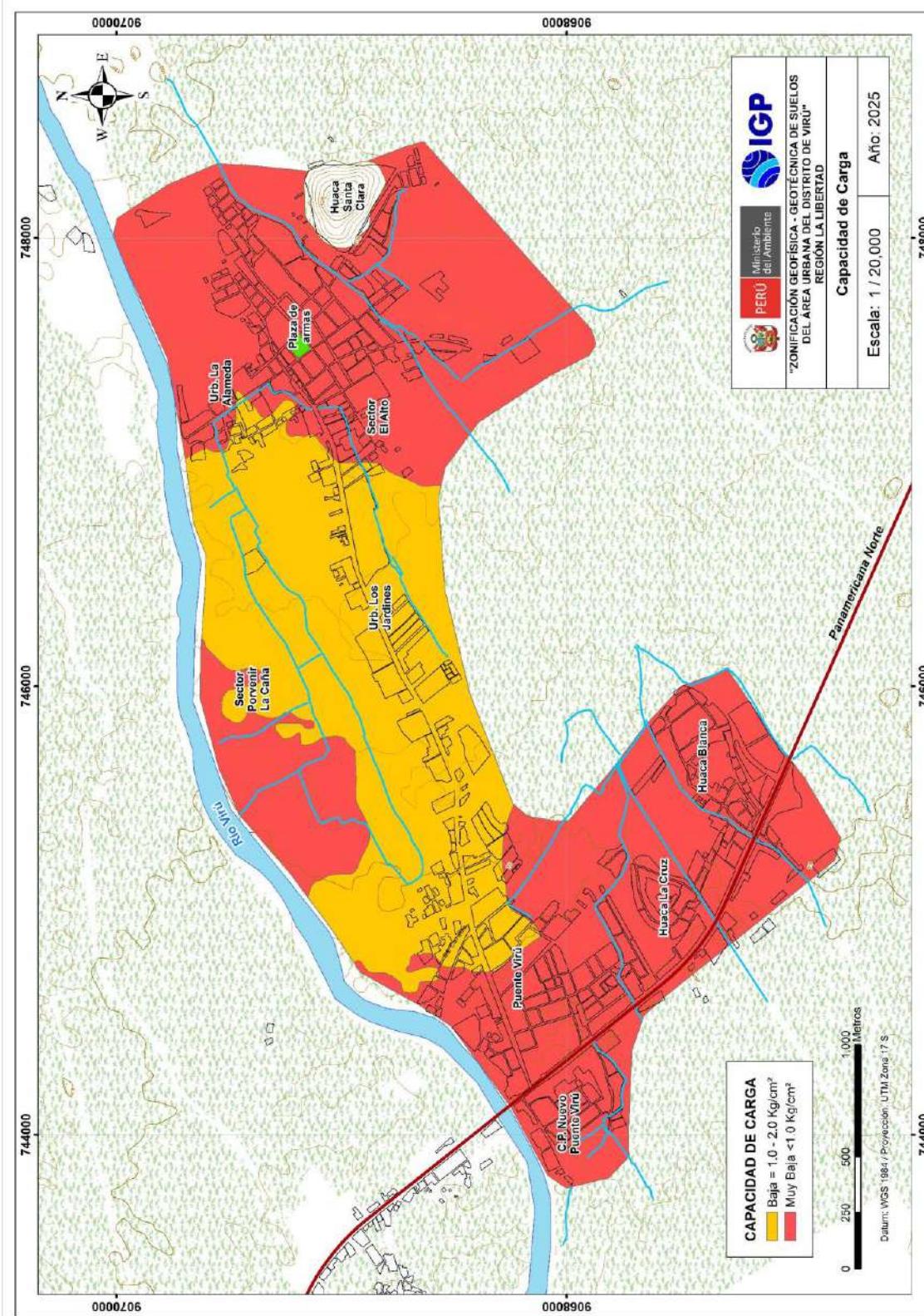


Figura 18. Mapa de capacidad portante del suelo para el área urbana de Virú.

### **3. GEOFÍSICA APLICADA**

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 Virú, 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 solicitud 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**

La adquisición de los registros de vibración ambiental, se realizó con equipos sísmicos constituidos de sensores sísmicos Lennartz de 5 segundos y registradores CityShark II, Figura 19. Se obtuvieron registros de vibración ambiental de 15 minutos, en 120 puntos, distribuidos de manera homogénea en el área de estudio, ver Figura 20.



Figura 19. Equipo sísmico utilizado para el registro de vibraciones ambientales: sensor Lennartz (2N) y registradores CityShark II.

En la Figura 21, se muestran 02 ejemplos de señales de vibración ambiental registrados, el primero, ubicado noreste de la plaza de armas, con presencia de altos niveles de ruido (VR-030) y el segundo en el C.P. Puente Virú, donde existe ruido de poca amplitud y/o saltos transitorios (VR-091). Los resultados evidencian que dichos puntos están ubicados en suelos con diferente consistencia o rigidez, permitiendo clasificarlos y a la vez zonificar el área de estudio en base a la respuesta sísmica del suelo.

### 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 dividirlas 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 22, se observa los resultados obtenidos para el punto VR-068.

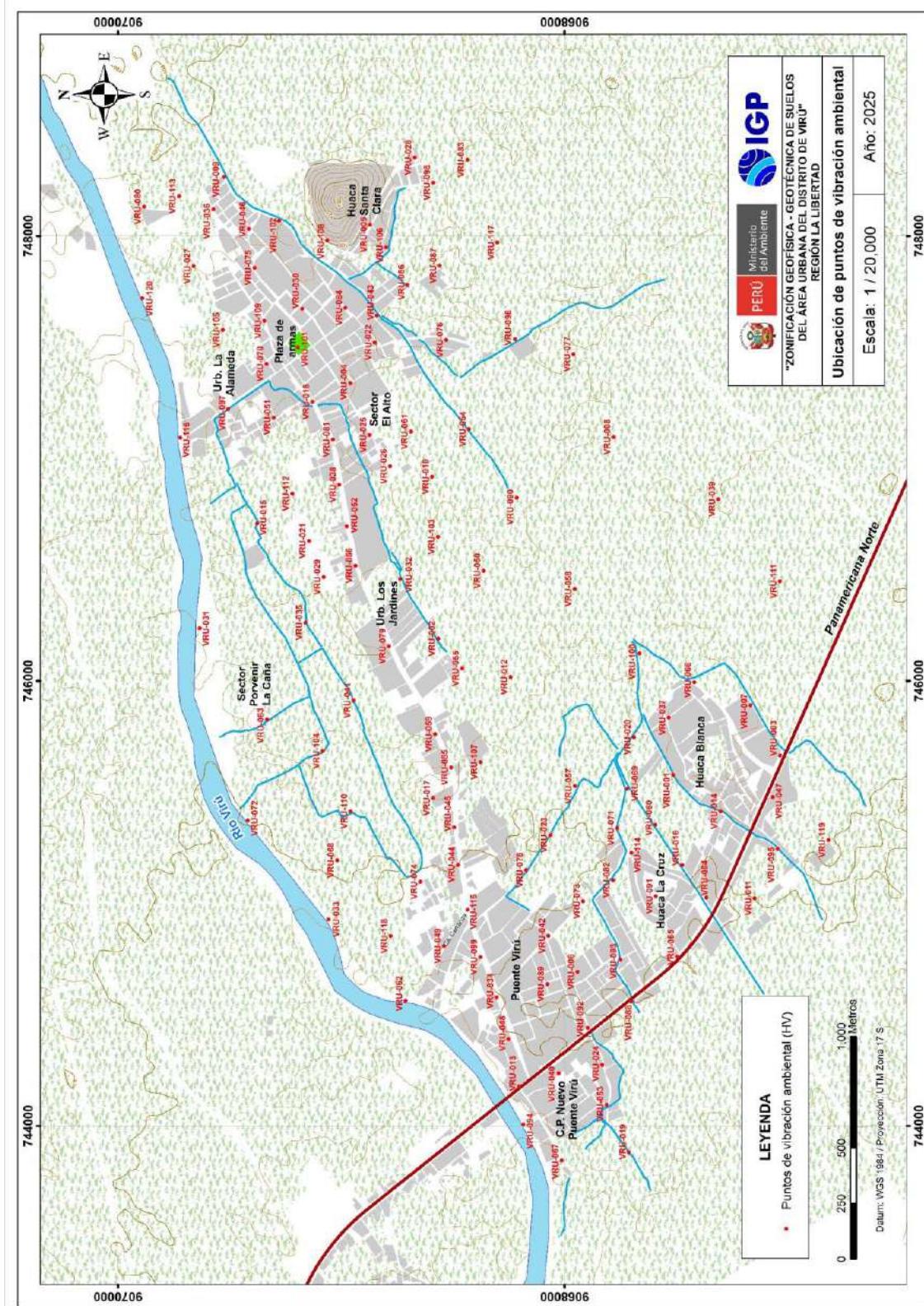


Figura 20. Distribución espacial de los puntos de registros de vibración ambiental, en el área urbana de Virú.

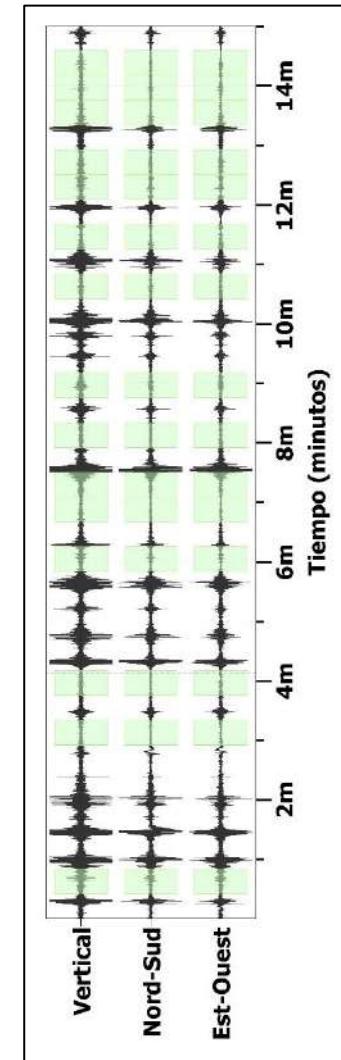
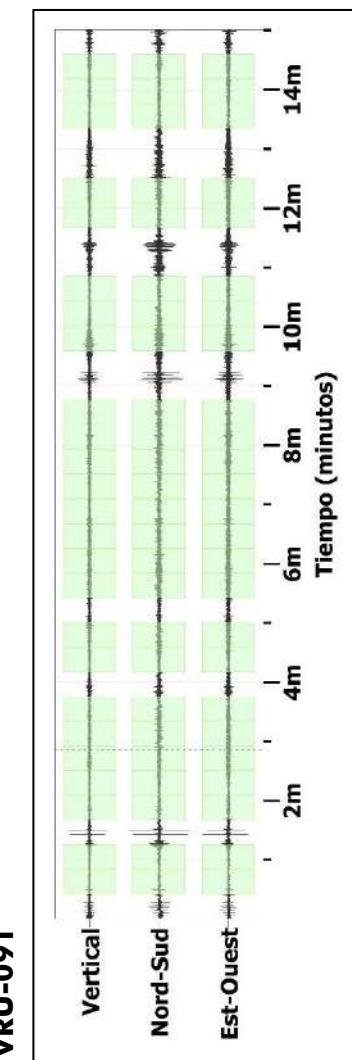


Figura 21. Ejemplos de registros obtenidos: al sur con ruido constante ((VRU-030) y en el centro poblado Puente Virú con ruido transitorio (VRU-091). Obsérvese las diferentes amplitudes de la señal registrada en cada punto.

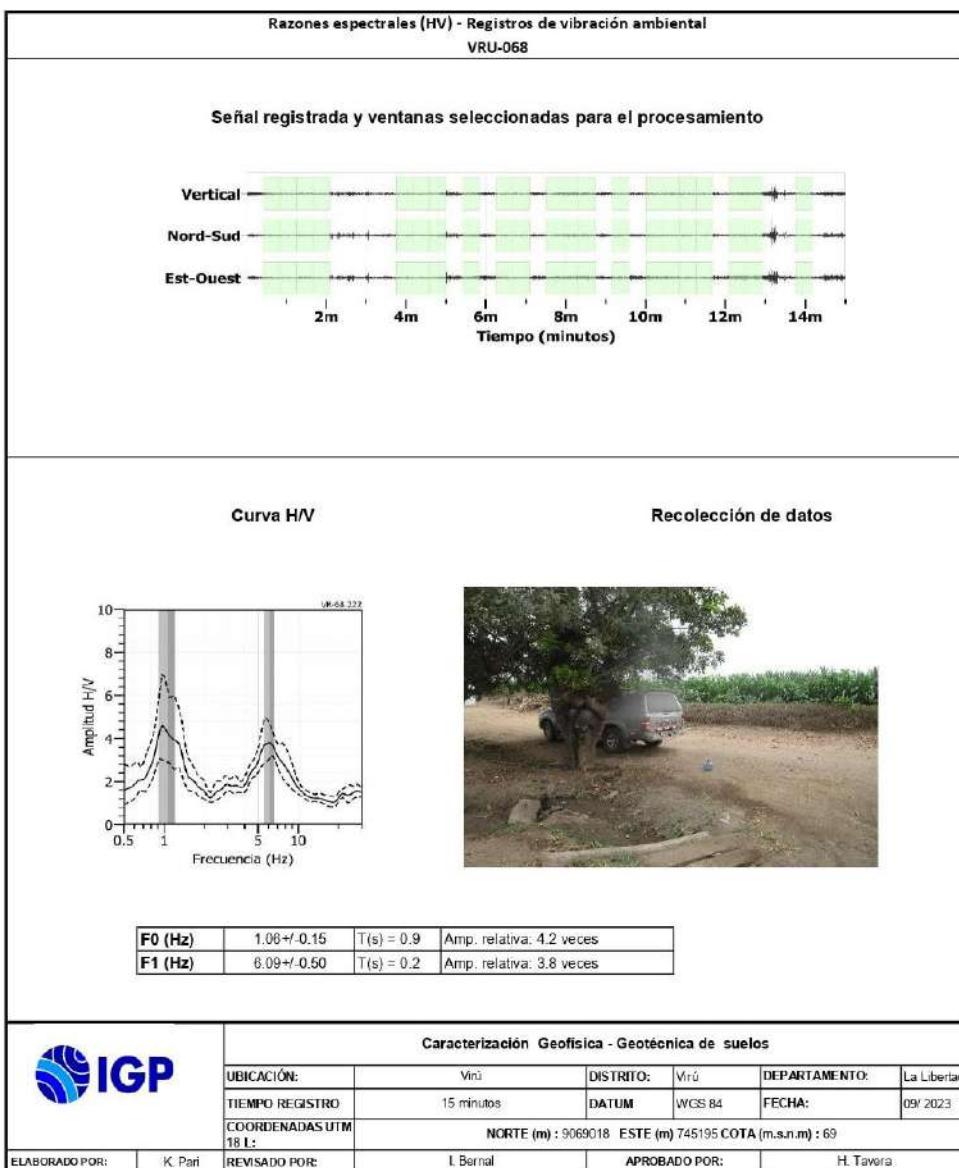


Figura 22. Resultados obtenidos con el método de razones espectrales (H/V) para el punto VRU-068. Arriba, la señal registrada y abajo la curva promedio de las razones espectrales (H/V) en línea gruesa y su desviación estándar en líneas discontinuas. Las barras grises, definen la frecuencia predominante.

Para el análisis de la información se identificó la frecuencia predominante en la razón espectral H/V y para ello, se consideraron los siguientes criterios: 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 períodos largos son debidas a la presencia de depósitos profundos; y 3) Las frecuencias altas o períodos cortos son debidos a depósitos superficiales blandos y de poco espesor (SESAME, 2004; Bernal, 2006).

### **3.1.3. Resultados e interpretación:**

Los suelos del área urbana del distrito de Virú, responden a dos rangos de frecuencias, que fluctúa entre (0.87 a 2.26) Hz y (2.91 – 15) Hz que corresponde a periodos de respuesta que fluctúa entre periodos de 0.1 a 1.14 segundos. En la Figura 23, se presenta la distribución espacial de los periodos dominantes de la respuesta del suelo de Virú, donde se observa que, en el área de estudio, predominan dos rangos de periodos. Asimismo, las mayores amplificaciones relativas se presentan en el sector Porvenir de la Caña, los centros poblados Nuevo Virú, Puente Virú y Huaca Blanca, y hacia su extremo NE.

En la Figura 24, se muestra la distribución de las curvas de razones espectrales (H/V) representativas para 04 sectores identificados en el área de estudio:

-Sector 1	Ubicado al extremo norte y SO del área de estudio, próximo al río Virú, los suelos responden en dos rangos de periodos que fluctúan entre 0.1 – 0.3 y 0.5 – 1.1 segundos, con altas amplificaciones en ambos rangos de periodos. Este sector se ubica en zonas de cultivo y presentan alto nivel freático.
	Hacia el extremo SO, próximos a carretera Panamericana Norte, los suelos responden también en dos rangos de periodos que fluctúan entre 0.1 – 0.3 y 0.8 – 1.1 segundos con bajas amplificaciones en el primer rango de periodos, a diferencia de lo observado hacia el extremo norte.
-Sector 2	Ubicado hacia el extremo NE del área de estudio, entre la plaza de Armas y la Huaca Santa Clara, donde los suelos responden a un solo rango de periodos que fluctúa entre 0.1 y 03 segundos con muy bajas amplificaciones próximos a la Huaca. En este sector se presentan los suelos con las menores amplificaciones de toda el área estudiada.

Estos resultados evidencian la existencia de suelos heterogéneos con un comportamiento dinámico complejo debido a que responden en dos rangos de períodos y presentan altas amplificaciones y suelos homogéneos, los cuales responden a un único rango de períodos de respuesta con moderadas a bajas amplificaciones, identificados entre la plaza de Armas y la Huaca Santa.

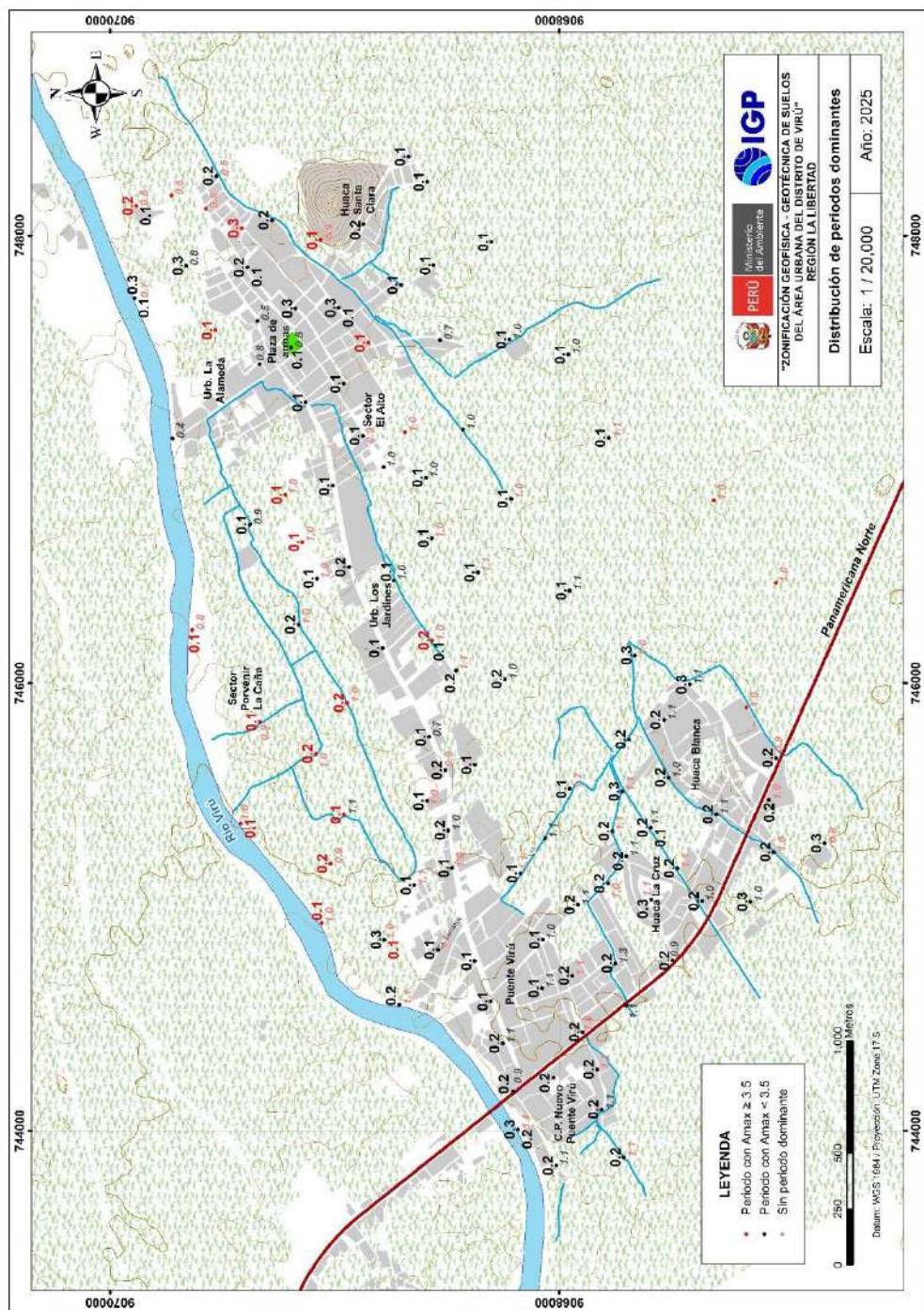


Figura 23. Distribución espacial de los períodos predominantes del suelo ( $T_0 < 0.3$  seg. y  $T_1 \geq 0.4$  seg.). Los valores en rojo, corresponden a puntos con amplificaciones mayores a 3 veces.

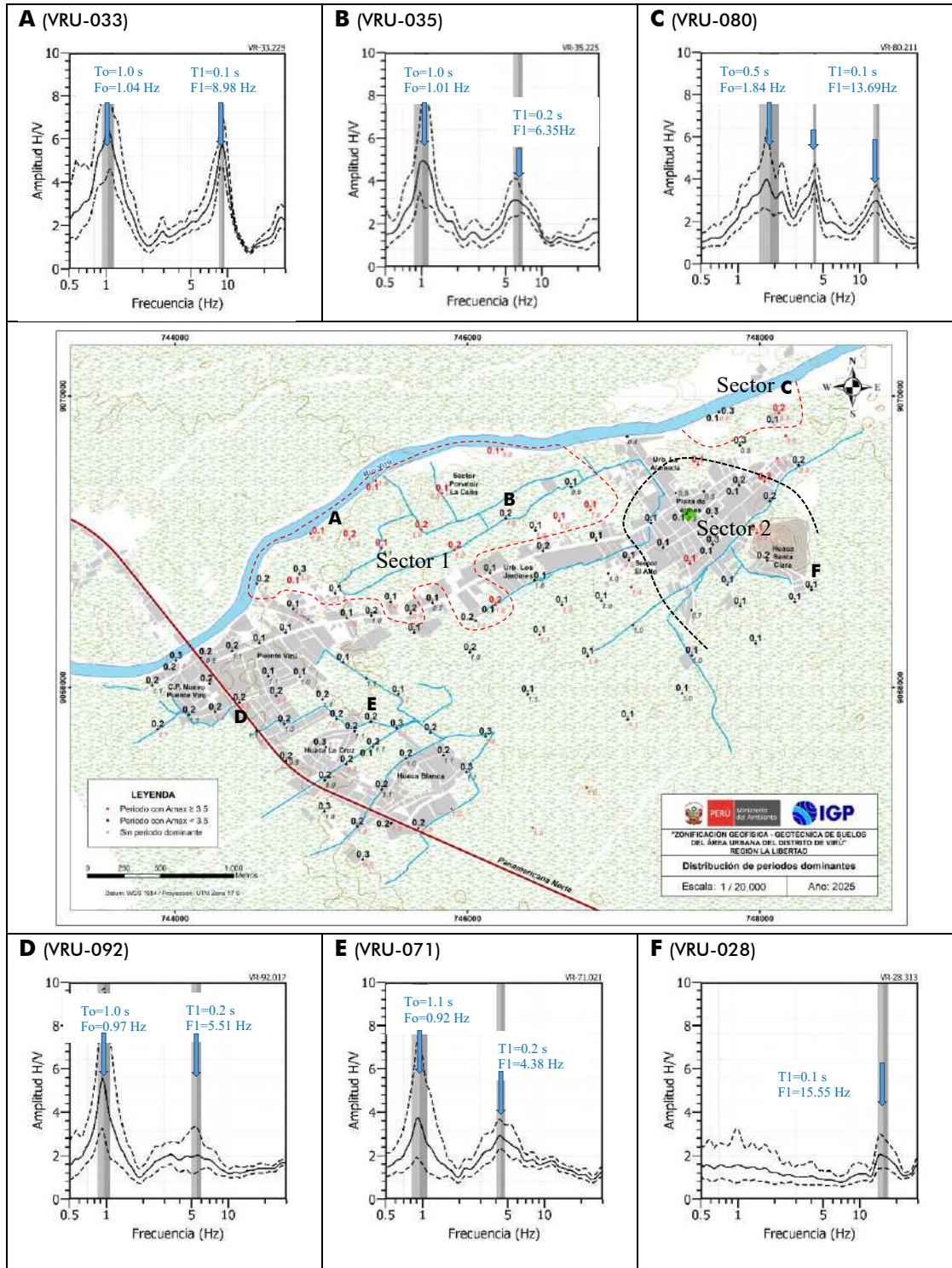


Figura 24. Razones espectrales obtenidas para puntos representativos del área de estudio (A-F), con flechas se indica el periodo dominante de la respuesta del suelo. Asimismo, sobre el mapa la línea discontinua en negro delimita a sectores cuya respuesta dinámica del suelo es similar y en rojo, los suelos con mayores amplificaciones registradas en dos rangos de períodos.

### **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 Vs 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 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 de los métodos MASW y MAM permite obtener información del subsuelo 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 25) 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 08 líneas sísmicas de MASW-MAM, las coordenadas y características se observan en la Tabla 11 y su distribución en la Figura 26. 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 25. Equipos utilizados en la adquisición de datos MASW – MAM, en el área urbana del distrito de Virú.

Tabla 11. Coordenadas y características de las líneas sísmicas MASW-MAM realizadas en el área urbana de Virú, codificadas como LS01-VRU, ..., LS08-VRU.

Línea Sísmica	Coordenadas UTM – WGS84		Cota (m s.n.m.)	Espaciamiento entre geófonos (m)	Longitud total (m)
	Este (m)	Norte (m)			
1	LS01-VRU	748009	9068935	91	3
2	LS02-VRU	747353	9068824	80	3
3	LS03-VRU	747231	9069495	82	3
4	LS04-VRU	746434	9068727	76	3
5	LS05-VRU	745419	9067329	70	3
6	LS06-VRU	744786	9068546	62	3
7	LS07-VRU	745835	9069314	67	4
8	LS08-VRU	744235	9067895	61	3

### 3.2.2. Procesamiento y análisis

Para los ensayos MASW–MAM, los datos sísmicos recolectados fueron procesados con el programa de computación SeisImager 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 Vs en una dimensión (1D) para el punto central de la línea, ver Figura 27.

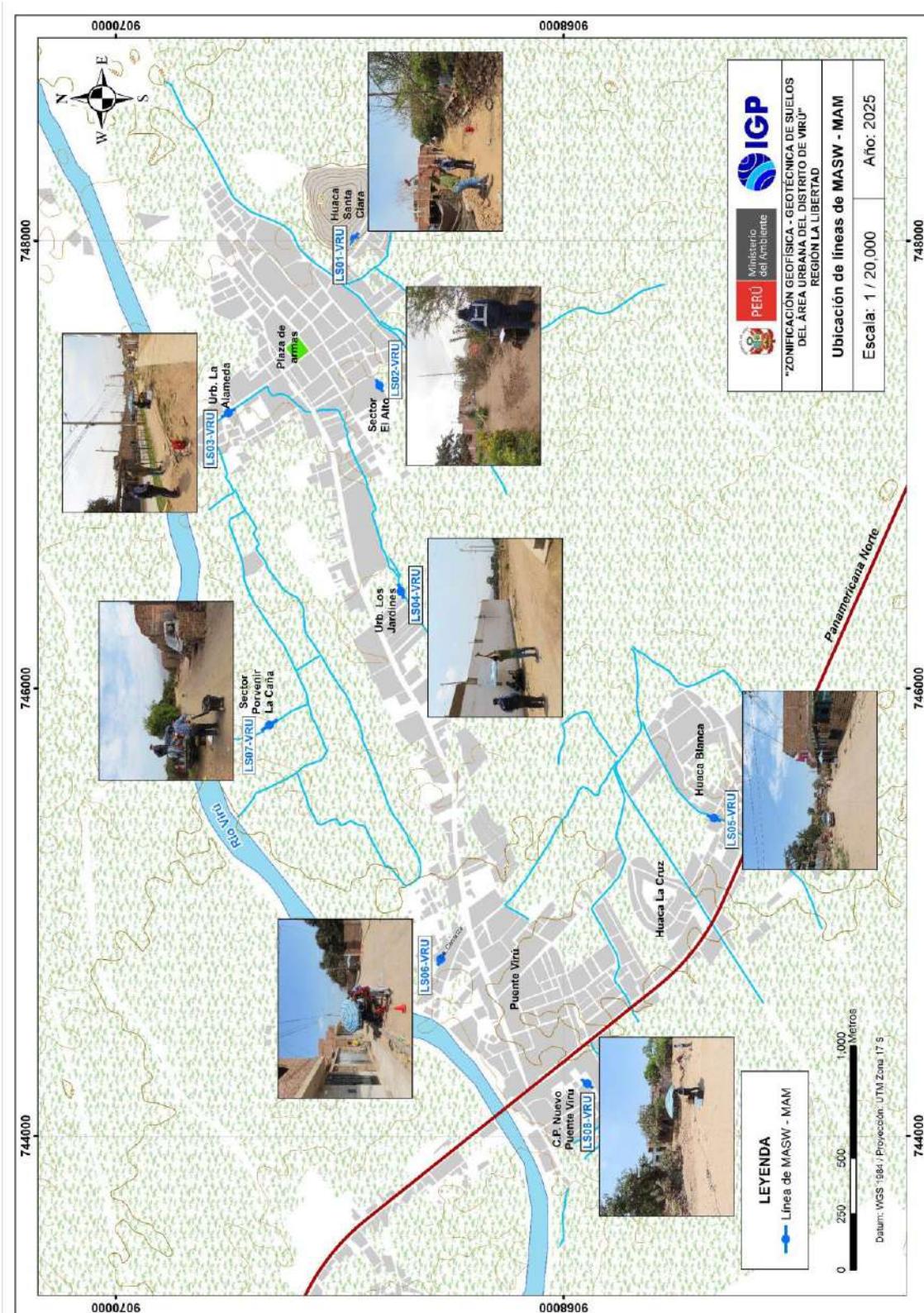


Figura 26. Distribución espacial de líneas de MASW - MAM, codificadas como LS01-VRU, ..., LS08-VRU.

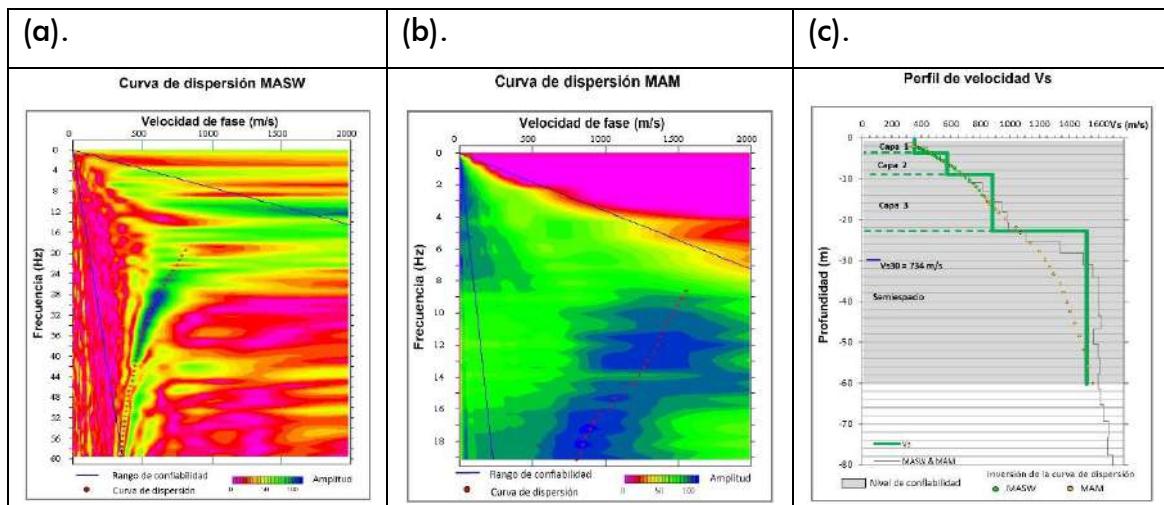


Figura 27. Curvas de dispersión obtenidas con los métodos de MASW (a) y MAM (b) y el perfil de velocidad obtenido a partir de la combinación de ambos métodos (c).

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

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

Clasificación de los perfiles de suelo		
Nº	Vs (m/s)	Adaptación al área de estudio
1	> 1500	
2	800 a 1500	Roca moderadamente dura a dura
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 (Vs) obtenidos con los métodos sísmicos MASW – MAM con resolución de 31 a 79 metros de profundidad. En la Figura 28, se presenta el perfil sísmico obtenido para la línea LS01-VRU y en el Anexo 3, para las líneas restantes.

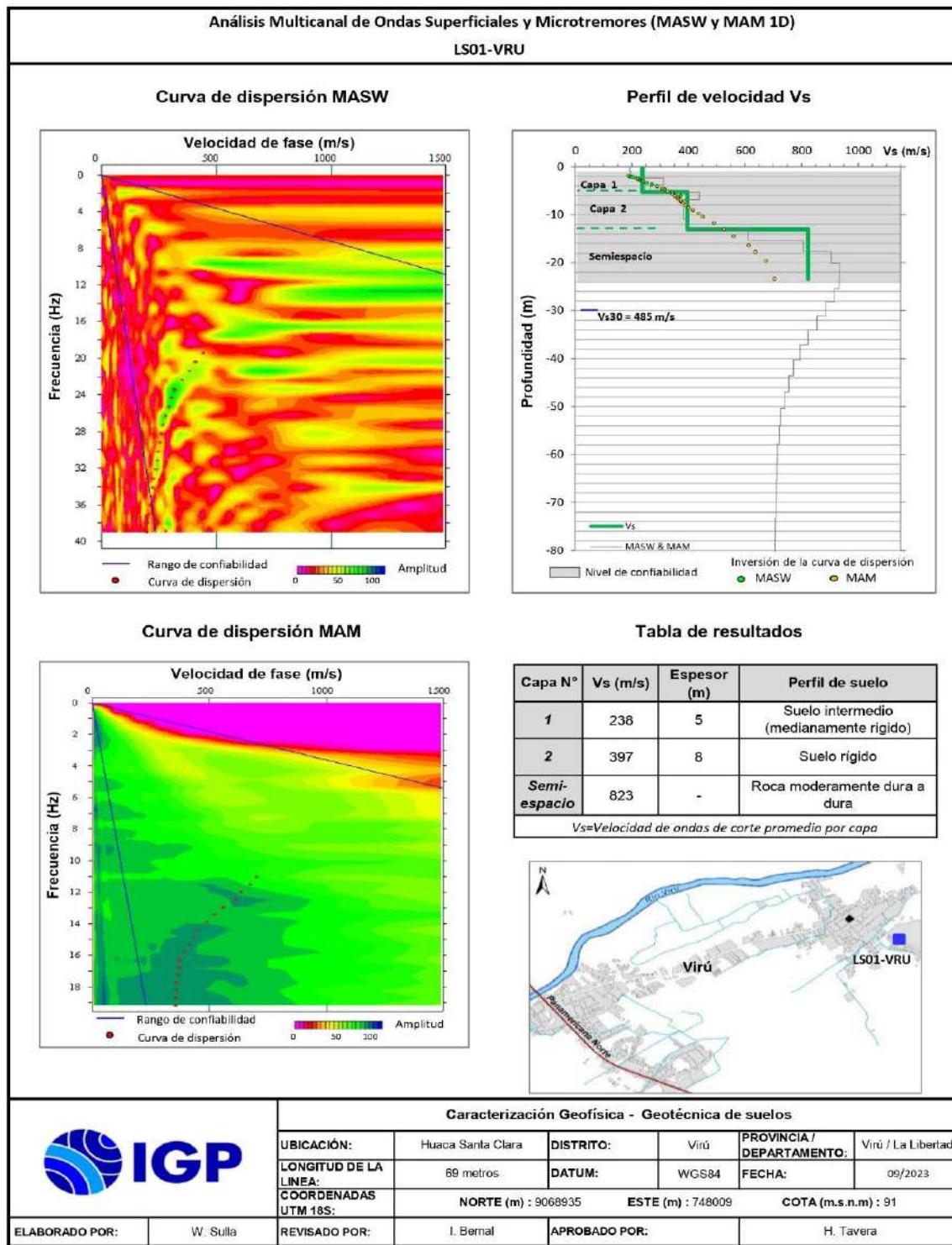
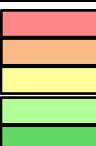


Figura 28. Resultados obtenidos con el ensayo MASW - MAM para la línea sísmica LS01-VRU.

**Línea sísmica LS01-VRU:** Ubicada en la Huaca Santa Clara, siendo la profundidad de resolución promedio del perfil de 25 metros. Este perfil permite identificar la existencia de dos (2) capas sísmicas: La primera de 5 metros de espesor y velocidad Vs de 238 m/s correspondiente a suelos intermedios (medianamente rígidos); la segunda capa de 8 metros de espesor y velocidad Vs de 397 m/s correspondiente a suelos rígidos; y el semiespacio con velocidad Vs > 823 m/s, sugieren la existencia de roca moderadamente dura a dura.

En la Tabla 13, se resumen los valores de velocidad de ondas de corte (Vs) para cada uno de los perfiles de suelo obtenidos en el área de estudio.

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

Línea Sísmica	Nº 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-VRU	238	5	397	8	823	-	-	-	485	
LS02-VRU	266	5	432	15	558	17	644	-	416	
LS03-VRU	206	7	388	13	511	-	-	-	338	
LS04-VRU	157	5	269	6	465	17	651	-	316	
LS05-VRU	231	9	377	17	628	15	880	-	330	
LS06-VRU	179	4	321	7	442	14	583	-	353	
LS07-VRU	197	5	366	10	525	-	-	-	356	
LS08-VRU	195	5	306	10	569	28	925	-	344	
	 Suelo blando (Vs < 180 m/s) Suelo medianamente rígido (180 - 350 m/s) Suelo rígido (350 - 500 m/s) Suelo muy rígido (500 - 800 m/s) Roca moderadamente dura a dura (Vs > 800 m/s)									

En el área urbana de Virú, se ha identificado a nivel superficial el predominio de dos suelos; los suelos blandos (Vs=157 a 179 m/s y espesor entre 6 y 4 metros) identificados por la Urb. Los Jardines y la calle Carranza, y los suelos medianamente rígidos (Vs=195 a 306 m/s y espesor entre 5 y 15 metros), identificados por Huaca Santa Clara, el Sector El Alto, Urb. La Alameda, Sector Porvenir La Caña, Huaca Santa Rosa y por el centro poblado Nuevo Puente Virú, mientras que en el Sector El Alto y por la calle Carranza,

estos suelos subyacen a los suelos blandos, Figura 29 (Perfil 01 y 02). A mayor profundidad se ha identificado una capa de suelos rígidos con rangos de velocidades  $V_s$  entre 366 y 465 m/s y con espesores entre 11 y 17 metros; excepto en el centro poblado Nuevo Puente Virú donde subyacen suelos muy rígidos con rangos de velocidades  $V_s$  de 569 m/s y con espesor de 28 metros.

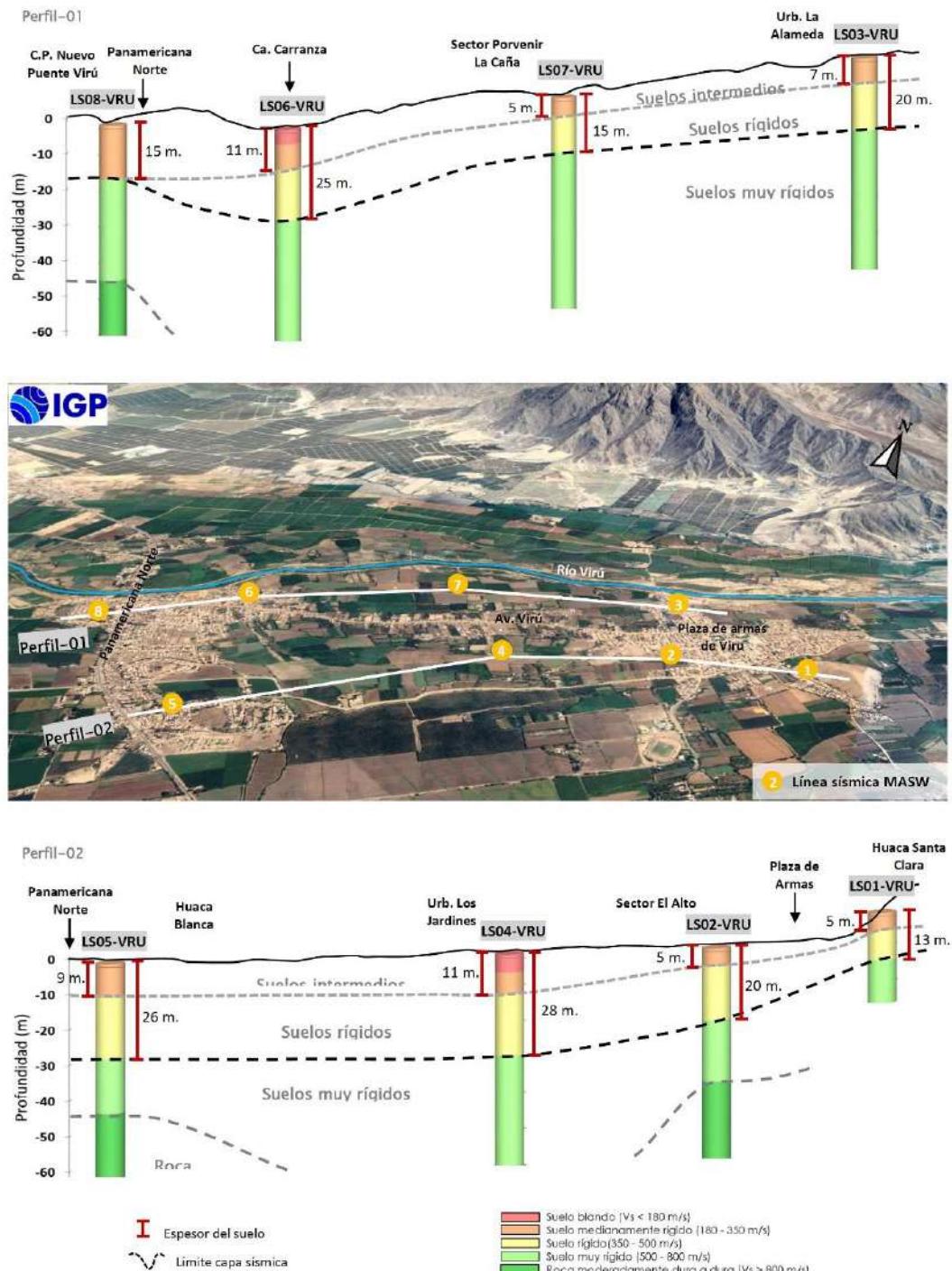


Figura 29. Resultados de MASW-MAM ubicados a lo largo de los perfiles 01 y 02, muestran la disposición de las capas de suelos identificados en el distrito de Virú.

En conjunto, los suelos blandos, medianamente rígidos y rígidos suman un espesor total entre 13 y 28 metros, los mayores espesores se identifican en el Sector El Alto, la Huaca Santa Rosa y hacia la calle Carranza (próximo al río Virú). Por debajo se encontraría la roca volcánica - sedimentaria que aflora al noreste del área de estudio en la Huaca Santa Clara (Cementerio de Virú) ver Figura 29.

Para el área de estudio, las velocidades de ondas sísmicas en los primeros 30 metros de profundidad se obtiene un Vs30 de 316 a 356 m/s que corresponde a suelos Tipo S3 y un Vs30 de 416 a 485 m/s que corresponde a suelos Tipo S2; es decir predominan suelos medianamente rígidos a rígidos, respectivamente.

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

El método de Tomografía de Resistividad Eléctrica - ERT, 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 30). Asimismo, en la Figura 31 se presenta su distribución espacial y en la Tabla 14 las características de las líneas ERT realizadas en el área urbana del distrito de Virú.



Figura 30. Equipos utilizados en la adquisición de datos ERT.

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

VIRÚ					
Línea Eléctrica	Coordenadas UTM-WGS84		Cota (m s.n.m)	Espaciamiento entre electrodos (m)	Longitud total (m)
	Este (m)	Norte (m)			
LE01-VRU	747932	9068957	93	10	160
	748082	9068856	95		
LE02-VRU	747276	9068963	85	10	150
	747150	9068963	84		
LE03-VRU	747172	9069584	84	10	200
	747286	9069427	86		
LE04-VRU	746545	9068781	80	10	180
	746384	9068714	82		
LE05-VRU	745495	9067455	74	10	160
	745413	9067327	73		
LE06-VRU	744620	9068649	65	10	190
	744774	9068550	68		

### **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 geoeléctricos y de procesamiento de imágenes.

Asimismo, para la interpretación de los resultados se debe tener en cuenta que son varios los factores que influyen en las propiedades físicas de los suelos (grado de saturación, porosidad y forma del poro, salinidad del fluido, tipo y composición de la roca, temperatura, procesos geológicos que afectan a los materiales); es decir, el incremento de fluidos en el terreno se verá reflejado por una disminución en los valores de resistividad. En la Tabla 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 geoeléctricas con resolución de hasta los 40 metros de profundidad. En la Figura 32, se presenta la sección obtenida para la línea LE01-VRU y en el Anexo 3, para las secciones restantes.

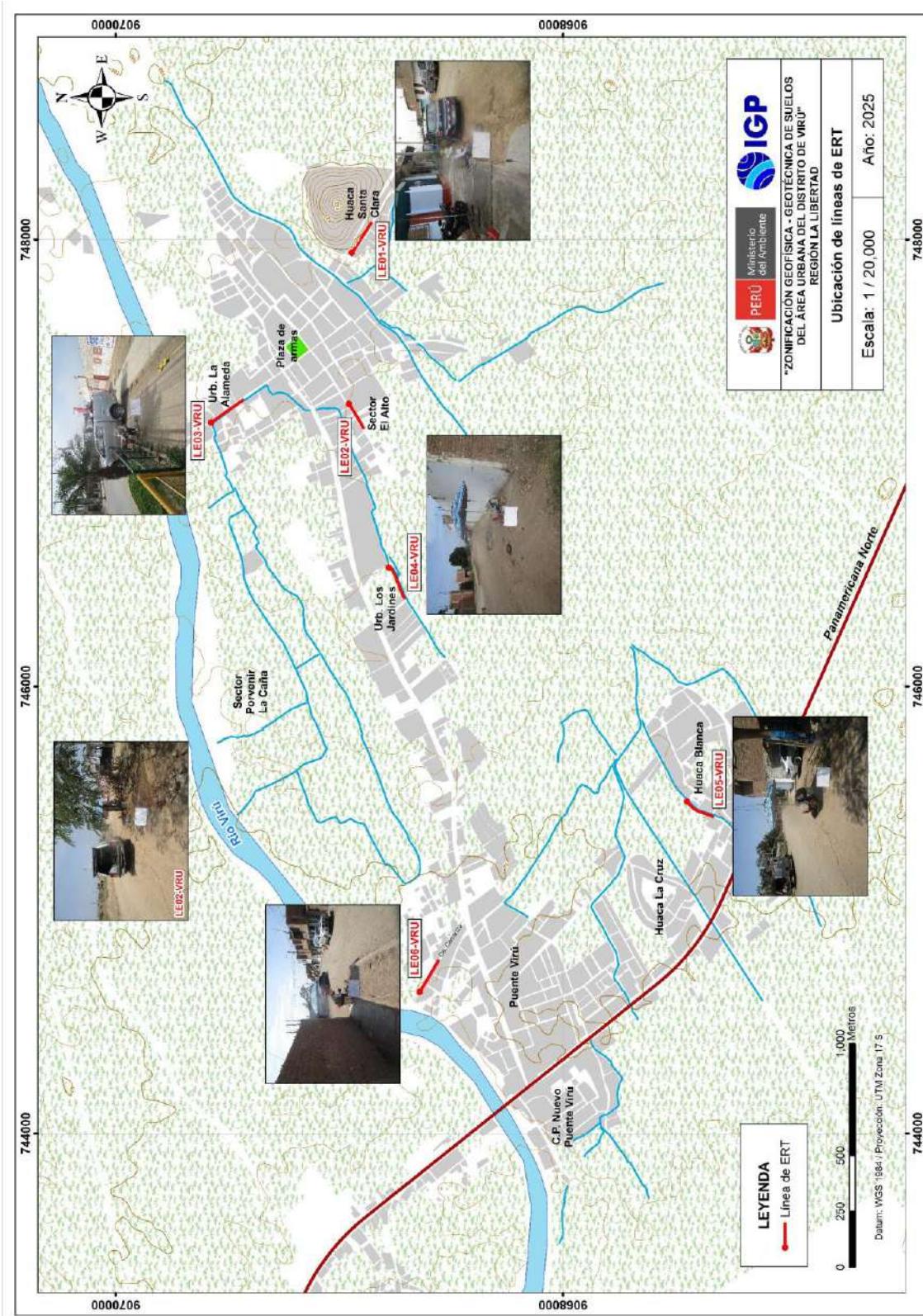


Figura 31. Distribución espacial de las líneas de tomografía eléctrica \_(ERT) codificadas como LE01-VRU,... LE06-VRU en el área urbana del distrito de Virú.

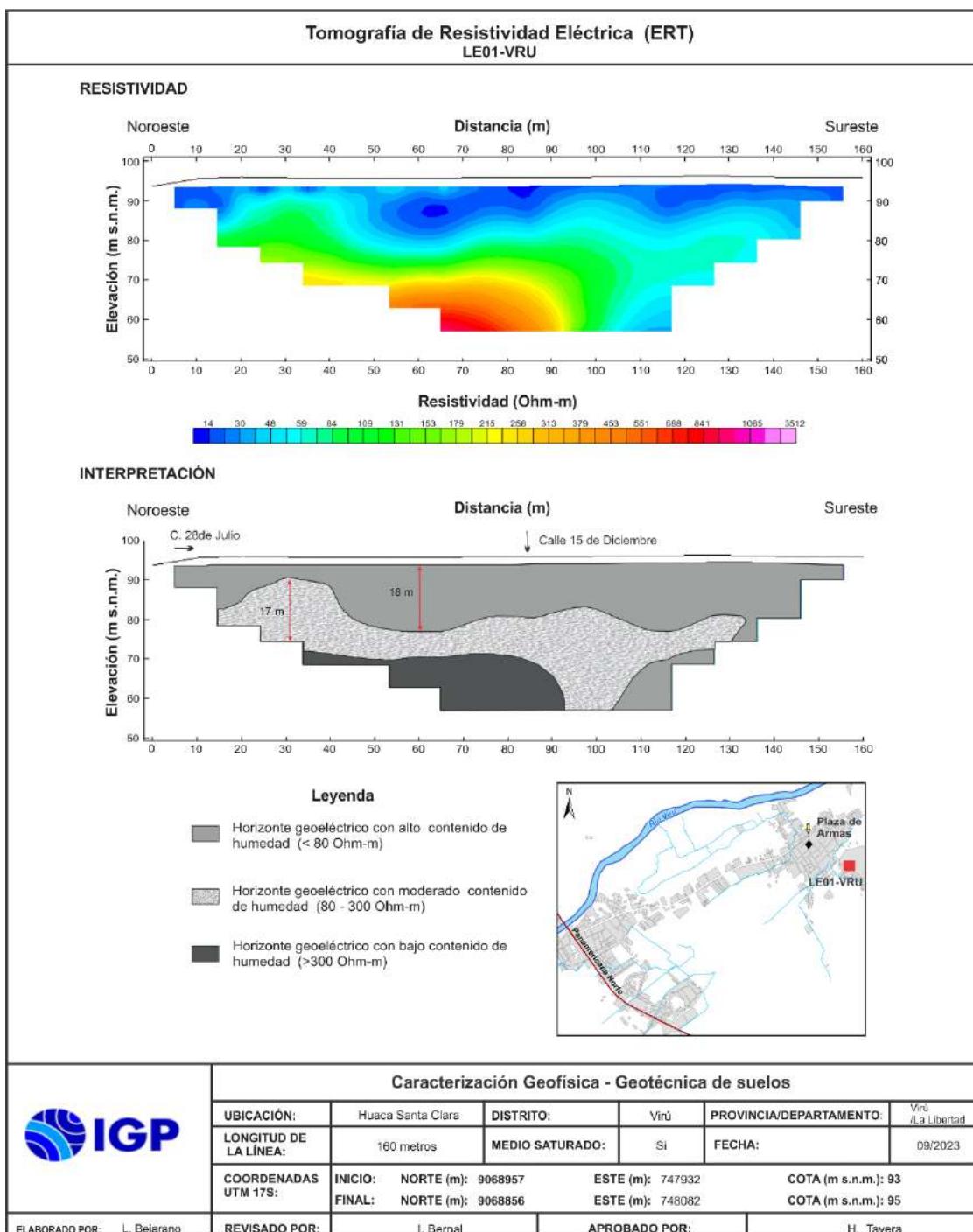


Figura 32. Resultado de tomografía de resistividad eléctrica para la línea LE01-VRU.

**Sección geoelectrónica LE01-VRU:** Realizada en la Huaca Santa Clara (calle 15 de diciembre) sobre una longitud de 160 metros y en dirección NO-SE. En esta sección se presentan tres horizontes geoelectricos. En el primer horizonte, a lo largo de toda la sección, predominan materiales con alto contenido de humedad (< 80 Ohm-m) y con espesores de hasta 18 metros cerca a la calle 15 de diciembre (Figura 31). El segundo horizonte presenta

moderado contenido de humedad (80 a 300 Ohm-m) con espesores de 7 a 27 metros, los espesores menores se encuentran en medio y al final de la sección. El tercer horizonte presenta bajo contenido de humedad (> 300 Ohm) su espesor es de 15 metros.

**Sección geoeléctrica LE02-VRU:** Realizada en el Sector El Alto (calle Alfonso Ugarte) sobre una longitud de 150 metros y en dirección NE-SO. En esta sección se presentan dos horizontes geoeléctricos. El primer horizonte, en superficie llega hasta la altura aproximada de 70 metros lineales de la sección geoeléctrica y se va introduciendo bajo el segundo horizonte hasta la altura de 120 metros, este presenta alto contenido de humedad (< 80 Ohm-m), su espesor va desde 1 metros hasta 40 metros, a la altura del pasaje Huancayo. El segundo horizonte, presenta moderado contenido de humedad (80 a 300 Ohm-m), con espesores de 3 a 24 metros, presenta dos bloques estando presente el segundo en superficie a partir de los 70 metros lineales hasta el final de la sección.

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

- Hacia el extremo NE del área de estudio (Sector El Alto, Urb. La Alameda y Urb. Los Jardines), predominan dos horizontes geoelectricos, el primero a nivel superficial presenta moderado contenido de humedad con espesores de hasta 24 metros y a mayor profundidad, el segundo horizonte contiene alto contenido de humedad con espesores que superan la profundidad de investigación (Figura 33, LE02-VRU, LE03-VRU y LE04-VRU). Además, se ha identificado la presencia de tres horizontes en la Huaca Santa Clara, a nivel superficial con alto contenido de humedad y espesores hasta los 18 metros, el segundo y tercero moderado a bajo con espesores de 7 y 27 metros.

- Hacia el extremo SO del área de estudio (Huaca Blanca y Puente Virú), se ha identificado la presencia de tres horizontes. Los horizontes de bajo contenido de humedad se identifican a nivel superficial por la Huaca Blanca y Puente Virú con espesores de 3 a 12 metros, por debajo sobresale un horizonte con moderado contenido de humedad con espesores de 3 a 22 metros y están presentes a lo largo de las dos secciones geoeléctricas. A mayor profundidad, un tercer horizonte, presenta alto contenido de humedad con espesores de hasta 32 metros (Figura 33, LE05-VRU y LE06-VRU).

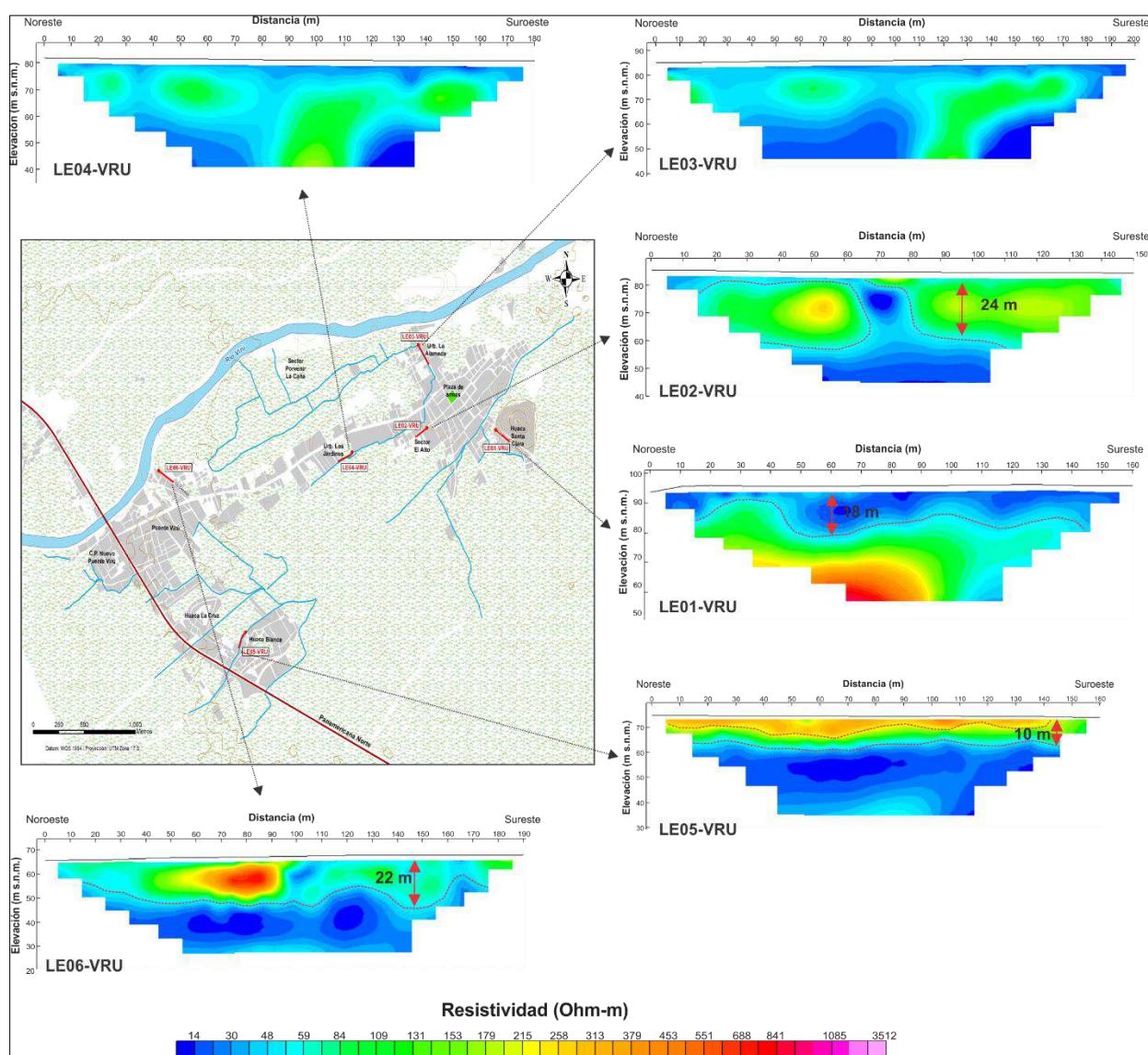


Figura 33. Ubicación de las líneas de tomografía eléctrica LE01-VRU,..., LE06-VRU y su respectiva sección de tomografía eléctrica.

## 4. ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA - GEOTÉCNICA

La caracterización física y dinámica de los suelos del área urbana del distrito de Virú fue realizada con la información obtenida con la aplicación de métodos geofísicos y su correlación con la información geológica y geotécnica.

### 4.1. Caracterización física y dinámica de suelos

El área urbana de Virú se encuentra ubicada a una altura promedio de 68 m s.n.m., se emplaza sobre depósitos aluviales y fluviales que fueron arrastrados por el río Virú, presenta una topografía llana con una elevación en el cerro cementerio de 160 m s.n.m.

Los suelos del área urbana de Virú responden a periodos de 0.1 y 0.3 segundos de manera uniforme sobre todo el área de estudio; Sin embargo, los suelos también muestran sensibilidad a un segundo rango de periodos que fluctúa entre 0.5 y 1.1 segundos, en gran parte del área de estudio. En cuanto a sus características físicas y/o estructura del suelo, también muestra diferencias y para un mejor análisis de los resultados, el área de estudio se divide en 3 sub áreas distribuidas según la Figura 34, las mismas que se describen a continuación:

**Extremo Este** del distrito de Virú, comprende el sector del Alto y Huaca Santa Clara. Los resultados permiten definir:

- Presenta una capa superficial de suelos rígidos de material volcánico sedimentario de la formación Casma y materiales heterogéneos de origen aluvial.

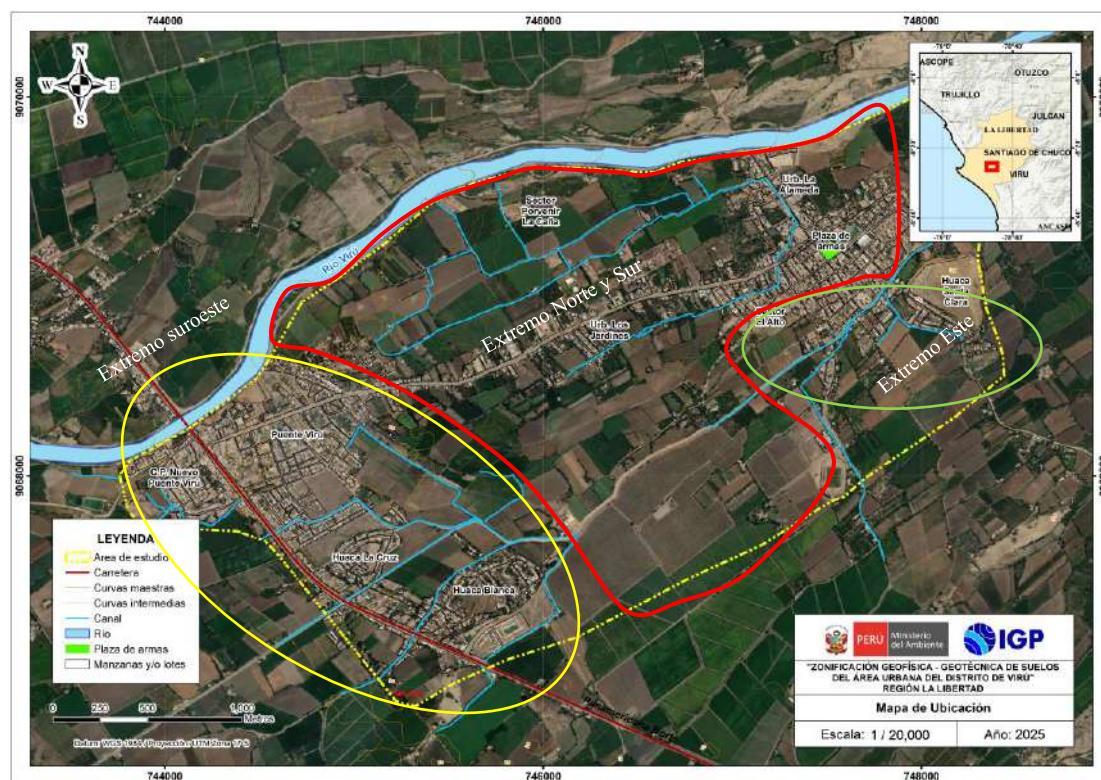


Figura 34. Delimitación de sub áreas para una mejor descripción de la estructura del suelo, a partir de la correlación de los resultados obtenidos con los métodos de ERT y MASW-MAM.

**Extremo Este** del distrito de Virú, comprende el sector del Alto y Huaca Santa Clara. Los resultados permiten definir:

- Presenta una capa superficial de suelos rígidos de material volcánico sedimentario de la formación Casma y materiales heterogéneos de origen aluvial.
- Se identifican 3 capas sísmicas, con velocidades de ondas de corte para las dos primeras capas de Vs: 238-266 y 397-432 m/s con espesores de 5 y 8-15 metros respectivamente, depositados sobre suelos muy rígidos ( $>823$  m/s), ver Figura 35.
- Presentan ALTO contenido de humedad hacia la Huaca Santa Clara se observa el contenido de humedad desde la superficie hasta los 18 metros de profundidad.
- No presenta potencial para generar amplificación.
- Estos suelos muestran sensibilidad a un rango de períodos entre 0.1 y 0.3 segundos.

- A mayor profundidad, la capa de suelo está caracterizada por suelos muy rígidos.

**Extremo suroeste** del distrito de Virú, comprende los sectores del centro poblado Nuevo Puente Virú, Puente Virú y Huaca Blanca. Los resultados permiten definir:

- Una capa superficial de suelos medianamente rígidos constituido de materiales heterogéneos de origen aluvial.
- Se identifican 3 capas sísmicas, con velocidades de ondas de corte para las dos primeras capas de Vs: 195-231 y 306-377 m/s con espesores de 9 y 10-17 metros respectivamente, depositados sobre suelos muy rígidos ( $>569$  m/s), ver Figura 35.
- presentan moderado a escaso contenido de humedad a nivel superficial, sin embargo, a partir de los 10 – 20 metros hasta los 40 metros de profundidad, el contenido de humedad es ALTO. Ver Perfil 2 (Figuras 35).
- Estos suelos muestran sensibilidad a dos rangos de periodos a 0.1 y 0.3 segundos y 0.5 a 1.1 segundos.
- Presentan potencial a generar niveles altos de amplificación en el segundo rango, es decir a periodos largos.

**Extremo Norte y Sur** del distrito de Virú, comprende el sector de Porvenir de la Caña, Urb. La Alameda, plaza de Armas. Los resultados permiten definir:

- Una capa superficial de suelos blandos a medianamente RÍGIDOS de material heterogéneo de origen aluvial.
- Se identifican 4 capas sísmicas, con velocidades de ondas de corte para las tres primeras capas de Vs: 157-179, 269-321 y 366-465 m/s con espesores de 4-5, 5-7 y 10-17 metros respectivamente, depositados sobre suelos muy rígidos ( $>525$  m/s), ver Figura 36.

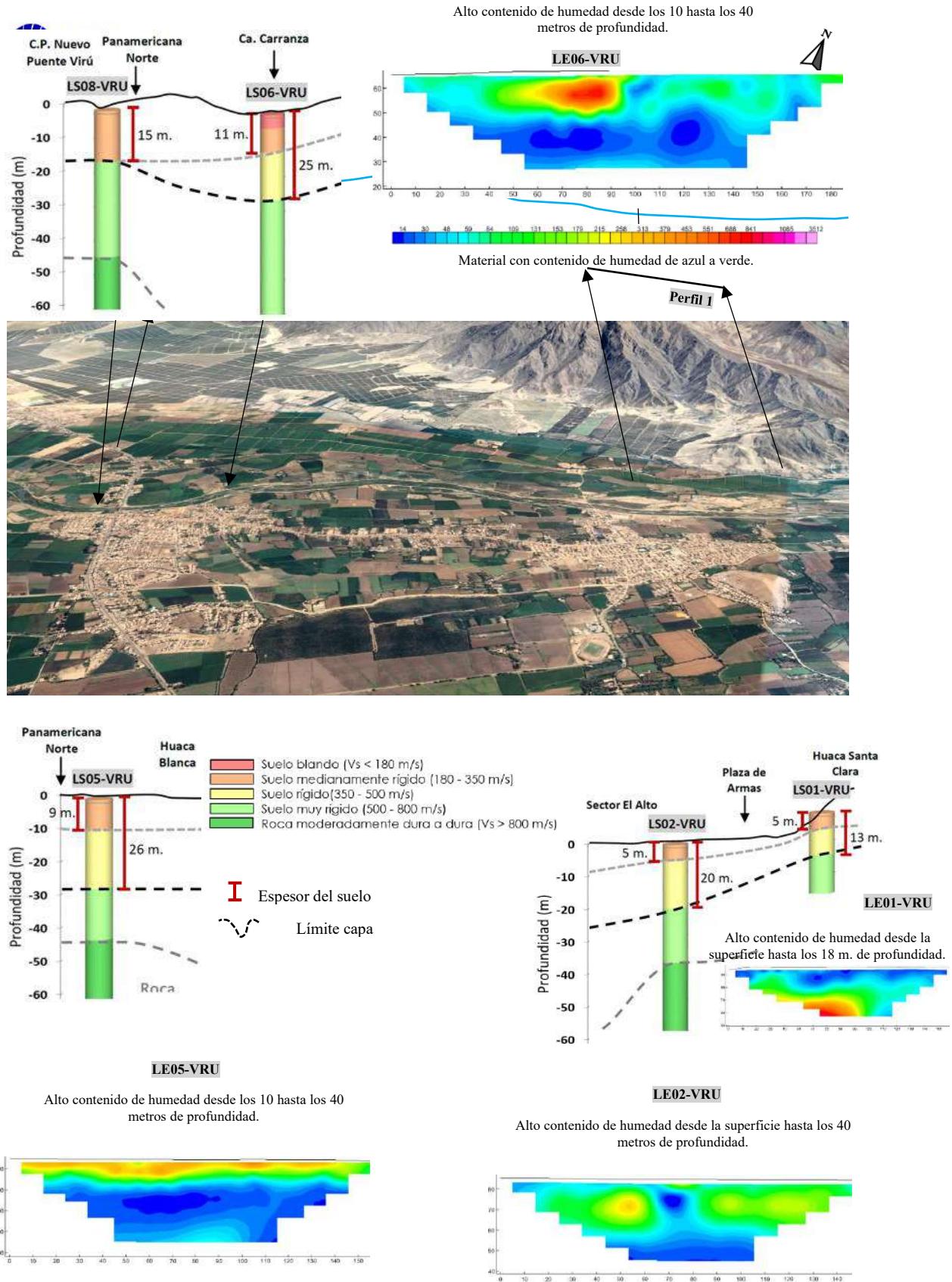


Figura 35. Estructura del suelo identificado al este y al SO del área urbana del distrito de Virú, perfil-01 y Perfil-02 realizados a partir de la correlación de los resultados obtenidos con los métodos de ERT y MASW-MAM.

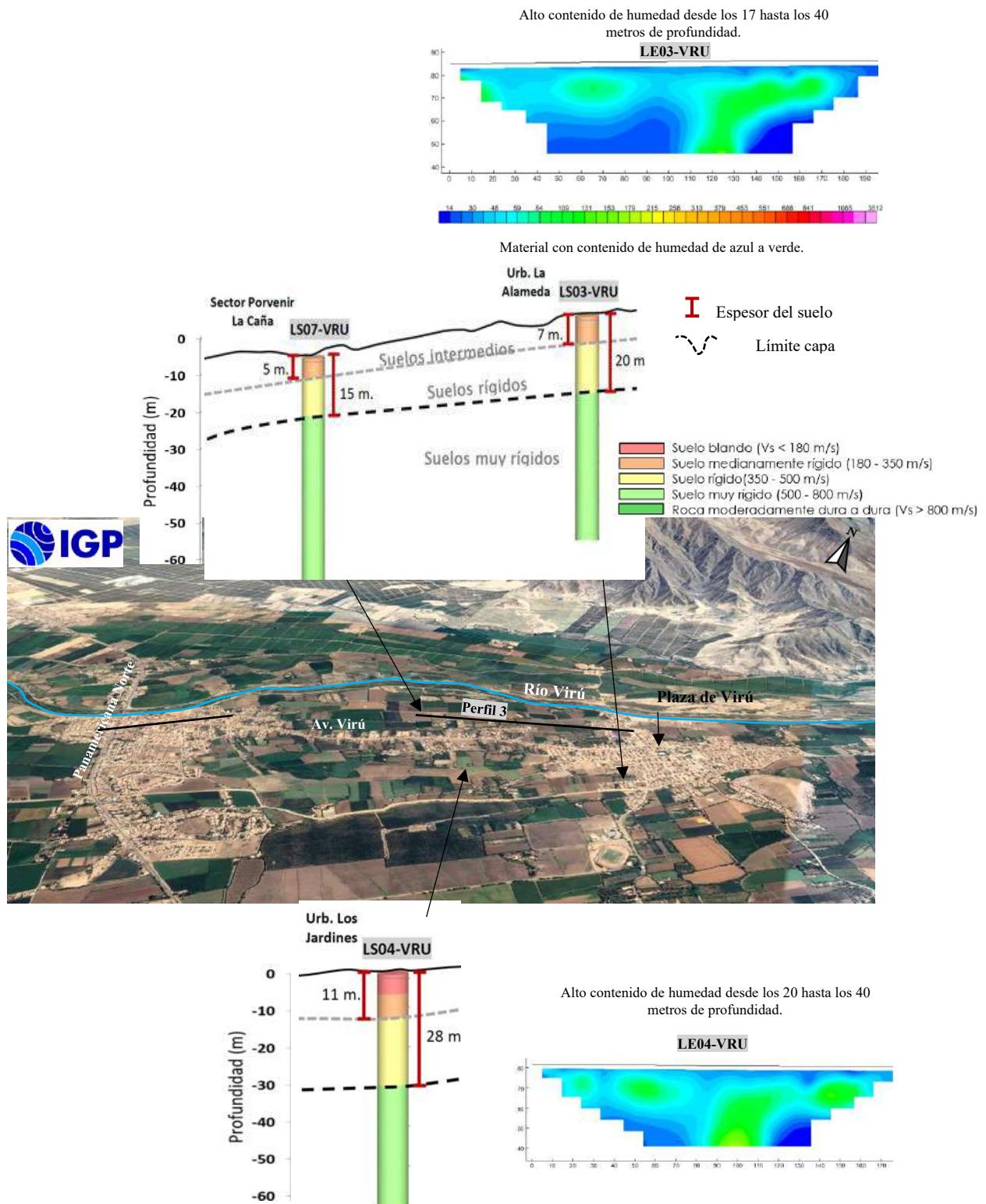


Figura 36. Estructura del suelo identificado al Norte del área urbana del distrito de Virú, Perfil-03 realizado a partir de la correlación de los resultados obtenidos con los métodos de ERT y MASW-MAM.

- *presentan alto contenido de humedad desde los 10 hasta los 40 metros de profundidad, a nivel superficial presenta moderado contenido de humedad.*
- *Estos suelos muestran sensibilidad a dos rangos de periodos a 0.1 y 0.3 segundos y 0.8 a 1.1 segundos.*
- *Presentan potencial a generar niveles altos de amplificación en ambos rangos de periodos en la zona de Porvenir La Caña.*
- *A mayor profundidad, la capa de suelo está caracterizada por suelos muy rígidos.*

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

El mapa de Zonificación Geofísica-Geotécnica para el área urbana del distrito de Virú, 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 corresponde a suelos rígidos, medianamente rígidos a blandos.

Para el área urbana del distrito de Virú, se propone la siguiente Zonificación Geofísica- Geotécnica (Figura 37).

**- ZONA I:** Considera suelos Tipo S1 (E.030) que corresponden a suelos muy rígidos ( $Vs30 \geq 500$  m/s). Estos suelos no fueron identificados en el área de estudio.

**- ZONA II:** Considera suelos conformados por arenas, limos y gravas. Presenta velocidades de ondas de corte  $Vs30$  de 416 a 485 m/s. Los suelos presentan periodos de vibración natural entre 0.1 y 0.3 segundos y definen la existencia de suelos Tipo S2; es decir, suelos con comportamiento de rígido

a medianamente rígido (NTE 030), con alto contenido de humedad hasta los 18 a 20 metros de profundidad. Los suelos presentan una capacidad de carga portante muy baja ( $<1 \text{ kg/cm}^2$ ) a un metro de profundidad. Estos suelos se identifican hacia el extremo SE del área de estudio, entre la plaza de Armas y la Huaca Santa Clara.

**ZONA III:** Considera suelos conformados por material aluvial con predominio de arcilla y arena. Presenta velocidades de ondas de corte Vs30 de 316 a 356 m/s. Los suelos responden a periodos de vibración natural de 0.1 y 0.3 segundos, adicionalmente muestran sensibilidad a periodos largos de entre 0.5 a 1.1 segundos, ambos definen la existencia de suelos Tipo S3, correspondiendo a suelos medianamente rígido. Los suelos presentan alto contenido de humedad y/o saturación y una capacidad de carga portante muy baja ( $<1 \text{ kg/cm}^2$ ) a un metro de profundidad. Esta zona comprende el sector Porvenir La Caña, Puente virú, entre C.P. Nuevo Puente Virú y la Huaca Blanca.

**-ZONA IV:** Considera suelos blandos, definiendo la existencia de suelos Tipo S4, que corresponden a suelos excepcionalmente flexibles. Estos suelos se encuentran en zonas inundables próximas al río Virú, ver Figuras 37.

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.

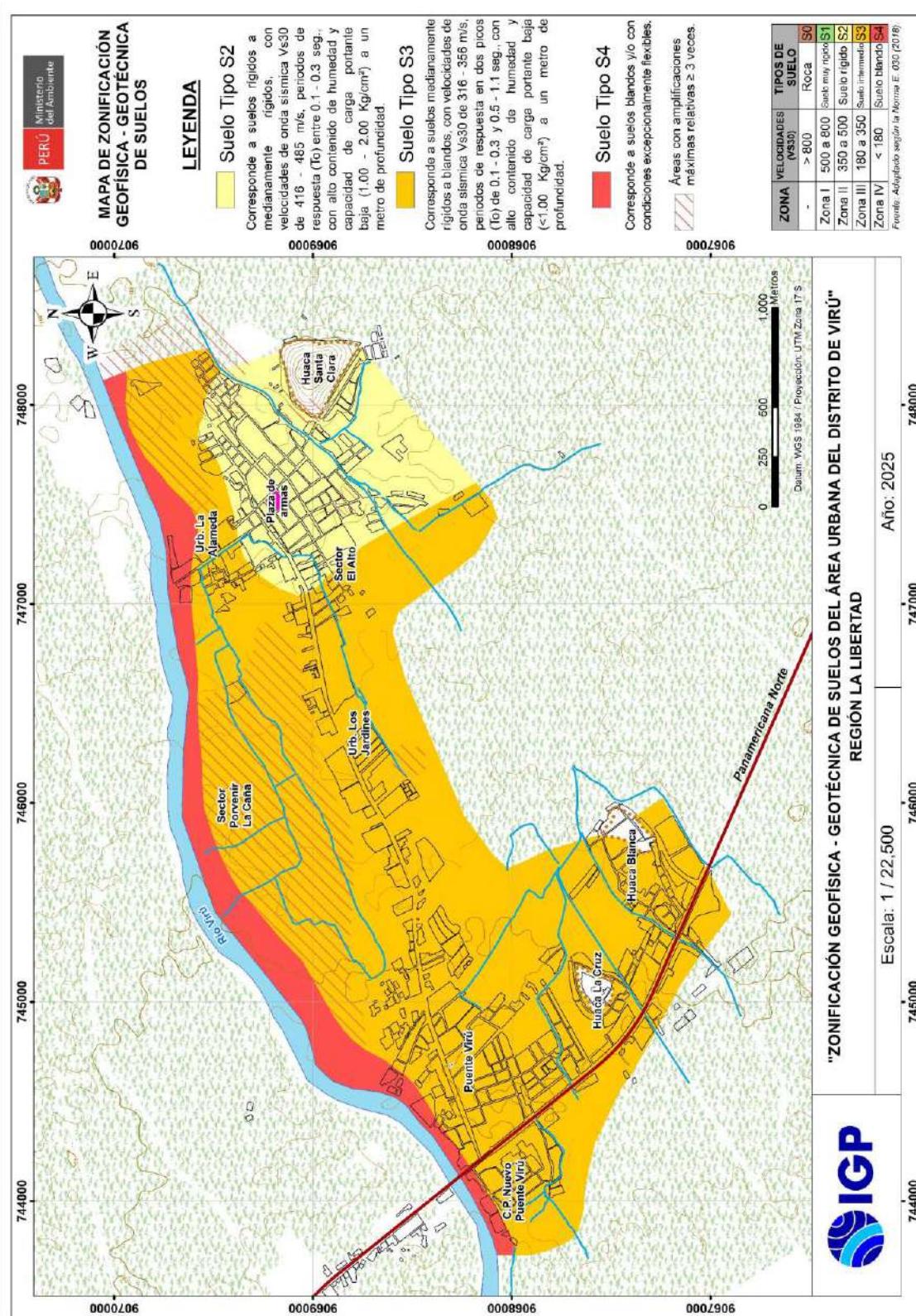


Figura 37. Mapa de Zonificación Geofísica - Geotécnica de los suelos del distrito de Virú.

## CONCLUSIONES

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

- Geomorfológicamente, el área urbana del distrito de Virú se asienta sobre una llanura aluvial conformada por la acumulación de materiales heterogéneos (arcillas, arenas y limos) y con una inclinación inferior a los 5° delimitada por el lecho fluvial del río Virú y conforme se tiende hacia Huaca Santa Clara se incrementa su elevación.
- Geológicamente, se identificaron depósitos aluviales y fluviales, conformados por material arenoso-limosos, grava en matriz arenosa o arcilla-limosos. Estos materiales son transportados por la dinámica y evolución del cauce del río Virú. El basamento rocoso está conformado por el Grupo Casma que consiste en rocas volcánico sedimentarias (turbiditas, brechas y calizas intercaladas con areniscas). Este tipo de rocas afloran en el cerro Cementerio ubicado al NE de la ciudad.
- En el área urbana de Virú se identifica la presencia de tres tipos de suelos conformados por: Arena bien graduada con limos y grava (SW-SM), arena pobremente gradada con grava (SP) y arcillas inorgánicas de baja a alta plasticidad (CL). Estos suelos presentan capacidad de carga portante muy baja ( $< 1.00 \text{ kg/cm}^2$ ) a baja ( $< 1.00 - 2.00 \text{ kg/cm}^2$ ).
- Según su comportamiento dinámico, los suelos del área de estudio, se ha identificado dos sectores con similar respuesta: En el primer sector, los suelos responden a períodos de 0.1 y 0.3 segundos, identificados entre la plaza de Armas y la Huaca Santa Clara y el segundo sector, considera el restó de área de estudio, donde los suelos responden en dos rangos de

periodos que fluctúan entre 0.1-0.3 y 0.5 a 1.1 segundos con amplificaciones de hasta 3.5 veces, en el sector del Porvenir La Caña, Urb. La Alameda y sectores próximos al río Virú. Los suelos al responder en dos rangos de periodos con altas amplificaciones, presentarán una respuesta dinámica compleja ante la demanda sísmica

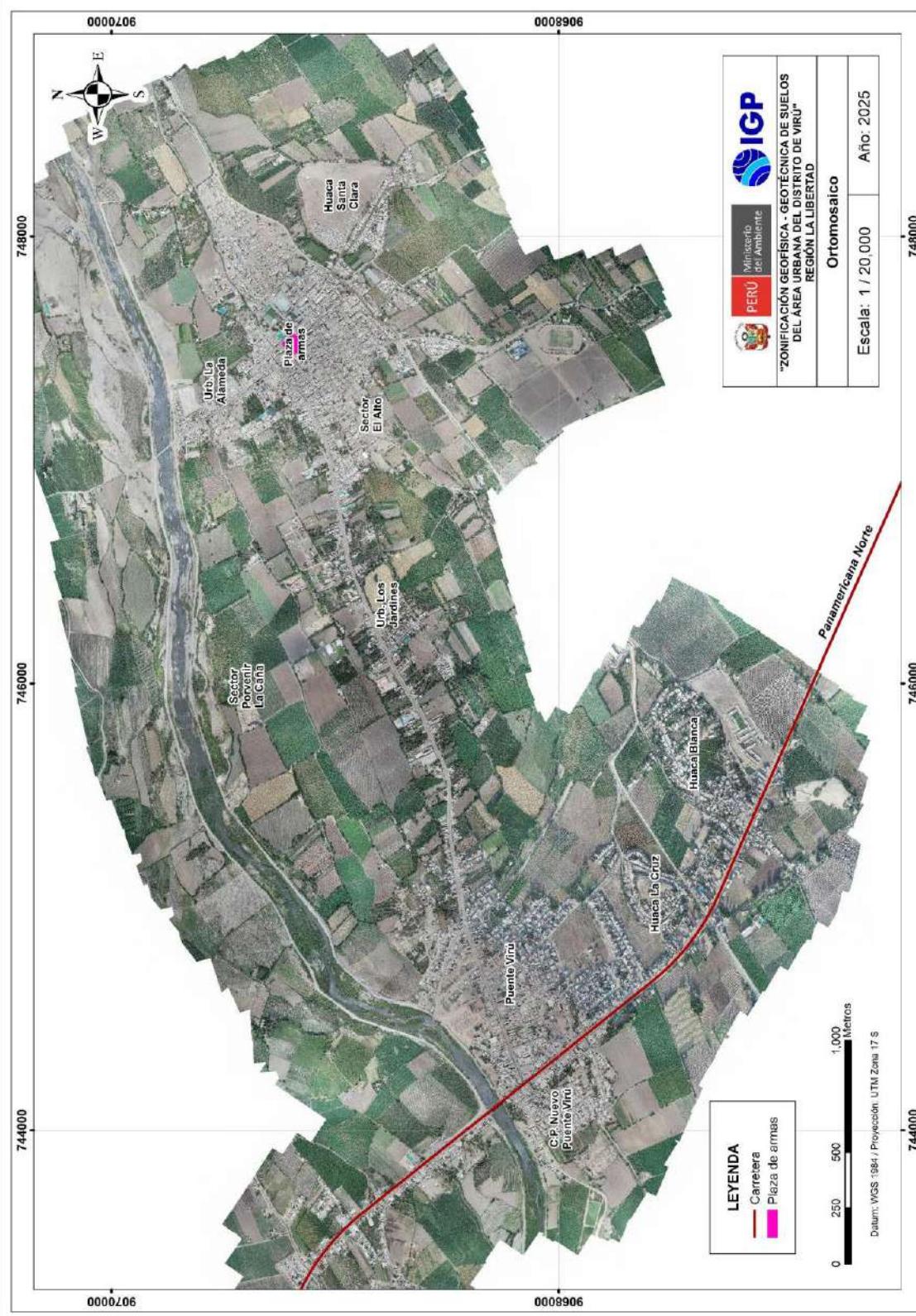
- En el área urbana del distrito de Virú, los suelos están diferenciados en tres capas sísmicas y un semiespacio. Se ha identificado el predominio de suelos medianamente rígidos ( $V_s30=316$  a  $344$  m/s) con espesores de 15 a 28 metros, cubiertos por una capa delgada de suelos blandos con espesores 4 a 5 metros identificados en el sector del Porvenir La Caña, C.P. Puente Virú, Urb. Los Jardines y Huaca Blanca. A diferencia de lo obtenido, en dirección a la Huaca Santa Clara, donde predominan suelos rígidos ( $V_s30=353$  a  $485$  m/s).
- En sectores próximos al río Viru, sector Porvenir La Caña, Urb. Los Jardines, Sector Al Alto y Urb. La Alameda, los suelos presentan alto contenido de humedad y/o nivel freático superficial, superando la profundidad de investigación (40 metros). En el extremo NE, próximo a la Huaca Santa Clara, el mayor contenido de humedad se identifica desde la superficie hasta los 18 metros de profundidad y hacia el extremo SE, próximo a la Huaca Blanca, el mayor contenido de humedad se identifica entre los 10 y 40 metros de profundidad y en el extremo SO del área urbana, próximo al Puente Virú, el mayor contenido de humedad se identifica entre los 20 y 40 metros de profundidad.
- Los resultados obtenidos para el área urbana del distrito de Virú 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

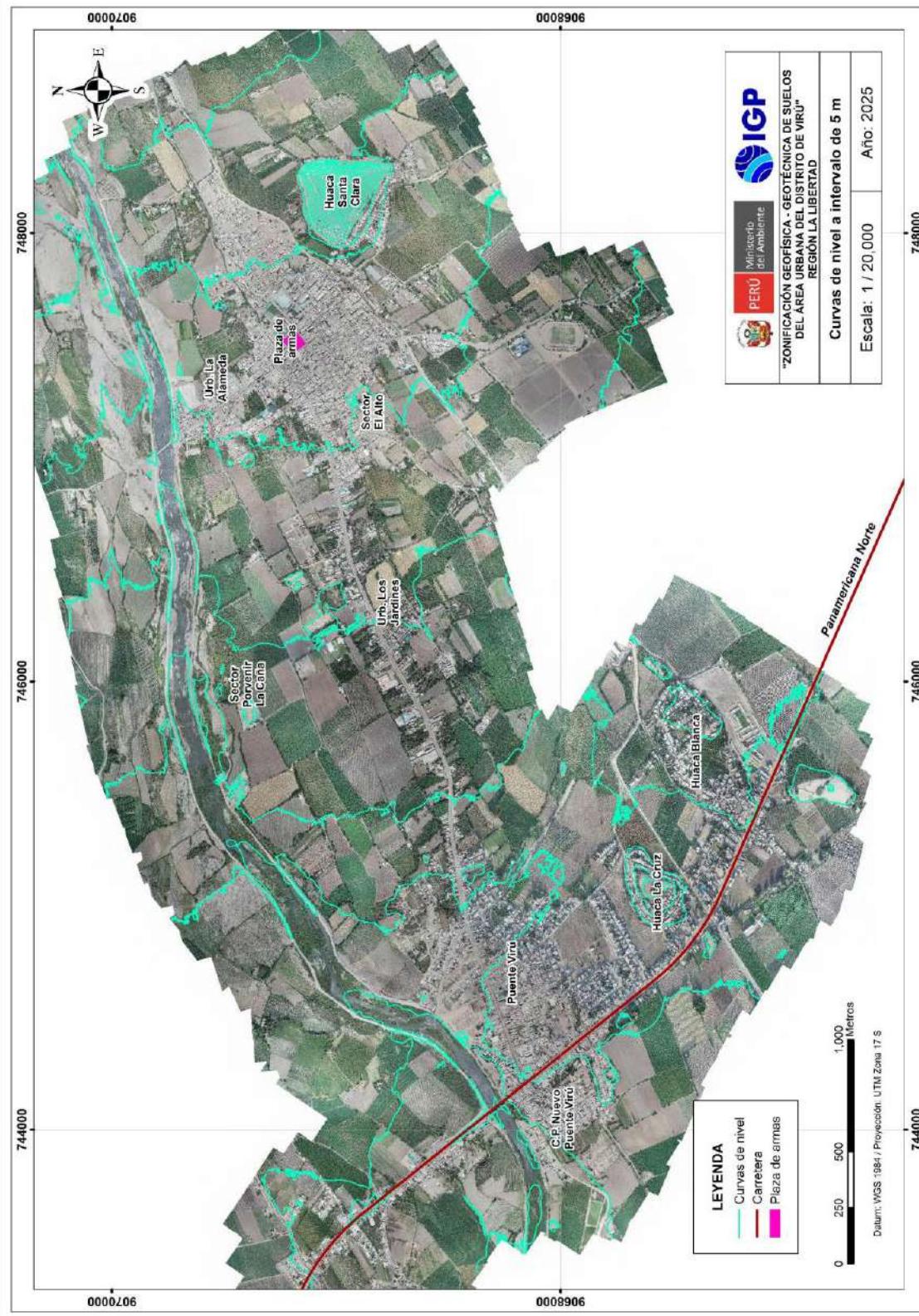
- Bernal, I., (2006), "Microzonificación sísmica de la ciudad de Tlaxcala, México", Tesis de Maestría, Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM.
- Cossio, A. & Jaén, H., (1967) - Geología de los cuadrángulos Puemape 16-d, Chocope 16-e, Otuzco 16-f, Trujillo 17-e, Salaverry 17-f y Virú 18-f. Serie A: Carta 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.
- 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.
- Park, C.B. (2014). MASW for geotechnical site investigation. The Leading Edge, 32(6):656-662.
- Silgado, E. (1978). Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú (1513 - 1974). Instituto de Geología y Minería. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 3, 130 p.
- SESAME (2004). 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>.
- 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.
- Terzaghi, K. Peck, B., G. & Mesri, G. (1948). Soil mechanics in engineering practice, New York: Wiley.

**ANEXOS 1**  
**Información Topográfica**

## Ortomosaico



## Curvas de nivel



**ANEXOS 2**  
**Información Geológica – Geotécnica**

## Registro de calicatas

PERÚ		Ministerio del Ambiente	IGP					
REGISTRO DE CALICATAS								
ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE VIRÚ		CALICATA: B-1150 cdra 5	CV - 1					
ELABORADO POR: Pilar Vivanco L.		UBICACIÓN: Virú	PROVINCIA: Virú	REGIÓN: La Libertad				
		DISTRITO: 3.00	NIVEL FREÁTICO (m): N.P.	FECHA: Agosto 2023				
		COORDENADAS UTM						
		NORTE (m): 9069583	ESTE (m): 748172	COTA (m s.n.m): 81				
		REVISADO POR: Juan Carlos Gómez A.	RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera					
PROF. (m)	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (ter/cm³)	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERAL	DESCRIPCIÓN	
							Dh	Ds
0.00							Arena arcillosa de grano fino con intercalaciones de limos. No presenta humedad. Compactación suelta.	
0.10							Arena de grano medio con gravas de 2" de diámetro. No presenta humedad. Compactación media.	
0.20							Arena limosa de grano fino, sin humedad y de color beige. Compactación media.	
0.30							Grava mal graduada menor a 4" de diámetro, redondeados a subredondeados con matriz arenosa de grano medio. No presenta humedad. Compactación media.	
0.40							Grava mal graduada menor a 2" de diámetro, redondeados a subredondeados con matriz arenosa de grano medio. No presenta humedad. Compactación media.	
0.50							Grava mal graduada mayor a 4" de diámetro, redondeados a subredondeados con matriz arenosa de grano grueso. Presenta humedad. Compactación media.	
0.60							Arena de grano medio a grueso con gravas de 1/2" de diámetro. Presenta humedad. Compactación media.	
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	M-01				SP			
OBSERVACIONES:								
REGISTRO FOTOGRÁFICO CV - 1								
								
<p>La calicata se realizó en las inmediaciones de terrenos de cultivo.</p> <p>El ensayo de densidad se realizó a 3.00 m de profundidad en arena de grano fino.</p>								

PERÚ Ministerio del Ambiente

IGP

REGISTRO DE CALICATAS

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

CALICATA:	La Alameda	CV - 2
UBICACIÓN:	Virú	
DISTRITO:	Virú	PROVINCIA: Virú
PROFUNDIDAD (m):	3.00	NIVEL FREÁTICO (m): N.P.
		REGIÓN: La Libertad
		FECHA: Agosto 2023
		COORDENADAS UTM
NORTE (m):	9069585	ESTE (m): 747300
ELABORADO POR:	Pilar Vivanco L.	REVISADO POR: Juan Carlos Gómez A.
		RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Távara

(m)	PROF.	MASTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm³)	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PESTA	DESCRIPCIÓN
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	M-02							
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 CV - 2

La calicata se realizó en las inmediaciones de la residencial La Alameda.

El ensayo de densidad se realizó a 1.70 m de profundidad en arena arcillosa.

 <b>PERÚ</b> Ministerio del Ambiente		 <b>REGISTRO DE CALICATAS</b> <b>CV - 3</b>						
<b>ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE VIRÚ</b> <b>ELABORADO POR:</b> Pilar Vivanco L.		<b>CALICATA:</b> Sector La Alameda cdra 3. <b>UBICACIÓN:</b> Virú <b>DISTRITO:</b> Virú <b>PROFOUNDIDAD (m):</b> 3.20		<b>PROVINCIA:</b> Virú <b>NIVEL FREÁTICO (m):</b> N.P. <b>COORDENADAS UTM:</b> <b>NORTE (m):</b> 9068693 <b>ESTE (m):</b> 747181 <b>COTA (m s.n.m.):</b> 69		<b>REGIÓN:</b> La Libertad <b>FECHA:</b> Agosto 2023 <b>REVISADO POR:</b> Juan Carlos Gómez A. <b>RESPONSABLE DEL PROYECTO:</b> Hernando Tavera		
<b>PROF.</b> (m)	<b>MUESTRAS</b>	<b>HUMEDAD (%)</b>	<b>DENSIDAD (g/cm³)</b>		<b>GRÁFICO</b>	<b>SUCS</b>	<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PESO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
			Dh	Da				
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								
3.10								
3.20	M-03							
<b>OBSERVACIONES:</b>								
<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO CV - 3</b>								
								
La calicata se realizó en las inmediaciones de terrenos de cultivo, paralelo a la Av. Alameda cdra 3.								
El ensayo de densidad se realizó a 3.20 m de profundidad en arcilla inorgánica.								



REGISTRO DE CALICATAS									
			CV - 4						
ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE VIRÚ			CALICATA:	Residencial La Alborada	PROVINCIA:	Virú			
ELABORADO POR:			UBICACIÓN:	Virú	REGIÓN:	La Libertad			
Pilar Vivanco L.			DISTRITO:	N.P.	FECHA:	Agosto 2023			
			PROFUNDIDAD (m):	3.00	NIVEL FREÁTICO (m):				
			NORTE (m):	906875.9	ESTE (m):	746383			
			REVISADO POR:	Juan Carlos Gómez A.	COTA (m s.n.m):	71			
			RESPONSABLE DEL PROYECTO:	Hernando Tavera					
(m)	PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (g/cm³)	GRÁFICO	SUCS REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PIRFI.	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	M-04								
OBSERVACIONES:									
REGISTRO FOTOGRÁFICO CV - 4									
									
<p>La calicata se realizó en la Av. Virú cdra 7.</p> <p>El ensayo de densidad se realizó a 3.00 m de profundidad en arena límosa</p>									

 <b>PERÚ</b> Ministerio del Ambiente		 <b>IGP</b>							
REGISTRO DE CALICATAS									
<b>ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE VIRÚ</b> ELABORADO POR: Pilar Vivanco L.		<b>CALICATA:</b> Predio Chalote <b>UBICACIÓN:</b> Virú <b>DISTRITO:</b> Virú <b>PROFUNDIDAD (m):</b> 3.20 <b>NORTE (m):</b> 906845.6 <b>ESTE (m):</b> 745266 <b>COORDENADAS UTM:</b> <b>REVISADO POR:</b> Juan Carlos Gómez A. <b>RESPONSABLE DEL PROYECTO:</b> Hernando Tavera	<b>CV - 5</b> <b>PROVINCIA:</b> Virú <b>NIVEL FREÁTICO (m):</b> N.P. <b>REGIÓN:</b> La Libertad <b>FECHA:</b> Agosto 2023 <b>COTA (m s.n.m.):</b> 55						
(m)	PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (kg/cm³)		GRÁFICO	SUSC	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE FERIL	DESCRIPCIÓN
				Dh	Ds				
0.00									
0.20									
0.40									
0.60									
0.80									
1.00									
1.20									
1.40									
1.60									
1.80									
2.00	M-05								
2.20									
2.40									
2.60									
2.80									
3.00									
3.20									
OBSERVACIONES:									
<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO CV - 5</b>  									
La calicata se realizó en la Av. Virú cdra 14. El ensayo de densidad se realizó a 3.00 m de profundidad en arena de grano fino.									

 <b>PERÚ</b> <b>Ministerio del Ambiente</b>							
<b>REGISTRO DE CALICATAS</b>							
<b>ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE VIRÚ</b>		<b>CAUCATA:</b> Sector Primer de Mayo <b>UBICACIÓN:</b> Virú <b>DISTRITO:</b> Virú <b>PROFUNDIDAD (m):</b> 3.00	<b>PROVINCIA:</b> Virú <b>NIVEL FREÁTICO (m):</b> N.P. <b>REGIÓN:</b> La Libertad	<b>FECHA:</b> Agosto 2023	<b>COORDENADAS UTM</b>		
<b>ELABORADO POR:</b> Pilar Vivanco L.	<b>NORTE (m):</b> 9067923	<b>ESTE (m):</b> 744262	<b>COTA (m s.n.m):</b> 56	<b>REVISADO POR:</b> Juan Carlos Gómez A.	<b>RESPONSABLE DEL PROYECTO:</b> Hernando Taveras		
PROF. (m)	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (g/cm³)	GRÁFICO	SÍCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE FONIL	DESCRIPCIÓN
			D <sub>h</sub> D <sub>l</sub>				
0.00							Arena de grano medio. No presenta humedad. Compactación suelta. Contiene una capa de gravilla subangular menor a 2" de diámetro.
0.20							Arena de grano medio a grueso con intercalaciones de limos. No presenta humedad. Compactación baja.
0.40							Arena de grano medio a grueso. No presenta humedad. Compactación suelta a media. Contiene gravilla de 1" de diámetro.
0.60							Arena de grano fino a media con limos de plasticidad media a alta. Presenta humedad. Compactación media.
0.80							
1.00							
1.20							
1.40							
1.60							
1.80							
2.00							
2.20							
2.40							
2.60							
2.80							
3.00							
<b>M-06</b>							
<b>OBSERVACIONES:</b>							
<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO CV - 6</b>							
							
La calicata se realizó en entre la calle Juan Andrews y el pasaje San Miguel. El ensayo de densidad se realizó a 1.80 m de profundidad en arena de grano fino a medio .							

 <b>PERÚ</b> Ministerio del Ambiente									
<b>ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE VIRÚ</b>				<b>REGISTRO DE CALICATAS</b>					
<b>ELABORADO POR:</b> Pilar Vivanco L.		<b>CALICATA:</b> Calle Entrada Refugio <b>UBICACIÓN:</b> Virú <b>DISTRITO:</b> 2.90 <b>PROFUNDIDAD (m):</b> 3.00		<b>CV - 7</b> <b>PROVINCIA:</b> Virú <b>NIVEL FREÁTICO (m):</b> N.P. <b>COORDENADAS UTM:</b> <b>NORTE (m):</b> 9067356 <b>ESTE (m):</b> 745316 <b>COTA (m s.n.m):</b> 55		<b>REGIÓN:</b> La Libertad <b>FECHA:</b> Agosto 2023			
<b>(m)</b> PROF.	<b>MUESTRAS</b>	<b>HUMEDAD (%)</b>	<b>DENSIDAD (g/cm³)</b> Dh      Ds	<b>GRÁFICO</b>	<b>SUCS</b>	<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		
0.00							Arena de grano medio. No presenta humedad. Compactación suelta.		
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	<b>M-06</b>						Arena de grano medio a fino, con limos e intercalaciones de arena ardillosa. No presenta humedad. Compactación media.		
2.10									
2.20									
2.30									
2.40									
2.50									
2.60									
2.70									
2.80									
2.90									
3.00							Arena de grano medio. No presenta humedad. Compactación muy suelta.		
<b>OBSERVACIONES:</b>									
<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO CV - 7</b>									
									
La calicata se realizó entre la calle Entrada Refugio y el pasaje San Francisco. El ensayo de densidad se realizó a 3.00 m. de profundidad arena de grano fino a medio.									

## Registro de posteos

 <b>PERÚ</b> Ministerio del Ambiente		 <b>IGP</b>					
<b>REGISTRO DE POSTEOS</b>							
<b>ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE VIRÚ</b>		<b>POSTEO:</b> POST - 01 <b>UBICACIÓN:</b> 50 m al norte del Polideportivo Chimío Sport <b>DISTRITO:</b> Virú <b>PROVINCIA:</b> Virú <b>REGIÓN:</b> La Libertad <b>PROFUNDIDAD (m):</b> 1.50 <b>NIVEL FREÁTICO (m):</b> N.P. <b>FECHA:</b> Agosto 2023 <b>COORDENADAS UTM</b> <b>NORTE (m):</b> 9069559 <b>ESTE (m):</b> 747619 <b>COTA (m s.n.m):</b> 79					
<b>ELABORADO POR:</b> Pilar Vivanco L. <b>REVISADO POR:</b> Juan Carlos Gómez A. <b>RESPONSABLE DEL PROYECTO:</b> Hernando Tavera							
<b>(m)</b> <b>PROF.</b> MUESTRAS	<b>HUMEDAD (%)</b>  Dh      Ds	<b>DENSIDAD D (kg/cm³)</b>	<b>GRÁFICO</b>   	<b>SUSC</b>   	<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PUESTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	
0.00						Arena arcillosa de grano fino. No presenta humedad. Contiene material orgánico.	
0.10						Arcillas inorgánicas con arena. No presenta humedad. Plasticidad baja. Compactación baja a media.	
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							
<b>OBSERVACIONES:</b>							
<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO POST - 01</b>							
							
El ensayo se realizó en las inmediaciones de terrenos de cultivo. El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo es arcilla inorgánica con arena grano fino y de compactación media a alta.							



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



REGISTRO DE POSTEOS														
ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE VIRÚ			POSTEO:	POST - 02										
			UBICACIÓN:	500 m al noreste del Hospital Víctor Soles										
			DISTRITO:	Virú										
			PROFUNDIDAD (m):	1.60	PROVINCIA:	Virú	REGIÓN:	La Libertad						
					NIVEL FREÁTICO (m):	N.P.	FECHA:	Agosto 2023						
			NORTE (m):	9068478	ESTE (m):	747927	COTA (m s.n.m):	70						
			REVISADO POR:	Juan Carlos Gómez A.		RESPONSABLE DEL PROYECTO:	Hernando Távara							
PROF. (m)	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDA D (gr/cm <sup>3</sup> )	GRÁFICO	SUSC	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PESTE	DESCRIPCIÓN							
							D <sub>h</sub>	D <sub>s</sub>						
							0.00							Material orgánico.
							0.10							Arcillas inorgánicas con arena. Presenta humedad media. Compactación media.
							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:														
REGISTRO FOTOGRÁFICO POST - 02														
														
<p>El ensayo se realizó en las inmediaciones de terrenos de cultivo.</p> <p>El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo es arcilla inorgánica de alta plasticidad y compactación alta.</p>														



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



REGISTRO DE POSTEOS												
ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE VIRÚ			POSTEO:	POST - 03								
			UBICACIÓN:	400 m al norte de la cuadra 5 de la Av. Virú								
			DISTRITO:	Virú								
			PROFUNDIDAD (m):	1.60	PROVINCIA:	Virú						
					NIVEL FREÁTICO (m):	N.P.						
					REGIÓN:	La Libertad						
					FECHA:	Agosto 2023						
			COORDENADAS UTM									
			NORTE (m):	9069335	ESTE (m):	746525						
			REVISADO POR:	Juan Carlos Gómez A.	COTA (m s.n.m): 72							
					RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Taverá							
PROF. (m)	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (g/cm³)		SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE POSTE	DESCRIPCIÓN					
			D <sub>h</sub>	D <sub>s</sub>								
			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:												
REGISTRO FOTOGRÁFICO POST - 03												
												
<p>El ensayo se realizó en las inmediaciones de terrenos de cultivo.</p> <p>El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo es intercalaciones de arena grano fino y de compactación suelta a arcillas inorgánicas de compactación media.</p>												





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

REGISTRO DE POSTEOS																
ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE VIRÚ			POST - 05													
ELABORADO POR:		POSTEO: Sector Primero de Mayo		DISTRITO: Virú		PROVINCIA: Virú										
ELABORADO POR:		PROFUNDIDAD (m): 1.60		NIVEL FREÁTICO (m): N.P.		REGION: La Libertad										
ELABORADO POR:		NORTE (m): 906782.0		ESTE (m): 744012		FECHA: Agosto 2023										
ELABORADO POR:		REVISADO POR: Juan Carlos Gómez A.		COORDENADAS UTM		COTA (m s.n.m): 50										
ELABORADO POR:		REVISADO POR:		RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera												
(m)	PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (kg/cm³)	GRÁFICO	SUS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PUESTA	DESCRIPCIÓN								
								D <sub>h</sub>	D <sub>s</sub>							
								0.00							Arena limosa de grano fino. No presenta humedad. Compactación suelta.	
								0.30							Arena arcilloso de grano fino. No presenta humedad. Compactación suelta.	
								0.30							Arcillas inorgánicas con intercalaciones de arena limosa. Presenta humedad. Plasticidad baja. Compactación media.	
								0.40							Arena limosa de grano fino. No presenta humedad. Compactación suelta.	
								0.50							Arena grano medio a grueso. Presenta humedad. Compactación suelta.	
								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:																
REGISTRO FOTOGRÁFICO POST - 05																
																
El ensayo se realizó entre el cruce de la calle Primero de Mayo con pasaje Independencia				El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo es arena grano fino y de compactación baja con intercalaciones de arcillas inorgánicas de plasticidad baja.												

 <b>PERÚ</b> Ministerio del Ambiente							
<b>REGISTRO DE POSTEOS</b>							
<b>ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE VIRÚ</b>		<b>POSTEO:</b> <b>UBICACIÓN:</b> 200 m al sureste del complejo deportivo Cajamarca <b>DISTRITO:</b> Virú <b>PROVINCIA:</b> Virú <b>REGIÓN:</b> La Libertad <b>PROFUNDIDAD (m):</b> 1.50 <b>NIVEL FREÁTICO (m):</b> N.P. <b>FECHA:</b> Agosto 2023 <b>COORDENADAS UTM:</b> <b>NORTE (m):</b> 9065104 <b>ESTE (m):</b> 745230 <b>COTA (m s.n.m):</b> 59					
<b>ELABORADO POR:</b> Pilar Vivanco L. <b>REVISADO POR:</b> Juan Carlos Gómez A.		<b>RESPONSABLE DEL PROYECTO:</b> Hernando Tavera					
<b>PROF.</b> (m) 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	<b>MUESTRAS</b> Dh Ds	<b>HUMEDAD (%)</b> D (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>GRAFICO</b>	<b>SUCS</b>	<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	
							Arena arcillosa de grano fino e intercalaciones de limos. Presenta humedad. Compactación suelta. Contiene restos orgánicos.
					SC		Arena arcillosa de grano fino. Presenta humedad. Compactación suelta a media.
					CL		Arcilla inorgánica. Presenta humedad media. Plasticidad media. Compactación media.
					SP		Arena de grano medio a grueso. Presenta humedad media. Compactación suelta. Contiene gravilla 1/2" de diámetro.
<b>OBSERVACIONES:</b>							
<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO POST - 06</b>							
							
El ensayo se realizó en el campo deportivo de la I.E. 15512							
El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo es arena de compactación suelta con intercalaciones de arcilla inorgánica de plasticidad baja.							

 <b>PERÚ</b> Ministerio del Ambiente		 <b>IGP</b>						
<b>REGISTRO DE POSTEOS</b>								
<b>ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE VIRÚ</b>		<b>POSTEO:</b> 150 m al E de la Urb. San Lorenzo	POST - 07					
		<b>UBICACIÓN:</b> Virú	<b>PROVINCIA:</b> Virú	<b>REGIÓN:</b> La Libertad				
		<b>DISTRITO:</b> Virú	<b>NIVEL FREÁTICO (m):</b> N.P.	<b>FECHA:</b> Agosto 2023				
		<b>NORTE (m):</b> 1.50	<b>ESTE (m):</b> 744627	<b>COTA (m s.n.m):</b> 55				
<b>ELABORADO POR:</b> Pilar Vivanco L.		<b>REVISADO POR:</b> Juan Carlos Gómez A.	<b>RESPONSABLE DEL PROYECTO:</b> Hernando Tejera					
<b>PROF. (m)</b>	<b>MUESTRAS</b>	<b>HUMEDAD (%)</b>	<b>DENSIDA D (g/cm³)</b>		<b>GRÁFICO</b>	<b>SUSC</b>	<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
			D <sub>h</sub>	D <sub>s</sub>				
0.00								
0.10						SM		Arena limosa. No presenta humedad. Compactación suelta.
0.20						SC		Arena limosa. Presenta humedad. Compactación suelta a media.
0.30								Arena arcillosa. Presenta humedad. Compactación suelta a media.
0.40								Arena limosa de grano fino a medio. Presenta humedad. Compactación suelta a media.
0.50								Arena de grano fino a medio con limos y gravas de 1/2" de diámetro. Presenta humedad. Compactación media.
0.60								
0.70								
0.80								
0.90								
1.00								
1.10								
1.20								
1.30								
1.40								
1.50								
1.60								
1.70								
1.80								
1.90								
2.00								
2.10								
2.20								
2.30								
2.40								
2.50								
2.60								
2.70								
2.80								
2.90								
3.00								
<b>OBSERVACIONES:</b>								
<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO POST - 07</b>								
								
El ensayo se realizó en las inmediaciones de terrenos de cultivo altura del km 518 de la Autopista Panamericana Norte.				El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteos es arena limosa y arcillosa de compactación suelta a media.				

REGISTRO DE POSTEOS									
ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE VIRÚ			POSTEO:	Sector: Portada de Huancaco					
			DISTRITO:	Virú	PROVINCIA:	Virú	REGIÓN:	La Libertad	
			NORTE (m):	1.60	NIVEL FREÁTICO (m):	N.P.	FECHA:	Agosto 2023	
			NORTE (m):	906264	ESTE (m):	746096	COTA (m.s.n.m.):	159	
ELABORADO POR: Pilar Vivanco L.			REVISADO POR: Juan Carlos Gómez A.	RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera					
PROF. (m)	PROF.	HUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDA D (gr/cm³)		GRÁFICO	SNS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PEBEL	DESCRIPCIÓN
				D <sub>h</sub>	D <sub>s</sub>				
0.00									Arena limosa. No presenta humedad. Compactación suelta.
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:									
REGISTRO FOTOGRÁFICO POST-08									
									
<p>El ensayo se realizó en las inmediaciones de terrenos de cultivo altura del KM 518 de la Autopista Panamericana Norte</p>								<p>El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo es arena limosa y arcillosa de compactación suelta a media.</p>	

## CORRELACION DPL Y SPT



### ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA (NORMA DIN - 4094)

PROYECTO:

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

UBICACIÓN:

PROFUNDIDAD (m): 3.40 m  
COORDENADAS (m): 748048 E  
9069538 N  
FECHA: Setiembre, 2023  
ELABORADO POR: Héctor Lavado  
APROBADO POR: Juan Carlos Gómez A.  
RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera

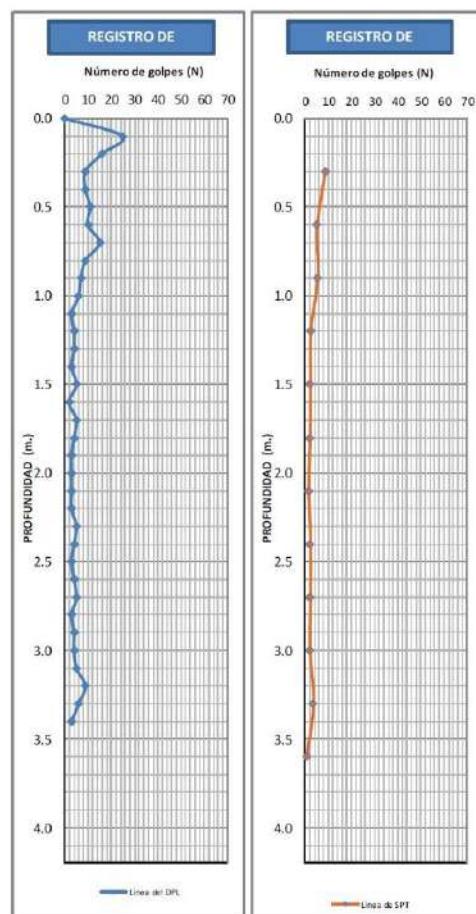
ENSAYO: **DPL-1**

HOJA: 1/9

N.F:  NO  presenta nivel freático

### Correlación entre DPL y SPT

PROF. (m.)	N <sub>dpl</sub> (golpes)	N <sub>spt</sub> (golpes)	C <sup>r</sup> <sub>spt</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	Ø <sup>r</sup> <sub>spt</sub> (°)	Compacidad Relativa
0.00	0				
0.10	25				
0.20	16	8.63	0.0	28.1	Suelta
0.30	9				
0.40	9				
0.50	11	5.18	0.0	25.2	Suelta
0.60	10				
0.70	15				
0.80	9	5.35	0.0	25.3	Suelta
0.90	7				
1.00	6				
1.10	3	2.24	0.0	21.7	Muy Suelta
1.20	4				
1.30	4				
1.40	3	2.07	0.0	21.4	Muy Suelta
1.50	5				
1.60	2				
1.70	5	1.90	0.0	21.2	Muy Suelta
1.80	4				
1.90	3				
2.00	3	1.55	0.0	20.6	Muy Suelta
2.10	3				
2.20	3				
2.30	5	2.07	0.0	21.4	Muy Suelta
2.40	4				
2.50	3				
2.60	4	2.07	0.0	21.4	Muy Suelta
2.70	5				
2.80	3				
2.90	4	1.90	0.0	21.2	Muy Suelta
3.00	4				
3.10	5				
3.20	9	3.45	0.0	23.3	Muy Suelta
3.30	6				
3.40	3				
3.50					
3.60					
3.70					
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					



OBSERVACIONES: El ensayo concluyó a 3.40m de profundidad puesto que los suelos corresponden a capa de compactación muy suelta.



**ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA**  
(NORMA DIN - 4094)

**PROYECTO:**

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

**UBICACIÓN:**

PROFUNDIDAD (m): 3.35 m  
COORDENADAS (m): 748321 E  
9068635 N  
FECHA: Setiembre, 2023  
ELABORADO POR: Héctor Lavado  
APROBADO POR: Juan Carlos Gómez A.  
RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera

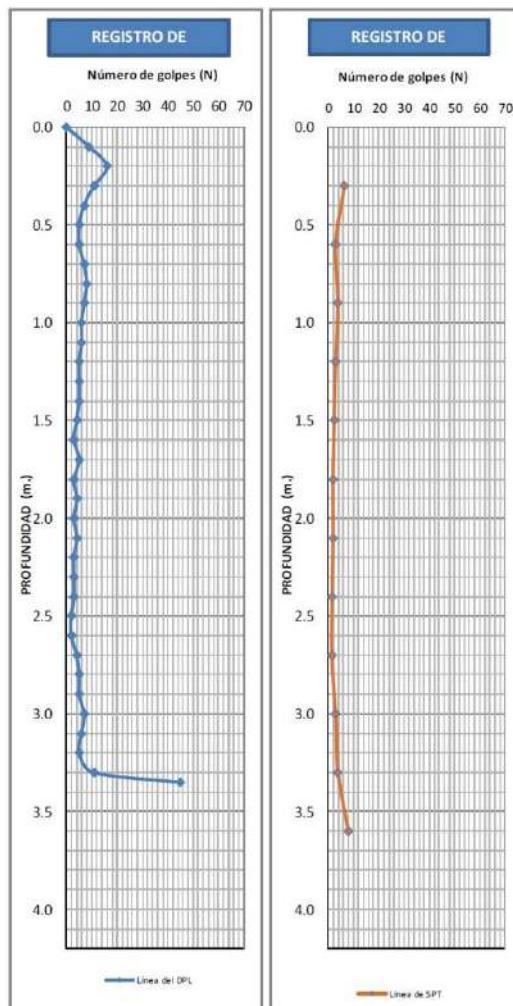
ENSAYO: **DPL-2**

HOJA: 2/9

N.F:  NO presenta nivel freático

**Correlación entre DPL y SPT**

PROF. (m.)	N <sub>dpl</sub> (golpes)	N <sub>spt</sub> (golpes)	C' <sub>spt</sub> (Tn/m <sup>2</sup> )	Ø' <sub>spt</sub> (°)	Compañad Relativa
0.00	0				
0.10	9				
0.20	16	6.22	0.0	26.1	Suelta
0.30	11				
0.40	7				
0.50	5	2.94	0.0	22.7	Muy Suelta
0.60	5				
0.70	7				
0.80	8	3.80	0.0	23.7	Muy Suelta
0.90	7				
1.00	6				
1.10	6	2.94	0.0	22.7	Muy Suelta
1.20	5				
1.30	5				
1.40	5	2.42	0.0	22.0	Muy Suelta
1.50	4				
1.60	3				
1.70	5	1.90	0.0	21.2	Muy Suelta
1.80	3				
1.90	4				
2.00	3	1.90	0.0	21.2	Muy Suelta
2.10	4				
2.20	3				
2.30	3	1.55	0.0	20.6	Muy Suelta
2.40	3				
2.50	2				
2.60	2	1.38	0.0	20.3	Muy Suelta
2.70	4				
2.80	5				
2.90	5	2.94	0.0	22.7	Muy Suelta
3.00	7				
3.10	6				
3.20	5	3.80	0.0	23.7	Muy Suelta
3.30	11				
3.35	45				
3.50					
3.60					
3.70					
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					



**OBSERVACIONES:** El ensayo concluyó a 3.35 m. de profundidad debido a que se alcanza el número máximo de golpes.



**ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA**  
(NORMA DIN - 4094)

**PROYECTO:**

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

**UBICACIÓN:**

PROFUNDIDAD (m): 1.93 m  
COORDENADAS (m): 747438 E  
9068304 N  
FECHA: Setiembre, 2023  
ELABORADO POR: Héctor Lavado  
APROBADO POR: Juan Carlos Gómez A.  
RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera

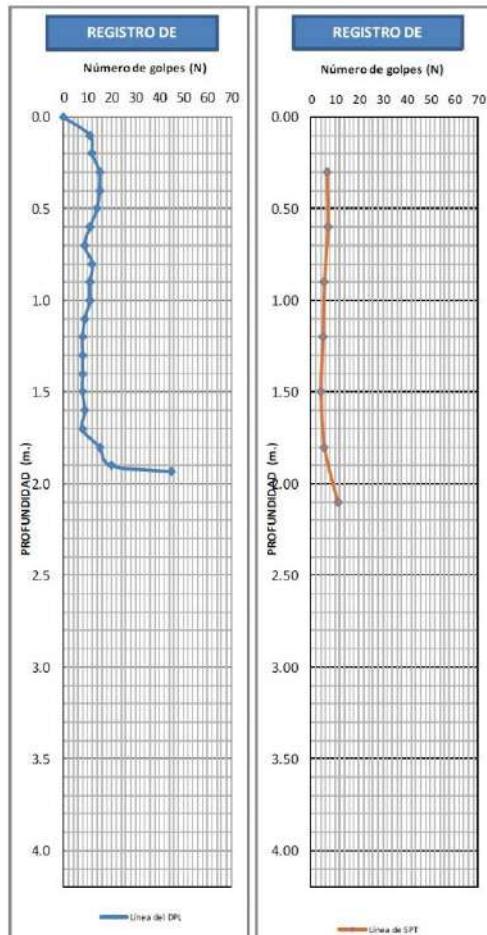
**ENSAYO: DPL-3**

HOJA: 3/9

N.F:  NO presenta nivel freático

**Correlación entre DPL y SPT**

PROF. (m.)	N <sub>dpl</sub> (golpes)	N <sub>spt</sub> (golpes)	C' <sub>spt</sub> (T/m <sup>2</sup> )	Ø' <sub>spt</sub> (")	Compacidad Relativa
0.00	0				
0.10	11				
0.20	12	6.56	0.0	26.5	Suelta
0.30	15				
0.40	15				
0.50	14	6.91	0.0	26.8	Suelta
0.60	11				
0.70	9				
0.80	12	5.53	0.0	25.5	Suelta
0.90	11				
1.00	11				
1.10	9	4.83	0.0	24.8	Suelta
1.20	8				
1.30	8				
1.40	8	4.14	0.0	24.1	Suelta
1.50	8				
1.60	9				
1.70	8	5.53	0.0	25.5	Suelta
1.80	15				
1.90	20				
1.93	45	11.22	0.0	30.0	Media
2.10					
2.20					
2.30					
2.40					
2.50					
2.60					
2.70					
2.80					
2.90					
3.00					
3.10					
3.20					
3.30					
3.40					
3.50					
3.60					
3.70					
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					



**OBSERVACIONES:** El ensayo concluyó a 1.93 m de profundidad debido a que se alcanza el número máximo de golpes.



**ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA**  
**(NORMA DIN - 4094)**

**PROYECTO:**

ZONIFICACION GEOFISICA-GEOTECNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE VIRÚ

**UBICACIÓN:**

**PROFUNDIDAD (m):** 2.68 m  
**COORDENADAS (m):** 746761 E  
9069017 N  
**FECHA:** Setiembre, 2023  
**ELABORADO POR:** Héctor Lavado  
**APROBADO POR:** Juan Carlos Gómez A.  
**RESPONSABLE DEL PROYECTO:** Hernando Tavera

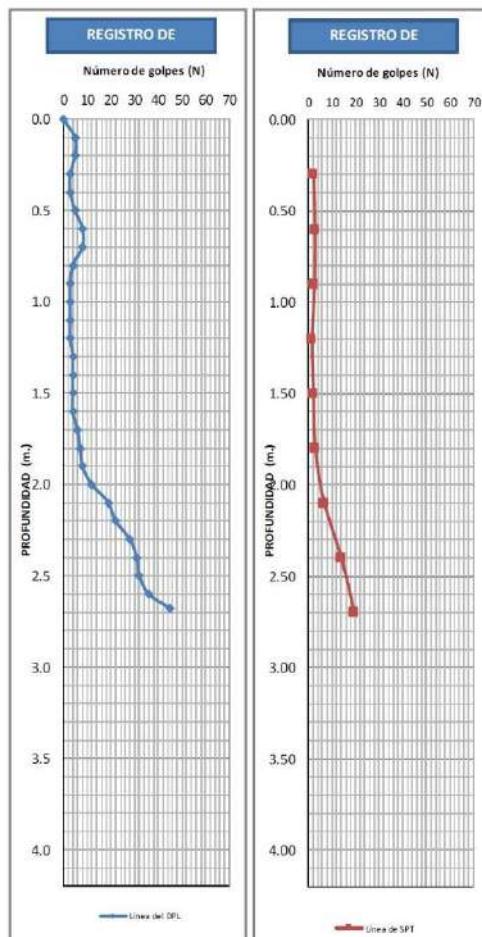
**ENSAYO:** **DPL-4**

**HOJA:** 4/9

**N.F:** **NO** presenta nivel freático

**Correlación entre DPL y SPT**

PROF. (m.)	N <sub>qpl</sub> (golpes)	N <sub>spt</sub> (golpes)	C' spt (Tm/m <sup>2</sup> )	Ø' spt (°)	Compacidad Relativa
0.00	0				
0.10	5				
0.20	5	2.24	0.0	21.7	Muy Suelta
0.30	3				
0.40	3				
0.50	5	2.76	0.0	22.4	Muy Suelta
0.60	8				
0.70	8				
0.80	4	2.59	0.0	22.2	Muy Suelta
0.90	3				
1.00	3				
1.10	3	1.55	0.0	20.6	Muy Suelta
1.20	3				
1.30	4				
1.40	4	2.07	0.0	21.4	Muy Suelta
1.50	4				
1.60	4				
1.70	6	2.94	0.0	22.7	Muy Suelta
1.80	7				
1.90	8	6.73	0.0	26.6	Suelta
2.00	12				
2.10	19				
2.20	22				
2.30	28	13.99	0.0	31.7	Media
2.40	31				
2.50	32				
2.60	36	19.51	0.0	34.8	Media
2.68	45				
2.80					
2.90					
3.00					
3.10					
3.20					
3.30					
3.40					
3.50					
3.60					
3.70					
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					



**OBSERVACIONES:** El ensayo concluyó a 2.68 m de profundidad debido a que se alcanza el número máximo de golpes.



ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA

(NORMA DIN - 4094)

PROYECTO:

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

UBICACIÓN:

PROFUNDIDAD (m): 3.30 m  
 COORDENADAS (m): 745471 E  
 9069162 N  
 FECHA: Setiembre, 2023  
 ELABORADO POR: Héctor Lavado  
 APROBADO POR: Juan Carlos Gómez A.  
 RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera

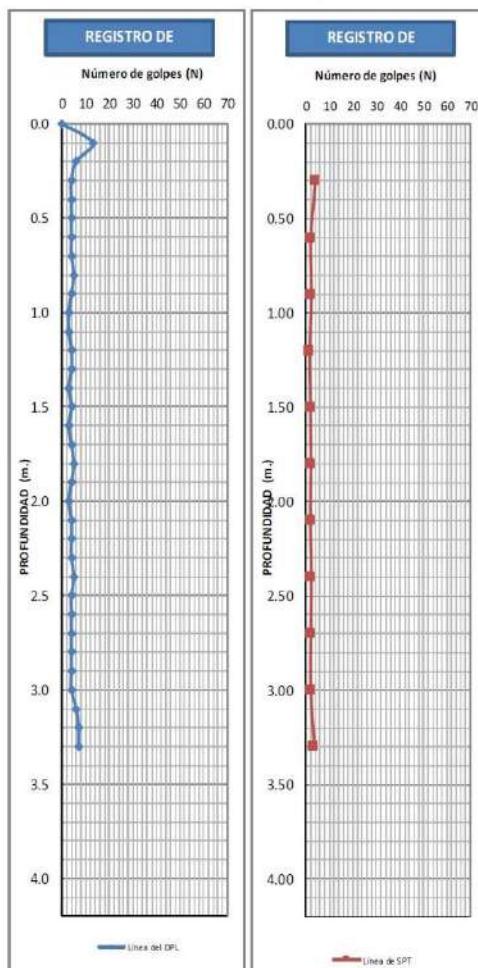
ENSAYO: **DPL-5**

HOJA: 5/9

N.F: **NO** presenta nivel freático

Correlación entre DPL y SPT

PROF. (m.)	N del golpe (golpes)	N <sub>spt</sub> (golpes)	C <sub>spt</sub> (Tn/m <sup>2</sup> )	Ø <sub>spt</sub> (°)	Compacidad Relativa
0.00	0				
0.10	13				
0.20	6	3.97	0.0	23.9	Muy Suelta
0.30	4				
0.40	4				
0.50	4	2.07	0.0	21.4	Muy Suelta
0.60	4				
0.70	4				
0.80	5	2.24	0.0	21.7	Muy Suelta
0.90	4				
1.00	3				
1.10	3	1.73	0.0	20.9	Muy Suelta
1.20	4				
1.30	4				
1.40	3	1.90	0.0	21.2	Muy Suelta
1.50	4				
1.60	3				
1.70	4	2.07	0.0	21.4	Muy Suelta
1.80	5				
1.90	4				
2.00	3	1.90	0.0	21.2	Muy Suelta
2.10	4				
2.20	4				
2.30	4	2.24	0.0	21.7	Muy Suelta
2.40	5				
2.50	4				
2.60	4	2.07	0.0	21.4	Muy Suelta
2.70	4				
2.80	4				
2.90	4	2.07	0.0	21.4	Muy Suelta
3.00	4				
3.10	6				
3.20	7	3.45	0.0	23.3	Muy Suelta
3.30	7				
3.40					
3.50					
3.60					
3.70					
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					



OBSERVACIONES: El ensayo concluyó a 3.30 m de profundidad, los suelos corresponden a capa de compactación muy suelta.



**ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA**  
**(NORMA DIN - 4094)**

**PROYECTO:**

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

**UBICACIÓN:**

PROFUNDIDAD (m): 3.70 m  
 COORDENADAS (m): 745115 E  
 9068651 N  
 FECHA: Setiembre, 2023  
 ELABORADO POR: Héctor Lavado  
 APROBADO POR: Juan Carlos Gómez A.  
 RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Taveras

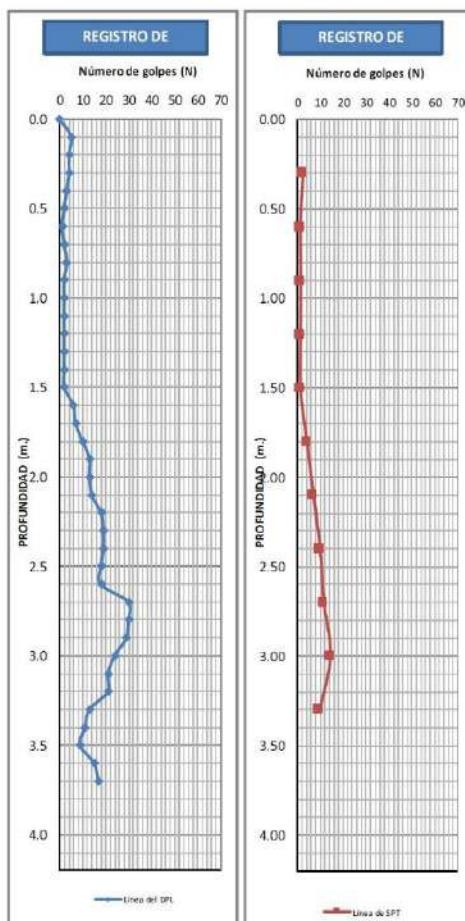
ENSAYO: **DPL-6**

HOIA: 6/9

N.F:  NO  presenta nivel freático

Correlación entre DPL y SPT

PROF. (m.)	N <sub>dpl</sub> (golpes)	N <sub>spt</sub> (golpes)	C' <sub>spt</sub> (Tn/m <sup>2</sup> )	Ø' <sub>spt</sub> (°)	Compacidad Relativa
0.00	0				
0.10	5				
0.20	4	2.24	0.0	21.7	Muy Suelta
0.30	4				
0.40	3				
0.50	2	1.04	0.0	19.6	Muy Suelta
0.60	1				
0.70	2				
0.80	3	1.21	0.0	19.9	Muy Suelta
0.90	2				
1.00	2				
1.10	2	1.04	0.0	19.6	Muy Suelta
1.20	2				
1.30	2				
1.40	2	1.04	0.0	19.6	Muy Suelta
1.50	2				
1.60	6				
1.70	7	3.97	0.0	23.9	Muy Suelta
1.80	10				
1.90	13				
2.00	13	6.91	0.0	26.8	Suelta
2.10	14				
2.20	18				
2.30	19	9.67	0.0	28.9	Suelta
2.40	19				
2.50	18				
2.60	18	11.40	0.0	30.1	Media
2.70	30				
2.80	30				
2.90	29	14.33	0.0	31.9	Media
3.00	24				
3.10	21				
3.20	21	9.50	0.0	28.8	Suelta
3.30	13				
3.40	11				
3.50	9				
3.60	15				
3.70	17				
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					



**OBSERVACIONES:** El ensayo concluyó a 3.70 m de profundidad, los suelos corresponden a capa de compactación suelta.



**ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA**  
**(NORMA DIN - 4094)**

**PROYECTO:**

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

**UBICACIÓN:**

**PROFUNDIDAD (m):** 3.30 m  
**COORDENADAS (m):** 744740 E  
9067941 N  
**FECHA:** Setiembre, 2023  
**ELABORADO POR:** Héctor Lavado  
**APROBADO POR:** Juan Carlos Gómez A.  
**RESPONSABLE DEL PROYECTO:** Hernando Tavera

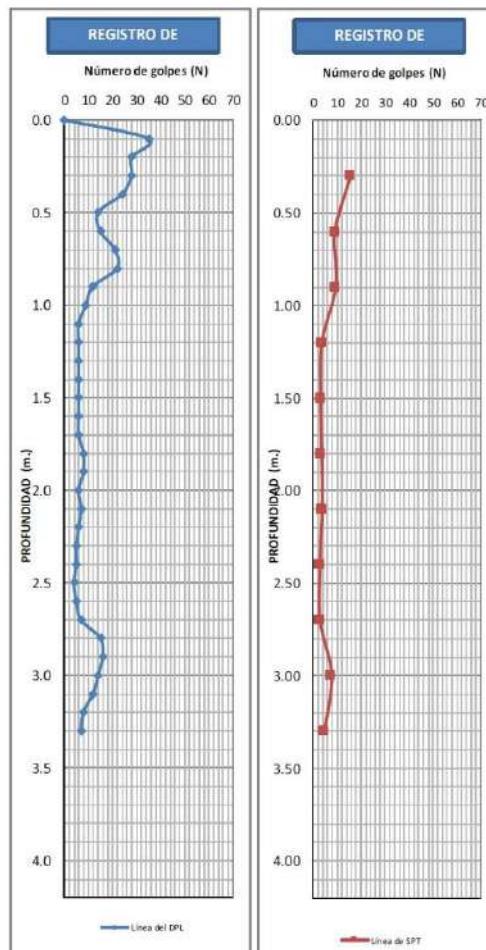
**ENSAYO:** **DPL-7**

**HOJA:** 7/9

**N.F:**  NO presenta nivel freático

Correlación entre DPL y SPT

PROF. (m.)	N <sub>DPL</sub> (golpes)	N <sub>SPT</sub> (golpes)	C' <sub>SPT</sub> (Tn/m <sup>2</sup> )	Ø' <sub>SPT</sub> (%)	Compacidad Relativa
0.00	0				
0.10	35				
0.20	28	15.71	0.0	32.7	Media
0.30	28				
0.40	24				
0.50	14	9.15	0.0	28.5	Suelta
0.60	15				
0.70	21				
0.80	22	9.50	0.0	28.8	Suelta
0.90	12				
1.00	9				
1.10	6	3.63	0.0	23.5	Muy Suelta
1.20	6				
1.30	6				
1.40	6	3.11	0.0	22.9	Muy Suelta
1.50	6				
1.60	6				
1.70	6	3.45	0.0	23.3	Muy Suelta
1.80	8				
1.90	8				
2.00	5				
2.10	7				
2.20	6				
2.30	5	2.76	0.0	22.4	Muy Suelta
2.40	5				
2.50	4				
2.60	5	2.76	0.0	22.4	Muy Suelta
2.70	7				
2.80	15				
2.90	16				
3.00	14				
3.10	12				
3.20	8	4.66	0.0	24.7	Suelta
3.30	7				
3.40					
3.50					
3.60					
3.70					
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					



**OBSERVACIONES:** El ensayo concluyó a 3.30 m de profundidad, los suelos corresponden a capa de compactación suelta.



ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA

(NORMA DIN - 4094)

PROYECTO:

ZONIFICACION GEOFISICA-GEOTECNICA DE SUELOS DEL AREA URBANA DEL DISTRITO DE VIRU

UBICACIÓN:

Huaca Santa Rosa

PROFUNDIDAD (m): 3.30 m

COORDENADAS (m): 744813 E

9067609 N

FECHA: Setiembre, 2023

ELABORADO POR: Héctor Lavado

APROBADO POR: Juan Carlos Gómez A.

RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera

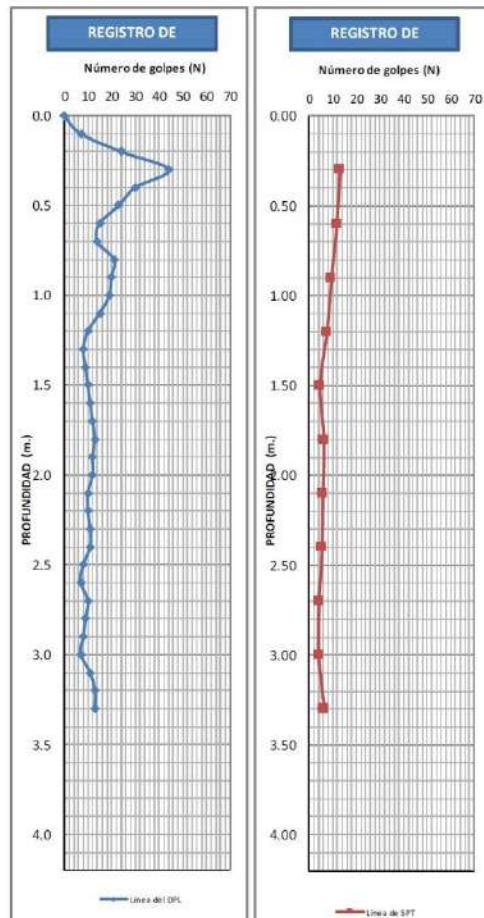
ENSAYO: **DPL-8**

HOJA: 8/9

N.F:  NO presenta nivel freático

Correlación entre DPL y SPT

PROF. (m.)	N <sub>dpl</sub> (golpes)	N <sub>spt</sub> (golpes)	C <sup>t</sup> <sub>spt</sub> (Tn/m <sup>3</sup> )	φ <sup>t</sup> <sub>spt</sub> (°)	Compacidad Relativa
0.00	0				
0.10	7				
0.20	24	12.95	0.0	31.1	Media
0.30	44				
0.40	30				
0.50	23	11.74	0.0	30.3	Media
0.60	15				
0.70	14				
0.80	21	9.50	0.0	28.8	Suelta
0.90	20				
1.00	19				
1.10	15	7.60	0.0	27.3	Suelta
1.20	10				
1.30	8				
1.40	9	4.66	0.0	24.7	Suelta
1.50	10				
1.60	11				
1.70	12	6.22	0.0	26.1	Suelta
1.80	13				
1.90	12				
2.00	12	5.87	0.0	25.8	Suelta
2.10	10				
2.20	10				
2.30	11	5.53	0.0	25.5	Suelta
2.40	11				
2.50	8				
2.60	7	4.32	0.0	24.3	Suelta
2.70	10				
2.80	9				
2.90	8	4.14	0.0	24.1	Suelta
3.00	7				
3.10	11				
3.20	13	6.39	0.0	26.3	Suelta
3.30	13				
3.40					
3.50					
3.60					
3.70					
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					



OBSERVACIONES: El ensayo concluyó a 3.30 m de profundidad, los suelos corresponden a capa de compactación suelta.



**ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA**  
**(NORMA DIN - 4094)**

**PROYECTO:**

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

**UBICACIÓN:**

**PROFUNDIDAD (m):** 3.40 m  
**COORDENADAS (m):** 745832 E  
 9067588 N  
**FECHA:** Setiembre, 2023  
**ELABORADO POR:** Héctor Lavado  
**APROBADO POR:** Juan Carlos Gómez A.  
**RESPONSABLE DEL PROYECTO:** Hernando Tavera

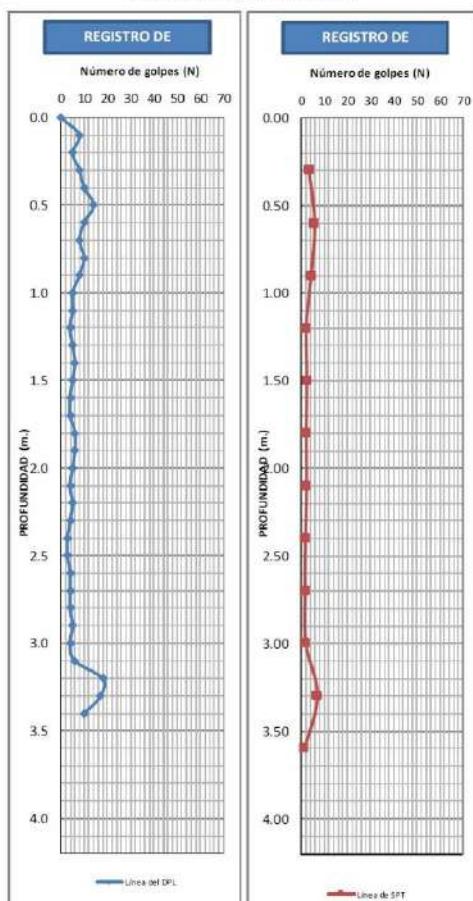
**ENSAYO:** **DPL-9**

**HOJA:** 9/9

**N.F:**  NO  presenta nivel freático

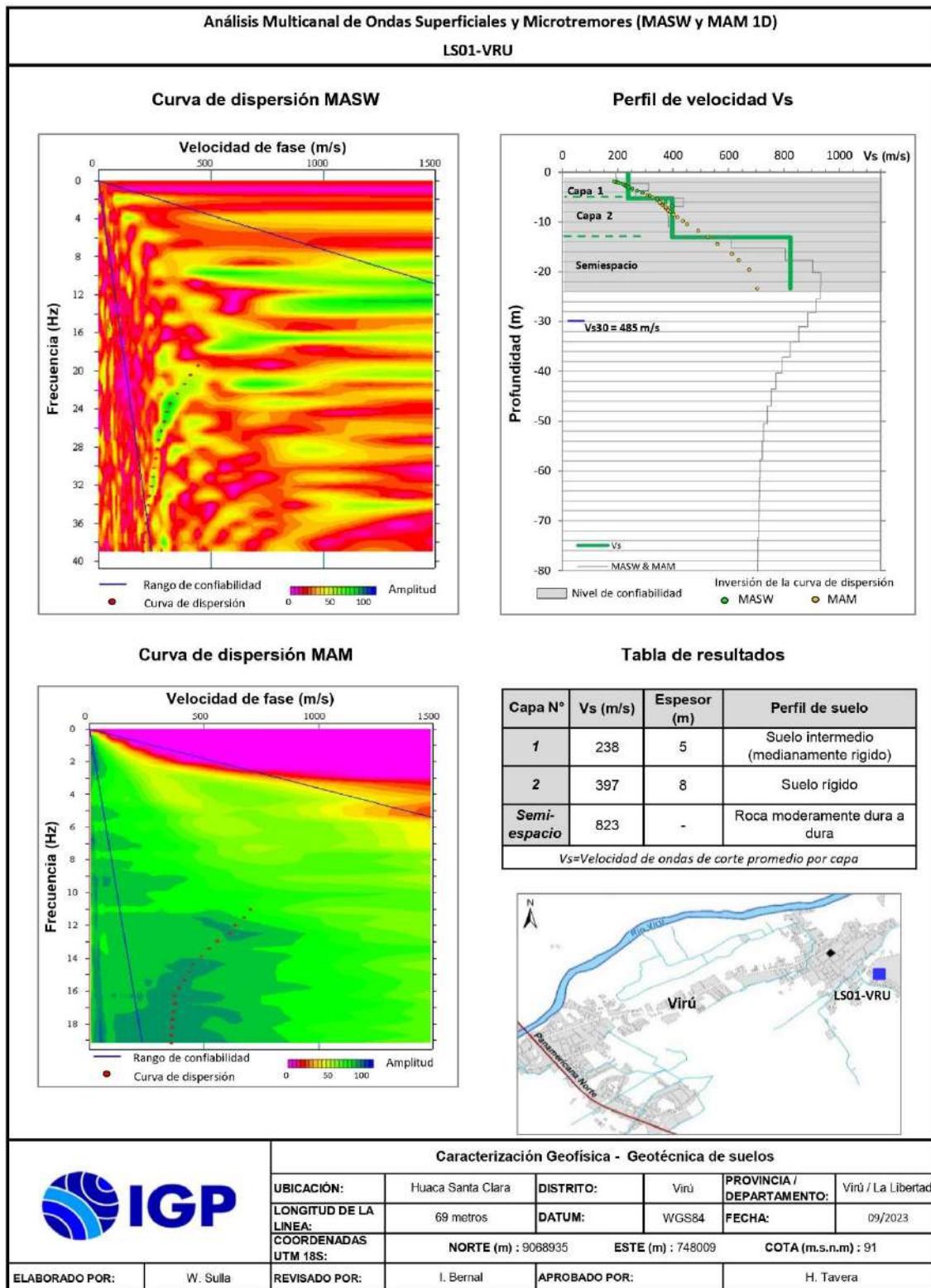
**Correlación entre DPL y SPT**

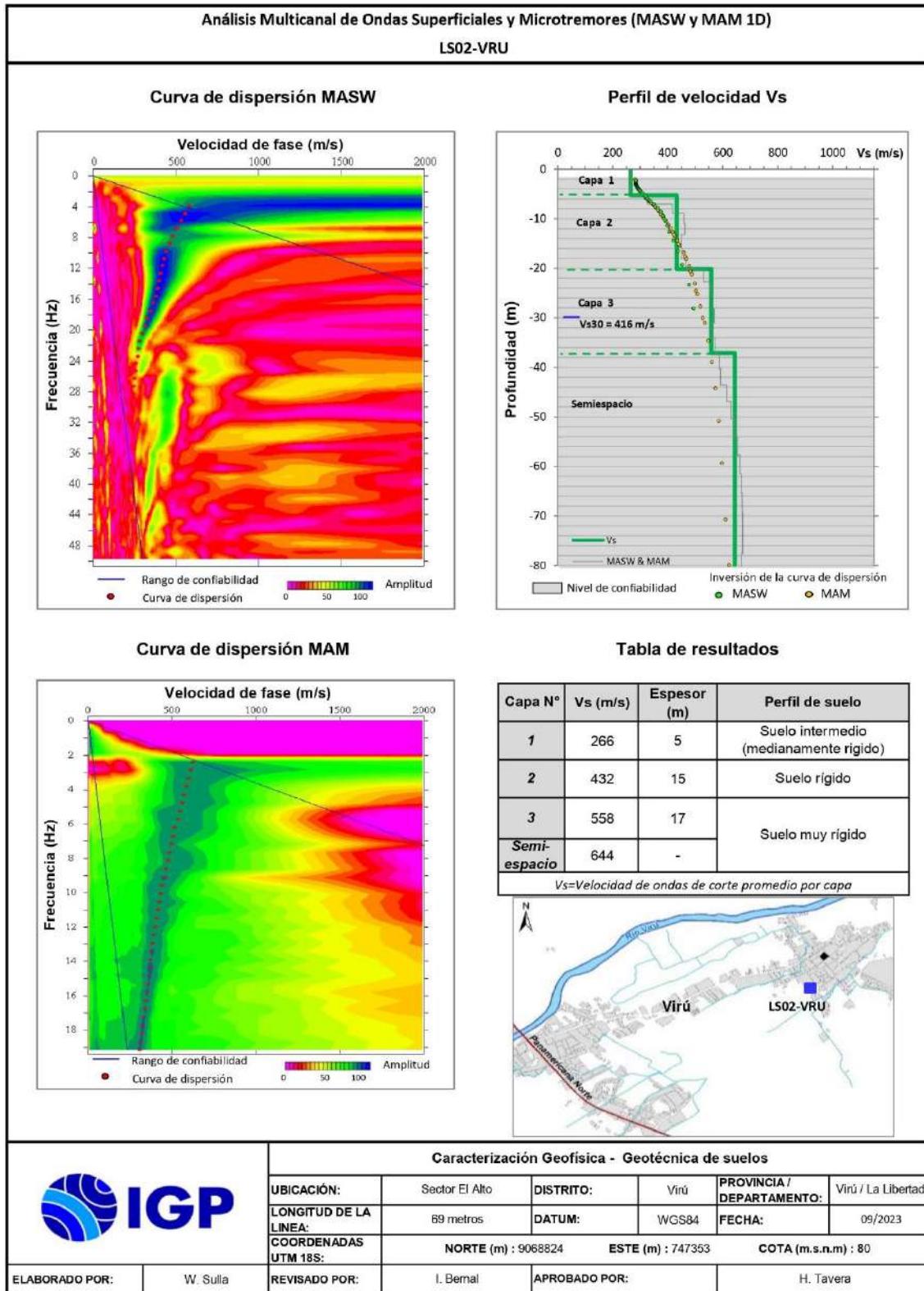
PROF. (m.)	N <sub>dpl</sub> (golpes)	N <sub>spt</sub> (golpes)	C' <sub>spt</sub> (Tn/m <sup>2</sup> )	Ø' <sub>spt</sub> (')	Compacidad Relativa
0.00	0				
0.10	8				
0.20	5	3.63	0.0	23.5	Muy Suelta
0.30	8				
0.40	10				
0.50	14	5.87	0.0	25.8	Suelta
0.60	10				
0.70	8				
0.80	10	4.49	0.0	24.5	Suelta
0.90	8				
1.00	5				
1.10	5	2.42	0.0	22.0	Muy Suelta
1.20	4				
1.30	5				
1.40	6	2.76	0.0	22.4	Muy Suelta
1.50	5				
1.60	4				
1.70	4	2.42	0.0	22.0	Muy Suelta
1.80	6				
1.90	6				
2.00	5	2.59	0.0	22.2	Muy Suelta
2.10	4				
2.20	5				
2.30	4	2.07	0.0	21.4	Muy Suelta
2.40	3				
2.50	3				
2.60	4	1.90	0.0	21.2	Muy Suelta
2.70	4				
2.80	4				
2.90	5	2.24	0.0	21.7	Muy Suelta
3.00	4				
3.10	6				
3.20	18				
3.30	17				
3.40	10				
3.50		1.73	0.0	20.9	Muy Suelta
3.60					
3.70					
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					

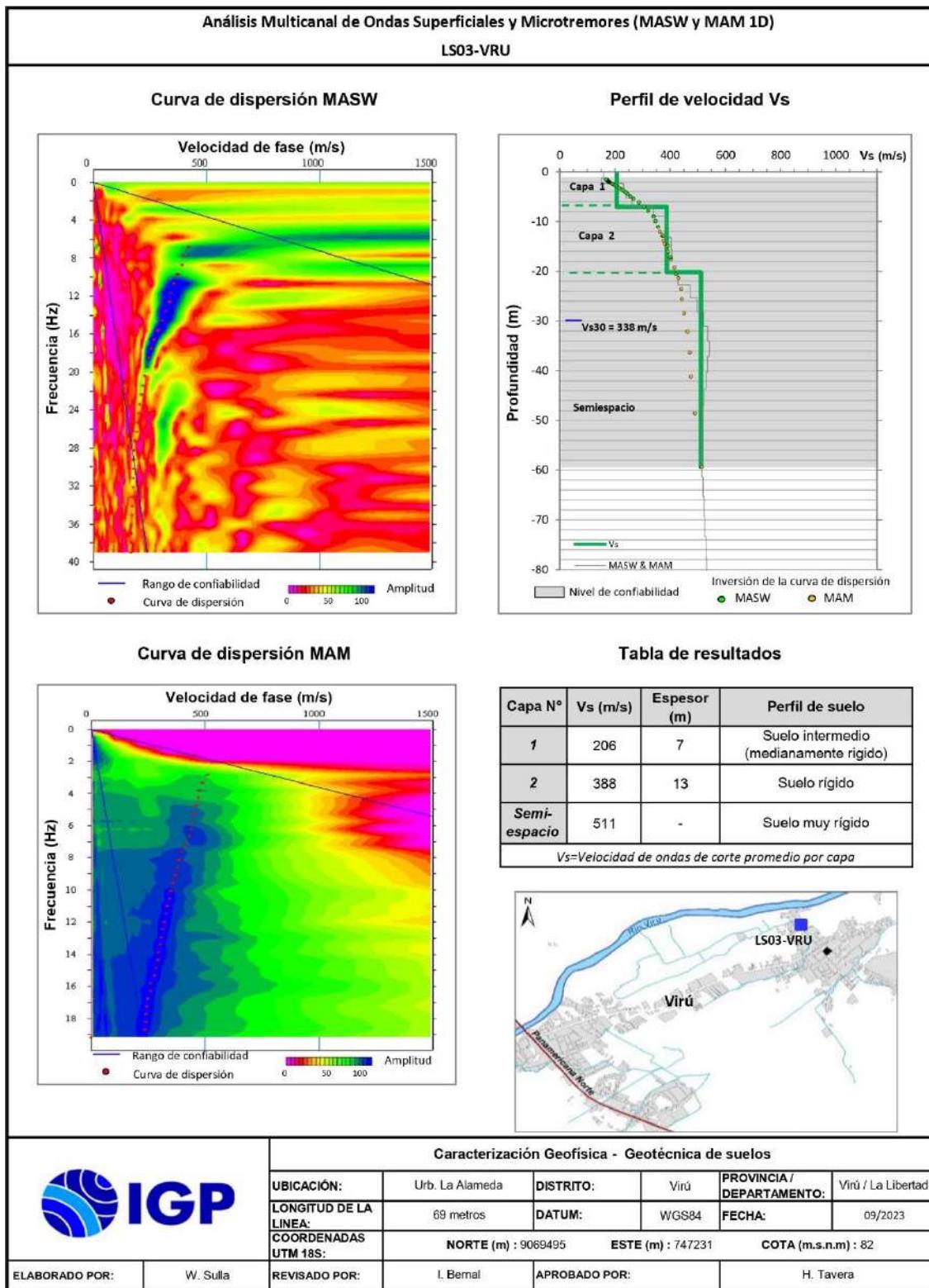


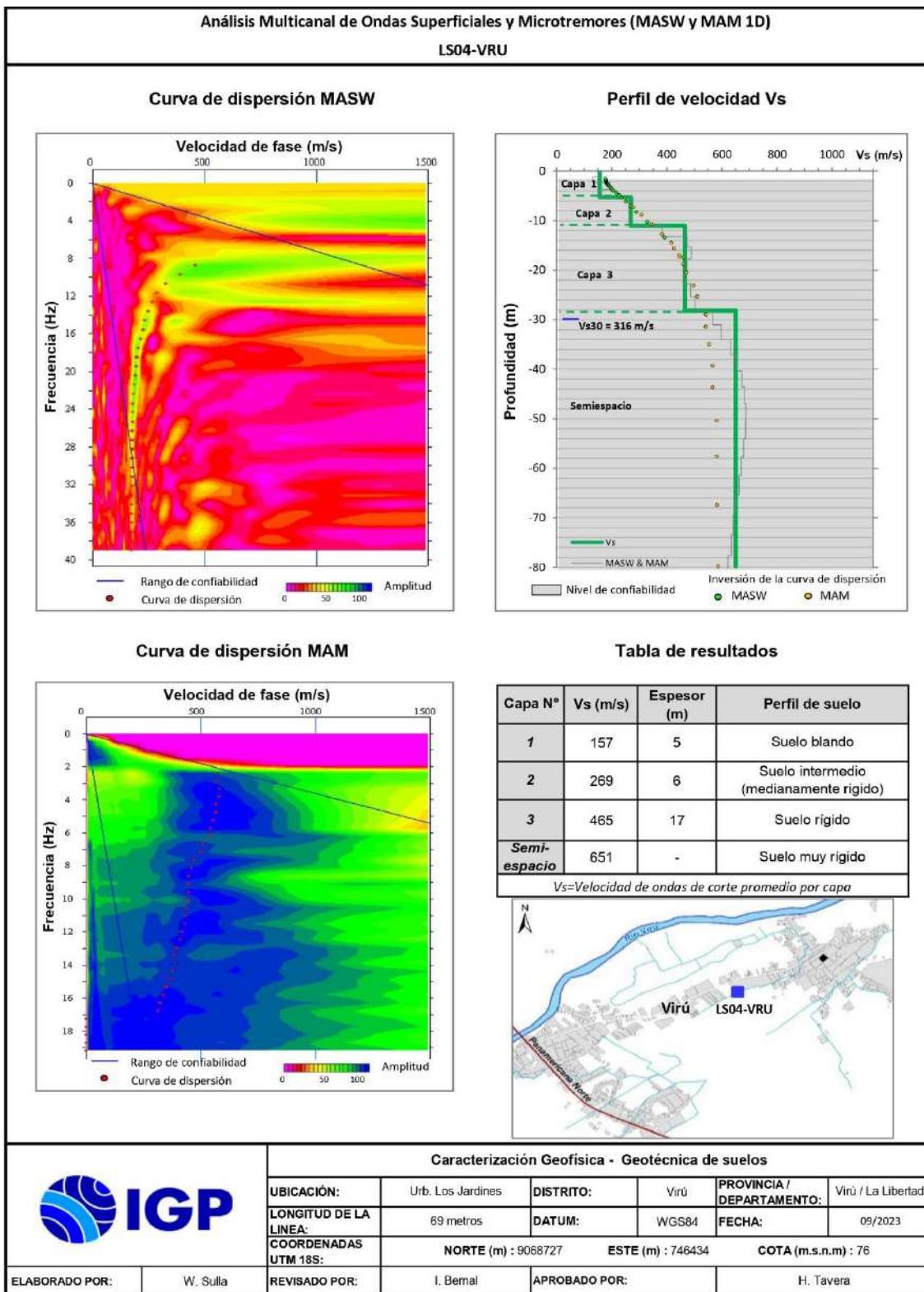
**OBSERVACIONES:** El ensayo concluyó a 3.40 m de profundidad, los suelos corresponden a capa de compactación muy suelta.

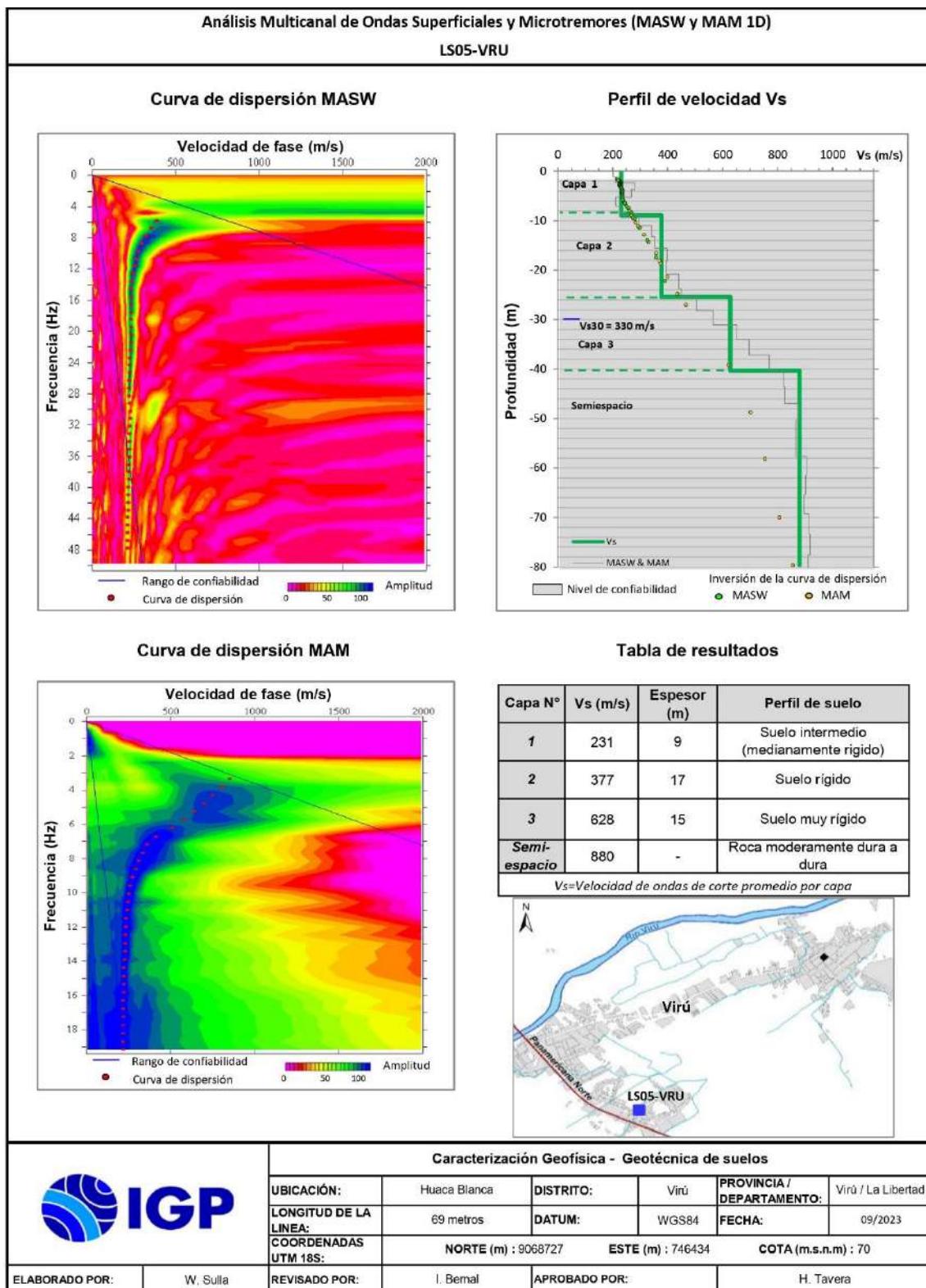
**ANEXOS 3**  
**Información Geofísica**  
**Perfiles sísmicos MASW – MAM**

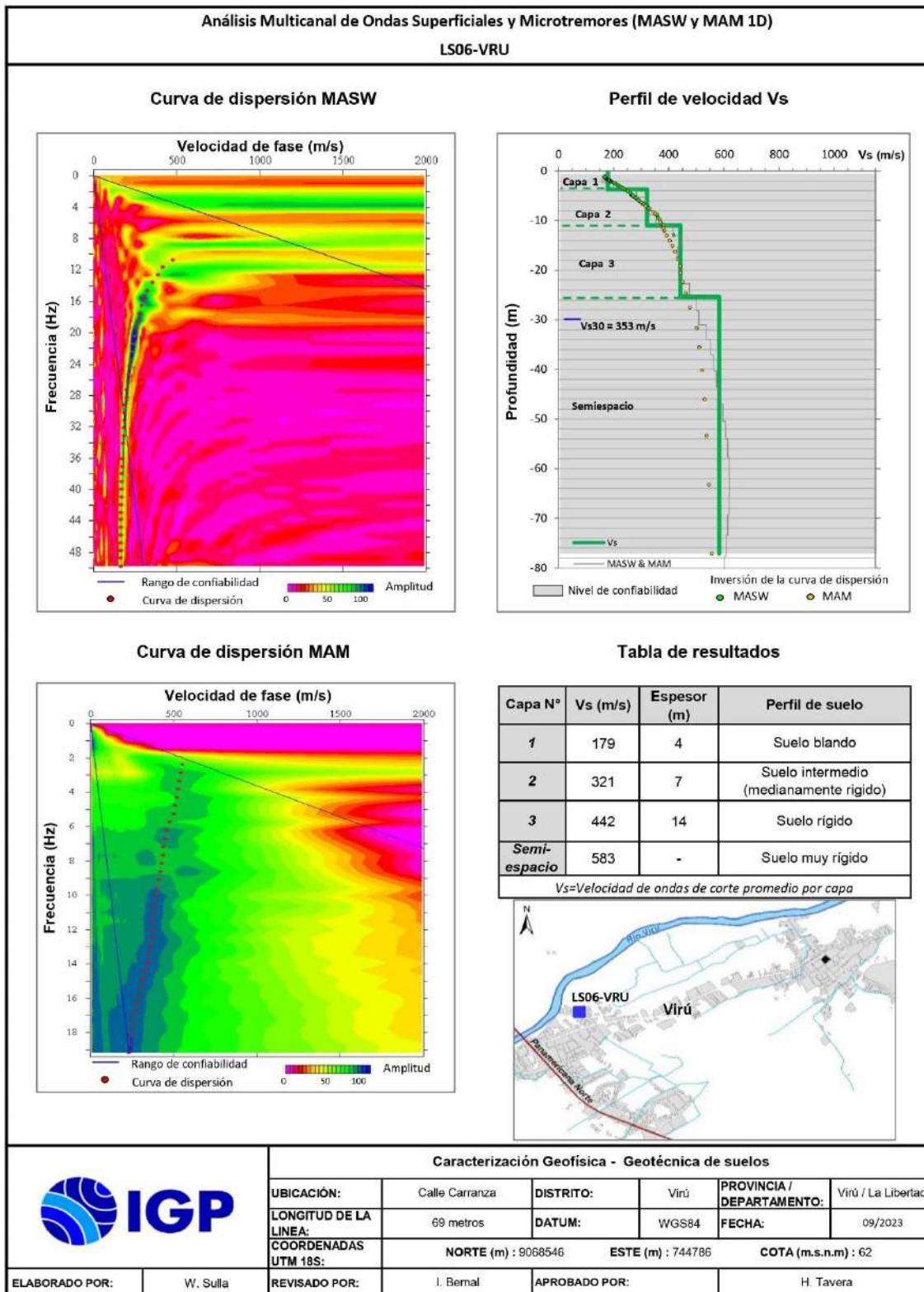


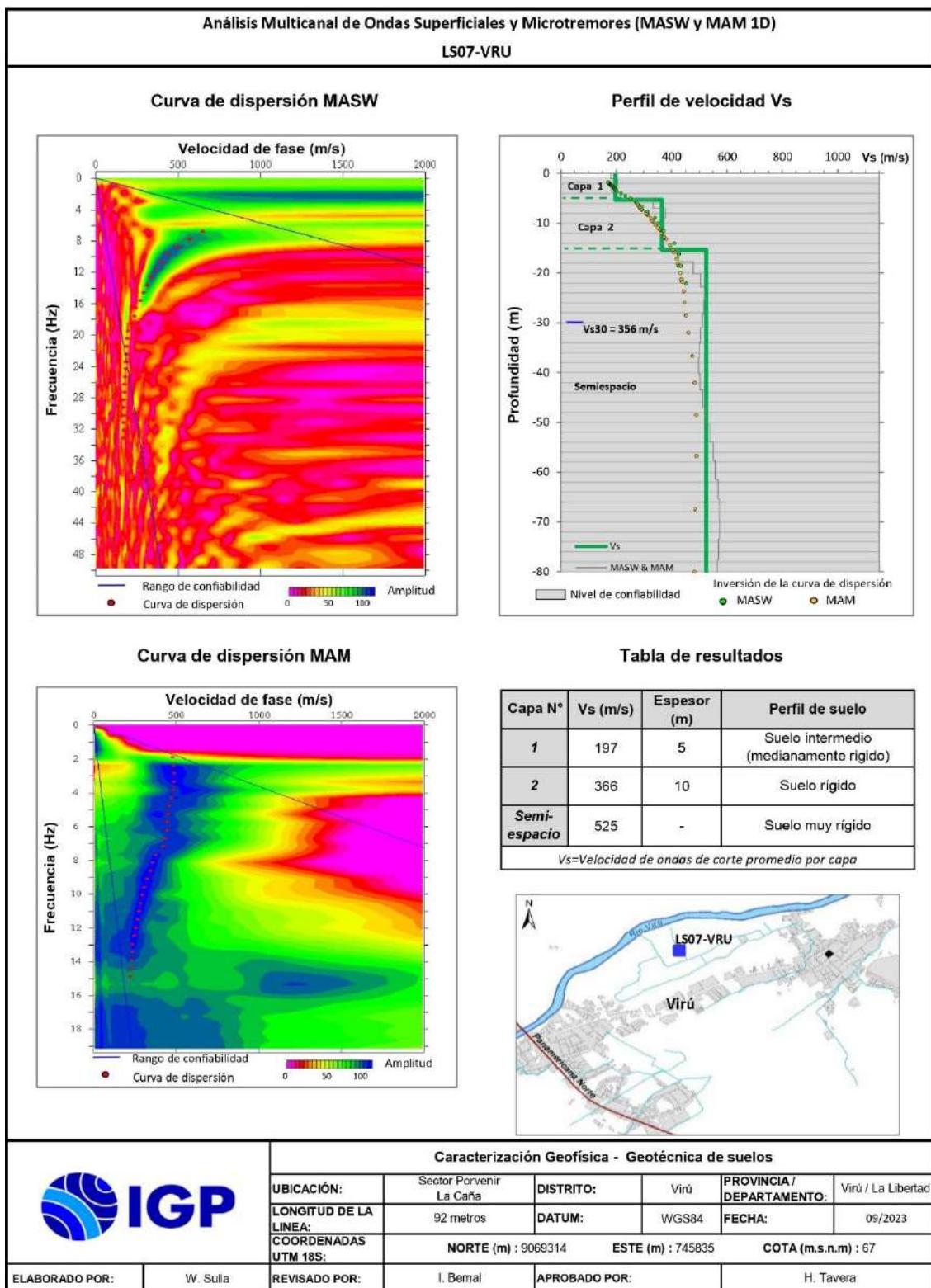


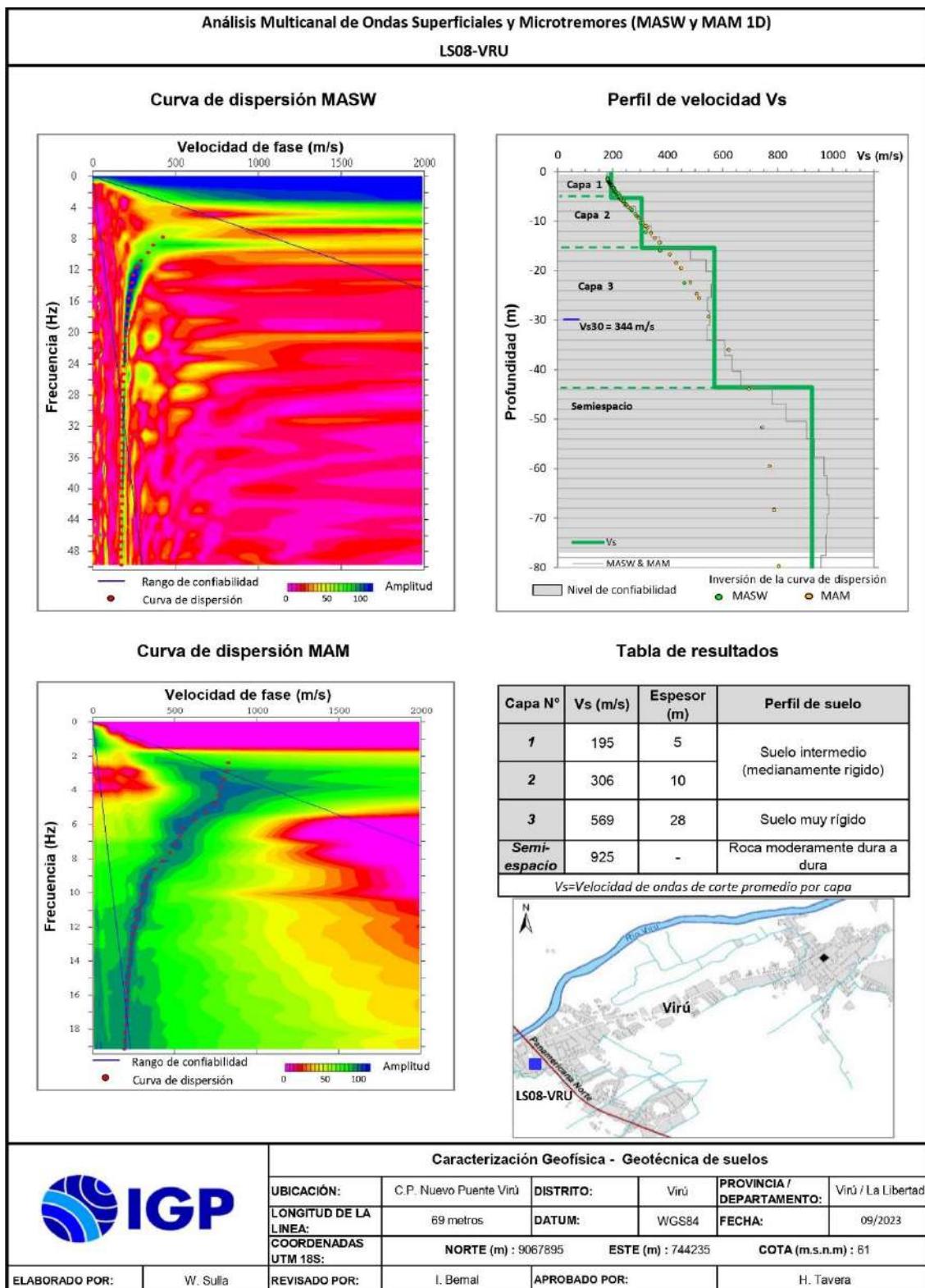












**Información Geofísica:  
Secciones de Tomografía Eléctrica**

