



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



**ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA – GEOTÉCNICA DE SUELOS
ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE CHAO
(Región La Libertad)**

Informe Técnico N°041-2025/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 Chao
(Región La Libertad)

Autores

Isabel Bernal, Lisbeth Bejarano, Juan Carlos Gómez, Hernando Tavera

Participantes:

Evaluación Geofísica: Isabel Bernal / Wilfredo Sulla / Kelly Pari / Fabiola Rosado /
Lisbeth Bejarano / 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 CHAO**

(Región La Libertad)

**Noviembre, 2025
Lima - Perú**

RESUMEN

Con la aplicación de métodos geofísicos y geotécnicos, se analiza y evalúa las características físicas y dinámicas de los suelos en el área urbana del distrito de Chao, provincia de Virú - región La Libertad. Los resultados obtenidos evidencian el predominio de suelos medianamente rígidos a rígidos, con velocidades de ondas de corte Vs30: 324-375 m/s por la zona céntrica y Vs30: 515-579 m/s en dirección del C.P. Nuevo Chao, con espesores que varían entre 9 a 30 metros, a mayor profundidad aumenta su rigidez. Los suelos entre los ríos Chao y Huamanzaña presentan alto contenido de humedad, superando los 40 metros de profundidad en la zona central y sur del área de estudio; y su periodo dominante de respuesta fluctúa entre 0.1 y 0.5 segundos con amplificaciones de hasta 3.5 veces; asimismo, en dirección al Anexo Fujimori 11, los suelos adicionalmente muestran sensibilidad a periodos largos. La capacidad de carga portante del suelo es de baja a muy baja ($<1.0 \text{ kg/cm}^2$) a 1.0 metro de profundidad. A la ocurrencia de un sismo de moderada a mayor magnitud, los suelos medianamente rígidos a blandos con alto contenido de humedad, experimentarían altos niveles de sacudimiento que afectaran principalmente a las construcciones y la infraestructura que se asientan sobre estos suelos.

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. Mapa de Zonificación Geofísica – Geotécnica

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS:

ANEXO 1 – Información topográfica

ANEXO 2 – Información geológica – geotécnica

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

1. INTRODUCCIÓN

En el marco del Programa Presupuestal por Resultados N°068: Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de Emergencias por Desastres, el Instituto Geofísico del Perú, ejecutó el proyecto “Zonas Geográficas con Gestión de Información Sísmica”, el mismo que tuvo como una de sus actividades la “Generación de Estudios Territoriales de Peligros Sísmicos” obteniéndose como resultado final, el mapa de Zonificación Geofísica – Geotécnica de suelos para el área urbana del distrito de Chao, provincia de Virú, departamento de La Libertad. El estudio permite conocer las propiedades físicas y 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 central 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 el departamento 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 (Comportamiento Dinámico del Suelo) permitirán tener mayor conocimiento sobre las características dinámicas del suelo sobre el cual se levantan las ciudades y/o futuras áreas de expansión. Para ello se realiza la aplicación de diferentes metodologías que consideran información sísmica, geofísica, geológica, geodinámica, geomorfológica y geotécnica. Estos métodos permiten conocer, el contenido de humedad, espesores y velocidades de las ondas de

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

1.1. Objetivo del estudio

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

1.2. Área de estudio

El área urbana del distrito de Chao, se encuentra ubicada en la costa norte del Perú; en la provincia de Virú y departamento de La Libertad (Figuras 1 y 2); en las coordenadas 8.5431°S y 78.6792°O, a una elevación media de 68 m s.n.m. Asimismo, tiene una población de 34,425 habitantes (INEI, 2017), que se asientan sobre una superficie llana y de pendiente baja; con cambios de elevación en dirección NE, donde se ubica el centro poblado Nuevo Chao y en dirección sur, en el Cerro Coronado. Los fenómenos naturales que afectan directamente a esta población e infraestructura son los sismos que pueden generar altos niveles de sacudimiento del suelo y las intensas precipitaciones al cual está expuesta el área de estudio.

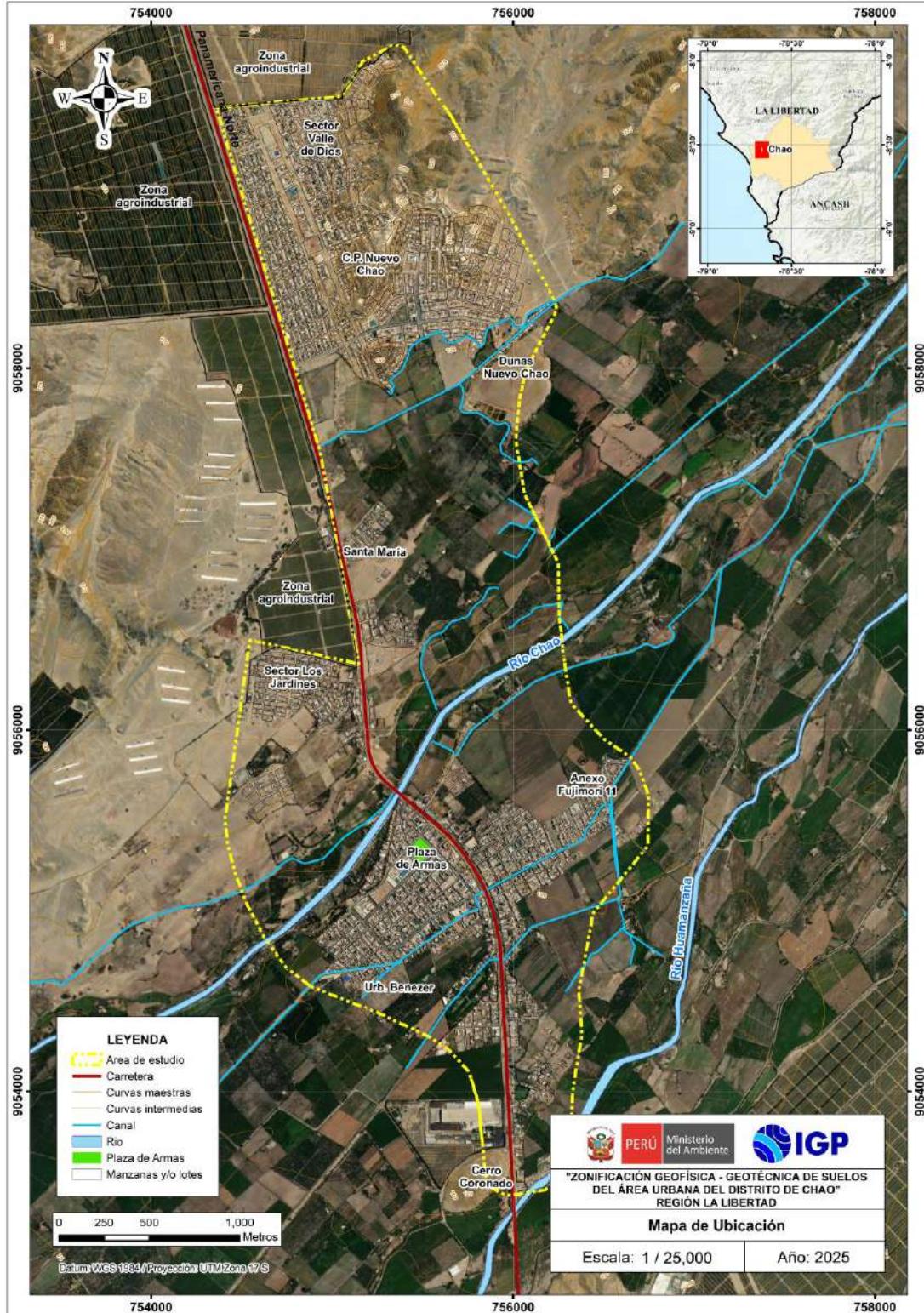


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.



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

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, 1994a y SESAME, 2004; 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 año 2017, CENEPRED realizó el estudio “Evaluación de riesgo por inundación pluvial en los centros poblados de Chao, Nuevo Chao y El Inca, distrito de Chao, provincia de Virú, departamento de la Libertad”, y tuvo como objetivo determinar el nivel del riesgo por inundación pluvial en el área de influencia del centro poblado Chao. Los resultados de este estudio indicaron que en dicha zona existen depósitos de tipo eólicos, fluviales, aluviales, además rocas del Grupo Casma. También hace mención de la existencia de 05 unidades geomorfológicas como son: mantos de arena, terrazas aluviales, llanura o planicie de inundación, piedemonte aluvio-torrencial y montaña.

En cuanto a los eventos geodinámicos, la zona se caracteriza por la presencia de inundaciones pluviales y los centros poblados de Chao y Nuevo Chao, se encuentran en zonas de Alto y Muy Alto riesgo; mientras que, el centro poblado El Inca en zona Media. El cálculo de las probables pérdidas económicas asciende a 100 214 500.00 soles.

Según Medina y Luque (2008), en el estudio “Zonas críticas en la región La Libertad”, describen las zonas más proclives a ser afectadas por desastres en cada provincia. En el distrito de Chao, las localidades que podrían ser afectadas son: Llacamate, cerro Urango, quebrada Palo Redondo, Quita Sueño, Túnel 8, Campamento Chavimochic y caserío El Niño. Estas zonas están expuestas a la ocurrencia de huaycos, al arrastre de flujos de detritos, erosión pluvial y fluvial, más derrumbes por la presencia del Fenómeno del Niño.

De acuerdo con Cárdenas (1996), en el estudio “Patrón de asentamiento prehispánico en el valle de Chao, Costa Norte del Perú”, los dos grandes centros de ocupación prehispánica, Huasaquito y Cerro de La Cruz, se desarrollaron con una planificación adecuada a las características del valle a fin de protegerse de posibles desastres. Los pobladores escogieron sectores situados a varios metros arriba del nivel del fondo del valle.

En el año 1974, la Dirección General de Aguas (DGA) del Ministerio de Agricultura, en el “Estudio de reconocimiento de los valles de Chao y Virú”, identifica que los suelos del valle de Chao tienen problemas de salinidad acentuados en la parte baja del valle, a pesar de ello, no constituyen graves problemas de recuperación y la mayor limitación del valle estaba referida a la disponibilidad del agua de riego.

Según Cossio y Jaén (1967) en el estudio “Geología de los cuadrángulos de Puemape, Chocope, Otuzco, Trujillo, Salaverry y Santa”, el área de estudio está formada principalmente por el Batolito de la Costa y una secuencia sedimentaria-volcánica del Cretáceo que constituye la envoltura regional. Adicionalmente, se cuenta con rocas volcánicas del Grupo Casma e intrusiones de rocas del tipo dioritas y granodioritas.

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

2.1.1. Levantamiento topográfico

Para el área de estudio, el levantamiento topográfico fue realizado en alta resolución usando fotogrametría aérea con un dron modelo Phantom 4 Pro V2.0 y mediciones GNSS (sistema global de navegación por satélites).

-Modelo Digital del Terreno: Para Chao se ha obtenido un modelo digital del terreno (MDT) con una resolución espacial de 29.6 cm/píxel. Las elevaciones máximas se ubican en dirección norte con la presencia de cerros costeros que presentan una orientación noroeste - sureste y alcanzan elevaciones de hasta 308 m s.n.m., en esta zona se emplaza el centro poblado de Nuevo Chao y la empresa Camposol; mientras que, en las elevaciones intermedias y bajas se encuentran las pampas costeras y zona de valle que presentan elevaciones entre 63 m s.n.m. a 153 m s.n.m. Sobre estas geoformas se emplazan los centros poblados de Chao (sur) y el caserío el Inca (noreste) (Figura 3).

-Ortomosaico: Se ha generado un mapa de ortomosaico del centro poblado de Chao con una resolución espacial de 7.4 cm/píxel a escala 1/25,000 corregidos por distorsiones ocasionados por el relieve y los objetos presentes en Chao. Se ha evidenciado que las áreas de cultivo, abarcan un

área de 1,640 ha y los centros poblados de Chao, Nuevo Chao y Caserío el Inca, de 237 ha, 214 ha y 7.6 ha respectivamente.

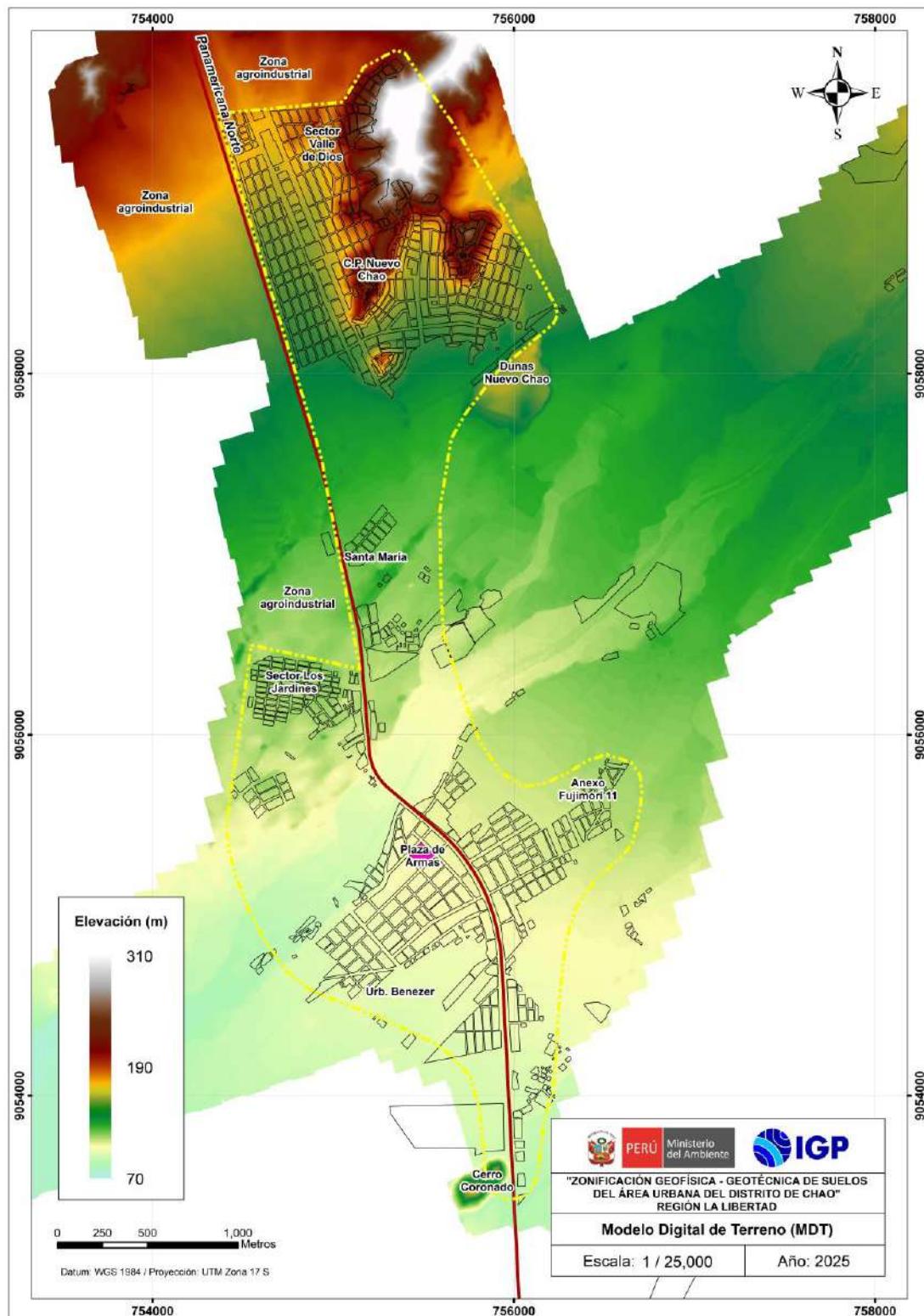


Figura 3. Modelo digital de terreno del área urbana de Chao.

-Mapa de curvas de nivel: A partir del Modelo Digital del Terreno se ha generado un mapa de curvas de nivel para Chao con un intervalo de 5 metros a escala 1/25,000. Este mapa permite identificar claramente laderas convexas en los cerros costeros ubicados en dirección norte con elevaciones que oscilan entre 165 a 310 m s.n.m. Las elevaciones intermedias (110 a 160 m s.n.m.) abarcan la zona sur de los cerros costeros (NO) y la parte alta del río Chao (NE) sobre los cuales se encuentran el centro poblado Nuevo Chao y Caserío el Inca respectivamente. Las cotas bajas (63 a 100 m s.n.m.) corresponden al centro poblado de Chao y parte baja de la zona de cultivo; las curvas de nivel espaciadas en estas dos últimas zonas indican que el relieve es llano. Por último, se observa que el río Chao cruza el área de estudio de NE a SO, presentando baja sinuosidad y un cambio de elevación de 83 metros en una longitud de 9.3 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 Chao. 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

El área urbana de Chao se asienta sobre una llanura con inclinación inferior a los 5°; mientras que, hacia el extremo NO de la ciudad se evidencian la presencia de pendientes fuertes con valores hasta los 35° como la zona de Nuevo Chao.

2.1.2. Unidades geomorfológicas

Las principales unidades geomorfológicas identificadas en Chao son:

Lomas: Se disponen en formas irregulares a alargadas, de grandes extensiones y altura superior a los 300 metros, se han delimitado al suroeste del centro poblado, a una distancia aproximada de 2.5 kilómetros.

Colina: Unidad geomorfológica de origen denudacional, con altura menor a 100 metros aproximadamente, cuyo relieve presenta pendientes menores de 35°, se caracteriza por tener forma redondeada y drenaje dendrítico. Esta geoforma se identificó al sur de Nuevo Chao y a 1.0 km al NO de Chao.

Dunas: Acumulaciones de arenas eólicas a manera de mantos, constituidos por sedimentos medianos y finos acarreados por el viento, presenta relieve pequeño o nulo, típico de climas áridos y semiáridos. Se han identificado a 200 metros al NO y a 1.0 km al SE de Chao.

Llanura: Esta unidad geomorfológica de origen depositacional presenta una pendiente $< 5^\circ$, geometría. Sobre esta unidad se asienta parte del área urbana, así como, terrenos agrícolas.

Lecho fluvial: Esta unidad es de origen denudacional, presenta forma irregular, pendiente $< 5^\circ$, geometría alargada y drenaje paralelo. En la zona de estudio, esta geoforma recibe el nombre de Huamanzaña-Chao, presenta dirección NE-SO hasta su desembocadura en el Océano Pacífico, en la margen derecha se asienta el centro poblado Nuevo Chao y en la margen izquierda del río Huamanzaña-Chao (Figura 4).



Figura 4. Lecho fluvial del Río Huamanzaña-Chao.

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

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, 1973) a escala 1/100,000 (Cuadrángulo Geológico de Santa – hoja 18-f); mientras que, para la geología local se ha desarrollado mediante el reconocimiento *in situ*, cuyas unidades geológicas se describen a continuación:

Rocas intrusivas – diorita (KTi-di): Consiste en una secuencia de cuerpos intrusivos de gabros y dioritas, los afloramientos de esta roca se encuentran en forma de stocks y cuerpos menores, identificadas aproximadamente a 800 metros al oeste y 1.0 km al este del centro urbano de Chao y Nuevo Chao, siendo cubiertos en parte por depósitos eólicos.

Grupo Casma (Ki-ca): Constituida principalmente por una secuencia volcano-sedimentaria de derrames volcánicos de andesita masiva de grano fino, bien estratificada con una intercalación de lutitas arenosas y bancos calcáreos. Se ha identificado al norte del centro urbano de Chao.

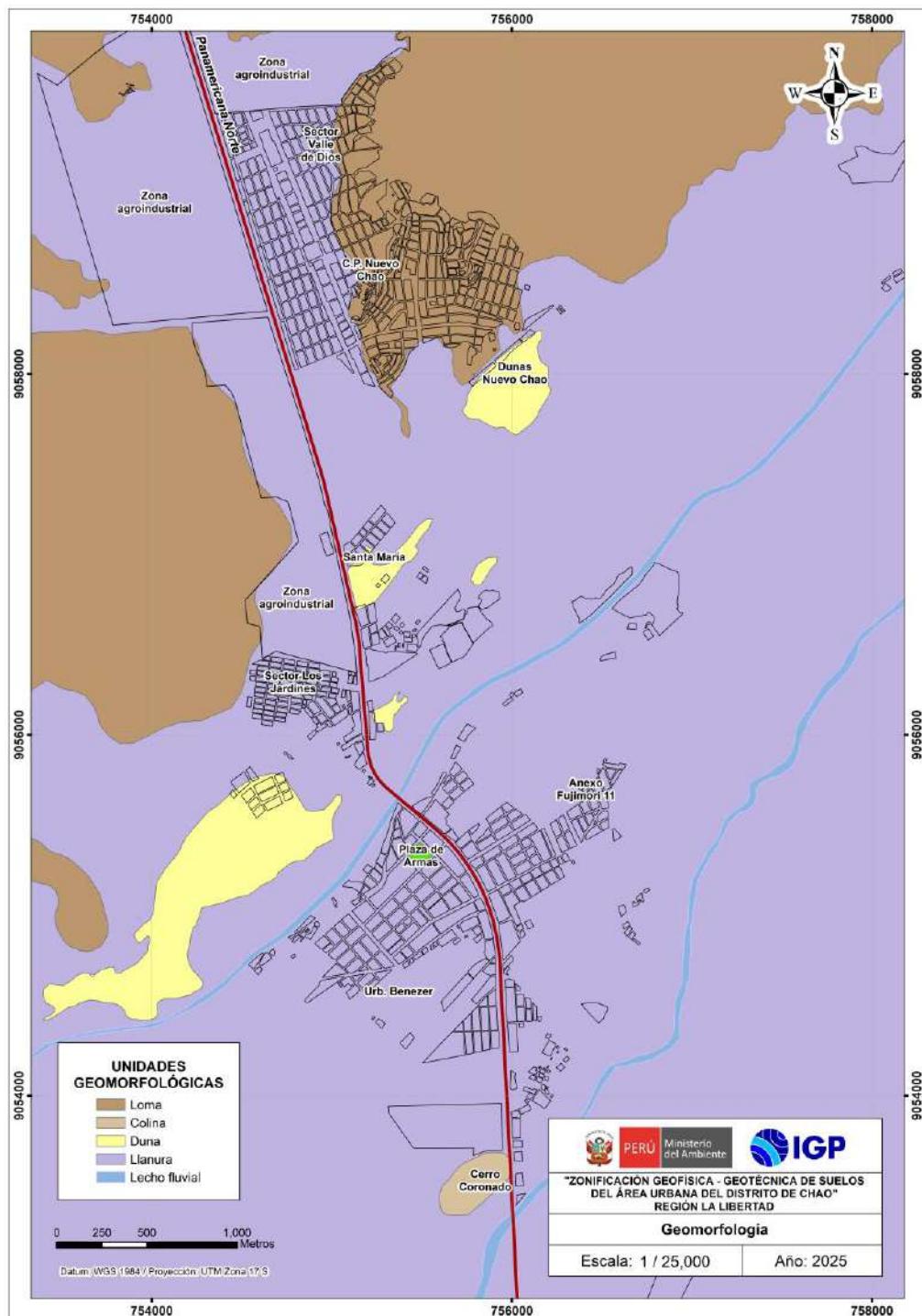


Figura 5. Mapa Geomorfológico del área urbana del distrito de Chao, donde la población se asienta principalmente en la llanura.

Depósitos aluviales (Qh-al): Constituidos por capas de gravas gruesas a finas, bien clasificadas, redondeadas, asociadas a capas de arena y limos en proporciones variables. Sobre esta unidad se asienta el centro urbano de Chao y Nuevo Chao, así como, se desarrolla la actividad agrícola.

Depósitos eólicos (Qh-e): Están conformados por arenas de grano medio a fino, color beige. Se han identificado, principalmente en los cauces de quebradas y/o cobertura de parte de montaña (Figura 6).

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



Figura 6. Depósitos eólicos que cubren laderas y rocas tipo intrusivas ubicadas al norte del área urbana de Chao.

2.3. Geodinámica superficial

La geodinámica estudia los fenómenos geológicos que provocan modificaciones en la superficie terrestre producto de la interacción de procesos internos y externos: cambios físicos, químicos y/o morfológicos. Durante los trabajos de campo, en el área urbana de la localidad de Chao, se identificó el siguiente evento geodinámico:

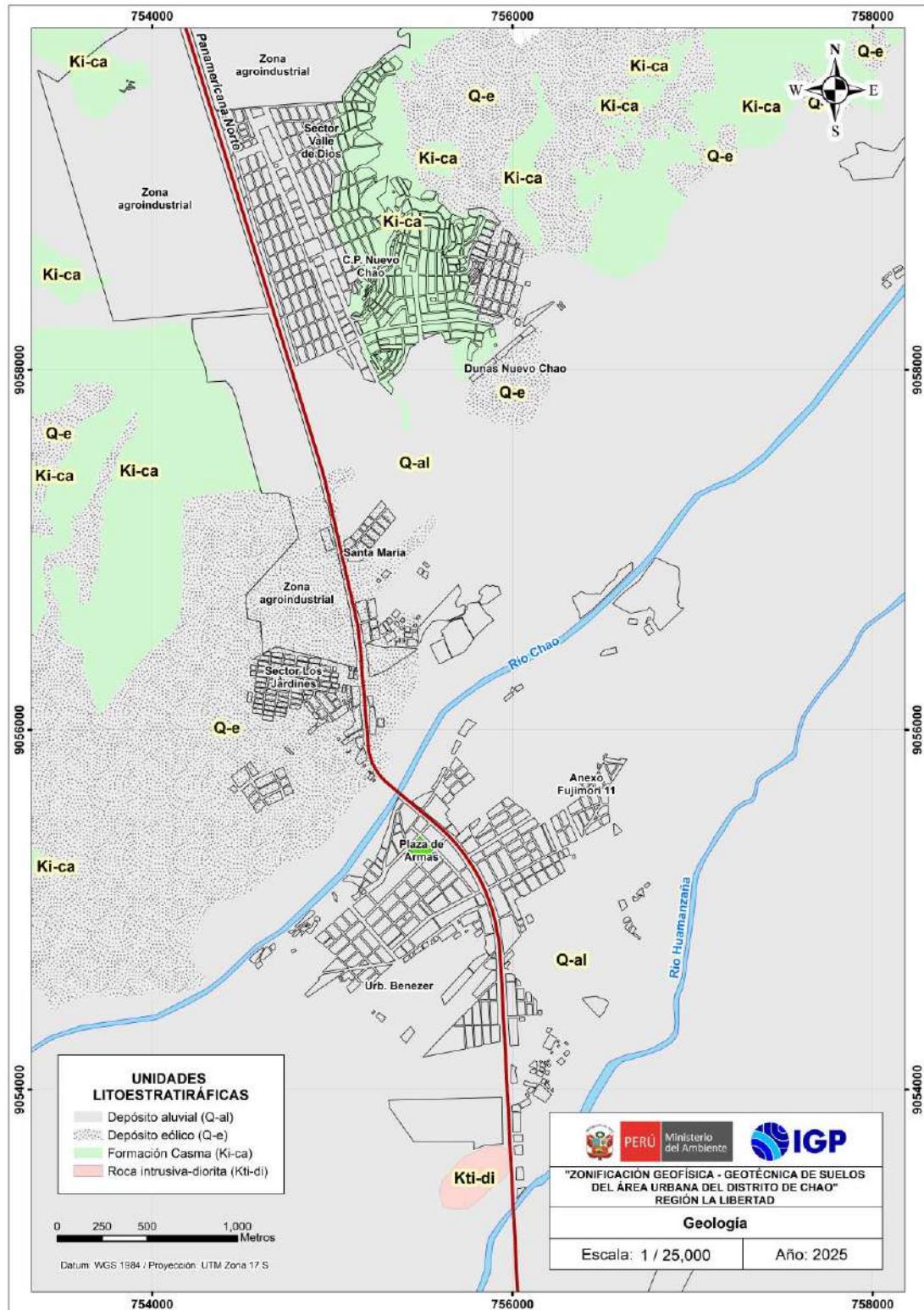


Figura 7. Mapa geológico del distrito de Chao.

-Inundación fluvial y pluvial: Las inundaciones fluviales causadas por el desbordamiento de los ríos y los arroyos. Es atribuida al aumento brusco del volumen de agua más allá de lo que un lecho o cauce es capaz de transportar sin desbordarse, durante lo que se denomina crecida (consecuencia del exceso de lluvias). Las inundaciones pluviales, se producen por la acumulación de agua de lluvia en un determinado lugar o área geográfica sin que este fenómeno coincida necesariamente con el desbordamiento de un cauce fluvial. Este tipo de inundación se genera tras un régimen de lluvias intensas persistentes, es decir, por la concentración de un elevado volumen de lluvia en un intervalo de tiempo muy breve o por la incidencia de una precipitación moderada y persistente durante un amplio período de tiempo sobre un suelo poco permeable.

En Chao se identificó la ocurrencia de inundación fluvial por desborde de las aguas del río Huamanzaña a ambas márgenes afectando zonas de sembríos, Figura 8.

2.4. Aspectos geotécnicos

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

Para el análisis geotécnico, en el área urbana de Chao se realizaron 07 calicatas, 07 posteos y 07 ensayos de penetración dinámica ligera (DPL), indicados en la Figura 9. Las muestras extraídas, se enviaron al laboratorio con la finalidad de determinar la composición granulométrica, plasticidad, corte directo y realizar el cálculo de la capacidad portante de los suelos de cimentación.

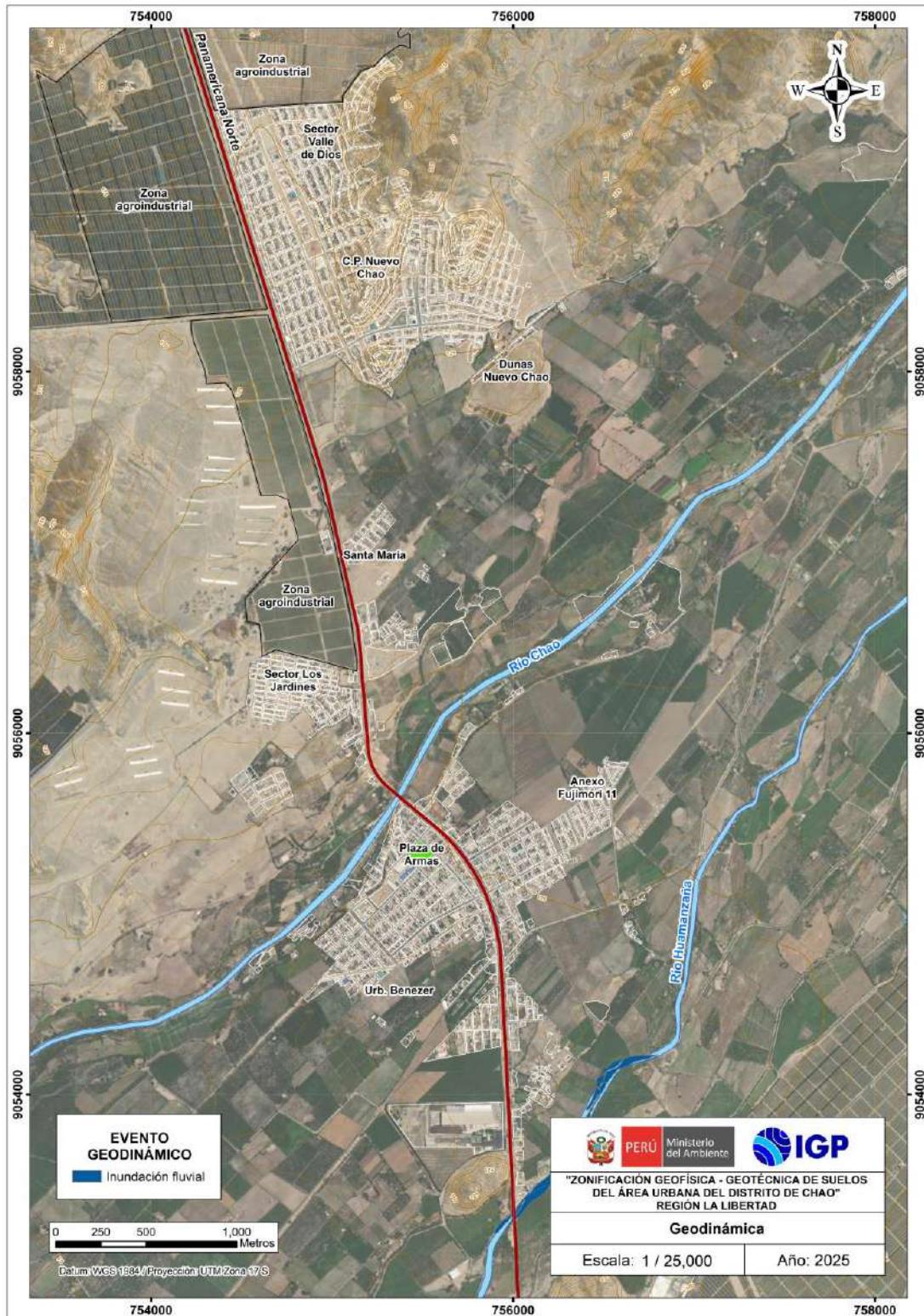


Figura 8. Mapa de geodinámica del distrito de Chao.

-Exploraciones a cielo abierto (calicatas, Norma ASTM 420): En el área de estudio se realizaron 07 calicatas con profundidades de exploración de aproximadamente a 3 metros, extrayendo muestras en bolsas herméticas con capacidad de 5.0 kg. Las características físicas de las calicatas se muestran en la Tabla 4. La exploración geotécnica ha permitido identificar suelos conformados por arenas de grano medio a fino, gravas subangulosas con lentes de arena, arena limosa con presencia de raíces y clastos, arenas con intercalación de capas delgadas de grava, gravas subangulosas y angulosas, arena limosa, arena intercalada con limos, arena limosa arcillosa, arcilla inorgánica de baja plasticidad, arena de grano medio a grueso, arenas limosas con lentes muy finos de arcilla.

Tabla 4. Ubicación de calicatas.

CALICATA	COORDENADAS		ELEVACIÓN (m s.n.m.)	PROFUNDIDAD (m)	NIVEL FREÁTICO A (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)			
CCh-01	754563	9059394	81	3.00	N.P.
CCh-02	754658	9058523	70	2.70	N.P.
CCh-03	756125	9058555	69	2.50	N.P.
CCh-04	755228	9057120	71	2.70	N.P.
CCh-05	754657	9056233	55	2.00	N.P.
CCh-06	756553	9055790	56	2.80	N.P.
CCh-07	755168	9054536	55	2.80	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 que presenta. La ubicación y resultados obtenidos se muestran en la 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 UTM		ELEVACIÓN (m s.n.m.)	PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE SUELO (SUCS)	PROF. DEL NIVEL FREÁTICO (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)				
POST - 01	754704	9059137	79	0.70	SM	N.P.
POST - 02	755341	9058249	70	2.00	SM	N.P.
POST - 03	754945	9057604	72	2.20	SM	N.P.
POST - 04	754698	9055589	64	0.60	SM	N.P.
POST - 05	755757	9054253	50	1.40	SP	N.P.
POST - 06	756116	9054538	59	1.80	SP	N.P.
POST - 07	756381	9055346	55	2.10	SM	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 m., medida en la parte superior del tambor de acero, para profundizar tramos cada 10 cm., a través de una punta cónica de 60° que se encuentra en el extremo inferior. Este ensayo permite estimar el ángulo de fricción de suelos específicos, que ayudarán a calcular mediante fórmulas empíricas la capacidad portante (resistencia al corte) de los suelos en kg/cm², 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 de los ensayos se adjunta en el Anexo 2 y en la Figura 9, la ubicación espacial de los mismos.

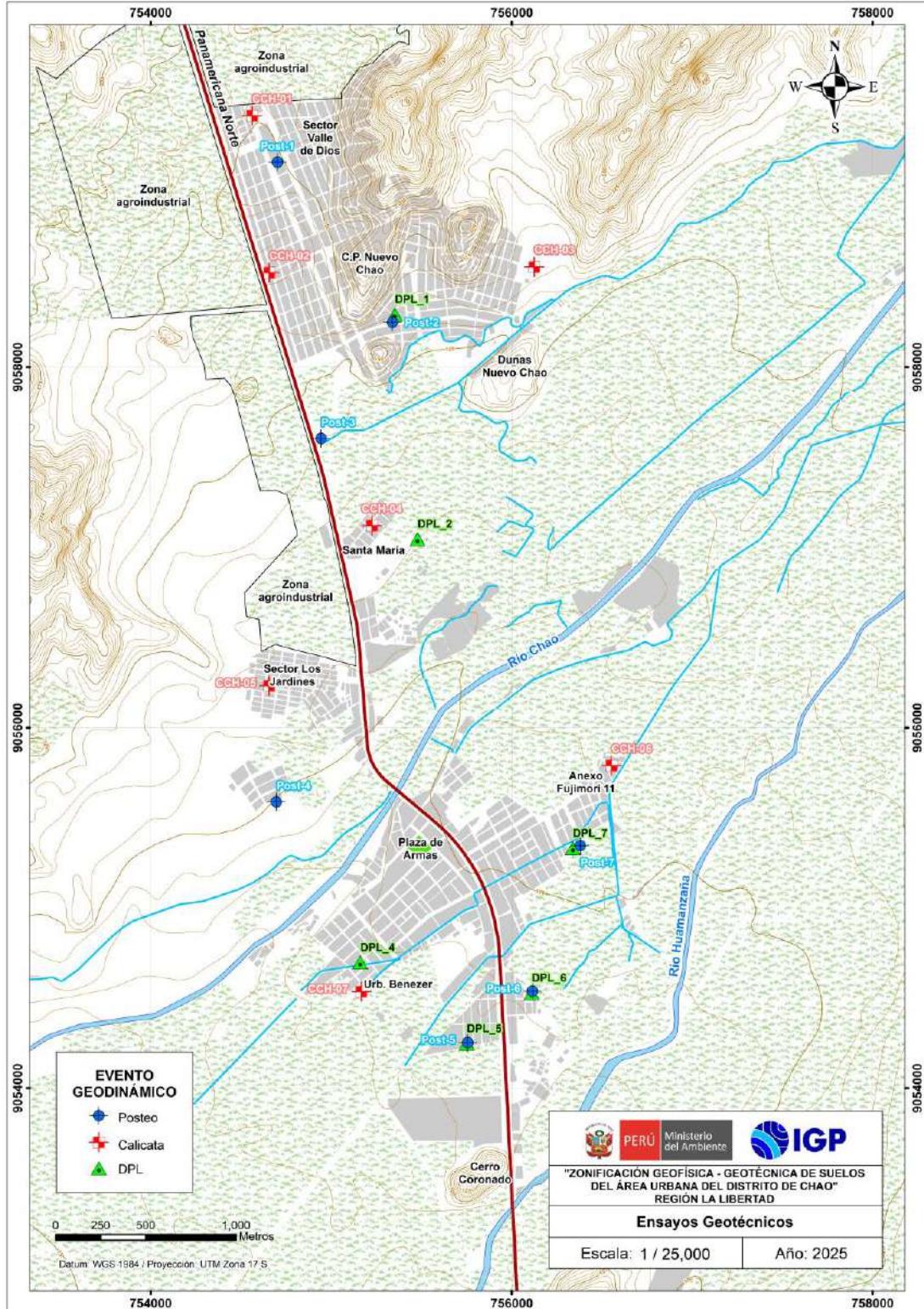


Figura 9. Mapa de ubicación de ensayos geotécnicos.

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

Dónde:

Φ = Ángulo de fricción interna

Dr=Densidad relativa

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

DPL	COORDENADAS UTM		ELEVACIÓN (m s.n.m.)	PROF. (m)	NÚMERO DE GOLPES	Φ
	ESTE (m)	NORTE (m)				
DPL-1	755354	9058293	77	2.70	45	30.8
DPL-2	755480	9057046	73	3.30	17	23.7
DPL-3	754672	9055598	71	3.10	36	30
DPL-4	755162	9054698	69	3.50	5	21.2
DPL-5	755752	9054248	64	2.70	4	20.9
DPL-6	756111	9054529	58	2.00	5	20.8
DPL-7	756339	9055332	59	2.70	11	21.1

Fuente: IGP, (2023). Dónde: Φ = ángulo de fricción interna

Los ensayos DPL alcanzaron una profundidad promedio de 2.7 metros y permite inferir que los suelos del área urbana de Chao y anexos, presentan resistencia y corresponden 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, para el área urbana de Chao se ha identificado la presencia de 05 tipos de suelos, los mismos que han sido agrupados haciendo uso del Sistema de Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) de la siguiente manera (Tabla 7 y Figura 10):

Tabla 7. Clasificación SUCS de los suelos de Chao.

CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	NIVEL FREÁTICO (m)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	LÍMITE LÍQUIDO (%)	LÍMITE PLÁSTICO (%)	ÍNDICE PLÁSTICO	CLASIFICACIÓN SUCS	DENOMINACIÓN
CCh-01	3.00	N. P.	1.20	23	N. P.	N. P.	SP	Arena pobremente gradada
CCh-02	2.70	N. P.	2.24	24	N. P.	N. P.	SP	Arena pobremente gradada
CCh-03	2.50	N. P.	0.09	17	N. P.	N. P.	GW	Grava bien gradada con arena
CCh-04	2.70	N. P.	1.87	21	N. P.	N. P.	SM	Arena limosa
CCh-05	2.00	N. P.	0.35	22	N. P.	N. P.	SP-SM	Arena pobremente gradada con limo
CCh-06	2.80	N. P.	11.18	23	16	7	CL	Arcilla inorgánica de baja plasticidad
CCh-07	2.80	N. P.	1.50	24	N. P.	N. P.	SM	Arena limosa

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

-Suelo tipo SP: Arena mal graduada con grava y con contenido de humedad de 1.20 %. Constituyen suelos de compacidad suelta a media y no presentan plasticidad. Este tipo de suelos se identificó en el sector de Nuevo Chao, en las calicatas CCh-01 y CCh- 02.

-Suelo tipo SM: Arena limosa con contenido de humedad de 1.87 %. Constituyen suelos de compacidad suelta a media y no presentan plasticidad. Este tipo de suelos se identificó en el sector de Chao, en las calicatas CCh-04 y CCh-07.

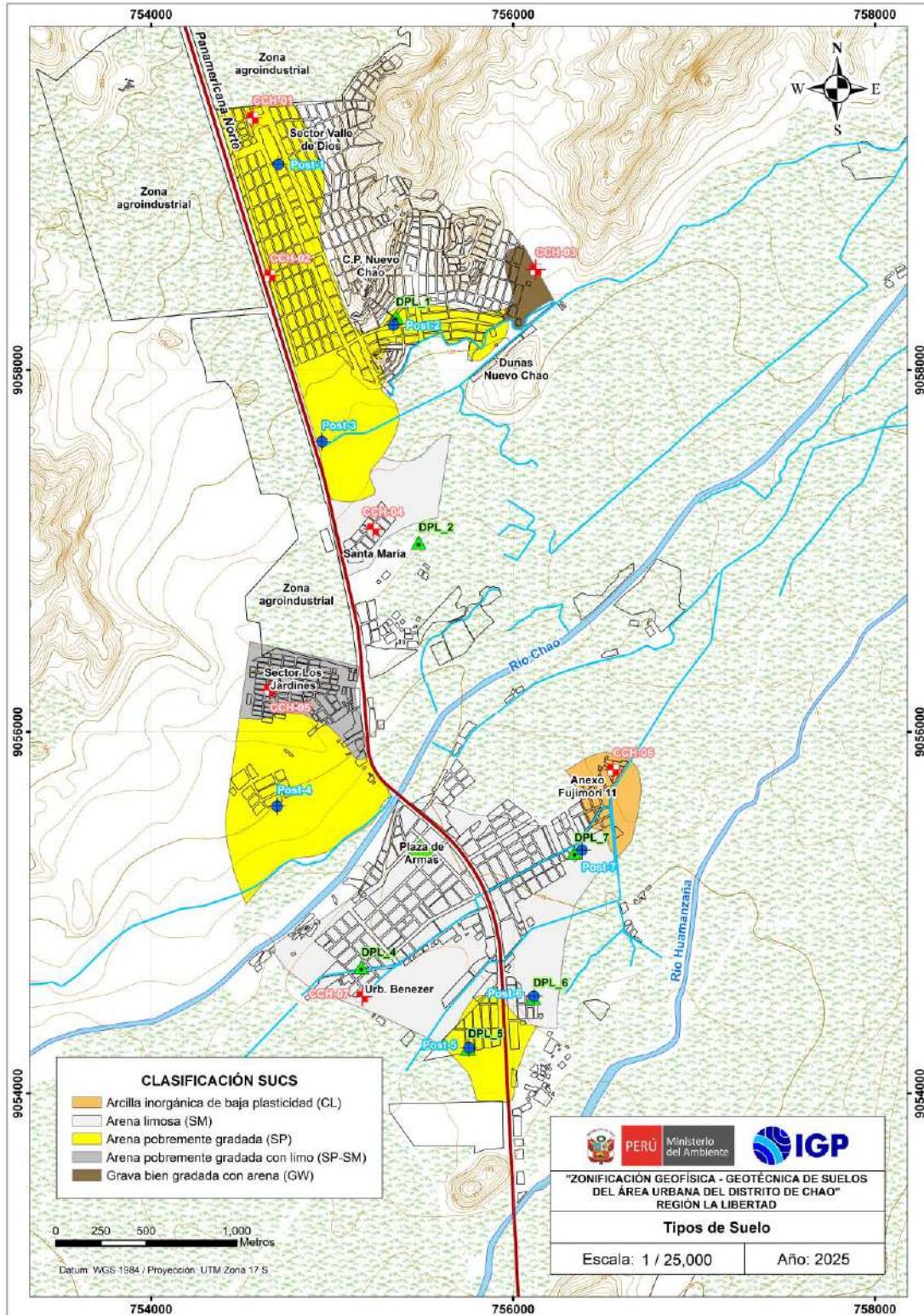


Figura 10. Mapa de clasificación de suelos SUCS en el área urbana de Chao.

-Suelo tipo CL: Arcillas con contenido de humedad de 11.18 %. Constituyen suelos de compacidad media con un índice de plasticidad de 7% y límite plástico de 16%. Se identificaron en la calicata CCh-06.

-Suelo tipo SP-SM: Arena mal graduada con arena limosa y contenido de humedad 0.35 %. Constituyen suelos de compacidad baja (suelta a muy suelta) y no presentan plasticidad. Se identificó en las inmediaciones de terrenos de cultivo en la calicata CCh-05.

-Suelo tipo SP-SM: Gravas bien gradadas con arena, con contenido de humedad de 0.09 %, constituyen suelos de compacidad media, no presentan plasticidad, este tipo de suelo se identificó en el sector de Nuevo Chao, en la calicata CCh-03.

2.4.2. Capacidad de carga del suelo

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

-Ensayo de corte directo (Norma ASTM D – 3080): La finalidad del ensayo de corte directo es determinar la resistencia al esfuerzo de corte de una muestra de suelo, sometida a fatigas y/o deformaciones (esfuerzos verticales y horizontales) que simulen 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).

-Capacidad de carga portante: Es la máxima presión ejercida por una cimentación transmitida a un suelo sin que se produzcan asentamientos excesivos, es decir, que la presión de la cimentación no sea mayor a la

admisible, manteniendo el mismo factor de seguridad especificado en la Norma E 0.50 de diseño de cimentación. Los resultados de capacidad de carga admisible en el área urbana de Chao, se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Capacidad de carga admisible en el área urbana de Chao.

MUESTRA	Capacidad de carga última (kg/cm ²)	Capacidad de carga admisible (kg/cm ²)	Falla de Corte
CCh-01	1.44	0.49	Falla Local
CCh-02	2.09	0.72	Falla Local
CCh-03	2.41	0.85	Falla Local
CCh-04	1.98	0.71	Falla Local
CCh-05	1.58	0.55	Falla Local
CCh-06	1.75	0.65	Falla Local
CCh-07	1.19	0.49	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 y datos de Terzaghi.

Según los valores del ángulo de fricción corregidos, se determinó las capacidades portantes de los suelos investigados para una profundidad de cimentación de 1.0 metro y ancho de 1.0 metro. Los valores obtenidos se presentan en la Tabla 9.

Asimismo, según los resultados indicados en la Tabla 10, se ha determinado que el área urbana de Chao, en su mayoría ha sido construida sobre suelos con capacidad de carga portante muy baja a una profundidad de cimentación de 1.0 metro.

-Capacidad de carga portante muy baja: Comprende rangos de capacidad de carga admisible menores a 1.0 kg/cm² y se encuentran representados por suelos como: Arenas muy sueltas, arenas con limos y grava; arcillas de plasticidad baja, gravas con arenas abarcando el 100% de la zona de estudio.

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.

ENSAYO	Capacidad de carga última (kg/cm²)	Capacidad de carga portante (kg/cm²)	Falla de Corte
DPL-1	0.80	0.27	Falla Local
DPL-2	3.54	1.18	Falla General
DPL-3	3.09	1.03	Falla Local
DPL-4	0.72	0.24	Falla Local
DPL-5	0.74	0.25	Falla Local
DPL-6	2.22	0.74	Falla Local
DPL-7	2.40	0.80	Falla Local
DIMENSIONES DE CIMENTACIÓN	Profundidad: 1.00 m y ancho: 1.00		

Fuente: IGP, 2023

Finalmente, en la Figura 11 se presenta el mapa de capacidad de carga portante del área urbana de la localidad de Chao, elaborado con la información recolectada en campo.

Tabla 10. Rango de capacidad de carga portante.

CAPACIDAD CARGA PORTANTE (kg/cm²)	DENOMINACIÓN
<1.0	MUY BAJA
1.0 - 2.0	BAJA
2.0 - 3.0	MEDIA
> 3.0	ALTA

Fuente: IGP, 2018

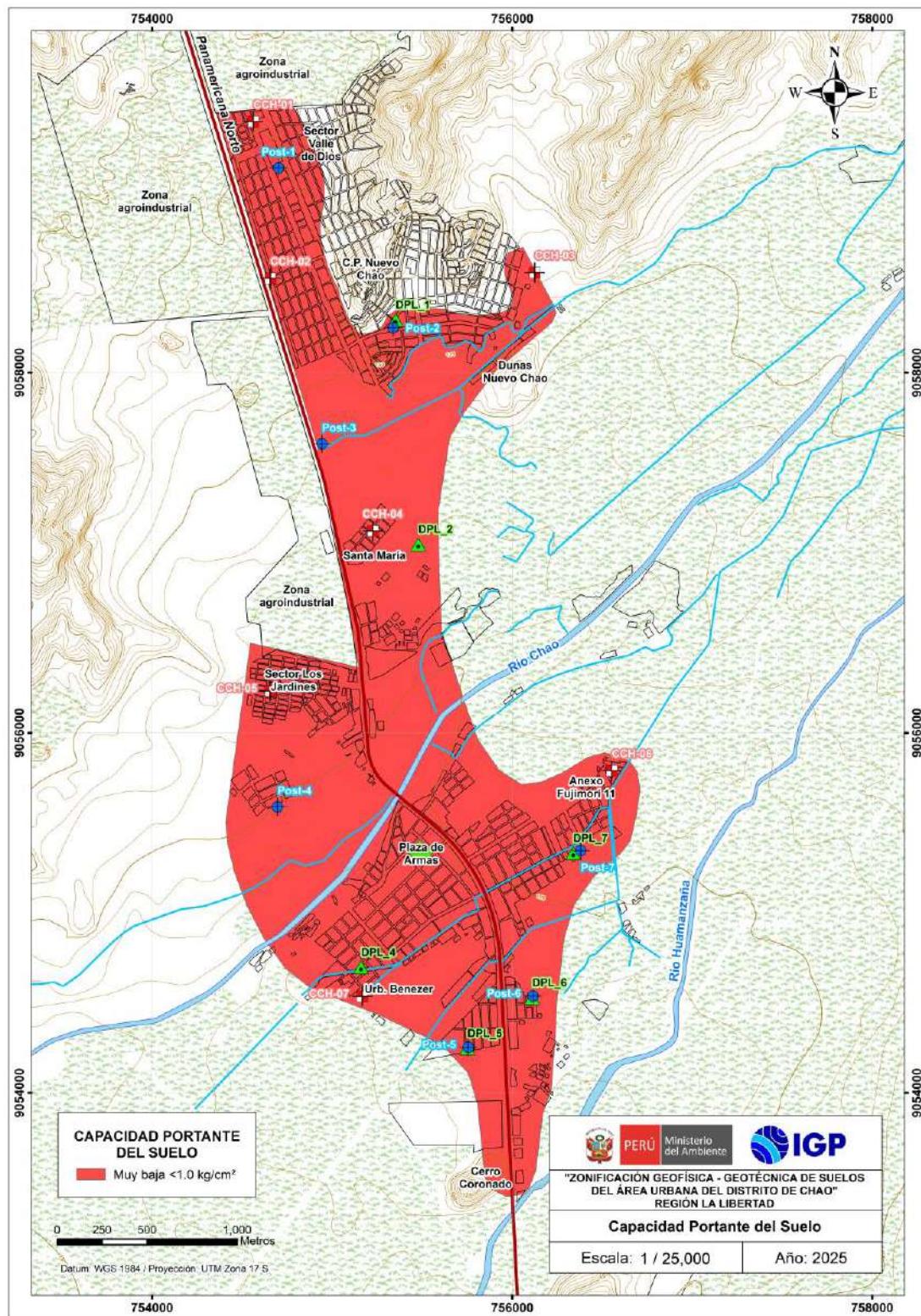


Figura 11. Mapa de capacidad portante del suelo para el área urbana de Chao.

3. EVALUACIÓN GEOFÍSICA

A fin de conocer los diferentes parámetros físicos que controlan el comportamiento dinámico de la estructura del suelo en el área urbana del distrito de Chao, 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 presentan 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, debe entenderse que la variación de las propiedades físicas de los tipos de suelo, espesor, geometría y composición litológica, condicionan la amplificación de las ondas sísmicas.

3.1.1. Adquisición de datos

Para la adquisición de los registros de vibración ambiental, se utilizaron sensores Lennartz y registradores CityShark II (Figura 12). Cada registro presenta una duración de 15 minutos, lo cual permite disponer de buena cantidad de datos para su posterior análisis. En el área urbana del distrito de Chao, se ha recolectado en campo un total de 120 registros de vibración ambiental en puntos distribuidos de manera equidistante, tal como se observa en la Figura 13.



Figura 12. Equipo sísmico utilizado para el registro de vibraciones ambientales: sensor Lennartz (2N) y registradores CityShark II.

En la Figura 14, se muestran ejemplos de señales de vibración ambiental obtenidos en el punto CCH-074 ubicado NE de la plaza de Armas. Aquí la señal es estable, en comparación con la señal CCH-116 ubicada en el centro poblado Nuevo Chao, que presenta mayor amplificación y con algunos saltos y/o picos de señal debido a que está ubicado sobre suelos con diferente consistencia o rigidez.

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 15, se observa los resultados obtenidos para el punto CCH-012.

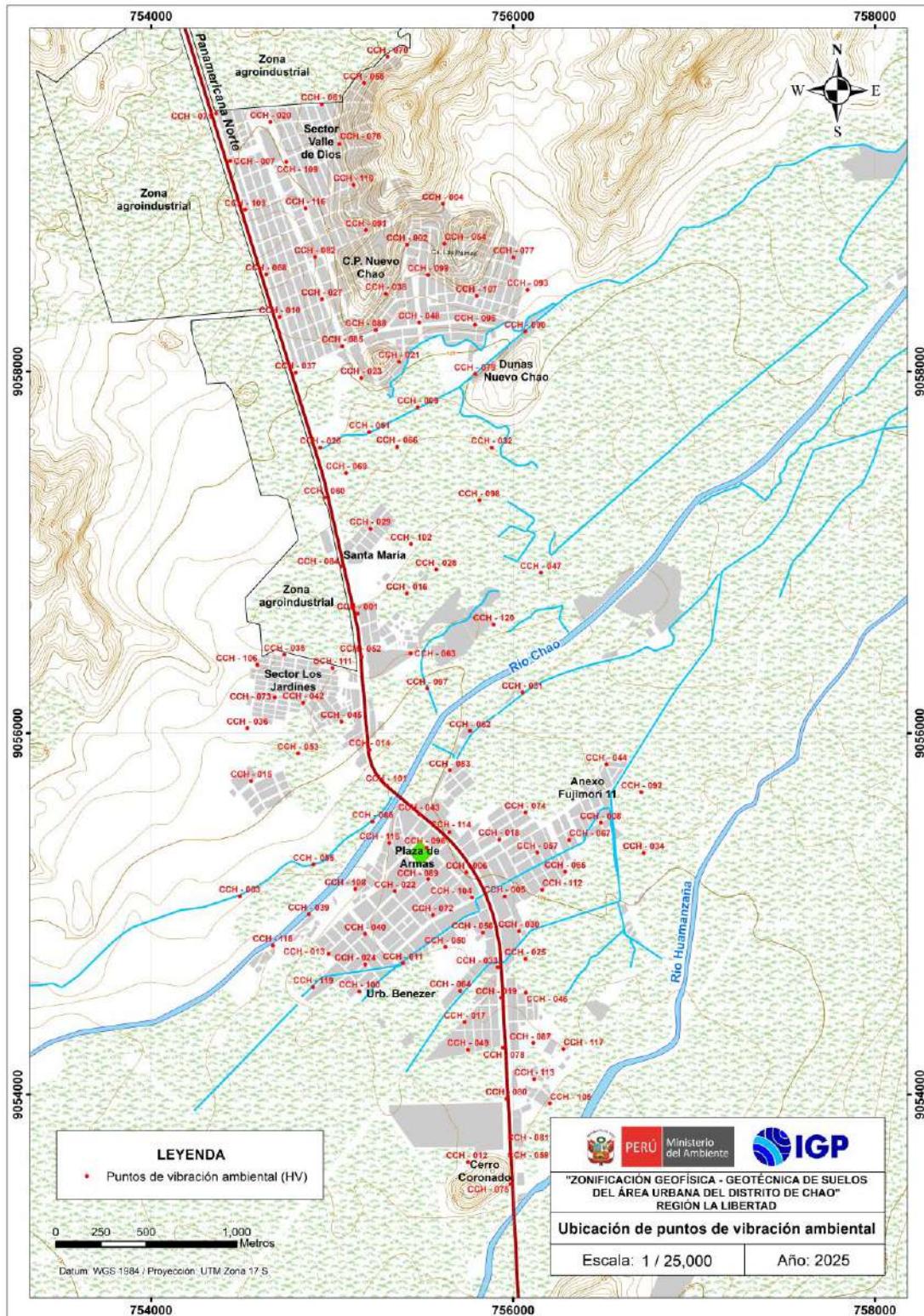
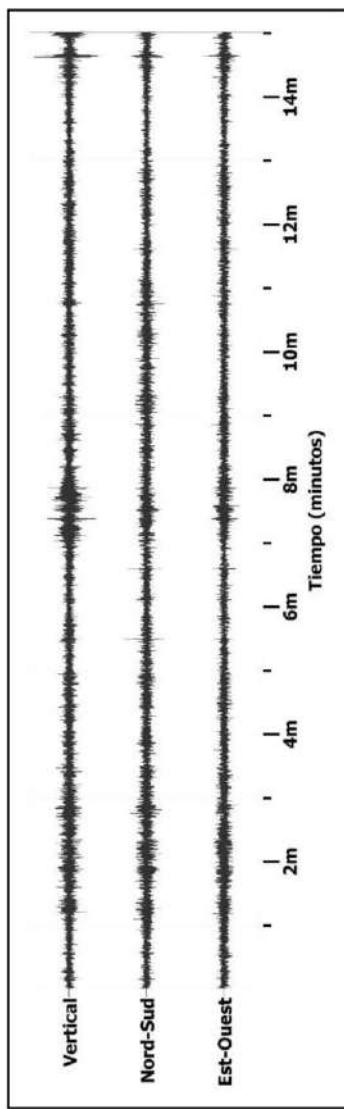


Figura 13. Distribución espacial de los puntos de registros de vibración ambiental, en el área urbana del distrito de Chao.



CCH-074



CCH-116

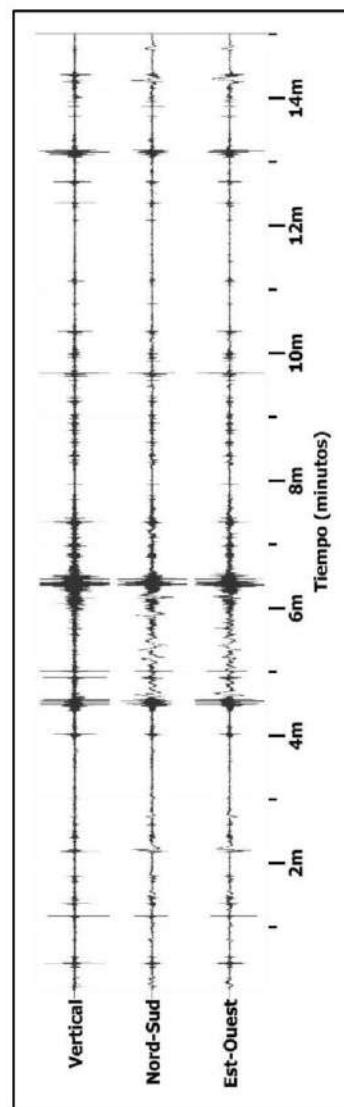


Figura 14. Ejemplos de registros obtenidos: al noreste de la plaza de Armas de con ruido constante (CCH-074) y en el centro poblado Nuevo Chao con ruido transitorio (CCH-116). Obsérvese las diferentes amplitudes de la señal registrada en cada punto.

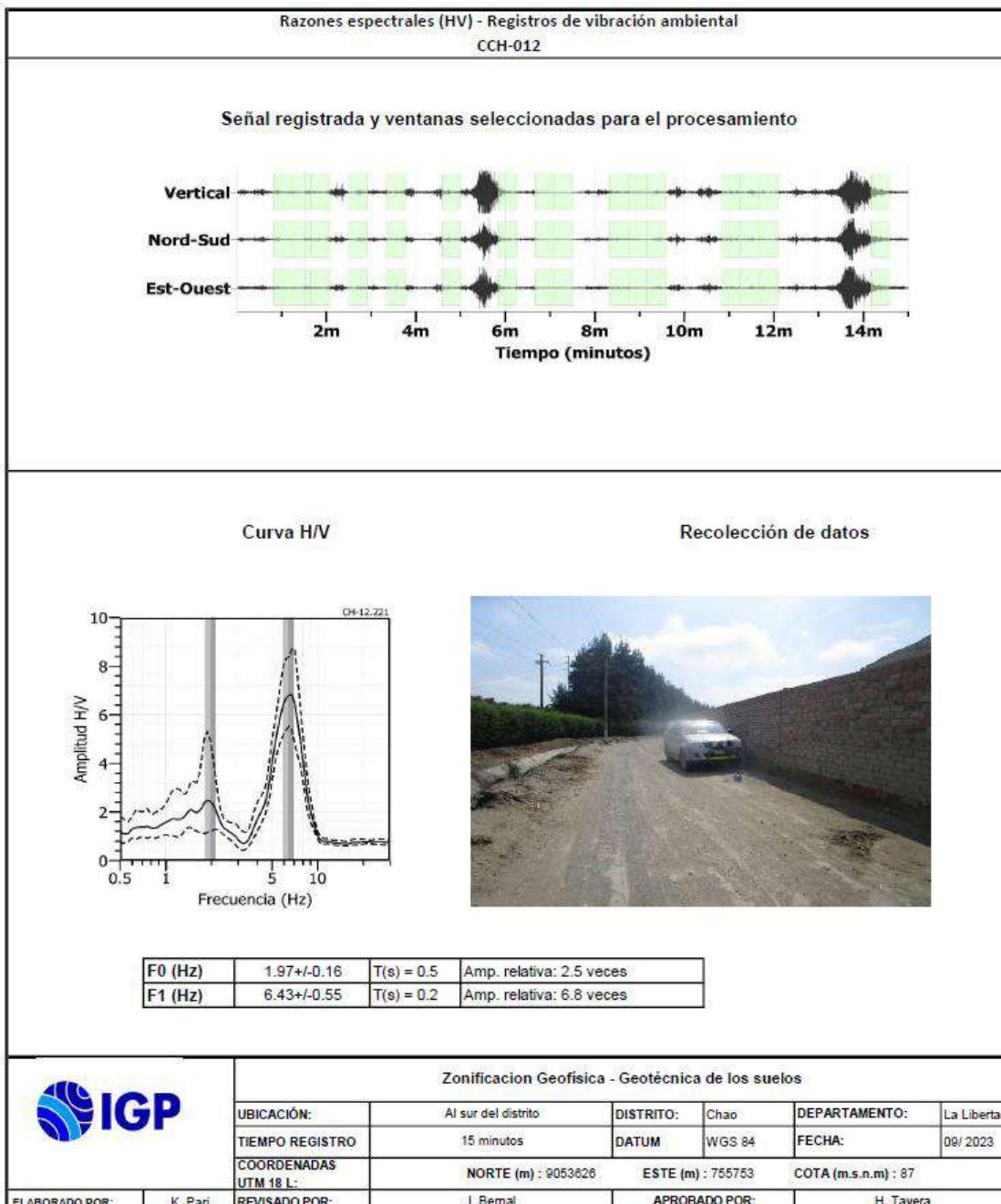


Figura 15. Resultados obtenidos con el método de razones espectrales (H/V) para el punto CCH-012. Arriba, la señal registrada y abajo la curva promedio de las razones espectrales (H/V) en línea gruesa y su desviación estándar en líneas discontinuas. Las barras grises, definen la frecuencia predominante.

Para la interpretación de los resultados se considera que: 1) Las frecuencias predominantes menores a 1.0 Hz corresponden a vibraciones generadas por el oleaje del mar y/o cambios meteorológicos (periodos muy

largos); 2) Las bajas frecuencias o periodos largos son debidas a la presencia de depósitos profundos; y 3) Las frecuencias altas o periodos cortos son debidos a depósitos superficiales blandos y de poco espesor (SESAME, 2004; Bernal, 2006). Asimismo, se evalúa la correspondencia de los parámetros físicos-dinámicos encontrados con los aspectos geológicos, geomorfológicos y geotécnicos que domina a la zona de estudio.

3.1.3. Resultados e interpretación

Los suelos del área urbana del distrito de Chao, responden a frecuencias (F_0) que fluctúa entre 3.18 y 15.70 Hz, equivalente a periodos entre 0.1 y 0.3 segundos. Asimismo, se identifica sectores que además muestran sensibilidad a un segundo rango de frecuencias (F_1) que corresponde a periodos largos de entre 0.5-0.8 segundos. En la Figura 16, se presenta la distribución espacial de los periodos dominantes del suelo en el área urbana de Chao, donde se observa el predominio de periodos entre 0.1 y 0.2 segundos en toda el área de estudio, correspondiendo a la respuesta dinámica de la capa superficial de poco espesor del suelo. Los periodos largos (>0.5 segundos) se concentran principalmente en dirección del Anexo Fujimori 11.

Las mayores amplificaciones relativas (mayor a 3.5 veces) se presentan en el extremo norte del sector Villa de Dios, Los Jazmines, sector entre el Anexo Fujimori 11 y el río Huamanzaña y áreas próximas al río Chao, evidenciando la presencia de suelos con baja compacidad y/o medianamente rígidos.

En la Figura 17, se muestra la distribución de razones espectrales representativas para diferentes sectores del área de estudio:

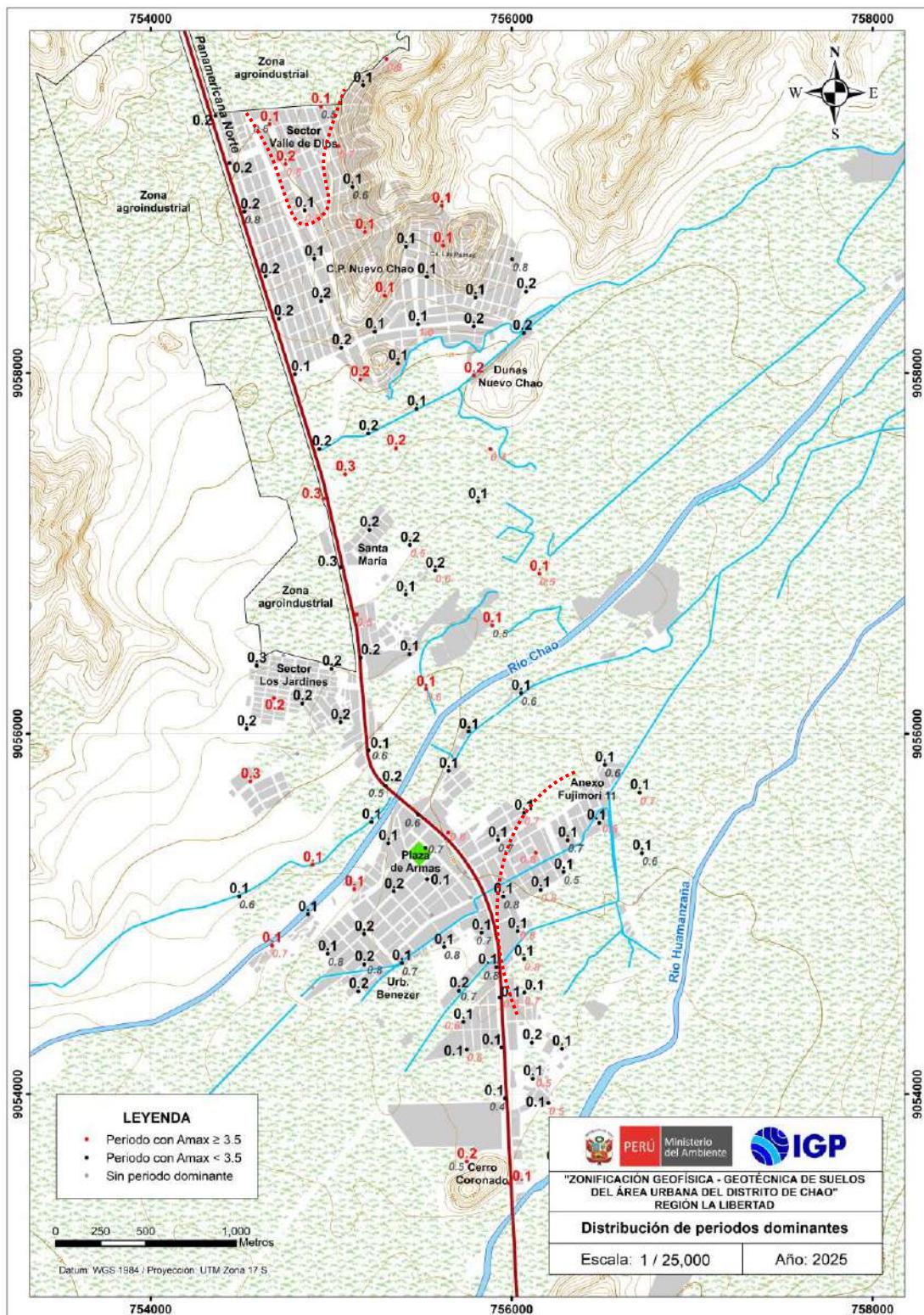


Figura 16. Distribución espacial de los períodos de respuesta dominantes del suelo ($T_0:0.1-0.3$ segundos y $T_1:0.5-0.8$ segundos). Los valores en rojo, corresponden a puntos con amplificaciones mayores e iguales a 3.5 veces. Las líneas discontinuas, delimitan los períodos (>0.5 segundos) largos con mayor amplificación.

-Sector A	<i>Identificado hacia el extremo NE, en dirección del C.P. Nuevo Chao, donde los suelos responden a periodos de 0.1 y 0.2 segundos (curvas H/V) con amplificaciones de hasta 2.5 veces. Estos resultados evidencian la presencia de una capa delgada de suelos poco compactos asentada sobre un material compacto.</i>
-Sector B	<i>Identificado hacia el extremo NO del sector Villa de Dios, Santa María, Los Jardines y en zonas aledañas a la plaza de Armas, donde los suelos responden a periodos de entre 0.1 y 0.5 segundos (curvas H/V) con amplificaciones de hasta 3.5 veces. Estos resultados evidencian la presencia de una capa de moderado espesor conformado por material medianamente compacto.</i>
-Sector C	<i>Identificado en el extremo norte del Sector Valle de Dios, próximo a la zona agroindustrial y en dirección del Anexo Fujimori 11, donde los suelos responden en dos rangos de periodos que fluctúan entre 0.1-0.2 y 0.5-0.8 segundos (curvas H/V) con amplificaciones de hasta 4 veces. Estos resultados evidencian, la presencia de suelos heterogéneos cuya respuesta dinámica ante sismos es compleja.</i>

3.2. Métodos Sísmicos MASW-MAM

El ensayo de Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW) o sísmica activa (Park, 2014), 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, es otro método para conocer la estructura del suelo a partir de la velocidad de ondas de corte, pero en este caso se hace uso de registros de ruido sísmico (vibración generada por la actividad humana), cuya contribución es principalmente en bajas frecuencias, lo que permite investigar a mayores profundidades. La combinación de los métodos MASW y MAM permite obtener información del suelo a niveles superficiales y en profundidad.

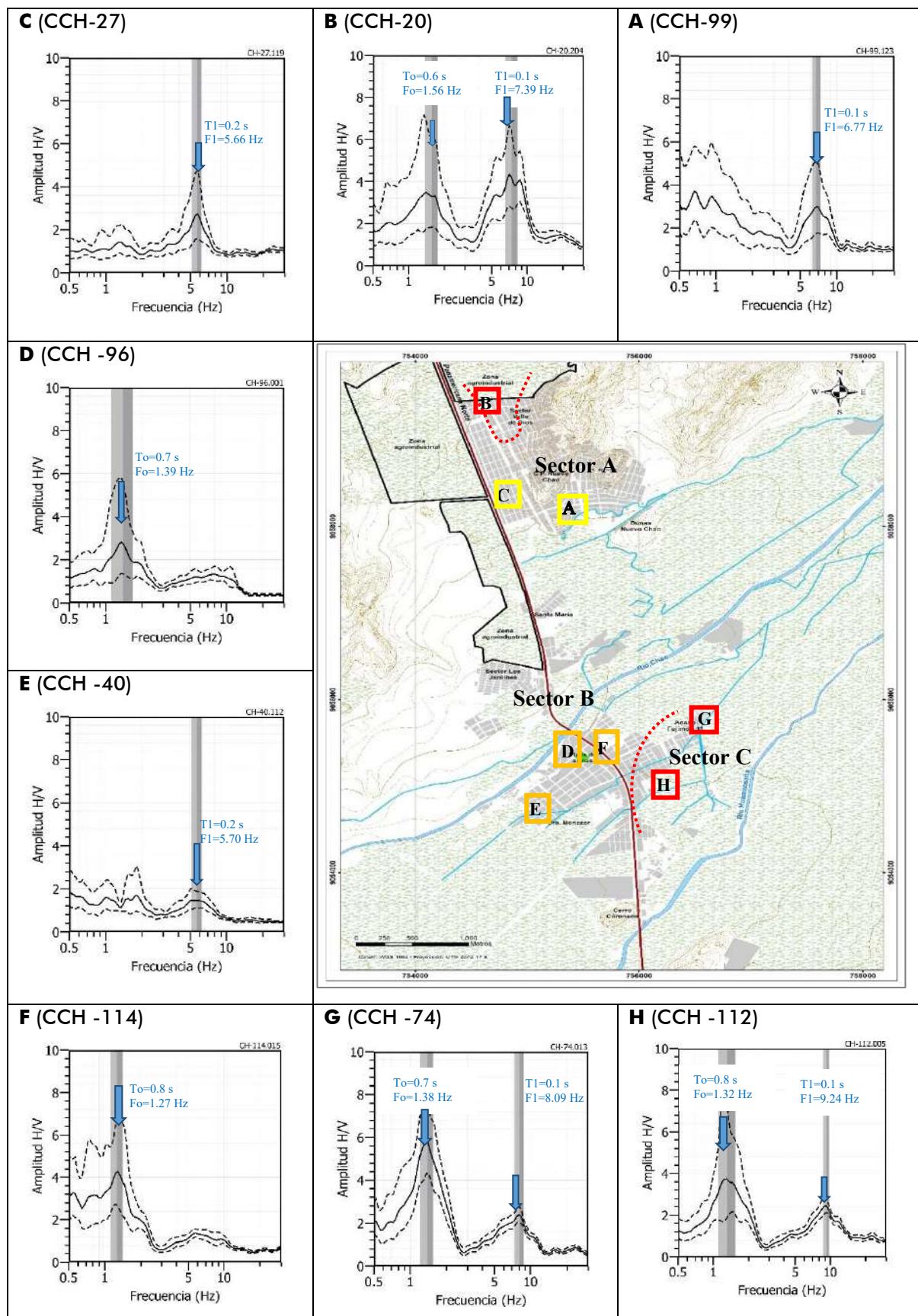


Figura 17. Razones espectrales representativas del área de estudio, obtenidas para los puntos codificados con letras (A-H). Las flechas indican el periodo de respuesta dominante del suelo.

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 18) 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.



Figura 18. Equipos utilizados en la adquisición de datos MASW – MAM, en el área urbana de Chao.

En total se realizaron 08 líneas sísmicas de MASW-MAM cuya distribución espacial se presenta en la Figura 19 y las coordenadas y/o características en la Tabla 11. La ubicación de los ensayos fue en función de las zonas de interés de acuerdo al reconocimiento hecho en campo, investigaciones o estudios previos.

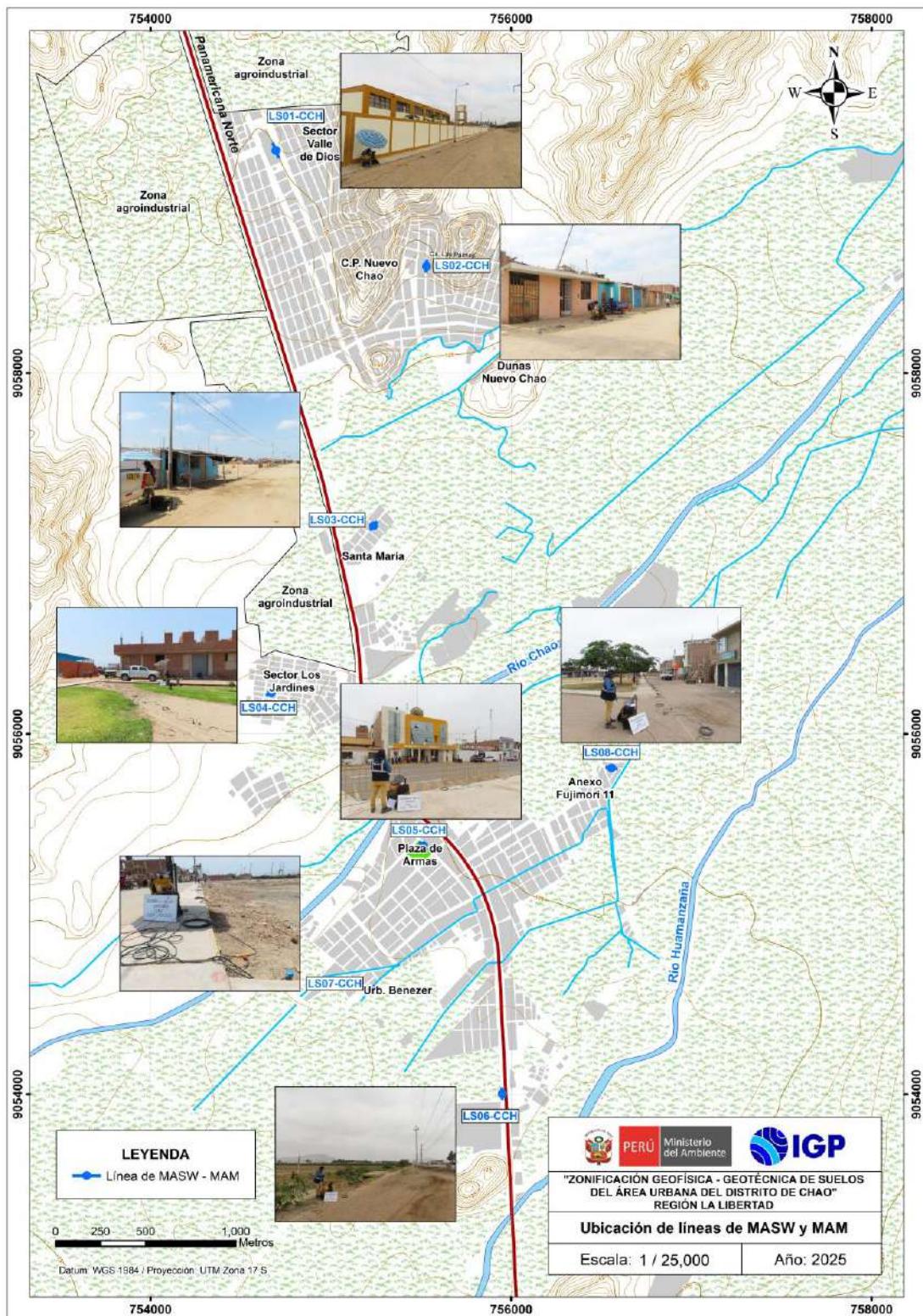


Figura 19. Distribución espacial de líneas de MASW - MAM, codificadas como LS01- CCH,..., LS08-CCH.

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

Línea Sísmica	Coordenadas UTM – WGS84		Cota (m s.n.m.)	Espaciamiento entre geófonos (m)	Longitud total (m)	
	Este (m)	Norte (m)				
1	LS01- CCH	754697	9059236	131	4	92
2	LS02- CCH	755534	9058593	131	3	69
3	LS03- CCH	755240	9057153	103	3	69
4	LS04- CCH	754670	9056230	99	3	69
5	LS05- CCH	755513	9055375	88	3	69
6	LS06- CCH	755949	9054002	80	3	69
7	LS07- CCH	755225	9054577	85	3	69
8	LS08- CCH	756559	9055807	96	3	69

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 20.

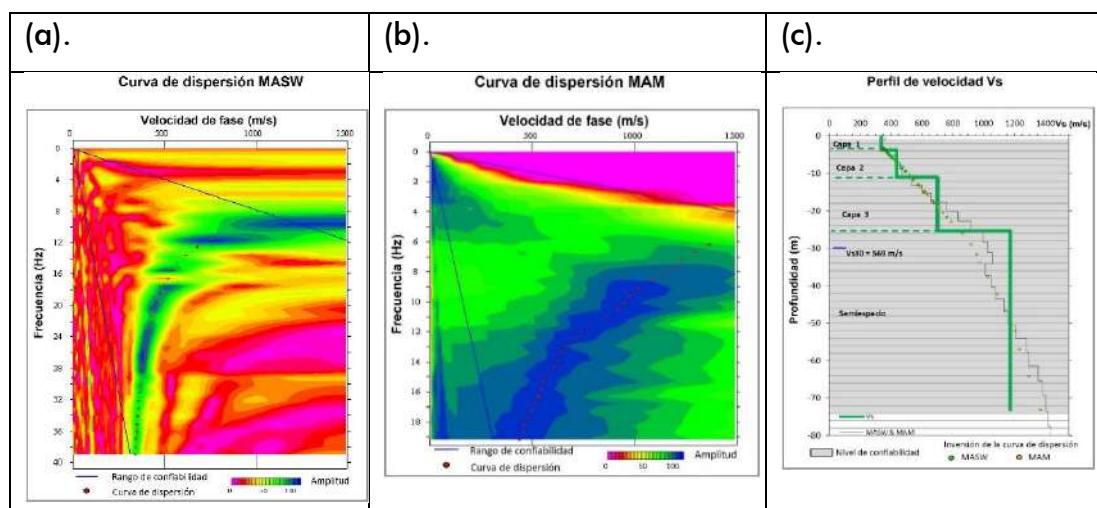


Figura 20. Curvas de dispersión obtenidas con los métodos de MASW (a) y MAM (b) y el perfil de velocidad obtenido a partir de la combinación de ambos métodos (c).

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

Tabla 12. Clasificación de los suelos en función de las velocidades de ondas de corte (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	Roca moderadamente dura a dura
2	800 a 1500	
3	500 a 800	Suelos muy rígidos
4	350 a 500	Suelos rígidos
5	180 a 350	Suelos intermedios (medianamente rígido)
6	< 180	Suelos blandos

3.2.3. Resultados e interpretación

A continuación, se describen las características observadas en los perfiles de velocidad de ondas de corte (Vs) obtenidos con los métodos sísmicos MASW – MAM con resolución de 34 a 80 metros de profundidad. En la Figura 21, se presenta el perfil sísmico obtenido para la línea LS01-CCH y en el Anexo 3, para las líneas restantes.

Línea sísmica LS01-CCH: Ubicada en Nuevo Chao en el sector del Señor Valle de Dios, siendo la profundidad de resolución promedio del perfil de 73 metros. Este perfil permite identificar la existencia de tres (3) capas sísmicas: La primera de 4 metros de espesor y velocidades Vs de 336 m/s correspondiendo a suelos intermedios (medianamente rígido); la segunda capa de 7 metros de espesor y velocidades Vs de 438 m/s correspondiente a suelos rígidos; la tercera capa de 14 metros de espesor y velocidades Vs de 702 m/s correspondiendo a suelos muy rígidos. El semiespacio con velocidades Vs > 1174 m/s, que sugieren la existencia de rocas moderadamente duras a duras.

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

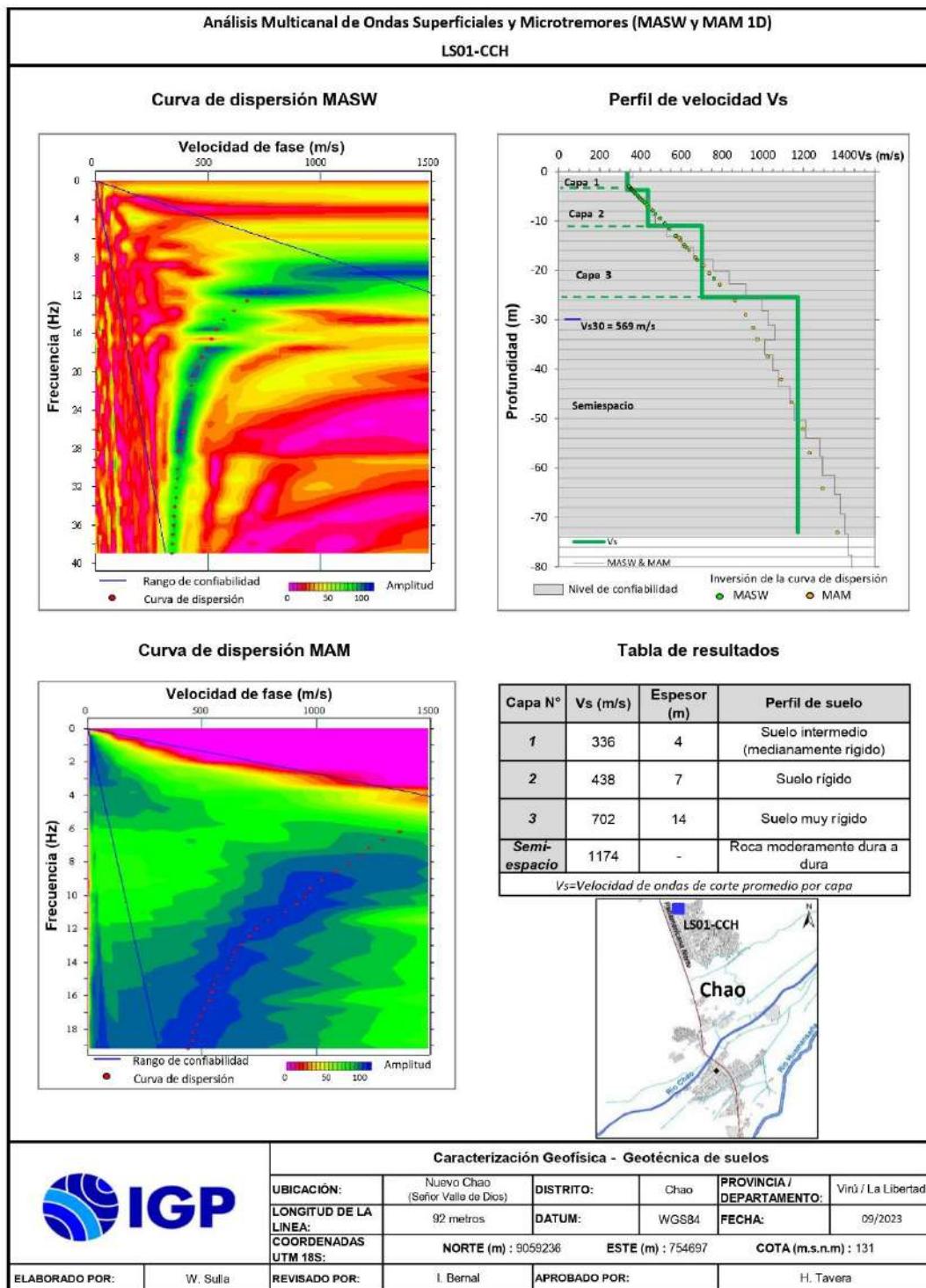


Figura 21. Resultados obtenidos con el ensayo MASW - MAM para la línea sísmica LS01-CCH.

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

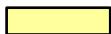
Línea Sísmica	Superficie				Profundidad				VS30 (m/s)	
	Nº DE CAPA									
	1	2	3	Semiespacio						
Vs (m/s)	Esp. (m)	Vs (m/s)	Esp. (m)	Vs (m/s)	Esp. (m)	Vs (m/s)	Esp. (m)			
LS01-CCH	336	4	438	7	702	14	1174	-	569	
LS02-CCH	278	7	449	8	1023	-	-	-	515	
LS03- CCH	194	4	279	7	426	7	633	-	362	
LS04- CCH	198	4	268	12	669	-	-	-	352	
LS05- CCH	246	9	407	9	501	-	-	-	375	
LS06- CCH	200	7	424	8	504	-	-	-	368	
LS07- CCH	202	7	396	16	528	-	-	-	336	
LS08- CCH	204	5	347	17	450	8	597	-	324	



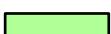
Suelo blando (Vs < 180 m/s)



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 Chao, a nivel superficial se ha identificado el predominio de suelos medianamente rígidos (Vs=192 a 347 m/s con espesores entre 4 y 22 metros, identificados los mayores espesores en el Anexo Fujimori II hacia el extremo sur del área de estudio; mientras que, hacia el extremo norte en dirección al C.P. Nuevo Chao se presenta los menores espesores, Figura 22 (Perfil 02). Por debajo se ha identificado una capa de suelos rígidos a muy rígidos con rangos de velocidades Vs entre 396 y 702 m/s y con espesores entre 7 y 21 metros.

En conjunto, los suelos medianamente rígidos y rígidos suman un espesor total entre 9 y 30 metros, los mayores espesores se identificaron en dirección NE de la plaza de Armas por el Anexo Fujimori II y los menores espesores por la plaza de Armas. A mayor profundidad se identifican suelos muy rígidos, ver Figura 22.

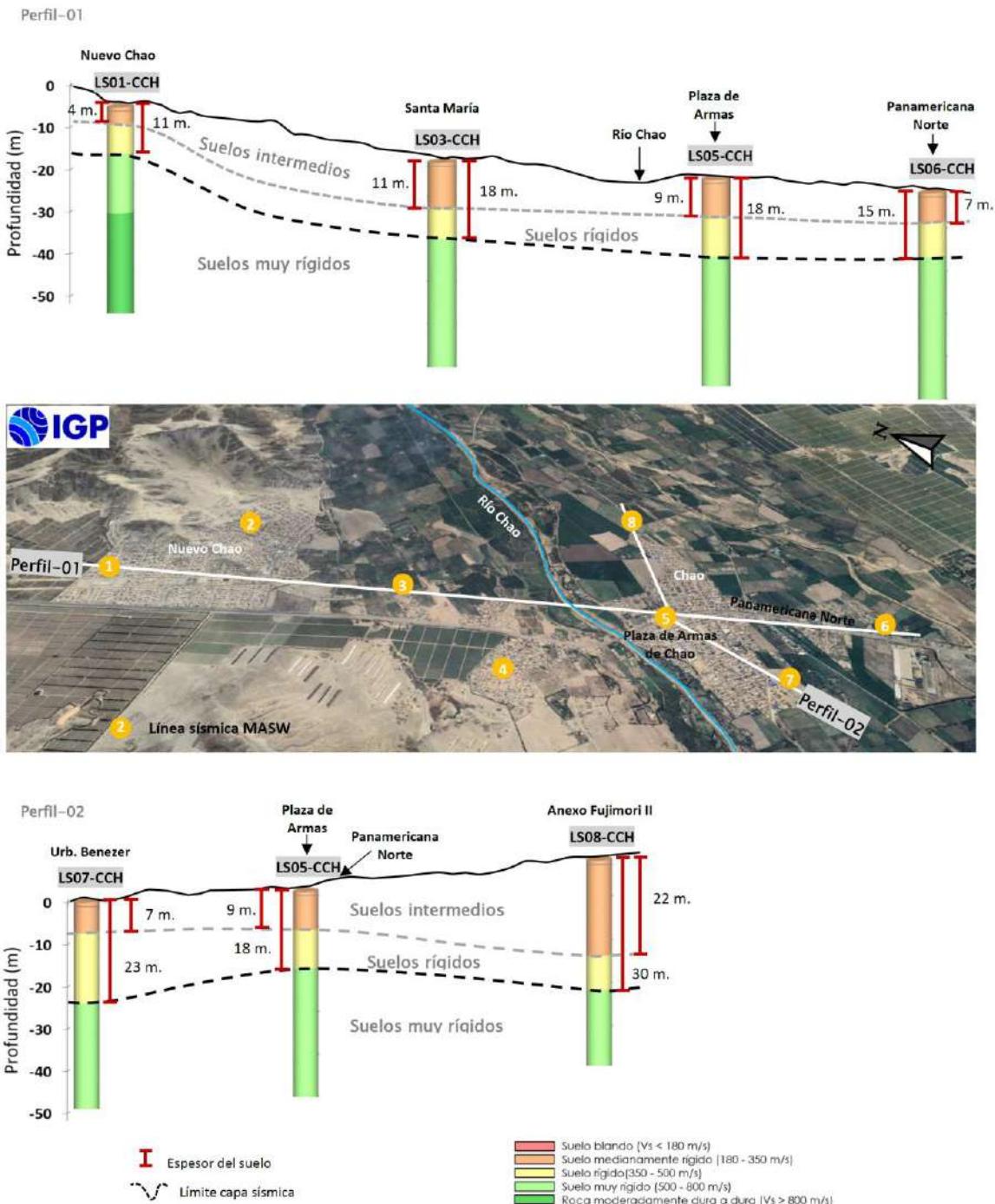


Figura 22. Resultados de MASW-MAM ubicados a lo largo de los perfiles 01 y 02, muestran la disposición de las capas de suelos identificados en el distrito de Chao.

En este contexto, los suelos que caracterizan el área urbana de Chao corresponden a depósitos aluviales y fluviales de variada rigidez que podría deberse al contenido de humedad. Por debajo se encontraría la roca intrusiva que se evidencia en el sector de Nuevo Chao.

Para el área de estudio, se identificaron velocidades de ondas sísmicas Vs30 de 324 - 336 m/s, 350 - 575 m/s y 515 - 570 m/s, que corresponden a suelos Tipo S3, S2 y S1 (Norma E.030), conformados por suelos medianamente rígidos, rígidos y muy rígidos respectivamente, con el predominio de suelos medianamente rígidos.

3.3. Método de Resistividad Eléctrica

El método de Resistividad Eléctrica - ERT (Orellana, 1982), permite determinar las variaciones de resistividad y conductividad eléctrica de las rocas y suelos para conocer su contenido de humedad o el nivel freático en su estructura. En general, los materiales que conforman el suelo muestran diversos rangos de valores de resistividad (ρ) que dependen principalmente de la porosidad del suelo, conductividad de las partículas y del contenido de agua o de sales disueltas en las fracturas de las rocas.

3.3.1. 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 23). En la Tabla 14 se presentan las características de las líneas ERT y en la Figura 24 su distribución espacial en el área urbana del distrito de Chao.

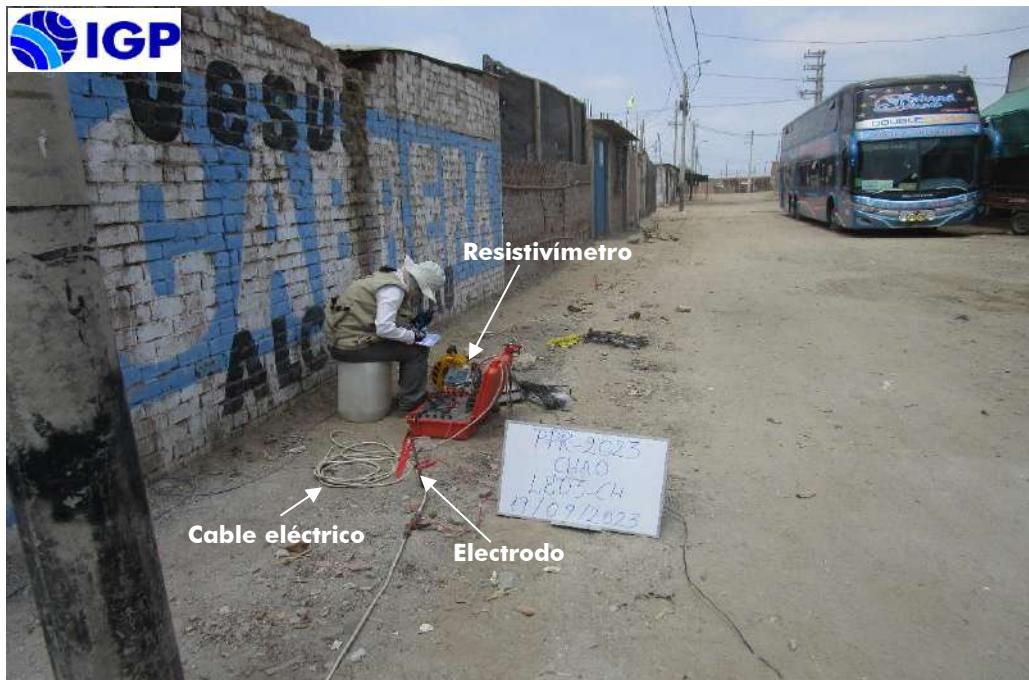


Figura 23. Equipos utilizados en la adquisición de datos ERT.

Tabla 14. Coordenadas y características del ensayo ERT realizados en el área de estudio.

Línea Eléctrica	Coordenadas UTM – WGS84		Cota (m s.n.m.)	Espaciamiento entre electrodos (m)	Longitud total (m)
	Este (m)	Norte (m)			
LE01- CCH	754620	9059464	152	10	160
	754687	9059275	148		
LE02- CCH	755362	9058710	158	10	150
	755528	9058665	142		
LE03- CCH	755304	9057229	109	10	200
	755183	9057084	109		
LE04- CCH	754731	9056447	104	10	180
	754699	9056252	104		
LE05- CCH	755426	9055203	94	10	160
	755267	9055035	92		
LE06- CCH	755996	9053797	87	10	190
	761304	9005022	30		

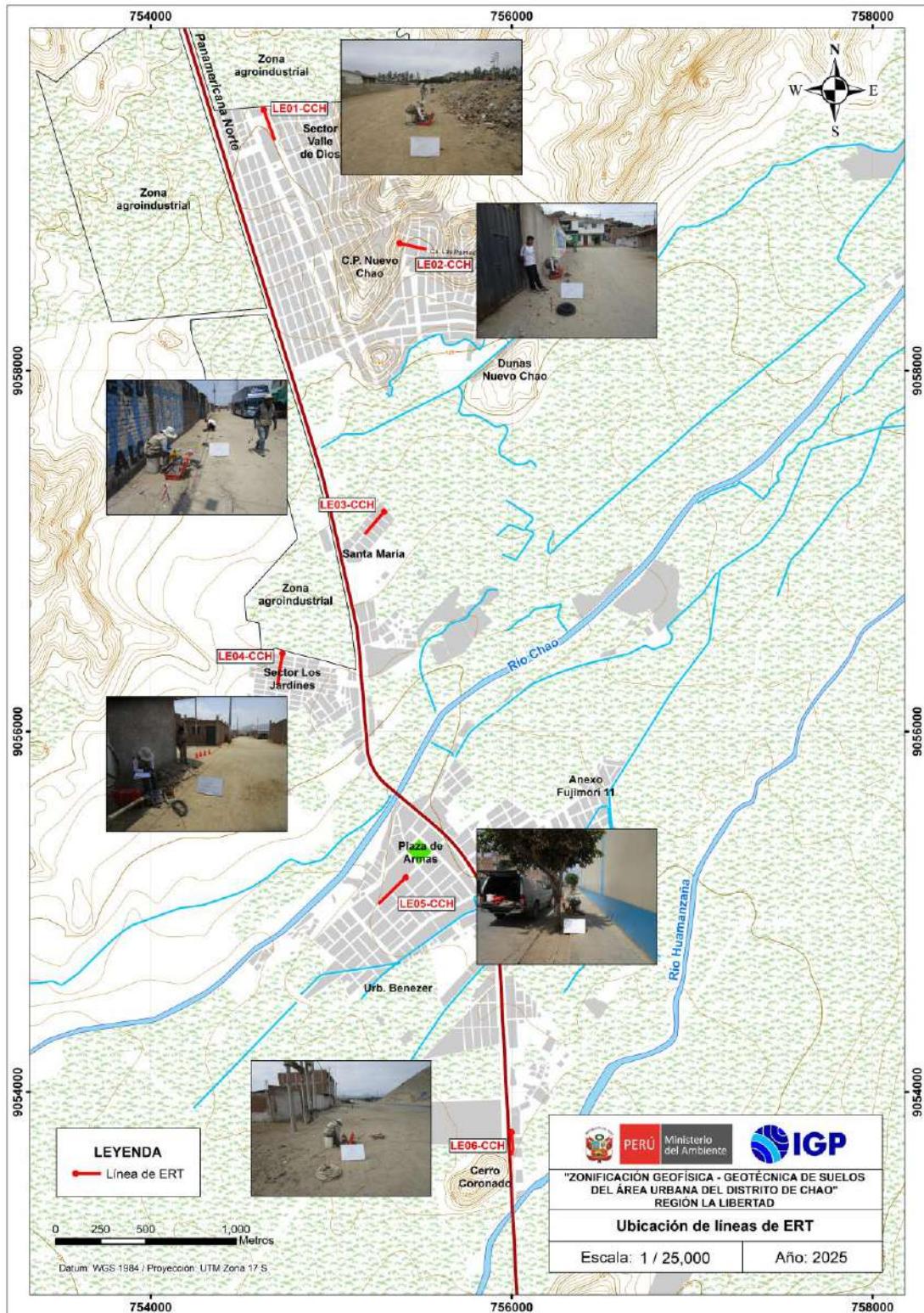


Figura 24. Distribución espacial de las líneas de ERT codificadas como LE01-CCH,... LE06-CCH en el área urbana del distrito de Chao.

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 40 metros de profundidad. En la Figura 25, se presenta la sección obtenida para la línea LE01–CCH y en el Anexo 3, para las secciones restantes.

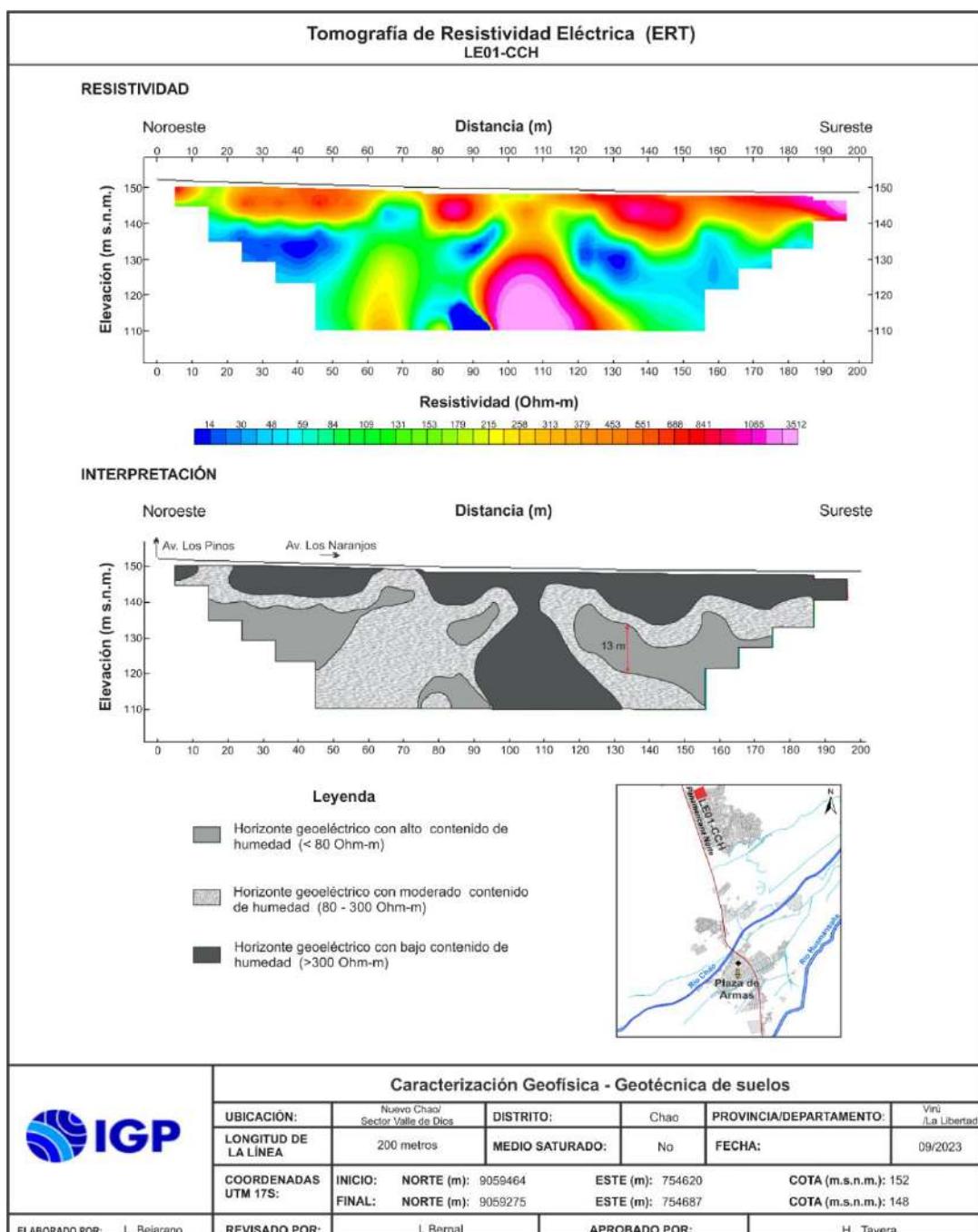


Figura 25. Resultado de tomografía de resistividad eléctrica para la línea LE01-CCH.

Sección geoeléctrica LE01-CCH: Realizada en Nuevo Chao en el Sector Valle de Dios (Av. Los Naranjos) sobre una longitud de 200 metros y en dirección NO-SE. En esta sección y en superficie se identifica tres zonas anómalas con bajo contenido de humedad (> 300 Ohm-m), la primera a lo largo de los primeros 10 metros con un espesor de 4 metros, la segunda entre las longitudes de 20 y 90 metros con un espesor máximo de 10 metros y la tercera anomalía entre las longitudes de 110 y 200 metros llegando a tener un espesor de 40 metros en su inicio para luego disminuir hasta los 4 metros en dirección SE. El segundo horizonte geoeléctrico con moderado contenido de humedad (80 a 300 Ohm-m) se muestra a lo largo de la línea en superficie, entre los 10 y 20 metros y entre los 90 y 100 metros en capas con espesores de 4 hasta los 29 metros. El tercer horizonte con alto contenido de humedad (> 80 Ohm-m), está presente en 4 zonas anómalas en capas con espesores entre los 5 y 20 metros.

Sección geoeléctrica LE02-CCH: Realizada en Nuevo Chao, en la calle Las Palmas sobre una longitud de 170 metros y en dirección noroeste-sureste. En esta sección se identifica la presencia de tres horizontes geoeléctricos. El primero se presenta en superficie con alto contenido de humedad (< 80 Ohm-m) entre los 10 y 45 metros con espesores de 2 a 26 metros con una ligera inclinación. El segundo horizonte, también presente en superficie con moderado contenido de humedad (80 a 300 Ohm-m) entre las longitudes de 46 a 126 metros y 151 a 170 metros con espesores entre 1 y 10 metros y en profundidad (23 metros bajo la superficie), con espesores entre 3 a 8 metros. El tercer horizonte con bajo contenido de humedad (> 300 Ohm-m) está presente entre los 126 y 151 metros lineales en superficie con 3.0 metros de espesor, también se presenta en profundidad (29 metros bajo la superficie) con un espesor entre 3 a 11 metros.

En el Anexo 3, se describen los resultados obtenidos para el resto de las secciones geoeléctricas.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las secciones de tomografía eléctrica para el área urbana del distrito de Chao, se ha identificado la presencia de suelos húmedos y/o saturados con las siguientes características (Figura 26):

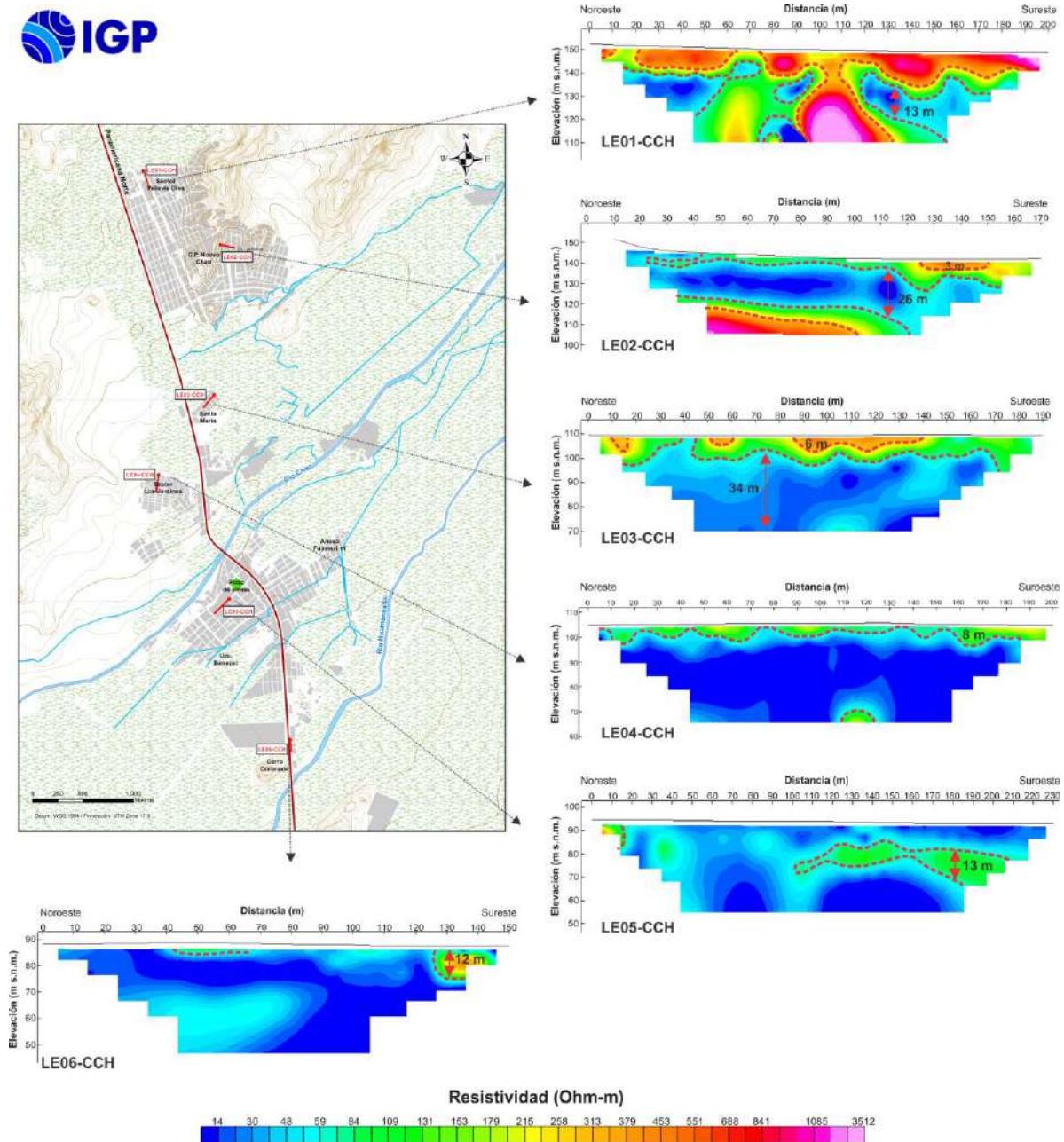


Figura 26. Ubicación de las líneas de eléctrica LE01-CCH, ..., LE06-CCH, y su respectiva sección de tomografía eléctrica.

-Hacia el extremo norte del área de estudio (sector El Valle de Dios, C.P. Nuevo Chau), se identifican tres horizontes: El primer horizonte, hacia el sector Valle de Dios, desde la superficie hasta los ~10 metros presenta bajo contenido de humedad y a mayor profundidad moderado contenido de humedad; a diferencia, de lo obtenido en Nuevo Chimbote, donde el primer horizonte de 3 a 5 metros de espesor presenta moderado contenido de humedad y por debajo en el segundo horizonte con espesores de hasta 26 metros presenta alto contenido de humedad y a mayor profundidad, no se evidencia contenido de humedad (Figura 26).

-En el extremo sur del área de estudio (sector Los Jardines, entre los ríos Chao y río Huamanzaña donde se ubica la zona céntrica de Chao, Urb. Benezer y Anexo Fujimori 11), se ha identificado la presencia de dos horizontes: El primer horizonte de 3 a 8 metros de espesor presenta moderado contenido de humedad y por debajo en el segundo horizonte con espesores de hasta 40 metros presenta alto contenido de humedad (Figura 26).

4. ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA - GEOTÉCNICA

La caracterización física y dinámica de los suelos del área urbana del distrito de Chao 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 del distrito de Chao se encuentra ubicada a una altura promedio de 68 m s.n.m. y se asienta sobre depósitos de gravas gruesas a finas, bien clasificadas, arena y limos en proporciones variables y en algunos tramos, está cubierta por depósitos eólicos. Además, en el sector NO se emplaza sobre una secuencia de estratos volcano sedimentarios (andesitas, lutitas y bancos calcáreos). Asimismo, presenta una topografía con elevaciones intermedias hasta los 160 m s.n.m. en la localidad de Nuevo Chao y cotas bajas entre los 60 y 100 m s.n.m., desde su extremo NO hasta el SE de su territorio, siendo atravesado por el río Chao.

Los suelos del área urbana de Chao responden a períodos de 0.1 y 0.3 segundos distribuidos de manera uniforme sobre todo el área de estudio, aunque en algunos lugares, muestran sensibilidad a un segundo rango de períodos entre 0.5 y 0.8 segundos, y ante la ocurrencia de sismos podría afectar a estructuras que respondan a esos períodos. Este segundo rango se identifica principalmente hacia el extremo norte del sector Villa de Dios y en el Anexo Fujimori 11; asimismo, en dirección sur próximo al río Huamanzaña y al borde del río Chao. A fin de describir las características físicas y dinámicas del suelo se dividió el área de estudio en 3 sub áreas distribuidas según la Figura 27:

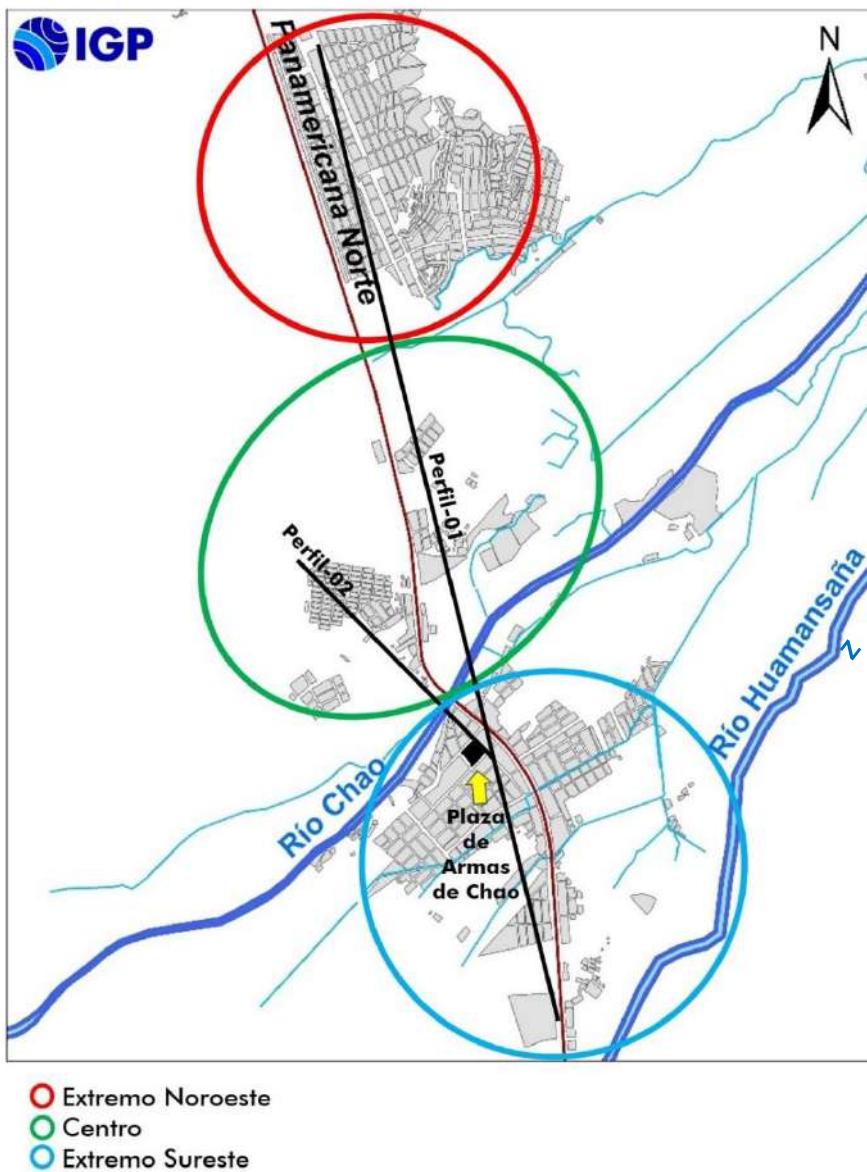


Figura 27. Delimitación de subáreas para una mejor descripción de la estructura del suelo, a partir de la correlación de los resultados obtenidos con los métodos de ERT y MASW-MAM.

Extremo noroeste del distrito de Chao, comprende el sector Valle de Dios y el centro poblado Nuevo Chao.

- Existe una capa de suelo medianamente rígido a muy rígido conformada por material aluvial (gravas con arenas) y roca sedimentaria de la formación Casma.
- Presentan velocidades $V_s=278-702$ m/s y espesores mayores a 15 metros, ver Figura 28.

- Los suelos presentan ALTO contenido de humedad en el sector Valle de Dios a partir de los 10 metros de profundidad.
- Hacia el sector Valle de Dios los suelos generan niveles altos de amplificación.
- Los periodos de respuesta dinámica de los suelos son de 0.1 y 0.2 segundos. Adicionalmente, hacia el extremo norte del Sector Valle de Dios, los suelos muestran sensibilidad a periodos largos.
- A mayor profundidad, la capa de suelo está compuesto por material muy rígido y/o roca

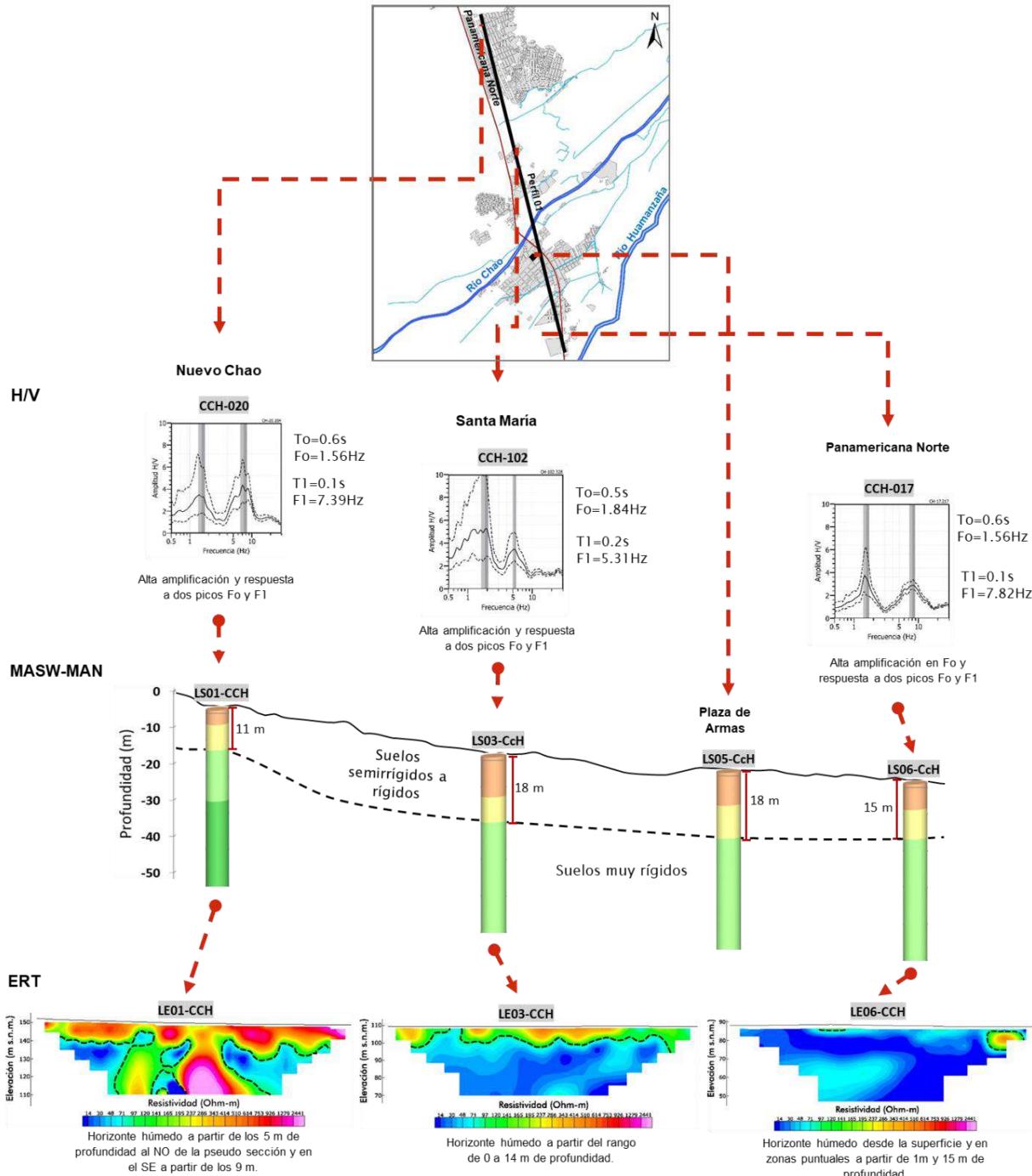
Zona Centro del distrito de Chao, comprende los sectores de Santa María y Los Jardines, centro poblado San Luis, zonas que colindan con el río Chao.

- Presenta una capa de suelo medianamente rígido a rígido constituido por arenas limosas.
- Se observan capas con velocidades $V_s=194-426$ m/s y espesores mayores a los 16 metros.
- Presentan alto contenido de humedad desde la superficie y se incrementa en profundidad, ver parte central del perfil 01 (Figura 28).
- Estos suelos muestran sensibilidad a de periodos entre 0.2 y 0.5 segundos.

Extremo sureste del distrito de Chao, comprende zonas aledañas a la plaza de Armas de Chao, la Urb. Benezer, el Anexo Fujimori 11, y áreas próximas al río Huamanzaña.

- Presenta una capa de suelo medianamente rígida constituido por arenas y arcilla.

- La capa presenta Velocidades $V_s=202-424$ m/s y espesores entre los 18 y 30 metros, ver parte sureste de los perfiles 01 y 02 (Figuras 28 y 29).



- presentan alto contenido de humedad desde la superficie y se incrementa en profundidad.
- Los suelos responden a períodos de entre 0.1 y 0.2 segundos y adicionalmente, muestran sensibilidad a períodos largos que fluctúan entre 0.5 y 0.8 segundos.

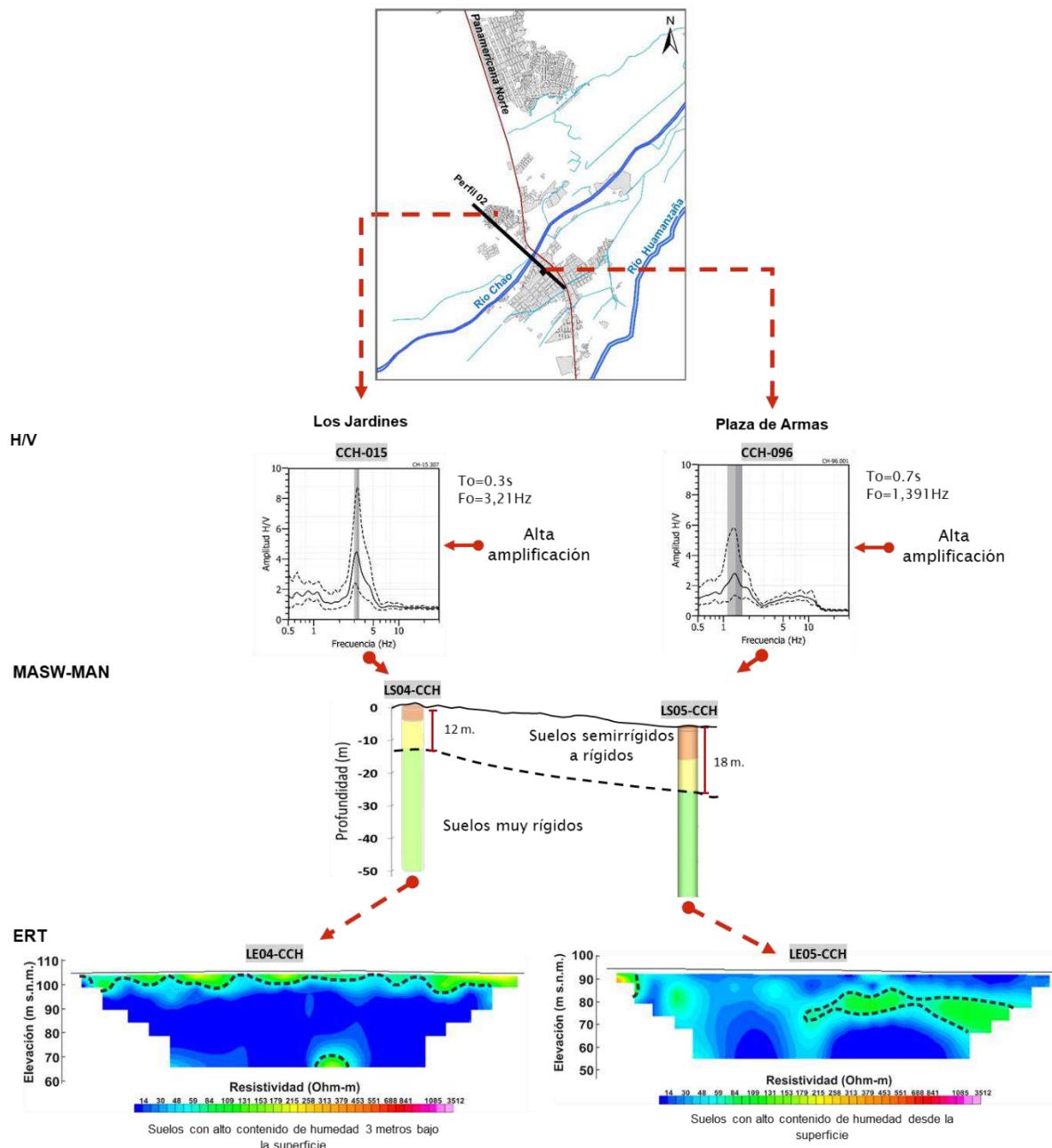


Figura 29. Estructura del suelo identificado al centro y extremo SE del área urbana del distrito de Chao, Perfil-02 realizado a partir de la correlación de los resultados obtenidos con los métodos de ERT y MASW-MAM.

Los períodos dominantes se encuentran relacionados con las condiciones físicas del suelo a través de la relación $T_o = 4H/V_s$, donde T_o es el periodo dominante, H el espesor del estrato y V_s es la velocidad de onda de corte. Asumiendo velocidades de 320 m/s y 370 m/s para las ondas de corte (V_s) y períodos de 0.1 y 0.5 segundos, se estima la presencia de una capa superficial con espesores de 8 a 40 metros. Los resultados de este análisis sugieren que en el área de estudio existe una capa de suelo blando de menor espesor a nivel superficial sobre suelos medianamente rígidos de mayor espesor.

4.2. Mapa de Zonificación Geofísica – Geotécnica

El mapa de zonificación geofísica-geotécnica para el área del distrito de Chao, 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 Tipo S1, S2, S3 y S4, que corresponde a suelos de rígidos a blandos.

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

-ZONA I: Considera suelos conformados por gravas con arena. Presenta velocidades de ondas de corte V_s30 de 515 a 570 m/s, con períodos de vibración natural entre 0.1 – 0.2 segundos, parámetros que definen la existencia de suelos Tipo S1 (NTE 030); es decir, suelos con comportamiento rígido a muy rígido. Esta zona se identifica hacia el extremo NE del área de estudio, que comprende al centro poblado Nuevo Chao.

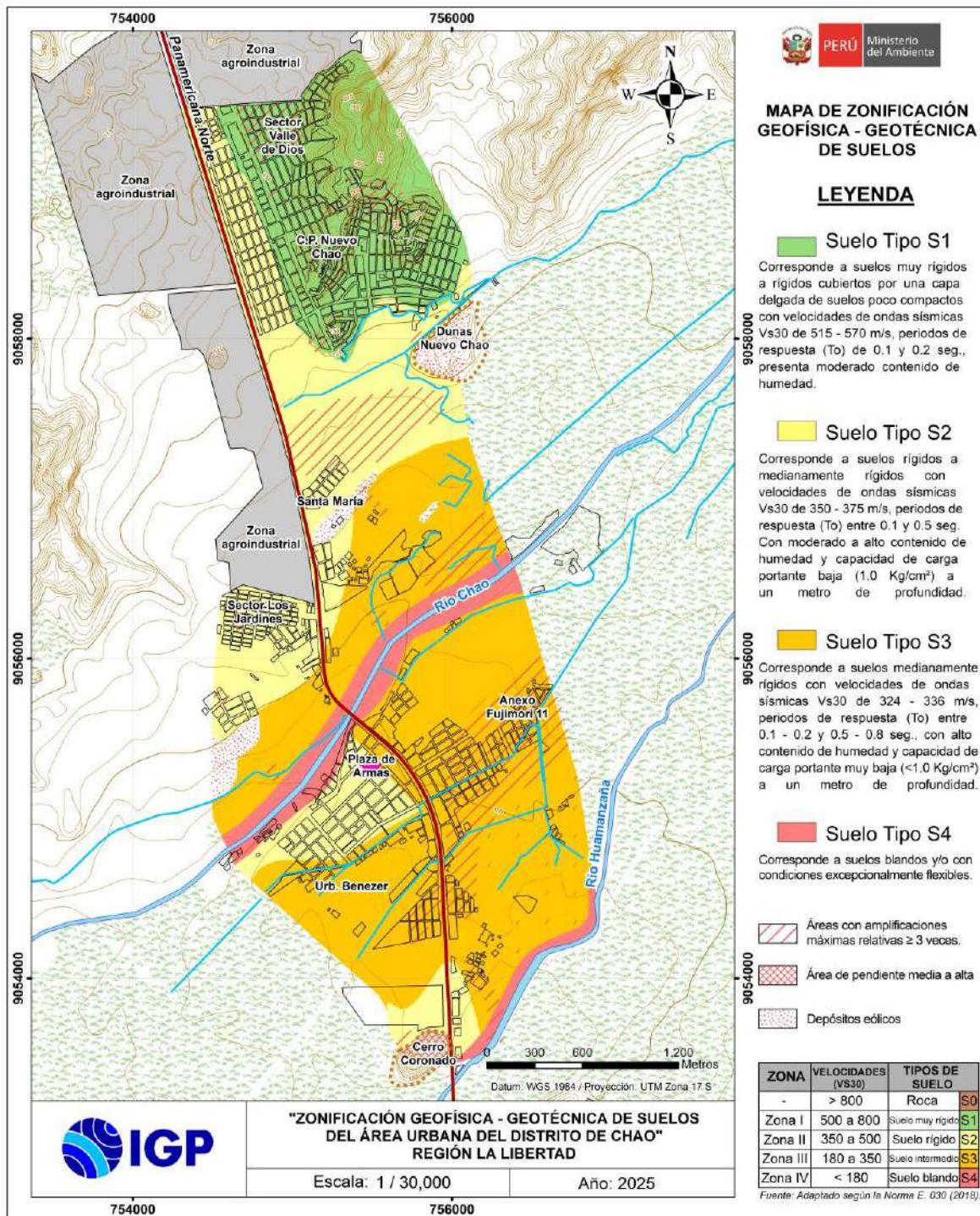


Figura 30. Mapa de Zonificación Geofísica - Geotécnica de los suelos del distrito de Chao.
Escala 1/30,000.

-ZONA II: Considera suelos conformados por depósitos de aluvial y eólicos. Presenta velocidades de ondas de corte Vs30 de 350 a 375 m/s. Los suelos presentan periodos de vibración natural entre 0.1-0.5 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 se presenta a partir de los 15 metros de profundidad en las inmediaciones del sector Santa María y desde la superficie en las proximidades de la plaza de Armas. A un metro de profundidad, los suelos presentan una capacidad de carga portante muy baja ($<1 \text{ kg/cm}^2$). Esta zona comprende los sectores Valle de Dios, Santa María, Los Jardines, Benezer, plaza de Armas y alrededores del Cerro Coronado (Figura 30).

-ZONA III: Considera suelos conformados por material aluvial con predominio de arcilla y arena. Presenta velocidades de ondas de corte Vs30 de 324 a 336 m/s. Los suelos responden en dos rangos de periodos entre 0.1-0.2 y 0.5-0.8 segundos, ambos definen la existencia de suelos Tipo S3, es decir, suelos con comportamiento de medianamente rígido a blando (NTE 030). 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 Anexo Fujimori 11 y sector próximo el río Huamanzaña y ría Chao (Figura 30).

-ZONA IV: Considera suelos Tipo S4; es decir, suelos blandos a excepcionalmente flexibles en temporadas de lluvia. Estos suelos se encuentran en zonas inundables, suelos arcillosos con alto nivel de saturación y terrenos inestables. Esta zona comprende sectores próximos al río Chao y río Huamanzaña, ver Figura 30.

Asimismo, en el mapa de zonificación, con las líneas inclinadas en rojo se delimitan áreas donde los suelos presentan amplificaciones relativas mayores a 3 veces.

CONCLUSIONES

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

- Geomorfológicamente, el área urbana del distrito de Chao presenta cuatro unidades geomorfológicas que corresponden a colinas, lecho fluvial, dunas y llanura, esta última está conformada por arenas, limos sobre los cuales se emplaza la ciudad de Chao.
- Geológicamente, se identificó la presencia de un substrato rocoso constituido por dioritas, granodioritas, andesitas, lutitas arenosas y areniscas cuarzosas en algunos tramos cubiertas por depósitos eólicos.
- En base a los resultados de los ensayos geotécnicos y del laboratorio de suelos, se ha determinado que los tipos de suelos en Chao están conformados por arena pobremente gradadas (SP), arenas limosas (SM), arena pobremente gradada con limo (SP-SM), arcillas inorgánicas de baja plasticidad (CL) y grava bien gradada con arena (GW) los cuales presentan capacidad de carga portante muy baja ($< 1.00 \text{ kg/cm}^2$).
- El análisis espectral de los registros de vibración ambiental, evidencian que los suelos del área urbana del distrito de Chao, responden a periodos entre 0.1 y 0.5 segundos. Asimismo, por sectores los suelos muestran sensibilidad a un segundo rango de periodos largos (0.5 - 0.8 segundos), identificados principalmente hacia el extremo norte del sector Valle de Dios, en dirección del Anexo Fujimori 11 y zonas próximas a los ríos Huamanzaña y Chao, evidenciando la presencia de suelos heterogéneos cuya respuesta dinámica ante sismos es compleja.

- En el área urbana de Chao, se ha identificado el predominio de suelos rígidos a medianamente rígidos cuyas velocidades de ondas sísmicas corresponden a un Vs30 de 324 a 375 m/s con espesor de entre 9 y 30 metros, los mayores espesores se identificaron en dirección NE de la plaza de Armas por el Anexo Fujimori II y los menores espesores por la plaza de Armas. Mientras que, hacia el extremo norte en el C.P. Nuevo Chao se identifican suelos rígidos a muy rígidos con Vs30 de 515 a 570 m/s con espesor de hasta 11 metros, en este sector por debajo de los 30 metros se identifica roca ($V_s=1023$ m/s).

- Los suelos en el área urbana del distrito de Chao, así como, en los lugares próximos a los ríos Chao y Huamanzaña, presentan alto contenido de humedad. En el extremo Norte, la humedad se presenta por debajo de los 15 metros y en la zona central y el Sur del área de estudio, desde la superficie hasta los 40 metros de profundidad.

- Los resultados obtenidos para el área urbana del distrito de Chao 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 S1, S2, S3 y S4 que corresponden a suelos muy rígidos, 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.*
- Cárdenas, M. (1996). *Patrón de asentamiento prehispánico en el valle de Chao, Costa Norte del Perú.*
- CENEPRED, (2017) - *Evaluación de riesgo por inundación pluvial en los centros poblados de Chao, Nuevo Chao y El Inca, distrito de Chao, provincia de Virú, departamento de la Libertad.*
- Cossio, A. & Jaén, H., (1967). *Geología de los cuadrángulos Puemape 16-d, Chocope 16-e, Otuzco 16-f, Trujillo 17-e, Salaverry 17-f y Santa 18-f. Serie A: Carta Geológica Nacional. Boletín N° 59. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico- INGEMMET.*
- Dirección General de Aguas (DGA) del Ministerio de Agricultura (1974). *Estudio de reconocimiento de los valles de Chao y Virú.*
- Instituto Nacional de Estadística e informática – INEI (2017). Perú –Resultados definitivos – Tomo I
- Lermo, J. y Chavez-Garcia, F.J. (1994a). "Are microtremors useful in site response evaluation", *Bull. Seism. Soc. Am.* 84, 1350-1364 pp.
- Medina, L. y Luque, G., (2008) – *Zonas críticas en la región La Libertad.*
- Meyerhof, G., G., (1956). *Penetración Test and Bearing Capacity of Cohesionalless Soils. Journal of the Soils Mechanics and Foundations División, ASCE, Vol 82 N°SM1, Proc. Paper 886, Jan. 1956, pp-19.*
- 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.*

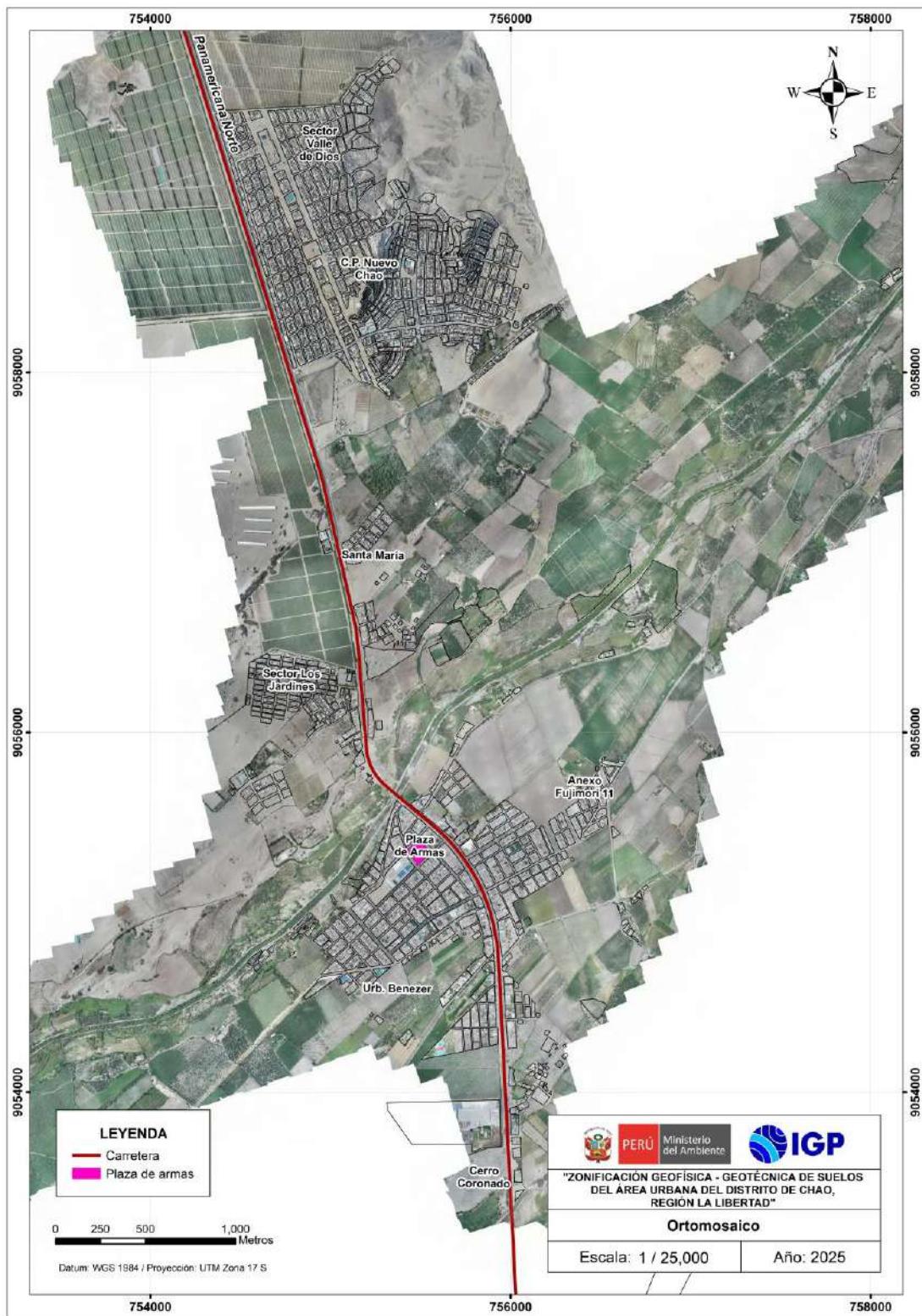
SESAME (2004). Guidelines for the Implementation of the H/V Spectral Ratio Technique on Ambient Vibrations, Research Report WP12, Available online at: <http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/index.htm>. 2004.

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.

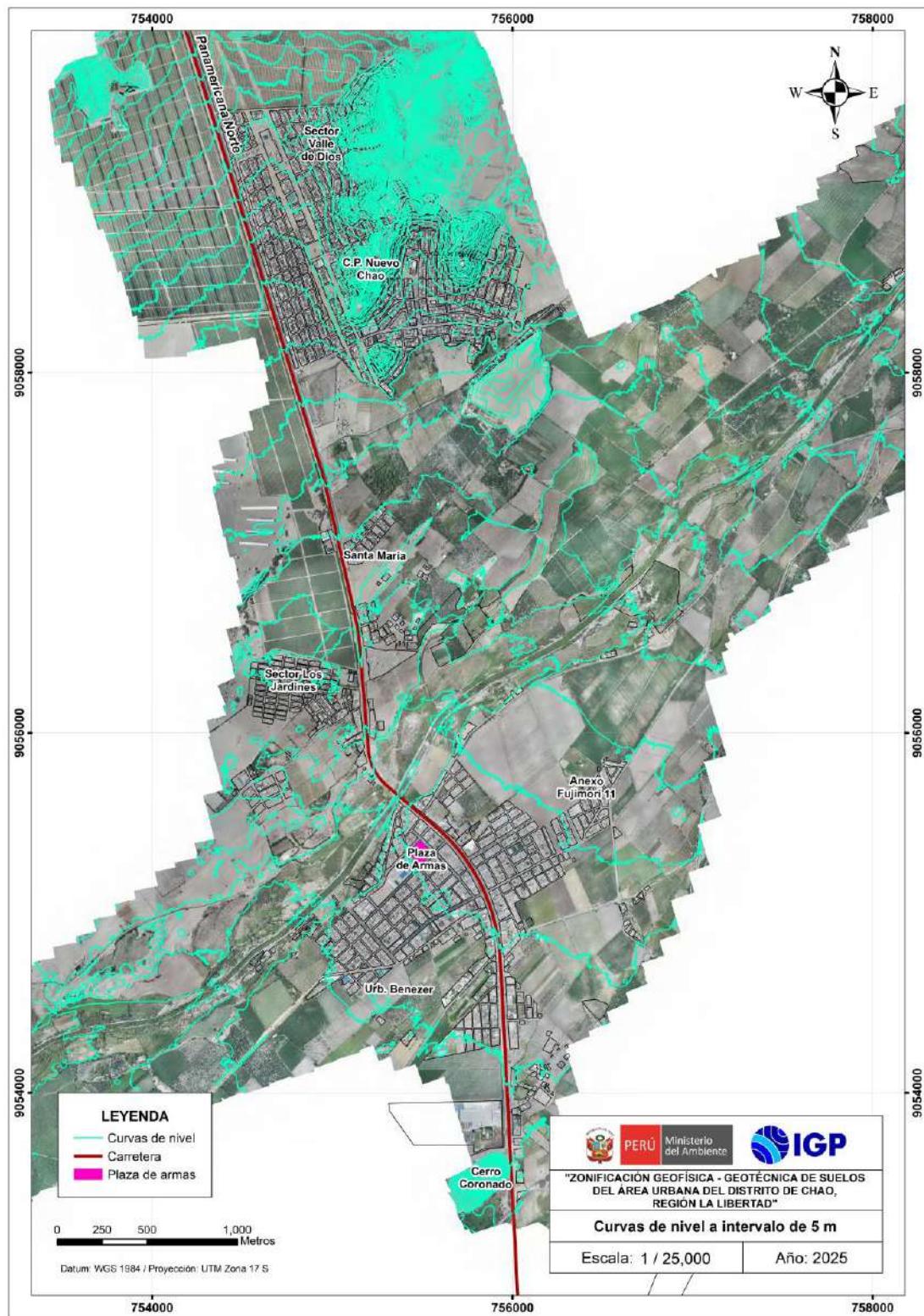
Terzaghi, K. Peck, B., G. & Mesri, G. (1984). Soil mechanics in engineering practice, New York: Wiley.

ANEXOS 1
Información Topográfica

Ortomosaico



Curvas de nivel



ANEXOS 2
Información Geológica – Geotécnica

Logueo de Calicatas

 PERÚ Ministerio del Ambiente	 IGP																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
REGISTRO DE CALICATAS																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA- GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE CHAO		CCH-01																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
CALICATA: Sector Valle de Dios UBICACIÓN: Chao DISTRITO: Chao PROFUNDIDAD (m): 3.00 NORTE (m): 9059394 ELABORADO POR:		PROVINCIA: Virú NIVEL FREÁTICO (m): N.P. COORDENADAS UTM: ESTE (m): 754563 REVISADO POR: Juan Carlos Gómez A. FECHA: Junio 2023 COTA (m s.n.m.): 156 RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="text-align: center; width: 10%;">PROF. (m)</th> <th rowspan="2" style="text-align: center; width: 10%;">MUESTRAS</th> <th rowspan="2" style="text-align: center; width: 10%;">HUMEDAD (%)</th> <th rowspan="2" style="text-align: center; width: 10%;">DENSIDAD (g/cm³)</th> <th rowspan="2" style="text-align: center; width: 10%;">GRÁFICO</th> <th rowspan="2" style="text-align: center; width: 10%;">SUCS</th> <th rowspan="2" style="text-align: center; width: 10%;">REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL</th> <th colspan="2" style="text-align: center; width: 60%;">DESCRIPCIÓN</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">D_h</th> <th style="text-align: center;">D_s</th> <th colspan="2"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>0.10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2">Relleno antrópico</td> </tr> <tr> <td>0.20</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>0.30</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>0.40</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>0.50</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>0.60</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>0.70</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>0.80</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>0.90</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>1.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>1.10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>1.20</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>1.30</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>1.40</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>1.50</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>1.60</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>1.70</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>1.80</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>1.90</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>2.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>2.10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>2.20</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>2.30</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>2.40</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>2.50</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>2.60</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>2.70</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>2.80</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>2.90</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>3.00</td> <td style="text-align: center;">(M-01)</td> <td style="text-align: center;">1.2</td> <td style="text-align: center;">1.66</td> <td style="text-align: center;">1.64</td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table>		PROF. (m)	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (g/cm ³)	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN		D _h	D _s			0.00									0.10							Relleno antrópico		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-01)	1.2	1.66	1.64				
PROF. (m)	MUESTRAS								HUMEDAD (%)	DENSIDAD (g/cm ³)	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN																																																																																																																																																																																																																																																																																							
		D _h	D _s																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
0.10							Relleno antrópico																																																																																																																																																																																																																																																																																														
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-01)	1.2	1.66	1.64																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
REGISTRO FOTOGRÁFICO CCH-01																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
La calicata se realizó en el extremo noroeste del sector Valle de Dios El ensayo de densidad se realizó a 1.20 m. de profundidad																																																																																																																																																																																																																																																																																																					



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

REGISTRO DE CALICATAS								
ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE CHAO			CALICATA:	CCh - 02				
			UBICACIÓN:	Valle de Dios-Nuevo Chao				
			DISTRITO:	Chao				
			PROFUNDIDAD (m):	2.70				
COORDENADAS UTM			PROVINCIA:	Viru				
NORTE (m): 9058523			NIVEL FREÁTICO (m):	N.P.				
ESTE (m): 754658			FECHA:	Junio 2023				
REVISADO POR: Juan Carlos Gómez A.			COTA (m s.n.m.):	144				
ELABORADO POR:			RESPONSABLE DEL PROYECTO:	Hernando Távara				
(m) PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (g/cm ³) D _h D _s	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN	
							D _h	D _s
0.00					SM		Arena llimosa con presencia de raíces y clastos allados de forma subredondeada a subangulosa, humedad baja, compactación baja.	
0.30					SP		Arena con presencia de clastos de forma subangulos a subredondeados, humedad baja, compactación baja.	
0.60								
0.90								
1.20								
1.50								
1.80								
2.10								
2.40								
2.70								
3.00								
3.30								
3.60								
3.90								
4.20								
4.50								
4.80								
5.10								
5.40								
5.70								
6.00								
6.30								
6.60								
6.90								
7.20								
7.50								
7.80								
8.10								
8.40								
8.70								
9.00								
9.30								
9.60								
9.90								
10.20								
10.50								
10.80								
11.10								
11.40								
11.70								
12.00								
12.30								
12.60								
12.90								
13.20								
13.50								
13.80								
14.10								
14.40								
14.70								
15.00								
15.30								
15.60								
15.90								
16.20								
16.50								
16.80								
17.10								
17.40								
17.70								
18.00								
18.30								
18.60								
18.90								
19.20								
19.50								
19.80								
20.10								
20.40								
20.70								
21.00								
21.30								
21.60								
21.90								
22.20								
22.50								
22.80								
23.10								
23.40								
23.70								
24.00								
24.30								
24.60								
24.90								
25.20								
25.50								
25.80								
26.10								
26.40								
26.70								
27.00								
27.30								
27.60								
27.90								
28.20								
28.50								
28.80								
29.10								
29.40								
29.70								
30.00								
30.30								
30.60								
30.90								
31.20								
31.50								
31.80								
32.10								
32.40								
32.70								
33.00								
33.30								
33.60								
33.90								
34.20								
34.50								
34.80								
35.10								
35.40								
35.70								
36.00								
36.30								
36.60								
36.90								
37.20								
37.50								
37.80								
38.10								
38.40								
38.70								
39.00								
39.30								
39.60								
39.90								
40.20								
40.50								
40.80								
41.10								
41.40								
41.70								
42.00								
42.30								
42.60								
42.90								
43.20								
43.50								
43.80								
44.10								
44.40								
44.70								
45.00								
45.30								
45.60								
45.90								
46.20								
46.50								
46.80								
47.10								
47.40								
47.70								
48.00								
48.30								
48.60								
48.90								
49.20								
49.50								
49.80								
50.10								
50.40								
50.70								
51.00								
51.30								
51.60								
51.90								
52.20								
52.50								
52.80								
53.10								
53.40								
53.70								
54.00								
54.30								
54.60								
54.90								
55.20								
55.50								
55.80								
56.10								
56.40								
56.70								
57.00								
57.30								
57.60								
57.90								
58.20								
58.50								
58.80								
59.10								
59.40								
59.70								
60.00								
60.30								
60.60								
60.90								
61.20								
61.50								
61.80								
62.10								
62.40								
62.70								
63.00								
63.30								
63.60								
63.90								
64.20								
64.50								
64.80								
65.10								
65.40								
65.70								
66.00								
66.30								
66.60								



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

REGISTRO DE CALICATAS																
ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE CHAO		CALICATA:		CCH - 03												
		UBICACIÓN:		Nuevo Israel- Nuevo Chao												
		DISTRITO:		Chao	PROVINCIA:	Virú	REGIÓN:	La Libertad								
		PROFUNDIDAD (m):		2.50	NIVEL FREÁTICO (m):	N. P.	FECHA:	Junio 2023								
ELABORADO POR:		COORDENADAS UTM														
		NORTE (m):	9058555	ESTE (m):	756125	COTA (m s.n.m.): 140										
		REVISADO POR:	Juan Carlos Sánchez A.		RESPONSABLE DEL PROYECTO:											
(m)	PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIADAD (gr/cm3)	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN								
									Dh	Ds						
									0.00							Relleno antrópico
									0.10							
									0.20							
									0.30							
									0.40							
									0.50							
									0.60							
									0.70							
									0.80							
									0.90							
									1.00							
									1.10							
									1.20							
									1.30							
									1.40							
									1.50							
									1.60							
									1.70							
									1.80							
									1.90							
									2.00							
									2.10							
									2.20							
									2.30							
2.40																
2.50																
M-03	0.09	1.90	1.88													
2.60																
2.70																
2.80																
2.90																
3.00																
3.10																
3.20																

OBSERVACIONES:

REGISTRO FOTOGRÁFICO CCH - 03	
La calicata se realizó en las inmediaciones del sector Nuevo Israel	
El ensayo de densidad se realizó a 1.20 m. de profundidad	



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

REGISTRO DE CALICATAS								
			CCh - 04					
			CALICATA:	Sector Santa María				
			UBICACIÓN:	Chao				
			DISTRITO:	PROVINCIA: Virú				
			PROFUNDIDAD (m): 2.70	NIVEL FREÁTICO (m): N.P.				
			REGIÓN: La Libertad					
			FECHA: junio 2023					
			COORDENADAS UTM					
			NORTE (m): 8057120	ESTE (m): 755228	COTA (m s.n.m.): 116			
ELABORADO POR:			REVISADO POR: Juan Carlos Gómez A.		RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera			
(m) PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (g/cm³)		GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
			D _h	D _s				
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	M-07	1.87	1.57	1.54				Arena limosa, humedad baja, compactación baja
2.80								
2.90								
3.00								

OBSERVACIONES:

REGISTRO FOTOGRÁFICO CCh - 04	

La calicata se realizó a inmediaciones de campo deportivo

El ensayo de densidad se realizó a 0.80 m. de profundidad



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



REGISTRO DE CALICATAS								
				CCh - 05				
ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE CHAO				CALICATA: Sector Los Jardines UBICACIÓN: Chao DISTRITO: Chao PROFUNDIDAD (m): 2.00 NIVEL FREÁTICO (m): N.P. COORDENADAS UTM: NORTE (m): 9056233 ESTE (m): 754557 COTA (m s.n.m.): 112 ELABORADO POR: REVISADO POR: Juan Carlos Gómez A. RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera				
(m)	PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (g/cm³)	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	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								
1.80								
1.90								
2.00	M-05	0.35	1.72	1.71	SP-SM			Arenas intercalada con limos, humedad nula y compactación baja a nula.
OBSERVACIONES:								
REGISTRO FOTOGRÁFICO CCh - 05								
								
La calicata se realizó en inmediaciones de campo deportivo del sector Los Jardines				El ensayo de densidad se realizó a 1.00 m. de profundidad				



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



REGISTRO DE CALICATAS

CCh - 06

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

CALICATA:

UBICACIÓN:

DISTRITO:

PROFUNDIDAD (m):

Sector Alberto Fujimori

Chao

PROVINCIA:

Virú

REGIÓN:

La Libertad

FECHA:

Junio 2023

COORDENADAS UTM

NORTE (m):

ESTE (m):

COTA (m s.n.m.):

9055790

756553

108

REVISADO POR:

Juan Carlos Gómez A.

RESPONSABLE DEL PROYECTO:

Hernando Tavera

ELABORADO POR:

(m)	PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (g/cm³)	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	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								
1.80								
1.90								
2.00								
2.10								
2.20								
2.30								
2.40								
2.50								
2.60								
2.70								
2.80	M.06	11.18	1.59	1.41	CL			
2.90								
3.00								

OBSERVACIONES:

REGISTRO FOTOGRÁFICO CCh - 06



La calicata se realizó a inmediaciones del campo deportivo del sector Alberto Fujimori

El ensayo de densidad se realizó a 0.60 m. de profundidad

 PERÚ Ministerio del Ambiente																														
REGISTRO DE CALICATAS																														
ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE CHAO		CALICATA: Calle Margaritas-casco urbano Chao UBICACIÓN: Calle Margaritas-casco urbano Chao DISTRITO: Chao PROVINCIA: Virú REGIÓN: La Libertad PROFUNDIDAD (m): 2.80 NIVEL FREÁTICO (m): N.P. FECHA: Junio 2023 COORDENADAS UTM: NORTE (m): 9054536 ESTE (m): 755168 COTA (m s.n.m.): 96 ELABORADO POR: REVISADO POR: Juan Carlos Gómez A. RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Taveras																												
(m) PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%) Dh Ds	DENSIDAD (gr/cm³)	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERÍF.	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	1.80	1.90	2.00	2.10	2.20	2.30
M-07	1.50	1.43	1.41	SC	SP	SP	SM	Arena arcillosa (terrenos utilizados anteriormente para sembrío)		Arena de grano fino, humedad baja, compactación baja		Arena de grano media a grueso , humedad baja, compactación baja.		Arena limpia con lentes muy finos de arcilla, humedad baja y compactación media a baja																
OBSERVACIONES:																														
REGISTRO FOTOGRÁFICO CCh - 07																														
																														
La calicata se realizó en zonas aledañas a terrenos de uso urbano										El ensayo de densidad se realizó a 0.80 m. de profundidad																				

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



Posteos

MINISTERIO DEL AMBIENTE
PERÚ Ministerio del Ambiente

IGP

REGISTRO DE POSTEOS

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

POSTEO:	Valle de Dios	POST - 01
UBICACIÓN:		
DISTRITO:	Chao	PROVINCIA: Virú
PROFUNDIDAD (m):	0.70	NIVEL FREÁTICO (m): N.P
		COORDENADAS UTM
NORTE (m):	9059137	ESTE (m): 754704
ELABORADO POR:	REVISADO POR: Juan Carlos Gómez A.	COTA (m s.n.m.): 145
		RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera

(m)	PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (g/cm³)	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFILE	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								
1.80								
1.90								
2.00								
2.10								
2.20								
2.30								
2.40								
2.50								
2.60								
2.70								
2.80								
2.90								
3.00								

OBSERVACIONES: El ensayo se detuvo a la profundidad de 0.70 m debido a que el suelo penetrado presentaba algún clasto de mayor diámetro a la cuchara de perforación.

REGISTRO FOTOGRÁFICO POST - 01

--	--

El ensayo se realizó a inmediaciones del colegio de Nuevo Chao

El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo es arena llimosa



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

REGISTRO DE POSTEOS

POST - 02

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

POSTEO:	Plaza de Nueva Chao	PROVINCIA:	Virú	REGIÓN:	La Libertad
DISTRITO:	Chao	NIVEL FREÁTICO (m):	N.P.	FECHA:	Junio 2023
PROFUNDIDAD (m):	2.00	COORDENADAS UTM			
NORTE (m):	9058249	ESTE (m):	755341	COTA (m s.n.m.):	135
ELABORADO POR:	Juan Carlos Gómez A.	REVISADO POR:		RESPONSABLE DEL PROYECTO:	Hernando Tavera

(m)	PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (g/cm³)		GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
				D _h	D _s				
0.00									
0.10									
0.20									
0.30									
0.40									
0.50									
0.60									
0.70									
0.80									
0.90									
1.00									
1.10									Relleno antrópico conformado por arenas y clastos subredondeados a redondeados, humedad media, compactación de media a baja y presencia de raíces
1.20									
1.30									
1.40									
1.50									
1.60									
1.70									
1.80									
1.90									
2.00									
2.10									
2.20									
2.30									
2.40									
2.50									
2.60									
2.70									
2.80									
2.90									
3.00									

OBSERVACIONES: el ensayo se detuvo a las 2.00 m debido a que el suelo presentaba homogeneidad

REGISTRO FOTOGRÁFICO POST - 02

El ensayo se realizó en inmediaciones del centro poblado Nuevo Chao	El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo es arena llomosa



REGISTRO DE POSTEOS									
ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE CHAO			POSTEO:	POST - 03					
			UBICACIÓN:	Sector Las Praderas de Nuevo Chao					
DISTRITO:			Chao	PROVINCIA:	Virú	REGIÓN:	La Libertad		
PROFUNDIDAD (m):			2.00	NIVEL FREÁTICO (m):	N.P.	FECHA:	julio 2023		
COORDENADAS UTM									
NORTE (m):			9057604	ESTE (m):	754945	COTA (m s.n.m.):	124		
ELABORADO POR:			REVISADO POR:		RESPONSABLE DEL PROYECTO:				
Juan Carlos Gómez A.			Juan Carlos Gómez A.		Hernando Tavera				
(m)	PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDA D (gr/cm ³)		GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
				D _h	D _s				
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									
OBSERVACIONES: el ensayo se detuvo a las 2.00 m debido a que el suelo presentaba homogeneidad									
REGISTRO FOTOGRÁFICO POST - 03									
El ensayo se realizó en zonas de cultivo entre el C.P. Nuevo Chao y Santa María					El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo es arena limosa				



REGISTRO DE POSTEOS								
ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE CHAO				POSTEO - 04				
ELABORADO POR:		REVISADO POR:		NORTE (m):	ESTE (m):	COTA (m s.n.m.):		
(m)	PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDA D (gr/cm ³)	GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
0.00								
0.10								Arena limosa , humedad nula, compactación baja
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: La auscultación se detuvo a las 0.60m debido a que el material extraído presentaba baja compactación y por lo que no permitía extraer la muestra								
REGISTRO FOTOGRÁFICO POST - 04								
 17 jun 2023 4:56:33 p. m. 171.754695, -006.55591 Altitud: 102.4m				 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DISTRITO DE CHAO POSTEO - 04 Sector Las Cesuarinas Altitud: 102.4m Norte: 9055589 Este: 754698 Cota: 106 m				
El ensayo se realizó al sur del sector Los Jardines								El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo es arena limosa



REGISTRO DE POSTEOS									
POSTEO: POST - 05									
ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE CHAO									
UBICACIÓN: Sector La Victoria DISTRITO: Chao PROVINCIA: Virú PROFUNDIDAD (m): 1.40 NIVEL FREÁTICO (m): N.P. REGIÓN: La Libertad COORDENADAS UTM NORTE (m): 9054253 ESTE (m): 755757 COTA (m s.n.m.): 89 ELABORADO POR: Juan Carlos Gómez A. REVISADO POR: Hernando Tavera RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera									
(m) (0.00)	PROF. (m)	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD D (gr/cm3)		GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
				Dh	Ds				
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 - 05									
El ensayo se realizó en inmediaciones del sector La Victoria					El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo es SP (arena pobremente gradada)				



REGISTRO DE POSTEOS									
ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE CHAO				POSTEO: POST - 06					
ELABORADO POR:		REVISADO POR:		POSTEO:	UBICACIÓN:	Sector Los Diamantes			
				DISTRITO:	Chao	PROVINCIA:	Virú		
				PROFUNDIDAD (m):	1.80	NIVEL FREÁTICO (m):	N.P.		
				COORDENADAS UTM					
				NORTE (m):	9054538	ESTE (m):	756116		
				REVISADO POR:	Juan Carlos Gómez A.	RESPONSABLE DEL PROYECTO:	Hernando Tevera		
(m)	PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm ³)		GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
				D _h	D _s				
0.00									
0.10									
0.20									
0.30									
0.40									
0.50									
0.60									
0.70									
0.80									
0.90									
1.00									
1.10									
1.20									
1.30									
1.40									
1.50									
1.60									
1.70									
1.80									
1.90									
2.00									
2.10									
2.20									
2.30									
2.40									
2.50									
2.60									
2.70									
2.80									
2.90									
3.00									

OBSERVACIONES: el ensayo culmina a los 1.80 m debido a que el suelo presenta homogeneidad.

REGISTRO FOTOGRÁFICO POST - 06									
<p>El ensayo se realizó en terrenos cercanos al grifo Pessa que se encuentra en la carretera Panamericana Norte</p>					<p>El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo es arena pobremente gradada</p>				

Ensayos de penetración dinámica ligera



ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA (NORMA DIN - 4094)

PROYECTO: ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE CHAO

UBICACIÓN: Plaza de Nuevo-Chao

PROFUNDIDAD (m): 3.40 m

COORDENADAS (m): 755354 E

9058293 N

2023

FECHA: Juan Carlos Gómez A.

ELABORADO POR: Juan Carlos Gómez A.

APROBADO POR: Juan Carlos Gómez A.

RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera

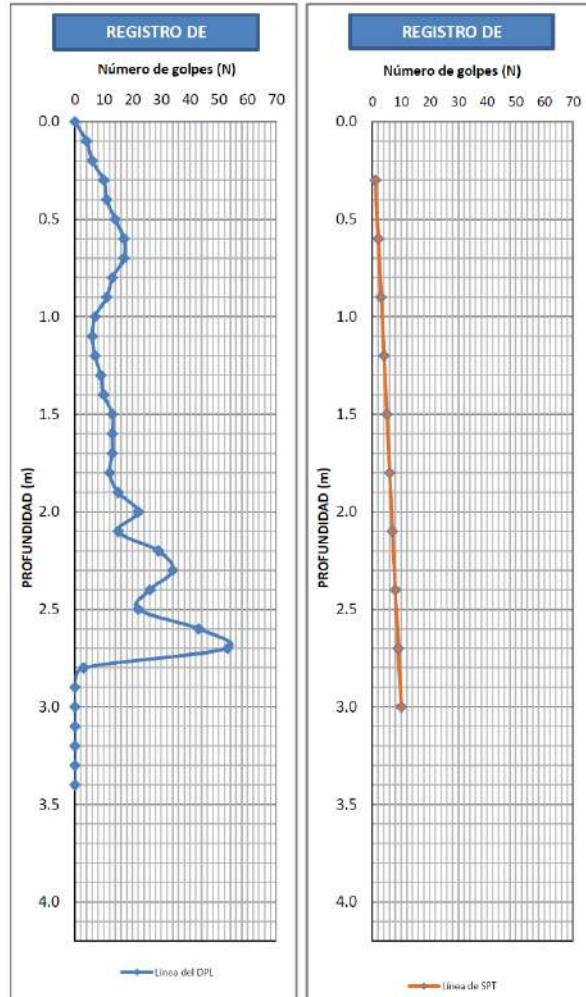
ENSAYO: **DPL-1**

HOJA: 1/7

N.F: NO presenta nivel freático

Correlación entre DPL y SPT

PROF. (m)	N _{dpl} (golpes)	N _{spt} (golpes)	C' _{spt} (Tn/m ²)	Φ' _{spt} (°)	Compacidad Relativa
0.00	0				
0.10	4				
0.20	6	3.4533	0.0	23.3	Muy Suelta
0.30	10				
0.40	11				
0.50	14	7.25193	0.0	27.0	Suelta
0.60	17				
0.70	17				
0.80	13	7.07926	0.0	26.9	Suelta
0.90	11				
1.00	7				
1.10	6	3.4533	0.0	23.3	Muy Suelta
1.20	7				
1.30	9				
1.40	10	5.52528	0.0	25.5	Suelta
1.50	13				
1.60	13				
1.70	13	6.56127	0.0	26.5	Suelta
1.80	12				
1.90	15				
2.00	22	8.97858	0.0	28.4	Suelta
2.10	15				
2.20	29				
2.30	34	15.3672	0.0	32.5	Media
2.40	26				
2.50	22				
2.60	43	20.3745	0.0	35.2	Media
2.70	53				
2.80	3				
2.90	0	0.51799	0.0	18.2	Muy Suelta
3.00	0				
3.10	0				
3.20	0				
3.30	0				
3.40	0				
3.50					
3.60					
3.70					
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					



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



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA
(NORMA DIN - 4094)

PROYECTO: ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE SUELOS DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE CHAO

UBICACIÓN: San Francisco de Lomas Bajo

PROFUNDIDAD (m): 3.30

COORDENADAS (m): 755480 E

9057046 N

FECHA: 2023

ELABORADO POR: Juan Carlos Gómez A.

APROBADO POR: Juan Carlos Gómez A.

RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera

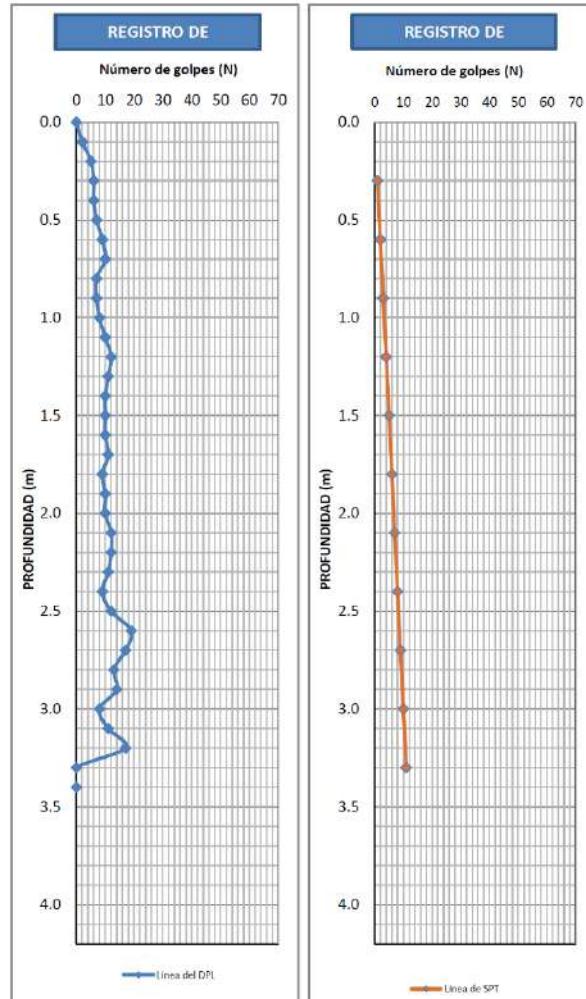
ENSAYO: **DPL-2**

HOJA: 2/7

N.F: **NO** presenta nivel freático

Correlación entre DPL y SPT

PROF. (m)	N dpl (golpes)	N spt (golpes)	C' spt (kN/m ²)	Ø' spt (°)	Compacidad Relativa
0.00	0				
0.10	2				
0.20	5	2.24464	0.0	21.7	Muy Suelta
0.30	6				
0.40	6				
0.50	7	3.79863	0.0	23.7	Muy Suelta
0.60	9				
0.70	10				
0.80	7	4.14396	0.0	24.1	Suelta
0.90	7				
1.00	8				
1.10	10	5.17995	0.0	25.2	Suelta
1.20	12				
1.30	11				
1.40	10	5.35261	0.0	25.3	Suelta
1.50	10				
1.60	10				
1.70	11	5.17995	0.0	25.2	Suelta
1.80	9				
1.90	10				
2.00	10	5.52528	0.0	25.5	Suelta
2.10	12				
2.20	12				
2.30	11	5.52528	0.0	25.5	Suelta
2.40	9				
2.50	12				
2.60	19	8.28792	0.0	27.9	Suelta
2.70	17				
2.80	13				
2.90	14	6.04327	0.0	26.0	Suelta
3.00	8				
3.10	11				
3.20	17	4.83462	0.0	24.8	Suelta
3.30	0				
3.40	0				
3.50					
3.60					
3.70					
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					



OBSERVACIONES: El ensayo concluyó a 3.40 m 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 CHAO

UBICACIÓN: Las Casuarinas

PROFUNDIDAD (m): 3.10 m

COORDENADAS (m): 754672 E

9055598 N

FECHA: 2023

ELABORADO POR: Juan Carlos Gómez A.

APROBADO POR: Juan Carlos Gómez A.

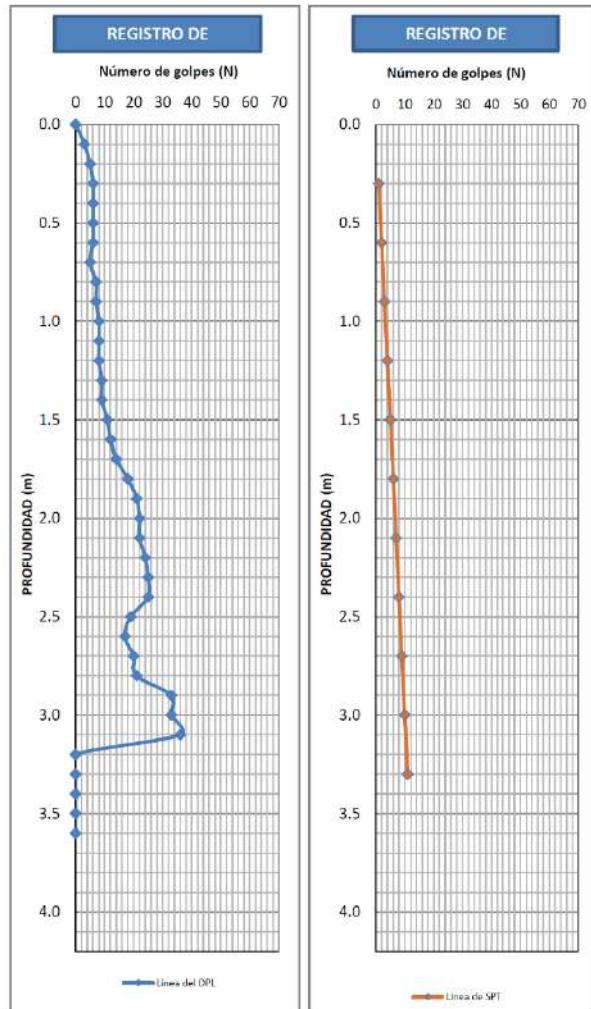
RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera

ENSAYO: **DPL-3**
HOJA: 3/7

N.F: **NO** presenta nivel freático

Correlación entre DPL y SPT

PROF. (m)	N _{dpl} (golpes)	N _{spt} (golpes)	C' spt (Tn/m ²)	Ø' spt (°)	Compacidad Relativa
0.00	0				
0.10	3				
0.20	5	2.41731	0.0	22.0	Muy Suelta
0.30	6				
0.40	6				
0.50	6	3.10797	0.0	22.9	Muy Suelta
0.60	6				
0.70	5				
0.80	7	3.28063	0.0	23.1	Muy Suelta
0.90	7				
1.00	8				
1.10	8	4.14396	0.0	24.1	Suelta
1.20	8				
1.30	9				
1.40	9	5.00728	0.0	25.0	Suelta
1.50	11				
1.60	12				
1.70	14	7.59726	0.0	27.3	Suelta
1.80	18				
1.90	21				
2.00	22	11.2232	0.0	30.0	Media
2.10	22				
2.20	24				
2.30	25	12.7772	0.0	31.0	Media
2.40	25				
2.50	19				
2.60	17	9.66924	0.0	28.9	Suelta
2.70	20				
2.80	21				
2.90	33	15.0219	0.0	32.3	Media
3.00	33				
3.10	36				
3.20	0	6.21594	0.0	26.1	Suelta
3.30	0				
3.40	0				
3.50	0				
3.60	0				
3.70					
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					


OBSERVACIONES: El ensayo concluyó a 3.40 m 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 CHAO

UBICACIÓN: Laredo

PROFUNDIDAD (m): 3.50 m

COORDENADAS (m): 755162 E

9054698 N

FECHA: 2023

ELABORADO POR: Juan Carlos Gómez A.

APROBADO POR: Juan Carlos Gómez A.

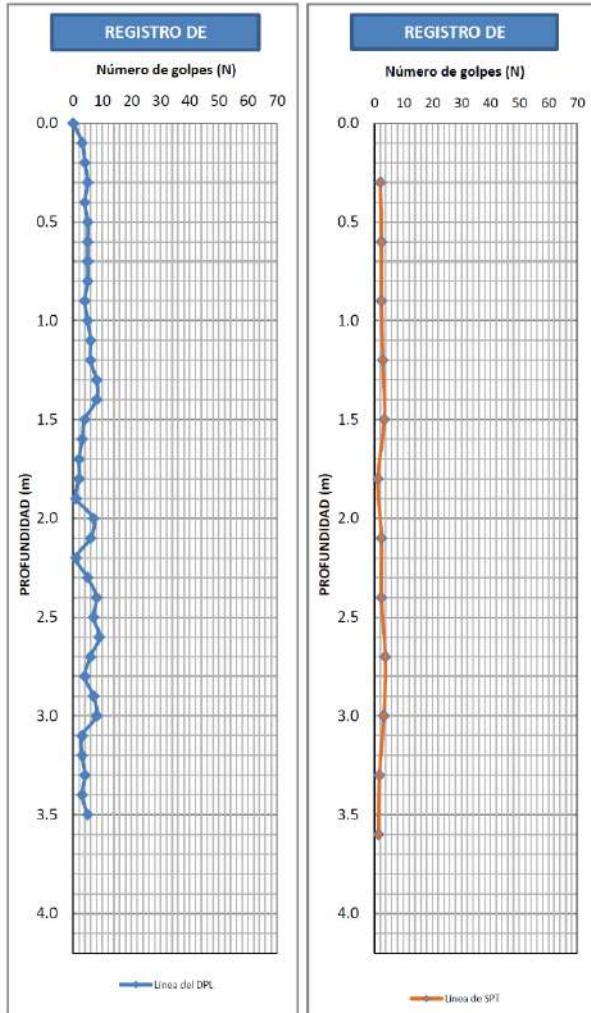
RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera

ENSAYO: **DPL-4**
HOJA: 4/7

N.F: NO presenta nivel freático

Correlación entre DPL y SPT

PROF. (m)	N _{dpl} (golpes)	N _{spt} (golpes)	C ¹ spt (Tn/m ²)	Ø ¹ spt (°)	Compacidad Relativa
0.00	0				
0.10	3				
0.20	4	2.07198	0.0	21.4	Muy Suelta
0.30	5				
0.40	4				
0.50	5	2.41731	0.0	22.0	Muy Suelta
0.60	5				
0.70	5				
0.80	5	2.41731	0.0	22.0	Muy Suelta
0.90	4				
1.00	5				
1.10	6	2.9353	0.0	22.7	Muy Suelta
1.20	6				
1.30	8				
1.40	8	3.4533	0.0	23.3	Muy Suelta
1.50	4				
1.60	3				
1.70	2	1.20865	0.0	19.9	Muy Suelta
1.80	2				
1.90	1				
2.00	7	2.41731	0.0	22.0	Muy Suelta
2.10	6				
2.20	1				
2.30	5	2.41731	0.0	22.0	Muy Suelta
2.40	8				
2.50	7				
2.60	9	3.79863	0.0	23.7	Muy Suelta
2.70	6				
2.80	4				
2.90	7	3.28063	0.0	23.1	Muy Suelta
3.00	8				
3.10	3				
3.20	3	1.72665	0.0	20.9	Muy Suelta
3.30	4				
3.40	3				
3.50	5				
3.60					
3.70					
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					


OBSERVACIONES: El ensayo concluyó a 3.40 m 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 CHAO

UBICACIÓN:

PROFUNDIDAD (m): 2.70 m
 COORDENADAS (m): 755752 E
 9054248 N
 FECHA: 2023
 ELABORADO POR: Juan Carlos Gómez A.
 APROBADO POR: Juan Carlos Gómez A.
 RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera

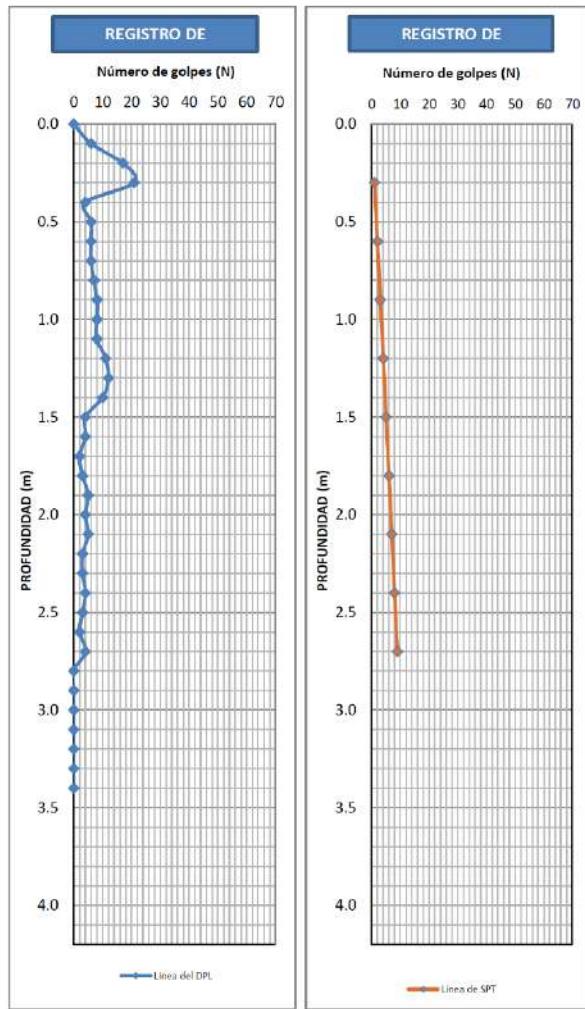
ENSAYO: **DPL-5**

HOJA: 5/7

N.F: NO presenta nivel freático

Correlación entre DPL y SPT

PROF. (m)	N _{dpl} (golpes)	N _{spt} (golpes)	C' _{spt} (Tn/m ²)	Ø' _{spt} (°)	Compacidad Relativa
0.00	0				
0.10	6				
0.20	17	7.59726	0.0	27.3	Suelta
0.30	21				
0.40	4				
0.50	6	2.76264	0.0	22.4	Muy Suelta
0.60	6				
0.70	6				
0.80	7	3.62596	0.0	23.5	Muy Suelta
0.90	8				
1.00	8				
1.10	8	4.66195	0.0	24.7	Suelta
1.20	11				
1.30	12				
1.40	10	4.48929	0.0	24.5	Suelta
1.50	4				
1.60	4				
1.70	2	1.55398	0.0	20.6	Muy Suelta
1.80	3				
1.90	5				
2.00	4	2.41731	0.0	22.0	Muy Suelta
2.10	5				
2.20	3				
2.30	3	1.72665	0.0	20.9	Muy Suelta
2.40	4				
2.50	3				
2.60	2	1.55398	0.0	20.6	Muy Suelta
2.70	4				
2.80	0				
2.90	0				
3.00	0				
3.10	0				
3.20	0				
3.30	0				
3.40	0				
3.50					
3.60					
3.70					
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					



OBSERVACIONES: El ensayo concluyó a 3.40 m 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 CHAO

UBICACIÓN:

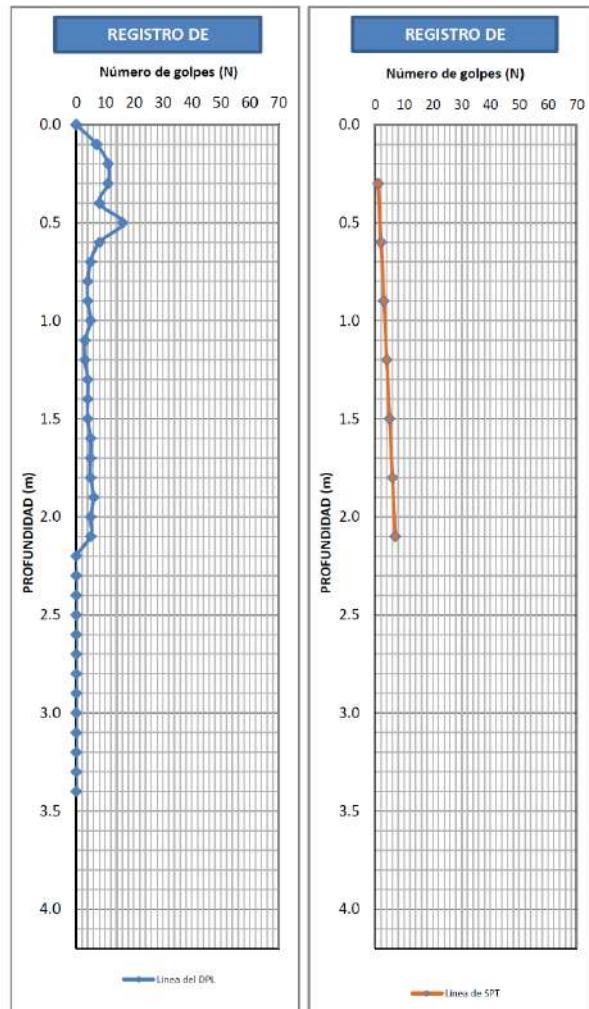
PROFUNDIDAD (m): 2.00 m
 COORDENADAS (m): 756111 E
 9054529 N
 FECHA: 2023
 ELABORADO POR: Juan Carlos Gómez A.
 APROBADO POR: Juan Carlos Gómez A.
 RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera

ENSAYO: DPL-6

HOJA: 6/7

N.F: NO presenta nivel freático
Correlación entre DPL y SPT

PROF. (m)	N _{dpl} (golpes)	N _{spt} (golpes)	C ^r _{spt} (Tn/m ²)	Ø _{spt} (°)	Compacidad Relativa
0.00	0				
0.10	7				
0.20	11	5.00728	0.0	25.0	Suelta
0.30	11				
0.40	8				
0.50	16	5.52528	0.0	25.5	Suelta
0.60	8				
0.70	5				
0.80	4	2.24464	0.0	21.7	Muy Suelta
0.90	4				
1.00	5				
1.10	3	1.89931	0.0	21.2	Muy Suelta
1.20	3				
1.30	4				
1.40	4	2.07198	0.0	21.4	Muy Suelta
1.50	4				
1.60	5				
1.70	5	2.58997	0.0	22.2	Muy Suelta
1.80					
1.90	6				
2.00	5	2.76264	0.0	22.4	Muy Suelta
2.10	5				
2.20	0				
2.30	0				
2.40	0				
2.50	0				
2.60	0				
2.70	0				
2.80	0				
2.90	0				
3.00	0				
3.10	0				
3.20	0				
3.30	0				
3.40	0				
3.50					
3.60					
3.70					
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					


OBSERVACIONES: El ensayo concluyó a 3.40 m 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 CHAO
UBICACIÓN:
PROFUNDIDAD (m): 2.70 m
COORDENADAS (m): 756339 E
 9055332 N

FECHA: 2023

ELABORADO POR: Juan Carlos Gómez A.

APROBADO POR: Juan Carlos Gómez A.

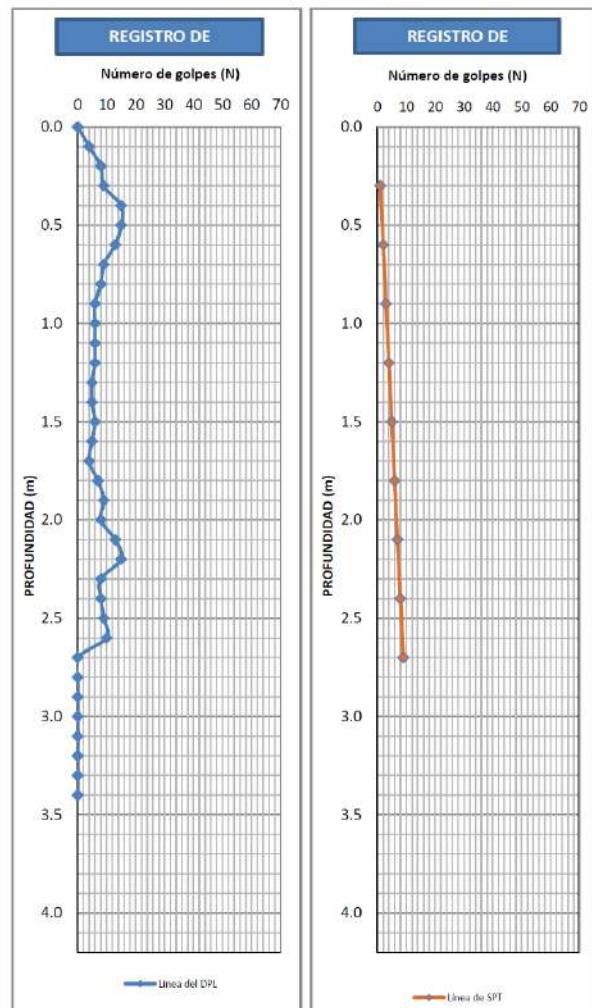
RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera

ENSAYO: **DPL-7**
HOJA: 7/7

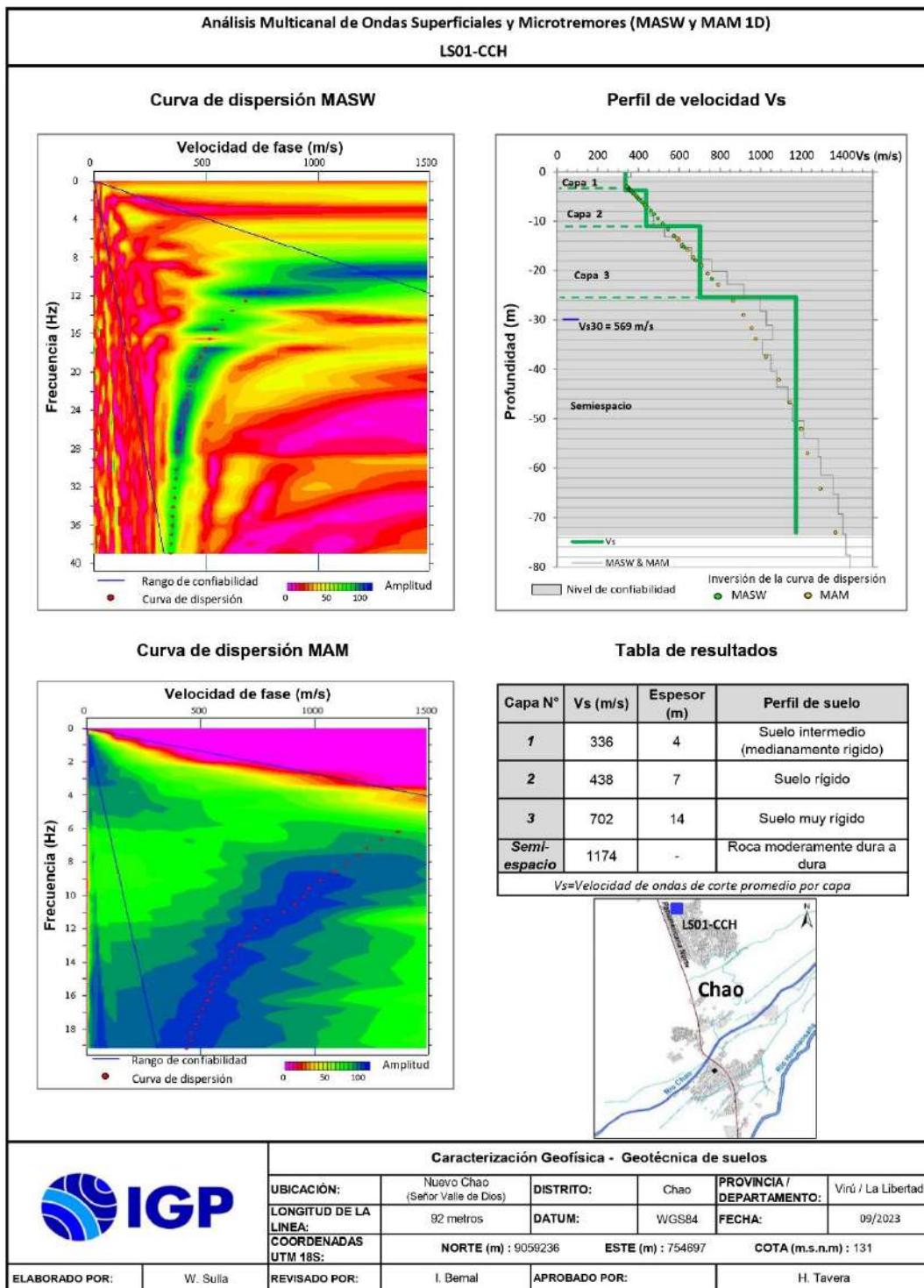
N.F.: NO presenta nivel freático

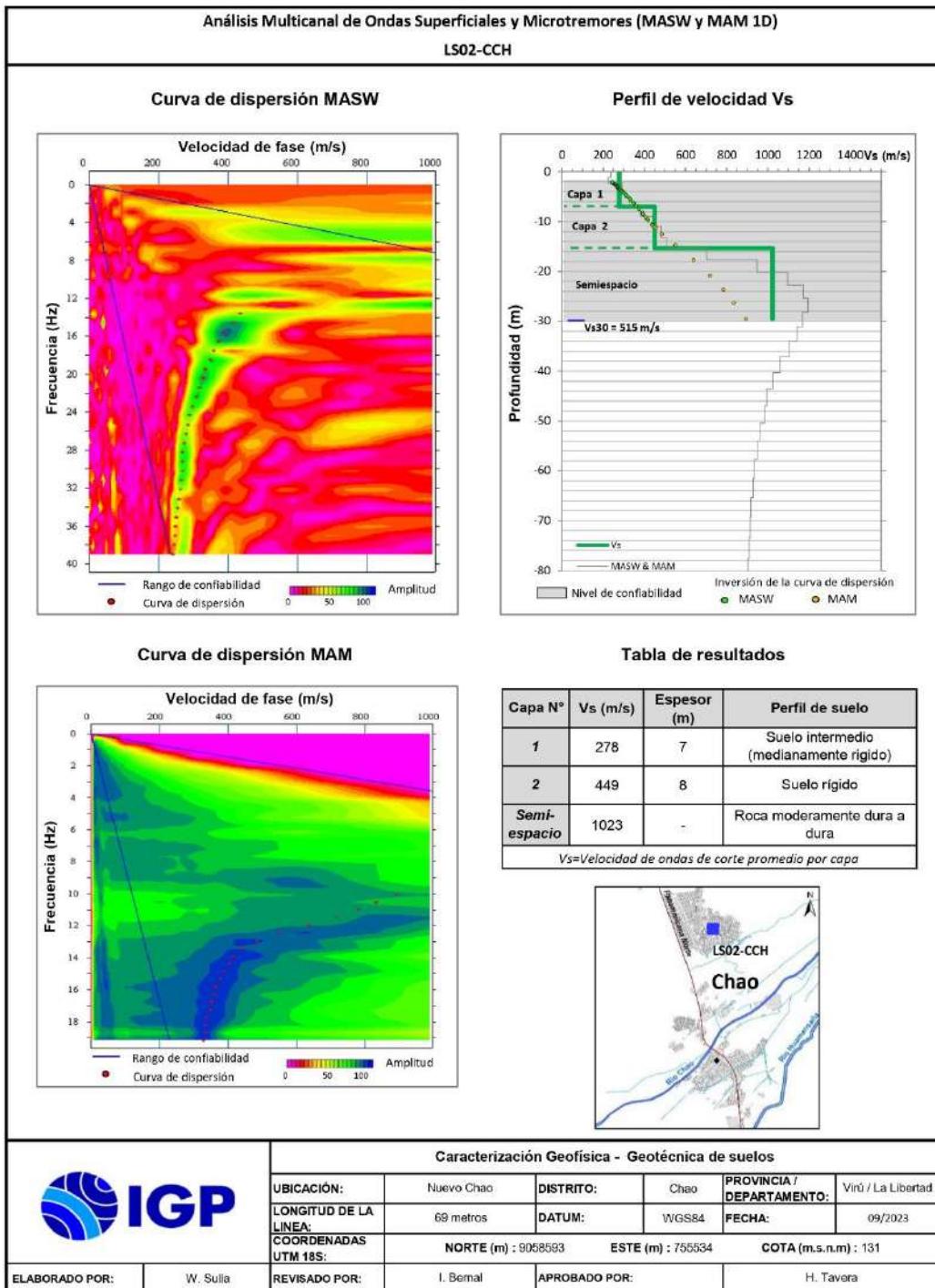
Correlación entre DPL y SPT

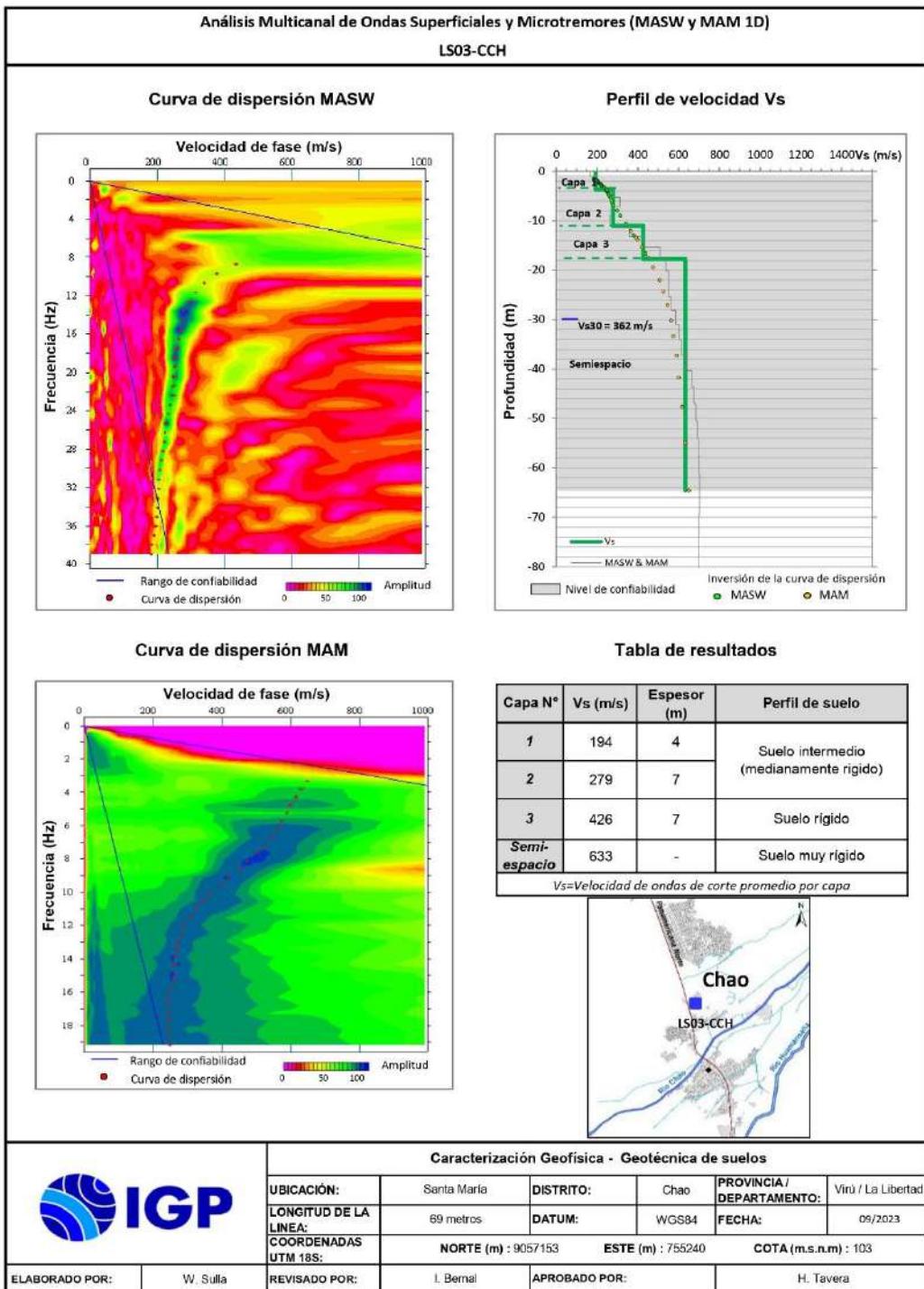
PROF. (m)	N _{dpl} (golpes)	N _{spt} (golpes)	C ^t _{spt} (Tn/m ²)	Ø ^t _{spt} (%)	Compacidad Relativa
0.00	0				
0.10	4				
0.20	8	3.62596	0.0	23.5	Muy Suelta
0.30	9				
0.40	15				
0.50	15	7.42459	0.0	27.2	Suelta
0.60	13				
0.70	9				
0.80	8	3.97129	0.0	23.9	Muy Suelta
0.90	6				
1.00	6				
1.10	6	3.10797	0.0	22.9	Muy Suelta
1.20	6				
1.30	5				
1.40	5	2.76264	0.0	22.4	Muy Suelta
1.50	6				
1.60	5				
1.70	4	2.76264	0.0	22.4	Muy Suelta
1.80	7				
1.90	9				
2.00	8	5.17995	0.0	25.2	Suelta
2.10	13				
2.20	15				
2.30	8	5.35261	0.0	25.3	Suelta
2.40	8				
2.50	9				
2.60	10	3.28063	0.0	23.1	Muy Suelta
2.70	0				
2.80	0				
2.90	0				
3.00	0				
3.10	0				
3.20	0				
3.30	0				
3.40	0				
3.50					
3.60					
3.70					
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					

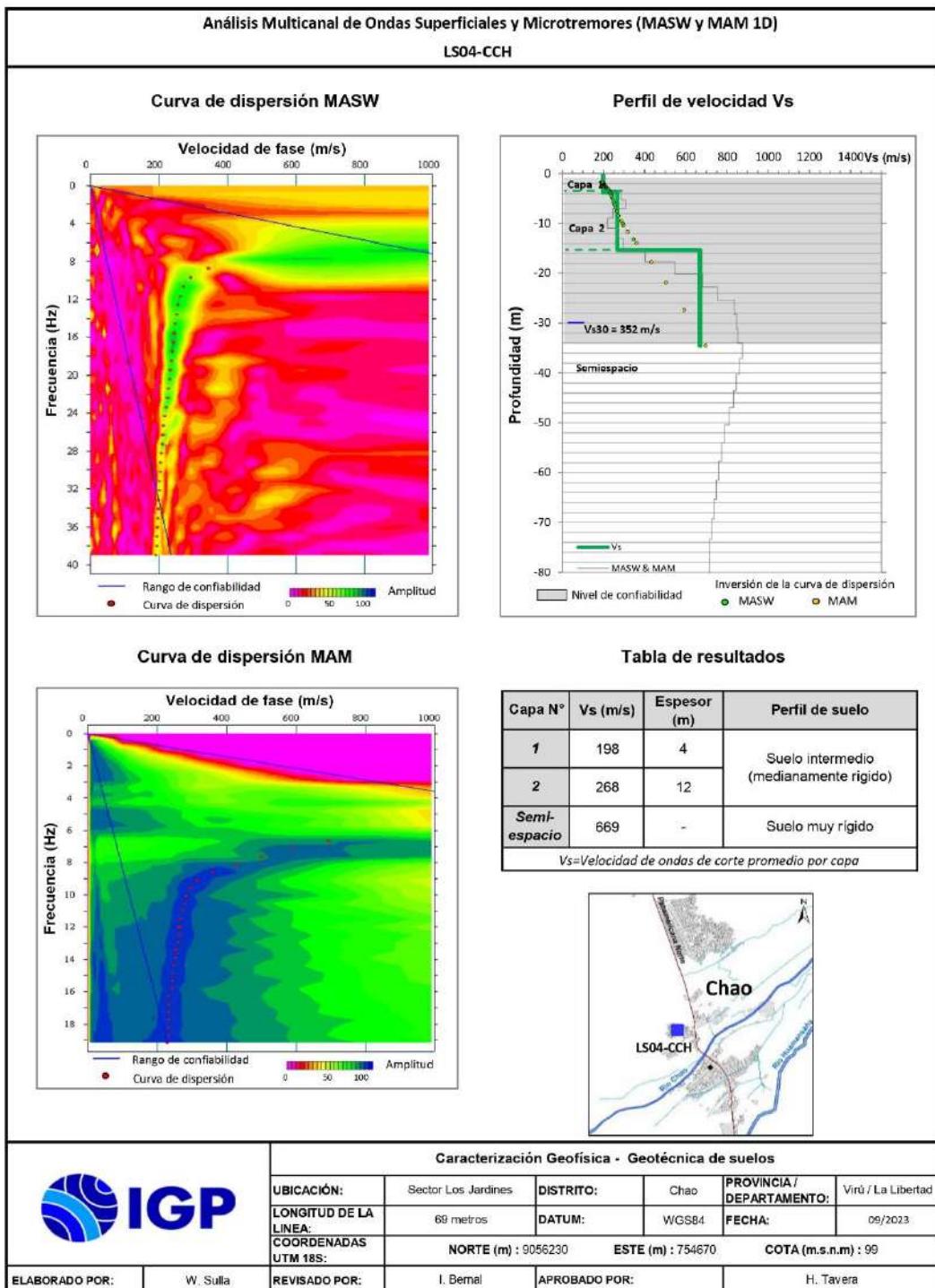


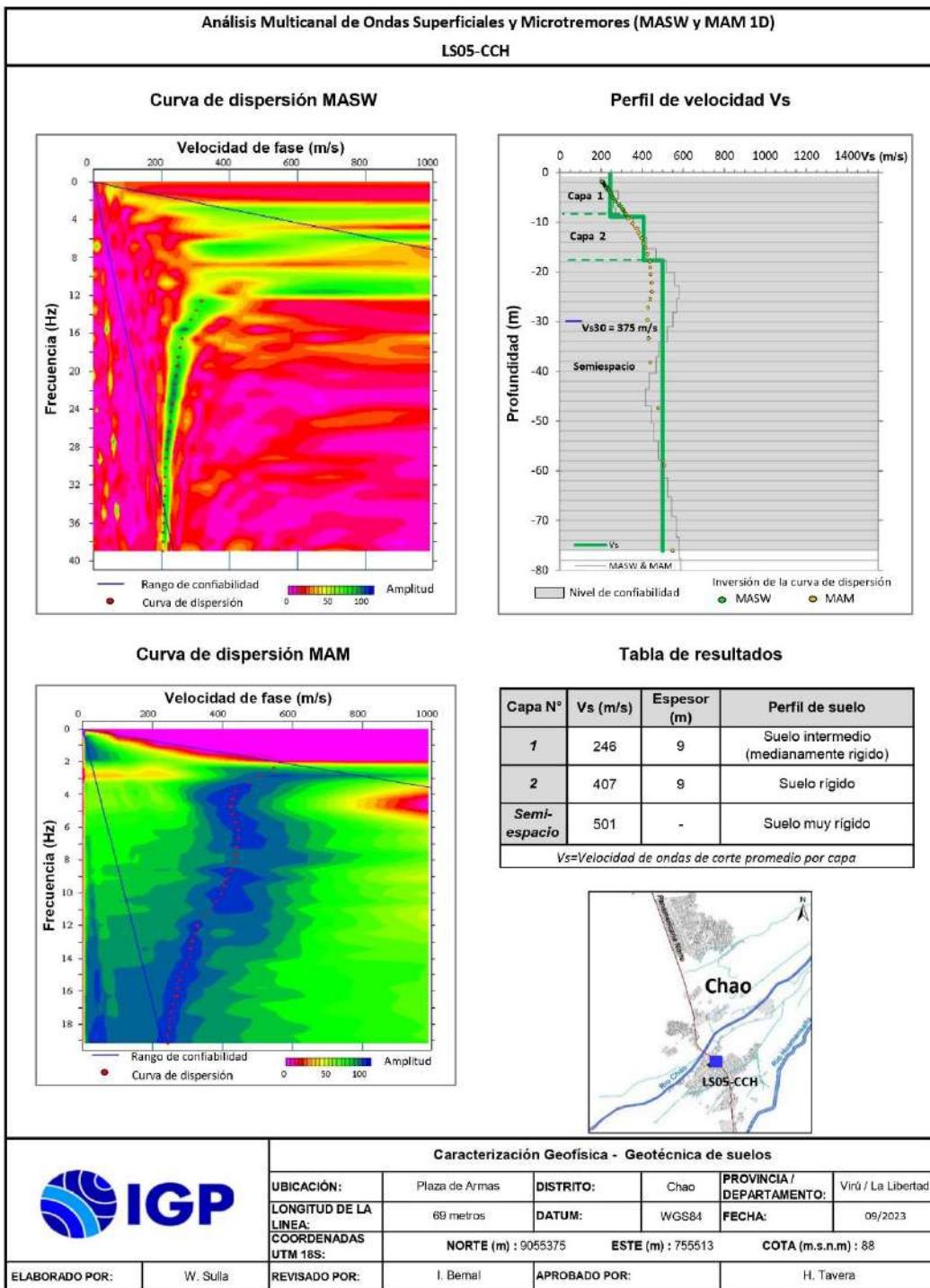
ANEXO 3
Información Geofísica:
Perfiles Sísmicos MASW y MAM

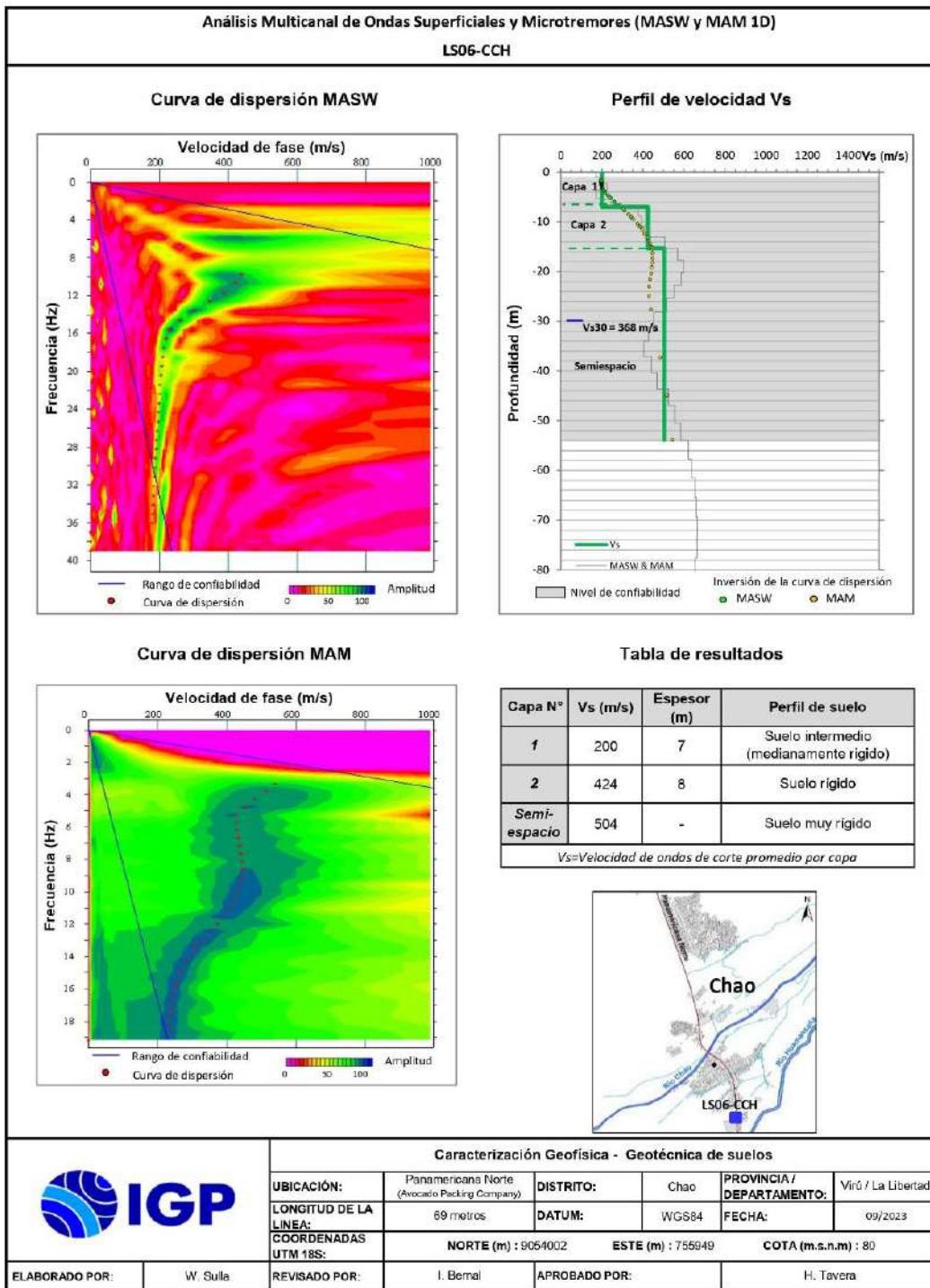


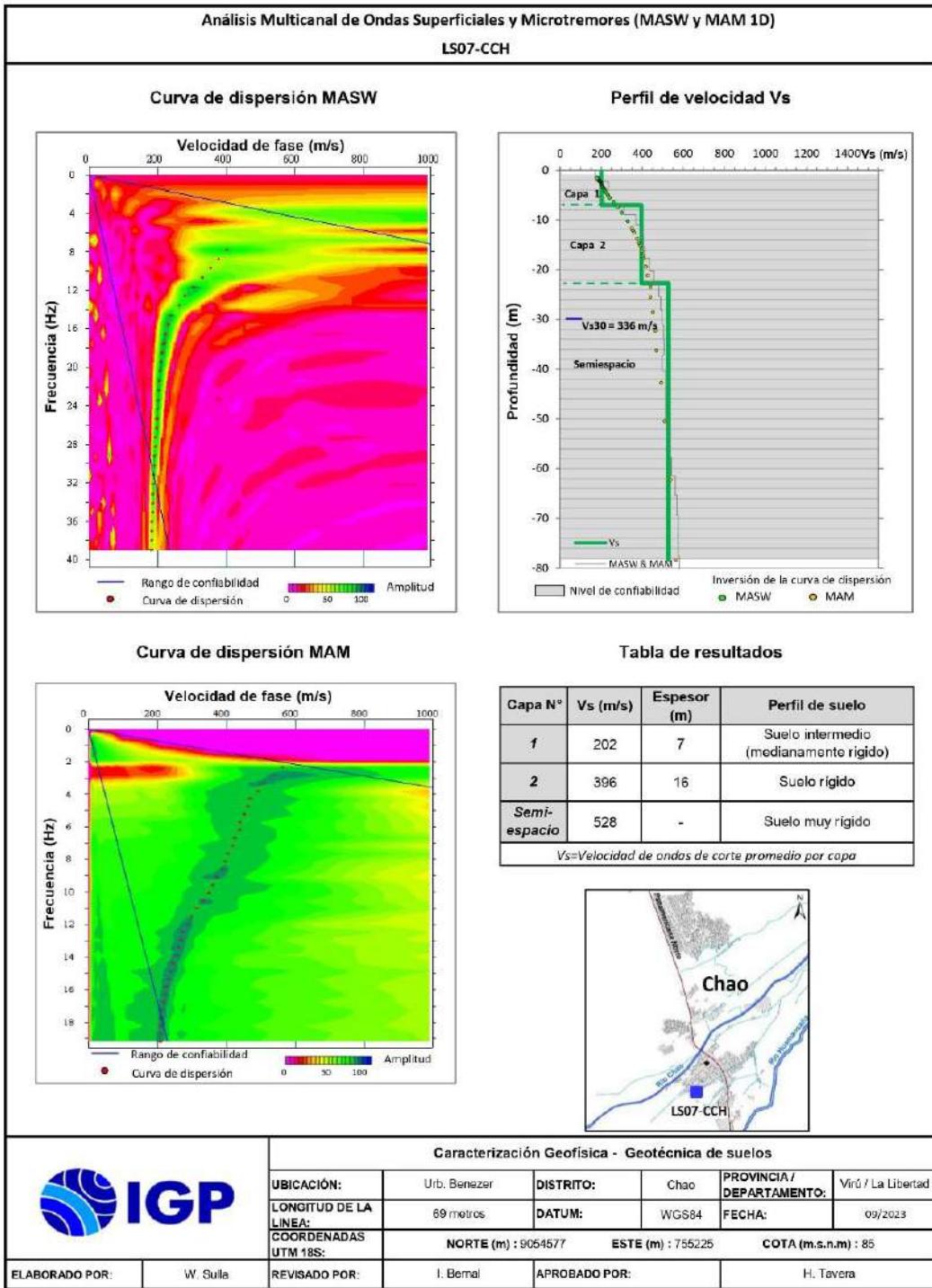


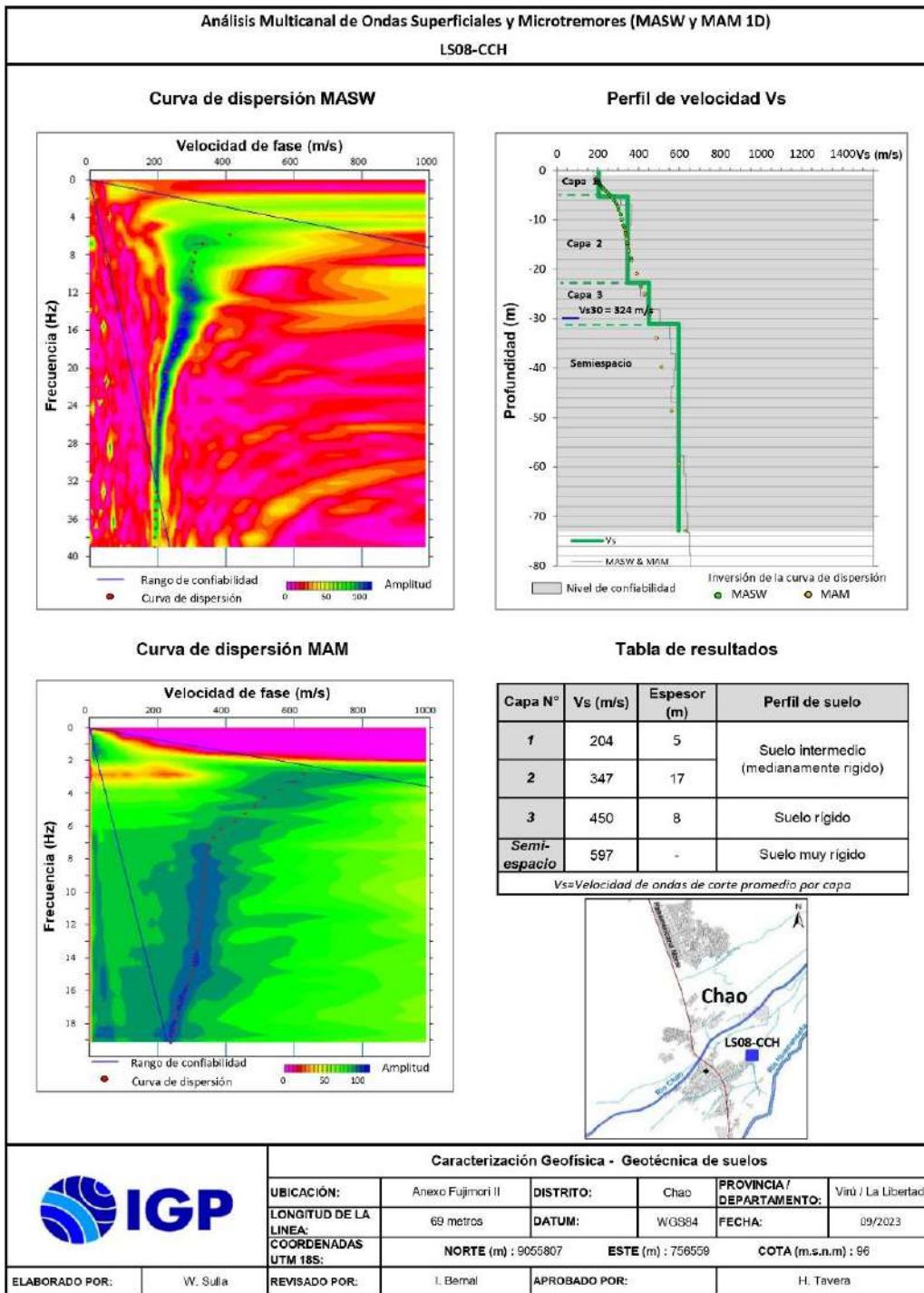












Información Geofísica:
Secciones de Tomografía Eléctrica

