

**INFORME TÉCNICO DE INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA
POR EL MÉTODO GEOFÍSICO DE REFRACCIÓN SÍSMICA
PARA EL ESTUDIO DE PREINVERSIÓN A NIVEL DE PERFIL
DE LA AV. SANTA ROSA (RUTA PE-20-I)**



ABRIL 2019

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Objetivos del Estudio.....	3
1.3. Ubicación de la zona de Estudio	3
2. DESCRIPCIÓN DEL PRINCIPIO Y MÉTODO.....	3
2.1. Principio del Método Refracción Sísmica	3
2.1.1. Método de Refracción Sísmica.....	4
2.1.2. MASW (Análisis Multicanal de las Ondas Superficiales) 1D	6
3. EQUIPO UTILIZADO	6
3.1. Generalidades	6
3.2. Características del Equipo utilizado.....	8
3.2.1. Geode Seismic Recorder ES-3000.....	8
3.2.2. Parámetros de Adquisición Refracción Sísmica.....	9
3.2.3. Parámetros de Adquisición MASW 1D.....	9
4. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO DE CAMPO	10
4.1. Sectores de ejecución del ensayo de Refracción Sísmica	10
4.2. Método de Ensayo de Refracción Sísmica	11
4.2.1. Reconocimiento de la Zona de Estudio	11
4.2.2. Instalación de Equipos y Cables.....	11
4.2.3. Toma de Datos	12
4.2.4. Finalización de Toma de Datos	12
5. CRITERIOS DE ANALISIS	12
5.1. Generalidades	12
5.1.1. Criterio de análisis para la Refracción Sísmica	12
5.1.2. Parámetros Dinámicos Generales.....	13
6. INTERPRETACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS.....	16
6.1. Perfiles obtenidos Refracción Sísmica	16
6.2. Resultados del ensayo de Refracción Sísmica	18
7. PARÁMETROS DINÁMICOS DEL TERRENO	18
8. CONCLUSIONES.....	21
9. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA.....	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 - Tendido Sísmico Característico	4
Fig. 2 Vista del equipo en campo y promocional de venta.....	8
Fig. 3 - Vista de un Registro de Refracción Sísmica	13

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Relación de Velocidades (V_p/V_s) con valores de Poisson (ν);(Ukawa y Fukao, 1981 y Huarachi P, 2003).....	5
Tabla 2-Características del Geode Seismic Recorder ES-3000	8
Tabla 3 - Parámetros de la Refracción Sísmica	9

Tabla 6 - Valores Promedio de Vp según la norma ASTM - D5777	15
Tabla 7 - Caso: Curvich J. (1975), Dobrin, Milton (1961), NB (1976), Savicha y Satonov V.A. (1979).....	15
Tabla 8 - Site Classification ASCE/SEI 7-10	16
Tabla 9 – Coordenadas de las líneas sísmicas ejecutadas	17
Tabla 10 – Parámetros dinámicos de las líneas sísmicas ejecutadas	18

ANEXOS

ANEXO I: PLANOS DE UBICACIÓN

ANEXO II: PLANOS DE PERFILES DE VELOCIDAD DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y MASW

ANEXO III: ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA – DROMOCRÓNICAS

ANEXO IV: REGISTROS DE ONDAS SISMICAS

ANEXO V: PANEL FOTOGRÁFICO



JNR CONSULTORES S.A.
Ing. ENRIQUE COX CASSINELLI
Jefe de Proyecto
C.I.P. 22854



INGENIERO CIVIL
ROBERTO TELLO BARBARAN
CIP 67846



MANUEL PEPE CACHARIOS
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 104880

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Por encargo de la empresa JNR Consultores, nuestra empresa PERÚ INFINITO S.A.C ha desarrollado los ensayos de Refracción Sísmica como parte del “ESTUDIO DE PRE-INVERSIÓN AV. SANTA ROSA”.

PERÚ INFINITO S.A.C emite el presente documento técnico que describe los trabajos de prospección geofísica realizados, donde se describe la metodología, procedimientos y se muestran los resultados obtenidos.

1.2. Objetivos del Estudio

El objetivo del estudio geofísico mediante prospecciones de refracción sísmica, consistió en delimitar la estratigrafía circundante existente en la zona de estudio, se llevó a cabo la interpretación de los resultados obtenidos, lo cual permitió desarrollar las conclusiones detalladas en el presente documento técnico.

1.3. Ubicación de la zona de Estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en el departamento constitucional del Callao, provincia del Callao, distrito de la Punta.

Los ensayos de refracción sísmica del presente informe se desarrollaron a lo largo de la Av. Santa rosa, Ovalo Saloom, parte de la Av. La Marina lado Este, cruce con la Av. Colonial y el cruce con la Av. Argentina.

2. DESCRIPCIÓN DEL PRINCIPIO Y MÉTODO

2.1. Principio del Método Refracción Sísmica

El principio de Refracción Sísmica se basa en la propagación de ondas sísmicas, ondas P, originadas mediante súbitas deformaciones del terreno en la superficie (disparos de escopeta y/o iterativos golpes de una comba sobre una placa metálica). Dicho fenómeno de deformación de corteza genera frentes de onda que viajan por el subsuelo. Estos frentes de onda o simplemente ondas sísmicas, al encontrar interfaces entre dos medios con propiedades elásticas diferentes, provocan que parte de su energía continúe penetrando a mayor profundidad y otra parte viaje por la interfaz y regresa a la superficie donde es registrada por los geófonos.

La onda o fase sísmica “P” llega a los geófonos pasado un tiempo “ t_i ” denominado Tiempo de Arribo, el cual va a depender principalmente de la distancia “ d_i ”, comprendida entre el punto de disparo y su recorrido por el subsuelo hasta llegar al geófono. Sin embargo, este tiempo se ve afectado por las propiedades de elasticidad y de densidad del medio por el cual viaja. Cabe señalar que el método de refracción

sísmica está limitado a determinar capas de velocidades crecientes con las profundidades de investigación.

2.1.1. Método de Refracción Sísmica

Una vez establecidos los objetivos de la exploración sísmica y determinado el lugar del levantamiento, en cada línea sísmica se fijan los intervalos de espaciamiento de Fuente – Geófonos (según arreglo de campo) y Geófono - Geófono (3 m), con la finalidad de obtener la mayor precisión en los tiempos de arribo en cada geófono a partir de la señal sísmica y lograr la profundidad requerida en los objetivos. En la Fig. 1 se visualiza un arreglo de geófonos convencional.

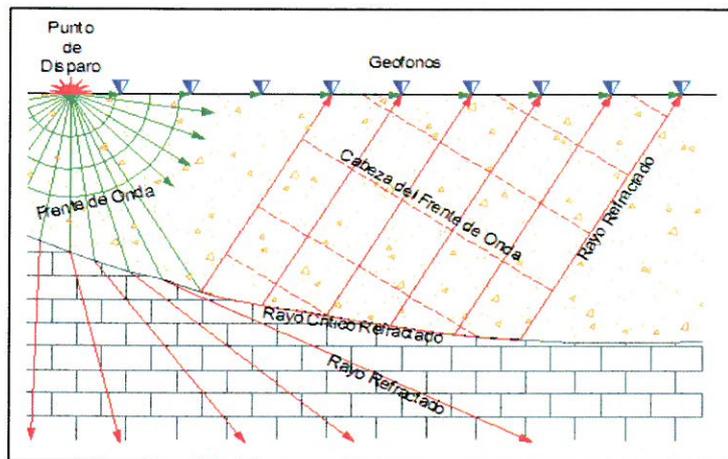


Fig. 1 - Tendido Sísmico Característico

En general, el arribo de los frentes de onda produce vibraciones que son registradas en cada uno de los geófonos y estas son amplificadas por el sismógrafo, para finalmente ser visualizados en la pantalla de una Computadora Personal.

Los tipos de fases sísmicas empleados para estudios sísmicos aplicados a ingeniería son la “P” y la “S”. La fase “P”, que es la que se emplea para estudios de refracción sísmica, se genera empleando explosivos, pistola, golpe con martillo semi-hidráulico, golpe al dejar caer un determinado cuerpo de una masa considerable y mediante un fuerte golpe con un martillo y/o comba.

En comparación con la fase “P”, la fase “S” tiene un mecanismo más complicado de generarse, para ello se emplean metodologías complejas en campo. El análisis de dicha fase se emplea en ingeniería para determinar los módulos elásticos, períodos fundamentales de vibración, estabilidad de cortes para la construcción de diques, presas, túneles, estabilidad de masas rocosas, construcción de plantas nucleares, puentes y edificios, entre otros.

Del mismo modo, el análisis de la onda o fase “S”, también conocida como señal de corte, se ve dificultado por la presencia en el registro de otras fases que se generan por el tránsito de la energía en el subsuelo conocidas como fases por refracciones, por reflexión, por difracción y fases superficiales (Rayleigh y Love); así también por el ruido natural y cultural.

En casos prácticos, de manera indirecta y empleando relaciones matemáticas, se puede obtener la velocidad de onda de corte a partir de la relación de Poisson. En la teoría de elasticidad de las ondas sísmicas (Séller, 1933), la velocidad de las ondas P y S se representan en forma de ecuación de movimiento, para un cuerpo elástico isotrópico:

$$Vp = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} \quad (1)$$

$$Vs = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (2)$$

$$Vp/Vs = \sqrt{\lambda/\mu + 2} = \sqrt{2(1 - \nu)/(-2\nu)} \quad (3)$$

Dónde: λ , μ : constantes de Lamé; μ : la rigidez; ν : la relación de Poisson; ρ : densidad.

Se sabe que las ondas sísmicas se propagan por “n” capas horizontales esto permite que las ondas “P” y “S” tengan velocidades diferentes; sin embargo, el coeficiente de Poisson debería ser similar para todas ellas siempre y cuando se considere una tierra homogénea. En la **Tabla 1**, se presenta algunas relaciones de velocidad con sus correspondientes resultados de Poisson tomadas de Ukawa y Fukao, 1981 y Huarachi P, 2003, vemos que estos valores son diferentes, por lo que se puede afirmar que dependen del medio, ya que el medio por el cual se propagan está constituido por materiales heterogéneos.

Tabla 1 - Relación de Velocidades (Vp/Vs) con valores de Poisson (ν); (Ukawa y Fukao, 1981 y Huarachi P, 2003)

Vp/Vs	1.63	1.73	1.87
ν	0.20	0.25	0.30

El valor teórico de la relación de velocidades para una tierra elástica, isotrópica y homogénea, está estimada en $Vp/Vs = 1.73$, y la relación de Poisson puede ser obtenida a partir de la ecuación (4).

$$Vp/Vs = \sqrt{1 + 1/1 - 2\nu} \quad (4)$$

$$\nu = (1 - 1/(Vp/Vs)^2 - 1)1/2 \quad (5)$$

Dónde: V_p/V_s : Relación de velocidades; ν : relación de Poisson.

Estos valores del coeficiente de Poisson van a depender fundamentalmente de las condiciones físicas del medio en el cual se propagan las ondas sísmicas, por lo tanto, el coeficiente de Poisson deberá ser similar en estas discusiones, hecho que no ocurre debido a la estructura diversa de la tierra por la cual se propagan las ondas sísmicas. Por lo que se infiere que en el interior de la tierra no es homogénea.

2.1.2. MASW (Análisis Multicanal de las Ondas Superficiales) 1D

El ensayo MASW o Análisis Multicanal de las Ondas Superficiales, se define según la dispersión o el cambio en velocidad de fase respecto a la frecuencia, la cual es la propiedad fundamental utilizada en métodos de onda de superficie. La velocidad de onda de corte puede ser derivada invirtiendo la velocidad de fase dispersiva de las ondas superficiales. La dispersión de ondas de superficie puede ser significativa en presencia de capas de velocidad, lo cual es común en ambientes cercanos a la superficie. Existen otros tipos de ondas de superficie (ondas que se propagan a lo largo de la superficie de la tierra), pero para esta aplicación, se enfoca en las ondas Rayleigh, también conocidas como "ground roll". Por ello, el término onda superficial, cuando se usa en SASW (Spectral Analysis of Surface Wave), MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave) o MAM (Micro-Tremor Array Measurement) refiere básicamente a las ondas Rayleigh.

Existen dos maneras en que las ondas superficiales son generadas: Fuentes activas, cuando la energía es ocasionada intencionalmente en una ubicación específica, registrando los datos en el momento en que se genera la energía. Asimismo, también existen las fuentes pasivas, o estudios de micro tremores donde el registro y el movimiento son continuos, la energía ambiental es generada por ruido cultural, tráfico, fábricas, viento, movimiento ondulatorio, entre otros.

3. EQUIPO UTILIZADO

3.1. Generalidades

Los equipos utilizados para la ejecución del método fueron:

- **Sismógrafo Digital.** - Instrumento usado para medir movimientos de la Tierra. Se basa en el principio de inercia de los cuerpos (todos los cuerpos tienen una resistencia al movimiento o a variar su velocidad).
- **Geófonos.** - Sensores electromagnéticos, los cuales tienen un transductor de velocidad. El mismo consiste en una bobina suspendida de un sistema de resortes que se mueven en un campo magnético generado por un imán permanente. El sistema masa-resorte más sencillo de estudiar es el que no considera amortiguamiento del movimiento de la masa (14 Hz para sísmica y 4.5 Hz para MASW).

- **Cable Sísmico.** - Cable resistente a la tensión durante su posicionamiento en campo. Asimismo, a trayectos equidistantes se sitúan el conector macho/hembra para su conexión con los geófonos.
- **Laptop.** - Equipo electrónico resistente con software y programas específicos, donde se configuran los parámetros de adquisición. Se realiza la conexión por medio del cable Ethernet hacia el sismógrafo, finalmente se procede a registrar los datos en campo.
- **Cable Interface.** - Cable Ethernet resistente que se conecta de forma directa entre la laptop y el sismógrafo.
- **Cable Interface 12V DC.**- Cable resistente que conecta el sismógrafo con la batería de 12V, cumple la función de retroalimentar de energía al sismógrafo durante su uso.
- **Cable Hammer Switch.** - Cable que se conecta entre el sismógrafo y la fuente de vibración (placa, comba y/o escopeta sísmica).
- **Extensión Cable Mellizo.** - Cable resistente Nro. 14 - 16 de longitud variable, que va conectado a los puntos de cierre de circuito.
- **Placa Metálica.** - Accesorio compuesto de hierro y con dimensiones de 20x20 cm y un espesor de 2 cm, que se conecta con un de los polos del cable mellizo.
- **Batería.** - Accesorio tipo seco, para prevenir el peligro de derrame de líquidos de corrosión, es de 12v y 7ah para garantizar la energía requerida para el buen funcionamiento del sismógrafo en campo.
- **Fuente de Disparo o Emisor de Vibración.** - Para la generación de energía se tiene clasificado tres fuentes específicas y este es de acuerdo a la profundidad y material sobre el cual se va a trabajar:
- **Martillo y/o Comba.** - Herramienta de (12 a 20 lbs), que va conectado a uno de los polos del cable mellizo, que se utiliza para generar movimientos ondulatorios, a través de interactivos golpes sobre una placa que está conectada con el otro polo del cable mellizo. La energía transmitida al suelo es apilada sobre la placa de metal, para modelar mejor las ondas de llegada y suprimir el ruido. La energía asociada con cada uno de los golpes depende la energía cinética (E) que relaciona la masa del martillo (m) y la velocidad aplicada al martillo (v), obteniendo $E = m \cdot v^2$. Este tipo de emisión se utiliza en investigaciones de profundidad entre 10 a 45 metros y se tiene la mayor penetración en suelos compactos a rocas y disminuye la profundidad en suelos pobremente consolidados.

JNR CONSULTORES S.A.

Ing. ENRIQUE COX-CASSINELLI
Jefe de Proyecto
C.I.P. 22654



INGENIERO CIVIL
ROBERTO TELLO BARBARAN
CIP: 67846



MANUEL PEPE CACHA RIOS
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 104880

3.2. Características del Equipo utilizado

3.2.1. Geode Seismic Recorder ES-3000

Es un equipo ideal para la refracción o la reflexión, sus módulos sísmicos albergan de 3 a 24 canales cada uno, pesan solo 8 libras (3,6 kg) y se interconectan utilizando un cable de red digital, funciona con una batería de 12 voltios.

El diseño del software Geometrics le permite construir sistemas de grabación sísmica de 3 a 1000 canales con múltiples líneas y capacidad de rollo incorporada.



Fig. 2 Vista del equipo en campo y promocional de venta

Las características del equipo se describen en la **Tabla 2**.

Tabla 2- Características del Geode Seismic Recorder ES-3000

CARACTERISTICAS DEL GEODE SEISMIC RECORDER ES-3000	
Configuración	Tiene 8, 12, 16 o 24 canales en el módulo Geode desplegable a prueba de intemperie. Geode es operado desde una computadora portátil con Windows XP / 7/10 o por la robusta computadora de campo / sismo-gráfico StrataVisor NZ de Geometrics
Conversión A / D	Resultado de 24 bits con convertidores sigma-delta de Crystal Semiconductor y propiedad exclusiva de Geometrics sobre muestreo
Rango dinámico	144 dB (sistema), 110 dB (instantáneo, medido) a 2 ms, 24 dB
Distorsión	0.0005% @ 2 ms, 1.75 a 208 Hz
Ancho de banda	1,75 Hz a 20 kHz. Opción de baja frecuencia de 0.6 y DC disponible
Rechazo de modo común	> 100 dB a <= 100 Hz, 36 dB
Interferencia	-125 dB a 23.5 Hz, 24 dB, 2 ms
Nivel de ruido	0.20 μ V, RFI a 2 ms, 36 dB, 1.75 a 208 Hz
Precisión del disparador de apilamiento	1/32 del intervalo de muestra
Señal de entrada máxima	2.8 V PP, 0 dB

Impedancia de entrada	20 kOhm, 0.02 µf
Muestra	50, 60, 150, 180 Hz y FUERA, con el ancho de banda de rechazo de 50 dB 2% de la frecuencia central.
Intervalo de muestra	0.02, 0.03125, 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0, 16.0 ms.
Transmisión de datos	Utiliza el estándar de transmisión Ethernet sobre el cable de fibra óptica CAT-5 o multimodo

3.2.2. Parámetros de Adquisición Refracción Sísmica

El levantamiento se realizó empleando los siguientes parámetros, tal como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3 - Parámetros de la Refracción Sísmica

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Configuración de dispositivo	Lineal
Mediciones	t, Tiempo de Arribo de P
Arreglo de geófonos	24 unidades
Intervalo entre geófonos	3 m
Ganancia de Pre amplificación	24 Db
Filtros	No se utilizó
Intervalo de muestreo	0.250 milisegundos
Fuente de Tiro	Comba de 19lb.
Formato de Grabación	archivos *.dat
Numero de Golpes	De acuerdo a la calidad de la data.

Fuente: Seislmager/Pickwin por Geometrics, Inc. 2005, 2006

3.2.3. Parámetros de Adquisición MASW 1D

El levantamiento se realizó empleando los siguientes parámetros, tal como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4 - Parámetros MASW 1D

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Configuración de dispositivo	Lineal
Longitud de tendido	Igual a la profundidad de interés cuando se complementa con datos de modo pasivo; o Igual a dos veces la profundidad de interés si no se tienen datos pasivos disponibles.
Intervalo de geófono	3 m
Número de geófonos	24 unidades
Tipos de geófono	Geófono vertical de 4.5 Hz.
Punto de Tiro	Mínimo un tiro, localizado en línea fuera del arreglo (cualquier extremo) del arreglo a una distancia del 10 al 20% de la longitud del arreglo; se recomienda un tiro adicional localizado Entre el 30 al 40% de la longitud del arreglo y se recomiendan tiros inversos.
Equipo Fuente	Martillo de 20 Lb. Y placa de golpeo.
Disparo	Interruptor de martillo sujeto al cabo del martillo y conectado al puerto de disparo del sismógrafo

Intervalo/Muestreo	0.5 o 1 (ms)
Longitud de registro	1 a 2 segundo (s), suficientemente largo para recibir las ondas superficiales
Apilamiento	Según sea necesario para mejorar la calidad de los datos, Espere un momento callado para golpear.

Fuente: SeisImager/Pickwin por Geometrics, Inc. 2005, 2006

4. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO DE CAMPO

4.1. Sectores de ejecución del ensayo de Refracción Sísmica

El área del proyecto donde se realizaron las líneas sísmicas pertenece al departamento constitucional del Callao. En la **Tabla 5** se describe las avenidas, nomenclatura de líneas sísmicas y sus metrajes.

Tabla 5 – Zonas, líneas y metraje ejecutado

DESCRIPCIÓN	NÚMERO DE LINEAS SISMICAS	METRAJE
Av. Costanera- Av.Santa Rosa- Av. La Marina	LS-01	75.00 m
	LS-02	75.00 m
	LS-03	75.00 m
	LS-04	75.00 m
	LS-05	75.00 m
	LS-06	75.00 m
	LS-07	75.00 m
	LS-08	75.00 m
Ovalo-Av. La Marina	LST-01	75.00 m
	MASW - 01	-
	LS-09	75.00 m
	LS-10	75.00 m
	LS-11	75.00 m
	LS-12	75.00 m
	LS-13	75.00 m
Av. Santa Rosa-Av. Colonial-Av. Argentina	LS-14	75.00 m
	LS-15	75.00 m
	LS-16	75.00 m
	LS-17	75.00 m
	LS-18	75.00 m
	LS-18 A	75.00 m
	LS-19	75.00 m
	LS-20	75.00 m

JNR CONSULTORES S.A.

Ing. ENRIQUE COX CASSINELLI

Jefe de Proyecto

CIP: 22854

PERU INFINITO S.A.C

Teléfono: (01) 659 4730 / 974125838

INGENIERO CIVIL
ROBERTO TELLO BARBARAN
CIP: 87846

MANUEL PEPE CACHA RIOS
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 104880

Dirección: Mz. I Lt. 3 los Portales de Fiori, SMP, Lima, Perú
Correo Electrónico: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.pe

DESCRIPCIÓN	NÚMERO DE LINEAS SISMICAS	METRAJE
	LS-21	75.00 m
	LS-22	75.00 m
	LST-02	75.00 m
	MASW - 02	-
	LS-23	75.00 m
	LS-24	75.00 m
	LS-25	75.00 m
	LS-26	75.00 m
	LS-27	75.00 m
	LS-28	75.00 m
	LS-29	75.00 m
	LS-30	75.00 m
	LST-03	75.00 m
	MASW - 03	-
	LS-31	75.00 m
	LS-32	75.00 m
	LS-33	75.00 m
	LS-34	75.00 m
	LS-35	75.00 m
	LS-36	75.00 m
	LS-37	75.00 m
TOTAL	40 LRS	3000.00 m

4.2. Método de Ensayo de Refracción Sísmica

El procedimiento realizado para el ensayo de refracción sísmica en el campo está dado por las siguientes etapas:

4.2.1. Reconocimiento de la Zona de Estudio

Consiste en hacer un análisis visual de las características del terreno, evaluando la accesibilidad y los riesgos/peligros que puedan suscitarse. El resultado de este proceso es mejorar y hasta replantear la ubicación y dirección de las líneas de planteadas en el proyecto, sin causar alguna variación en los objetivos trazados.

4.2.2. Instalación de Equipos y Cables

Este proceso permite ubicar el equipo adecuado, según el número de tendidos previamente planificado. Asimismo, se procede a instalar los cables y los equipos de medición en campo. Cabe señalar que los puntos de adquisición podrán

modificarse conforme se adquiere los datos con la intención de mejorar la adquisición y lograr la mejor adquisición de datos.

4.2.3. Toma de Datos

El operador del equipo (sismógrafo), geofísico de campo, define y califica los datos conforme se van adquiriendo, indicando repeticiones o cambio de fuentes de energía o posición del equipo, según sea conveniente o necesario para el levantamiento sobre superficie. Mientras que para el ensayo de pozo se debe reincidir el golpe más fuerte y compacto para la aceptable adquisición.

4.2.4. Finalización de Toma de Datos

En este proceso, culminados todo los shots el operador del equipo comunica al personal el recojo de todos los equipos para la movilización a otro punto. Cabe señalar que al finalizar el levantamiento el responsable de grupo verifica y visualiza la zona de trabajo con la intención de cerciorarse si todo el equipo fue recogido y si no hay restos contaminantes. Caso se presentará, el personal tiene la obligación y responsabilidad ambiental de mitigar el efecto.

5. CRITERIOS DE ANALISIS

5.1. Generalidades

5.1.1. Criterio de análisis para la Refracción Sísmica

Dentro de la familia de los métodos sísmicos; en este proyecto se ha realizado la Refracción Sísmica. Donde los criterios de procesamiento son los siguientes:

a) Análisis de registros y calificación de datos:

El análisis de cada registro se aplica inicialmente en campo y posteriormente en gabinete; y generalmente es antes de iniciar cada procesamiento.

En este proceso se verifica y analiza cada una de las señales obtenidas en campo, calificando cada uno de los registros y sus repeticiones a fin de obtener el registro de mejor calidad para la identificación de fases (P) y tiempos de arribo de cada geófono.

Esta calificación de datos consiste en verificar digitalmente la información obtenida en campo (registro de trazas, ver Fig. 3), con el fin de discriminar aquellas que muestren baja calidad.

JNR CONSULTORES S.A.

 Ing. ENRIQUE COX CASSINELLI
 Jefe de Proyecto
 C.I.P. 22854


 INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARAN
 CIP: 67846


 MANUEL PEPE CACHARIOS
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 104860

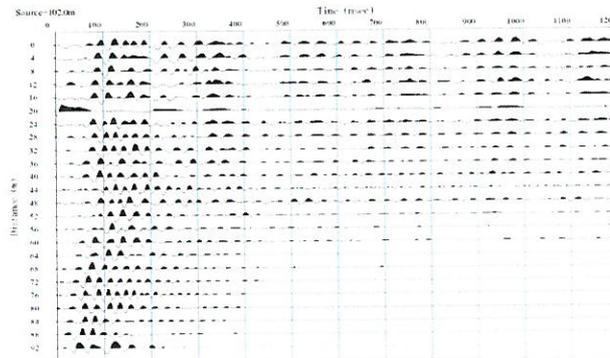


Fig. 3 - Vista de un Registro de Refracción Sísmica

b) Procesamiento de datos:

En esta etapa se determina el tiempo de arribo de cada señal en cada registro. Para ello se hace uso del software denominado Pickwin versión 5.5.1.1.2.

Una vez obtenidos los tiempos de arribo para cada geófono, a partir de ellos se obtiene las gráficas Tiempo - Distancia, llamadas también Curvas Dromocrónicas. En dicha gráfica se determina los cambios de pendiente de los tiempos obtenidos para cada geófono, en forma de rectas, de lo cual se deduce por teoría que el inverso de la pendiente “mi” de cada una de las rectas ri, representa la Velocidad Aparente Vi, para un estrato i. La obtención de las velocidades y espesores de los estratos del modelo obtenido son realizados en el software de procesamiento denominado Plotefra. Dicho procedimiento incluye la corrección por topografía de cada geófono y punto de disparo.

c) Interpretación:

Para el método realizado en este proyecto, y en donde se han definido los estratos de velocidades (Vp) de cada sección con sus respectivos espesores, se hace un análisis cualitativo entre si y correlacionando con información de observaciones de campo, calicatas, perforaciones y artículos de geología regional o local; con la necesidad de dar un mejor alcance y nomenclatura de cada estrato definido.

Asimismo, con la información obtenida (Vp), se calcula los parámetros dinámicos de cada perfil interpretado: Módulo de Volumen (K), Módulo de Young (E), Módulo de Cizalla (G) y Relación de Poisson (ν).

5.1.2. Parámetros Dinámicos Generales

Velocidad de ondas Secundarias (Vs): Las ondas “S” (secundarias), son ondas en las cuales el desplazamiento es transversal a la dirección de propagación. Su velocidad es menor que la velocidad de las ondas primarias (Vp).

Debido a ello, éstas aparecen en el terreno después de las primeras ondas. Según la teoría de elasticidad de la mecánica de sólidos, aplicada a suelos, la velocidad de propagación de las ondas S en medios isótropos y homogéneos depende del módulo de corte G y de la densidad ρ del material:

JNR CONSULTORES S.A.
Manuel

.....
MANUEL PEPE CACHA RIOS
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 104868

$$V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \quad (6)$$

Relación de Poisson (ν): Constante elástica que proporciona una medida del estrechamiento de sección de una partícula de material elástico lineal e isótropo cuando se estira longitudinalmente y se adelgaza en las direcciones perpendiculares a la de estiramiento.

Si se toma un prisma mecánico fabricado en el material cuyo coeficiente de Poisson pretendemos medir y se somete este prisma a una fuerza de tracción aplicada sobre sus bases superior e inferior, el coeficiente de Poisson se puede medir como: la razón entre el alargamiento longitudinal producido dividido por el acortamiento de una longitud situada en un plano perpendicular a la dirección de la carga aplicada. Este valor coincide igualmente con el cociente de deformaciones, de hecho, la fórmula usual para el Coeficiente de Poisson es:

$$\nu = -\frac{\epsilon_{\text{trans}}}{\epsilon_{\text{long}}} \quad (7)$$

Según Ukawa y Fukao, 1981 y Huarachi P, 2003, la relación de Poisson puede ser obtenida partir de la ecuación (5), antes mencionada.

Módulo de elasticidad, de corte y volumétrico (E, G y K): Para definir la rigidez de un sólido, la mecánica de sólidos ha definido la relación entre los esfuerzos y las deformaciones de un material, como módulo de rigidez. Existen diferentes tipos de módulos los cuales dependen del tipo de esfuerzos considerados y el nivel de deformación para el cual se está analizando. En el caso de la mecánica de suelos, existen principalmente tres tipos de módulos: 1. Módulo de elasticidad o módulo de Young (E) que relaciona los esfuerzo y deformaciones a partir de fuerzas de compresión, 2. Módulo de corte (G) que relaciona los esfuerzos y deformaciones de corte y 3. Módulo volumétrico o de Bulk (K), que relaciona las deformaciones y esfuerzos de compresión en tres dimensiones.

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad \text{ó} \quad G = \rho V_s^2 \quad (8)$$

$$E = 2G(1 + \nu) \quad (9)$$

$$K = \frac{E}{3(1-2\nu)} \quad (10)$$

El procedimiento para el cálculo de los Parámetros Dinámicos presentados en este informe, en primer lugar, se calcula V_s , mediante la relación V_p/V_s , mencionado en las ecuaciones (4) y (5), según Ukawa y Fukao, 1981 y Huarachi P, 2003; a partir del valor de V_s obtenido se calcula el módulo de corte (G) que es obtenido mediante la ecuación (8); para luego calcular el módulo de Elasticidad (E) y módulo Volumétrico (K) mediante las ecuaciones (9) y (10) respectivamente.

JNR CONSULTORES S.A.

Ing. ENRIQUE COX CASSINELLI

Jefe de Proyecto

C.I.P. 22854

PERU INFINITO S.A.C

Teléfono: (01)- 659 4730 / 974125838

INGENIERO CIVIL
ROBERTO TELLO BARBARAN
CIP: 07846

MANUEL PEPE CACHA RIOS
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 104880

Tabla 6 - Valores Promedio de Vp según la norma ASTM - D5777

DESCRIPCIÓN	VELOCIDAD Vp	
	Vp (pie/s)	Vp (m/s)
Suelo Intemperizado	800 a 2000	240 a 610
Grava o Arena Seca	1500 a 3000	460 a 915
Arena Saturada	4000 a 6000	1220 a 1830
Arcilla Saturada	3000 a 9000	910 a 2750
Agua	4700 a 5500	1430 a 1665
Agua de Mar	4800 a 5000	1460 a 1525
Arenisca	6000 a 13000	1830 a 3960
Esquisto, Arcilla esquistosa	9000 a 14000	2750 a 4270
Tiza	6000 a 13000	1830 a 3960
Caliza	7000 a 20000	2134 a 6100
Granito	15000 a 19000	4575 a 5800
Roca Metamórfica	10000 a 23000	3050 a 7000

Tabla 7 - Caso: Curvich J. (1975), Dobrin, Milton (1961), NB (1976), Savicha y Satonov V.A. (1979)

DESCRIPCIÓN	Vp (m/s)
Aire (en función de temperatura, presión y vientos)	310 - 360
Suelo Vegetal	100 - 500
Grava, cascajo, arena seca	100 - 600
Arena húmeda	300 - 900
Depósitos aluvionales	500 - 2010
Morrena fluvio-glacial	1200 - 2700
Arcilla	1200 - 2800
Agua (en función de su temperatura y salinidad)	1430 - 1530
Arenisca friable	1500 - 2500
Arenisca compacta	1800 - 4000
Esquisto arcilloso	2700 - 4 800
Caliza, dolomita compacta	2500 - 6000
Marga	2000 - 3500
Anhidrita, yeso	4500 - 6500
Hielo	3100 - 4200
Sal de Roca	4200 - 5500
Tufo-brecha	4000 - 4900
Granito	4000 - 5700
Diorita	5950 - 6500
Granodiorita	5700 - 6400
Rocas metamórficas	4600 - 6800
Anfibolita	6500 - 7200

JNR CONSULTORES S.A.

Ing. ENR. JOSE COX CASSINELLI

PERU INFINITO S.A.C
Teléfono: (01)- 659 4730 / 974125838

INGENIERO CIVIL
ROBERTO TELLO BARBARAN
CIP: 67846

MANUEL PEPE CACHA RIOS
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 10880

Dirección: Mz. I lt. 3 los Portales de Fiori, SMP, Lima, Perú
Correo Electrónico: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.pe

Tabla 8 - Site Classification ASCE/SEI 7-10

TIPO DE PERFIL DE SUELO	PROPIEDADES PROMEDIO EN LOS 30 PRIMEROS METROS			
	NOMBRE DEL PERFIL DE SUELO	VELOCIDAD ONDAS DE CORTE	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN ESTÁNDAR, N	RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO
		v_s (m/s)		S_u (psf)
A	Roca muy dura	$v_s > 1500$	N/A	N/A
B	Roca	$760 < v_s \leq 1500$	N/A	N/A
C	Suelo muy denso o roca blanda	$360 < v_s \leq 760$	$N > 50$	$S_u \geq 2000$
D	Suelo rígido	$180 \leq v_s \leq 360$	$15 \leq N \leq 50$	$1000 \leq S_u \leq 2000$
E	Suelo blando	$v_s < 180$	$N < 15$	$S_u < 1000$
E	-	Cualquier perfil de suelo con más de 3 m de espesor que tenga las siguientes características: Índice de plasticidad (IP) > 20 Contenido de humedad (w) $\geq 40\%$ y Resistencia al corte no drenada $S_u < 500$ psf		
F	-	Cualquier perfil de suelo que contenga una o más de las siguientes características: Suelos vulnerables a una posible fractura o colapso bajo efecto sísmico, por ejemplo: suelos licuables, arcillas altamente sensibles y suelos débilmente cementados. Turbas y/o arcillas altamente orgánicas (H > 3 m de turba y/o arcillas altamente orgánicas, donde H = espesor del suelo). Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7,6 m con índice de plasticidad IP > 75). Arcillas gruesas suaves a medias (H > 36 m).		

6. INTERPRETACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS

6.1. Perfiles obtenidos Refracción Sísmica

Se han realizado las líneas sísmicas en orden ascendente, exceptuando las intercepciones denominadas LST-01, LST-02 y LST-03 en las cuales se ha realizado un ensayo MASW-1D, siendo 03 de estos ensayos en total. En la Tabla 9, se muestra la lámina, número y coordenadas del punto de inicio y final de las líneas sísmicas ejecutadas.

JNR CONSULTORES S.A.

PERU INFINITO S.A.C. CASSINELLI
Teléfono: (01) 659 4730 / 974125838
C.I.P. 22854

INGENIERO CIVIL
ROBERTO TELLO BARBARAN
C.I.P. 87846

MANUEL PEPE CACHA RIOS
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 10440

Dirección: Mz. I Lt. 3 los Portales de Fiori, SMP, Lima, Perú
Correo Electrónico: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.pe

CÓDIGO	COORDENADAS UTM			
	PUNTO INICIAL		PUNTO FINAL	
	Norte	Este	Norte	Este
LS-36	8667599.75	269668.50	8667674.72	269664.82
LS-37	8667702.88	269663.29	8667777.67	269659.56

6.2. Resultados del ensayo de Refracción Sísmica

Se adjuntan los resultados de los perfiles de Velocidad de ondas de Compresión y Perfiles de Velocidad de Ondas de Corte (Ver los planos presentados en el ANEXO II).

7. PARÁMETROS DINÁMICOS DEL TERRENO

Los parámetros dinámicos se detallan en la Tabla 10.

Tabla 10 – Parámetros dinámicos de las líneas sísmicas ejecutadas

Línea sísmica	Capa	Velocidad	Velocidad	Razón de Poisson	Módulo de Corte G	Módulo de Young E	Módulo de Bulk K
		Vp (m/s)	Vs (m/s)	(ν)	(MN/m ²)	(MN/m ²)	(MN/m ²)
LS-01	1	765.5	359.79	0.36	220.06	597.78	702.77
	2	985.5	473.04	0.35	402.78	1087.76	1211.14
	3	1201.5	600.75	0.33	685.71	1828.56	1828.56
LS-02	1	700	329	0.36	184.01	499.86	587.65
	2	850	408	0.35	299.64	809.2	900.99
	3	1024.5	512.25	0.33	498.56	1329.49	1329.49
LS-03	1	754	354.38	0.36	213.49	579.95	681.82
	2	814	390.72	0.35	274.79	742.11	826.28
	3	883.5	441.75	0.33	370.77	988.72	988.72
LS-04	1	659	309.73	0.36	163.09	443.02	520.83
	2	758	363.84	0.35	238.28	643.51	716.5
	3	873.5	436.75	0.33	362.43	966.47	966.47
LS-05	1	893	419.71	0.36	299.47	813.49	956.38
	2	1096.5	526.32	0.35	498.62	1346.59	1499.33
	3	1300	650	0.33	802.75	2140.67	2140.67
LS-06	1	1033.5	485.75	0.36	401.11	1089.61	1280.99
	2	1500	720	0.35	933.12	2520.01	2805.84
	3	1966	983	0.33	1835.95	4895.86	4895.86
LS-07	1	622	292.34	0.36	145.29	394.67	463.99
	2	727	348.96	0.35	219.19	591.95	659.1
	3	849	424.5	0.33	342.38	913.01	913.01
LS-08	1	752.5	353.68	0.36	212.65	577.65	679.11

Tabla 9 – Coordenadas de las líneas sísmicas ejecutadas

CÓDIGO	COORDENADAS UTM			
	PUNTO INICIAL		PUNTO FINAL	
	Norte	Este	Norte	Este
LS-01	8209485.55	377302.58	8209531.18	377361.13
LS-02	8209560.69	377339.02	8209497.87	377379.70
LS-03	8209521.31	377172.93	8209369.43	377324.26
LS-04	8209621.88	377231.43	8209447.34	377352.71
LS-05	8209484.67	377166.69	8209379.28	377273.58
LS-06	8209482.15	377275.63	8209382.24	377164.18
LS-07	8665127.92	269209.07	8665193.74	269245.32
LS-08	8665207.47	269252.15	8665273.19	269288.38
LST-01	8665362.90	269276.93	8665317.03	269336.27
MASW-01	8665339.69	269306.84	-	-
LS-09	8665153.65	269553.25	8665112.57	269615.99
LS-10	8665205.19	269483.81	8665160.63	269544.13
LS-11	8665254.38	269416.61	8665209.81	269476.97
LS-12	8665313.27	269359.31	8665268.08	269419.31
LS-13	8665279.61	269327.17	8665338.31	269357.51
LS-14	8665378.92	269337.55	8665439.86	269381.71
LS-15	8665466.09	269401.05	8665526.96	269444.43
LS-16	8665538.42	269455.41	8665599.48	269498.95
LS-17	8665609.50	269504.37	8665671.41	269546.64
LS-18	8665711.98	269577.15	8665772.80	269620.99
LS-18A	8665797.24	269639.28	8665858.67	269682.31
LS-19	8665890.80	269704.89	8665952.38	269748.04
LS-20	8665984.75	269771.11	8666054.14	269798.59
LS-21	8666082.72	269801.08	8666157.24	269794.67
LS-22	8666175.72	269796.95	8666250.11	269787.43
LST-02	8666258.43	269766.48	8666241.64	269693.51
MASW-02	8666249.82	269729.86	-	-
LS-23	8666286.01	269784.95	8666360.61	269777.24
LS-24	8666380.96	269777.24	8666455.57	269771.19
LS-25	8666471.75	269768.74	8666546.47	269761.44
LS-26	8666553.75	269759.29	8666628.11	269752.03
LS-27	8666677.89	269753.21	8666752.86	269755.27
LS-28	8666776.26	269738.95	8666851.15	269734.55
LS-29	8666869.11	269731.84	8666943.81	269725.07
LS-30	8666951.79	269737.19	8667026.56	269730.72
LST-03	8667051.84	269689.88	8667056.00	269764.74
MASW-03	8667054.04	269727.00	-	-
LS-31	8667086.48	269721.42	8667161.22	269715.02
LS-32	8667187.13	269712.89	8667261.80	269706.43
LS-33	8667288.09	269704.35	8667362.78	269698.02
LS-34	8667374.95	269697.21	8667449.73	269690.78
LS-35	8667501.25	269674.18	8667576.17	269670.65

MANUEL PEPE CACHARIOS
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 104880

JNR CONSULTORES S.A.
ING. FAUSTO COX CASSINELLI
PERU INFINITO S.A.C
Teléfono: (01) 659 4730 / 974125838

INGENIERO CIVIL
ROBERTO TELLO BARBARAN
CIP: 87848

Dirección: Mz. I lt. 3 los Portales de Fiori, SMP, Lima, Perú
Correo Electrónico: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.pe

Línea sísmica	Capa	Velocidad	Velocidad	Razón de Poisson	Módulo de Corte G	Módulo de Young E	Módulo de Bulk K
		Vp (m/s)	Vs (m/s)	(ν)	(MN/m ²)	(MN/m ²)	(MN/m ²)
	2	850	408	0.35	299.64	809.2	900.99
	3	963	481.5	0.33	440.5	1174.67	1174.67
	1	530.5	249.34	0.36	105.69	287.09	337.52
LST-01	2	919.5	441.36	0.35	350.64	946.94	1054.35
	3	1372.5	686.25	0.33	894.78	2386.09	2386.09
	1	560	263.2	0.36	117.77	319.91	376.1
LS-09	2	703.5	337.68	0.35	205.25	554.3	617.18
	3	870	435	0.33	359.53	958.74	958.74
	1	550	258.5	0.36	113.6	308.58	362.79
LS-10	2	700	336	0.35	203.21	548.8	611.05
	3	874.5	437.25	0.33	363.26	968.68	968.68
	1	639	300.33	0.36	153.34	416.53	489.7
LS-11	2	755.5	362.64	0.35	236.71	639.28	711.79
	3	891	445.5	0.33	377.09	1005.58	1005.58
	1	1041	489.27	0.36	406.95	1105.48	1299.65
LS-12	2	1142.5	548.4	0.35	541.34	1461.95	1627.77
	3	1260	630	0.33	754.11	2010.96	2010.96
	1	500.5	235.24	0.36	94.07	255.54	300.42
LS-13	2	760	364.8	0.35	239.54	646.91	720.29
	3	1062	531	0.33	535.73	1428.6	1428.6
	1	816.5	383.76	0.36	250.36	680.08	799.54
LS-14	2	1016.5	487.92	0.35	428.52	1157.27	1288.53
	3	1249.5	624.75	0.33	741.59	1977.58	1977.58
	1	662.5	311.38	0.36	164.82	447.73	526.38
LS-15	2	758	363.84	0.35	238.28	643.51	716.5
	3	869.5	434.75	0.33	359.11	957.64	957.64
	1	761.5	357.91	0.36	217.76	591.55	695.45
LS-16	2	1042	500.16	0.35	450.29	1216.06	1353.99
	3	1368.5	684.25	0.33	889.58	2372.2	2372.2
	1	622	292.34	0.36	145.29	394.67	463.99
LS-17	2	838.5	402.48	0.35	291.58	787.45	876.77
	3	1091	545.5	0.33	565.38	1507.69	1507.69
	1	604.5	284.12	0.36	137.23	372.77	438.25
LS-18	2	692.5	332.4	0.35	198.88	537.1	598.03
	3	795	397.5	0.33	300.21	800.57	800.57
	1	585	274.95	0.36	128.52	349.11	410.43
LS-18A	2	713.5	342.48	0.35	211.13	570.17	634.85
	3	862.5	431.25	0.33	353.36	942.28	942.28

JNR CONSULTORES S.A.

Ing. ENRIQUE COX CASSINELLI

PERU INFINITO S.A. de Proyecto
Teléfono: (01) - 659 4730 / 974125838

INGENIERO CIVIL
ROBERTO TELLO BARBARAN
CIP: 67846

MANUEL PEPE CACHA RIOS
INGENIERO GEOLOGO

Reg. CIP N° 104880

Dirección: Mz. I lt. 3 los Portales de Fiori, SMP, Lima, Perú
Correo Electrónico: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.pe

Línea sísmica	Capa	Velocidad	Velocidad	Razón de Poisson	Módulo de Corte G	Módulo de Young E	Módulo de Bulk K
		Vp (m/s)	Vs (m/s)	(ν)	(MN/m ²)	(MN/m ²)	(MN/m ²)
LS-19	1	621	291.87	0.36	144.82	393.4	462.5
	2	780	374.4	0.35	252.32	681.41	758.7
	3	965	482.5	0.33	442.33	1179.55	1179.55
LS-20	1	661	310.67	0.36	164.08	445.71	524
	2	841	403.68	0.35	293.32	792.16	882.01
	3	1050.5	525.25	0.33	524.19	1397.83	1397.83
LS-21	1	498	234.06	0.36	93.13	252.99	297.43
	2	662.5	318	0.35	182.02	491.58	547.33
	3	853.5	426.75	0.33	346.02	922.72	922.72
LS-22	1	621	291.87	0.36	144.82	393.4	462.5
	2	820	393.6	0.35	278.86	753.09	838.51
	3	1052	526	0.33	525.68	1401.83	1401.83
LST-02	1	923	433.81	0.36	319.92	869.07	1021.71
	2	1244.5	597.36	0.35	642.31	1734.64	1931.39
	3	1619	809.5	0.33	1245.05	3320.14	3320.14
LS-23	1	580.5	272.84	0.36	126.55	343.76	404.14
	2	747.5	358.8	0.35	231.73	625.81	696.79
	3	941.5	470.75	0.33	421.05	1122.8	1122.8
LS-24	1	544	255.68	0.36	111.13	301.89	354.91
	2	727.5	349.2	0.35	219.49	592.77	660
	3	941	470.5	0.33	420.6	1121.61	1121.61
LS-25	1	677.5	318.43	0.36	172.37	468.24	550.48
	2	925	444	0.35	354.84	958.3	1067
	3	1213	606.5	0.33	698.9	1863.73	1863.73
LS-26	1	786	369.42	0.36	232	630.22	740.92
	2	1046.5	502.32	0.35	454.19	1226.58	1365.71
	3	1349.5	674.75	0.33	865.05	2306.79	2306.79
LS-27	1	647.5	304.33	0.36	157.44	427.69	502.81
	2	850	408	0.35	299.64	809.2	900.99
	3	1086	543	0.33	560.21	1493.9	1493.9
LS-28	1	989.5	465.07	0.36	367.69	998.81	1174.24
	2	1075	516	0.35	479.26	1294.3	1441.11
	3	1174	587	0.33	654.68	1745.82	1745.82
LS-29	1	845	397.15	0.36	268.14	728.39	856.33
	2	956.5	459.12	0.35	379.42	1024.68	1140.91
	3	1086	543	0.33	560.21	1493.9	1493.9
LS-30	1	663.5	311.85	0.36	165.32	449.09	527.97
	2	850	408	0.35	299.64	809.2	900.99

Línea sísmica	Capa	Velocidad	Velocidad	Razón de Poisson	Módulo de Corte G	Módulo de Young E	Módulo de Bulk K
		Vp (m/s)	Vs (m/s)	(v)	(MN/m ²)	(MN/m ²)	(MN/m ²)
	3	1067	533.5	0.33	540.78	1442.09	1442.09
LST-03	1	911	428.17	0.36	311.66	846.61	995.32
	2	1007	483.36	0.35	420.55	1135.74	1264.56
	3	1118.5	559.25	0.33	594.25	1584.65	1584.65
LS-31	1	604.5	284.12	0.36	137.23	372.77	438.25
	2	699	335.52	0.35	202.63	547.23	609.3
	3	808.5	404.25	0.33	310.49	827.98	827.98
LS-32	1	744	349.68	0.36	207.87	564.67	663.85
	2	861.5	413.52	0.35	307.8	831.25	925.53
	3	998.5	499.25	0.33	473.58	1262.87	1262.87
LS-33	1	926.5	435.46	0.36	322.36	875.67	1029.48
	2	985.5	473.04	0.35	402.78	1087.76	1211.14
	3	1053.5	526.75	0.33	527.18	1405.83	1405.83
LS-34	1	702.5	330.18	0.36	185.33	503.43	591.86
	2	763.5	366.48	0.35	241.75	652.89	726.94
	3	834	417	0.33	330.39	881.04	881.04
LS-35	1	693.5	325.95	0.36	180.61	490.62	576.79
	2	880.5	422.64	0.35	321.52	868.32	966.81
	3	1098	549	0.33	572.66	1527.1	1527.1
LS-36	1	635.5	298.69	0.36	151.66	411.98	484.35
	2	778.5	373.68	0.35	251.35	678.79	755.78
	3	945	472.5	0.33	424.19	1131.17	1131.17
LS-37	1	566.5	266.26	0.36	120.52	327.38	384.88
	2	781	374.88	0.35	252.96	683.16	760.65
	3	1031	515.5	0.33	504.91	1346.42	1346.42

8. CONCLUSIONES

- Los métodos geofísicos al ser ensayos no destructivos se clasifican como indirectos por medio de emisión y
- recepción de ondas acústicas y tiene un grado de aproximación aceptable, sin embargo, los resultados que se obtienen presenta una percepción considerable en comparación con los ensayos directos y con fines de validar con mayor detalle la información se recomienda contrastar la interpretación a través de investigaciones directas.
- Se realizó el levantamiento geofísico de refracción sísmica en la cantidad de 41 perfiles sísmicos, que se realizaron en el departamento constitucional del Callao, a largo de la Av. Santa Rosa, comenzando por su intersección con la

Línea Sísmica	Capa N°	Vs (m/s)	Prof. (m)	Interpretación
MASW-01	N°1	298 - 376	0.00 - 6.00	Material suelto a blando, conformado por arena mal gradadas con limo.
	N°2	376 - 779	6.00 - 21.00	Material muy denso.
	N°3	779 - 818	21.00 - 30.00	Material rocoso o suelo muy rígido.
MASW-02	N°1	288 - 374	0.00 - 4.90	Material suelto a blando, conformado por arcilla arenosas.
	N°2	374 - 785	4.90 - 25.60	Material muy denso.
	N°3	785 - 868	25.60 - 30.00	Material rocoso o suelo muy rígido.
MASW-03	N°1	264 - 372	0.00 - 4.80	Material suelto a blando, conformado por limo arenoso.
	N°2	372 - 776	4.80 - 25.40	Material muy denso.
	N°3	776 - 829	25.40 - 30.00	Material rocoso o suelo muy rígido.

8. CONCLUSIONES

- Los métodos geofísicos al ser ensayos no destructivos se clasifican como indirectos por medio de emisión y recepción de ondas acústicas y tiene un grado de aproximación aceptable, sin embargo, los resultados que se obtienen presentan una percepción considerable en comparación con los ensayos directos y con fines de validar con mayor detalle la información se recomienda contrastar la interpretación a través de investigaciones directas.
- Se realizó el levantamiento geofísico de refracción sísmica en la cantidad de 41 perfiles sísmicos, que se realizaron en el departamento constitucional del Callao, a largo de la Av. Santa Rosa, comenzando por su intersección con la Av. Costanera hasta una cuadra debajo de su intercepción con la Av. De la Alameda.
- Las líneas LS-03, LS-05, LS-15, LS-18, LS-32, LS-33 representan zonas donde los espesores de las capas 01 y 02 son irregulares con respecto a una homogeneidad en la profundidad; la capa 01 en promedio tiene un Vp: 764.08 m/s y 2.46 m de espesor y la capa 02 en promedio tiene un Vp: 868 m/s tiene 5.49 m de espesor. Donde la capa 01 es material superficial y/o suelos granulares finos y/o suelos arcillosos, la capa 02 es probablemente un suelo muy denso con arenas y finos de espesor variable y la capa 03 es probablemente una roca blanda y/o gravas y arenas compactadas. Verificar los tipos de material encontrados en las capas 1 y 2 con los reportes de campo y laboratorio del área de Geotecnia.

JNR CONSULTORES S.A.
PERUINFINITO S.A.C. X CASINETTI
Teléfono: (01) 659 4730 / 974125838
C.I.P. 22854

INGENIERO CIVIL
ROBERTO TÉLLO BARBARAN
CIP: 87846

Dirección: Mz. 1 lt. 3 los Portales de Fiori, SMP, Lima, Perú
Correo Electrónico: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.pe

MANUEL PEPE CACHA RIOS
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 104880

	ESTUDIO DE PRE-INVERSIÓN AV. SANTA ROSA Investigación Geotécnica por el Método Geofísico de Refracción Sísmica	Código: PEINSAC.28-001-03 Fecha : 15-abr.-19 Página 23 de 24	
---	--	--	---

- El tramo más crítico se encuentra desde la LS-07 a la LS-24 (no incluye LST-01 ni LST-02), que va desde a Av. Mariscal Castilla - Av. Marina (parte Este) - hasta una cuadra arriba de Av. Santa Rosa con Av. Colonial. Tienen velocidades en promedio para la capa 01 de Vp: 644.34 m/s, para la capa 02 de Vp: 804.11 m/s y para la capa 03 de Vp: 989.95 m/s. La capa 01 es un material superficial y/o suelos granulares finos y suelos arcillosos, la capa 02 es un suelo denso con arenas y finos de espesor variable, estas 2 capas presentan un espesor considerable con respecto de las demás líneas sísmicas; y la capa 03 siendo probablemente roca blanda y/o gravas y arenas. Verificar los tipos de material encontrados en las capas 1 y 2 con los reportes de campo y laboratorio del área de Geotecnia.

9. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Atekwana, E.A., Sauck, W.A., Werkema Jr, D.D. (2000). Investigations of geoelectrical signatures at hydrocarbon contaminated site, Journal of Applied Geophysics, 44, 167-180
- Eduardo Arias, D (2012). The geoelectrical relations on the geotechnical exploration. Medellin Colombia.
- Campbell, D.L., Fitterman, D.V. (2000). Geoelectrical methods for investigating mine dumps. Proceedings from the fifth international conference on acid rock drainage (ICARD). Denver.
- Figuerola, J., C. (1974). Tratado de Geofísica Aplicada. LITOPRINT. Madrid.
- Lankston, R. W., High Resolution Refraction Data Acquisition and Interpretation. Geo- Compu-Graph, Inc., U.S.A.
- Harry V, Andrew B. (2006). Applied Hydrogeophysics, Hidrogeofísica Aplicada, USA.
- Hernández Márquez, J.O., Rodríguez Villuendas. A. (2008). Aplicación de métodos geoelectrónicos para el diagnóstico de un sitio urbano contaminado por hidrocarburos. Tesis de licenciatura, UNAM.
- Keller, G.V & Frischknecht, F.C. (1966). Electrical methods in geophysical prospecting. Pergamon Press Inc. Oxford.
- Loke, M.H., (1997-2001). Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies. M.H.Loke.
- Milsom, John. (2003). Field Geophysics. 3a Edición, John Wiley & Sons Ltd.
- Orellana, E. Prospección geoelectrónica por corriente continua. Paraninfo. Madrid España.1982.
- Roy, A. (1972). Depth of investigation in Wenner. three-electrode and dipole-dipole dc resistivity methods. Geophysical Prospecting. 20: 329-340.
- Sogade, John A., et al. (2006). Induced-polarization detection and mapping of contaminant plumes, Geophysics. Vol. 71. No. 3, 75-84.


 JNR CONSULTORES S.A.
 PERU INFINITO S.A.C.
 Teléfono: (01) 659 4730 / 974125838
 500 de Proyecto
 C.I.P. 22654

INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARAN
 CIP: 67846

Dirección: Mz. I lt. 3 los Portales de Fiori, SMP, Lima, Perú
 Correo Electrónico: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.pe

MANUEL PEPE CACHA RIOS
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 104880

- Urbietta, J., (2009). Evaluación de las técnicas de adquisición de datos 2D y 3D con tomografía de resistividad eléctrica en pozo. Tesis de maestría, UNAM.
- Huarachi Berroa Jesús Uldarico (2004), "Evaluación De La Relación De Poisson Para Sismos Superficiales, Intermedios Y Profundos", Compendio de Trabajos de Investigación CNDG – Biblioteca Instituto Geofísico del Perú. V. 5 (2004) p. 141 - 154
- Manilla Aceves, Alfonso Alvarez (2003), "Geofísica Aplicada en los Proyectos básicos de Ingeniería Civil", Publicación Técnica No. 229 Sanfandila, Qro, 2003
- Manilla Aceves, Alfonso Alvarez et al. (2003), "Evaluación indirecta de los Módulos elásticos de rigidez "in situ" y la relación entre Vp/Vs y el ángulo de fricción interna", Publicación Técnica No. 225 Sanfandila, Qro, 2003
- Manual SeisImager/2D Windows Software for Analysis of Waves, pickwinTM v. 3.2, WaveEqTM v. 2.2, GeoPlot TM v. 8.2.5, Manual v. 2.2
- Lankston Robert W. Geo-Compu-Graph, Inc. P. 0. Box 1848 High Resolution Refraction Data Acquisition and Interpretation.
- Paricahua Jorge, Jenny Yuamiled (2011), "Métodos de Prospección Sísmica aplicados a Estudios Geotécnicos en el Depósito de Relave Chumpe", Tesis presentada para optar el título profesional de Ingeniería Geofísica.
- Park, C.B., Xia, J., and Miller, R.D., (1998b), Imaging dispersion curves of surface waves on multi-channel record: 68th Ann. Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys. Expanded Abstracts, p. 1377–1380.
- Park, C., Miller, R. y Xía, J. 1999, "Multichannel analysis of surface waves". Geophysics. Vol. 64. Nº 3. P: 800-808.
- Park, C.B., R. D. Miller, and J. Xia, Julian M. (1999), Multichannel Analysis of Surface Waves to Map Bedrock, Kansas Geological Survey, Lawrence, Kansas, U.S.
- Redpath, B., B. (1973), "Seismic Refraction Exploration for Engineering Site Investigations", Explosive Excavation Research Laboratory Livermore, California, U.S.A.
- Underwood, D.; Hayashi, K. (2006), Surface Wave data Acquisition and Field Methods, Geometrics Inc, U.S.
- Winterstein, D. (1990). "Velocity anisotropy terminology for geophysicists". Geophysics. Volumen 55. Nº 8. p: 1070-1088.


 JNR CONSULTORES S.A.
 Ing. ENRIQUE COX CASSINELLI
 Jefe de Proyecto
 C.I.P. 22854



 INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARAN
 CIP: 87846



 MANUEL PEPE CACHARIOS
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP Nº 104880