

**ENSAYOS DE PROSPECCION GEOFISICA POR LOS MÉTODOS DE  
“REFRACCIÓN SÍSMICA, MASW-1D Y MAM”**

**INFORME GEOFÍSICO PARA EL PROYECTO “ESTUDIO  
GEOTÉCNICO LOS PARQUES DE COMAS Mza C2 – C3  
MANUEL GONZALES”**

**Geofísicos a Cargo:**

- **Ing. Freddy Javier Ccallo Huaquisto**

**HOJA DE CONTROL**

<b>Revisión</b>	<b>Fecha</b>	<b>Status</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>	<b>Aprobado</b>
A	01 / 2022	Rev. Interna	G.M.T.	G.M.N.	F.C.H.

**ENERO – 2022**

## CONTENIDO

1.	RESUMEN EJECUTIVO.....	4
2.	INTRODUCCIÓN.....	5
2.1.	OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	5
2.2.	UBICACIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	5
	FIGURA N° 1: UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO (FUENTE: GOOGLE MAPS).....	5
2.3.	PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA.....	6
A.	Refracción sísmica.....	6
B.	MASW-1D – MAM.....	6
3.	MÉTODOS DE EXPLORACIÓN GEOFÍSICA.....	6
3.1.	PRINCIPIO DEL MÉTODO DE REFRACCIÓN SÍSMICA.....	6
3.2.	PRINCIPIO DEL MÉTODO DE SÍSMICA ACTIVA (MASW-1D).....	7
	FIGURA N° 3: EJEMPLO DE UN PERFIL UNIDIMENSIONAL MASW-1D.....	8
3.3.	PRINCIPIO DEL MÉTODO DE ANÁLISIS MULTICANAL DE MICROTREPIDACIONES (MAM).....	9
4.	INSTRUMENTOS PARA EL LEVANTAMIENTO GEOFÍSICO DE EXPLORACIÓN.....	12
4.1.	EQUIPO UTILIZADO PARA LA SÍSMICA REFRACCIÓN, MASW-1D Y MAM.....	12
5.	PROCEDIMIENTO DE TRABAJO DE CAMPO DE EXPLORACIÓN GEOFÍSICA.....	12
5.1.	LEVANTAMIENTO DE REFRACCIÓN SÍSMICA, MASW-1D Y MAM.....	12
5.2.	CRITERIO DE PROCESAMIENTO DE LA SÍSMICA.....	13
5.2.1.	Análisis de registro y calificación de datos.....	13
5.2.2.	Procesamiento de datos.....	13
5.2.3.	Parámetros de adquisición.....	14
5.2.4.	Procesamiento de datos sísmicos.....	15
6.	PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS GEOFÍSICOS.....	16
6.1.	REFRACCIÓN SÍSMICA.....	16
6.2.	SÍSMICA ACTIVA (MASW-1D).....	17
6.3.	SÍSMICA PASIVA (MAM).....	19
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	21
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1: UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO (FUENTE: GOOGLE MAPS). .....	5
FIGURA N° 2: TENDIDO SÍSMICO DE REFRACCIÓN TÍPICA. ....	7
FIGURA N° 3: EJEMPLO DE UN PERFIL UNIDIMENSIONAL MASW-1D. ....	8
FIGURA 4: EL PERFIL DE LA ONDA DE CORTE (VS) PUEDE CALCULARSE MIDIENDO LA VELOCIDAD DE FASE PARA DIFERENTE LONGITUD DE ONDA (FRECUENCIA). ....	10
FIGURA 5: ARREGLOS DE MÉTODO PASIVO MAM. ....	10
FIGURA 6: REGISTRO SÍSMICO DE LAS ONDAS SUPERFICIALES DEL ENSAYO MAM. ....	11
FIGURA 7: PERFIL SÍSMICO DE VS DE FRECUENCIAS CONTRA VELOCIDADES DE FASE. ....	11
FIGURA 8: CURVA DE DISPERSIÓN EN GRAFICO DE VELOCIDADES VS CONTRA PROFUNDIDAD. ....	11

## INDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: UBICACIÓN DE LAS LÍNEAS DE REFRACCIÓN SÍSMICA. ....	6
TABLA N° 2: UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS MASW-1D. ....	6
TABLA N° 3: UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS MAM. ....	6
TABLA N° 4: PARÁMETROS DE LA REFRACCIÓN SÍSMICA. ....	14
TABLA N° 5: PARÁMETROS DE LA SÍSMICA ACTIVA (MASW-1D). ....	14
TABLA N° 6: PARÁMETROS DE LA SÍSMICA PASIVA (MAM). ....	14

## 1. RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio forma parte del programa de investigaciones que viene realizando la Empresa M y M CONSULTORES S.R.L., para la realización del estudio de suelos concerniente al Proyecto “ESTUDIO GEOTÉCNICO LOS PARQUES DE COMAS Mza C2 – C3 MANUEL GONZALES”, localizado en el distrito de Comas, provincia de Lima – Metropolitana, en el departamento de Lima.

Los trabajos geofísicos de refracción sísmica, MASW-1D y MAM; consistieron en realizar tendidos a lo largo del área de interés (Ver Plano de Ubicación en el Anexo A), ubicándolos en el terreno según el plano brindado por la empresa contratante, además de estar señalizados y delimitados parcialmente en campo. Se localizaron los puntos en el terreno con ayuda del encargado del proyecto presente durante la adquisición de datos sísmicos.

En total se realizaron 2 líneas de refracción sísmica, 2 ensayos MASW-1D y 2 ensayos de MAM. Los estudios de refracción sísmica se realizaron con un metraje de 100 m con un espaciamiento de 4 m entre geófonos; así mismo los ensayos de MASW-1D y MAM se realizaron respectivamente en las líneas de refracción sísmica, donde el objetivo del servicio es conocer la “potencia y estratigrafía del material de la zona”, la cual se encuentra detallada en la sección de interpretación; así como la compactación del mismo material, con fines de ripabilidad.

Dentro de las recomendaciones, se debe tener en cuenta que, para determinar la capacidad de compactación de los materiales en profundidad en el área de investigación, y cuantificar con mayor precisión se debe realizar ensayos directos como perforación y/o calicatas.

## 2. INTRODUCCIÓN.

Los ensayos de refracción sísmica, MASW-1D y MAM, se realizaron como parte del estudio por la empresa MYM CONSULTORES S.R.L., para la realización del estudio de suelos concerniente al Proyecto “ESTUDIO GEOTÉCNICO LOS PARQUES DE COMAS Mza C2 – C3 MANUEL GONZALES” localizado en el distrito de Comas en el departamento de Lima.

### 2.1. Objetivos del estudio.

Los objetivos de la campaña geofísica son:

- Delimitar y obtener la estratigrafía y espesor del terreno, a través de la generación de ondas de compresión ( $V_p$ ) y corte ( $V_s$ ) y cuantificar la ripabilidad del terreno con fines de excavación del estrato o mejorar la compactación.
- Certificar la continuidad del material bien compacto y calidad de la misma.

### 2.2. Ubicación general de la zona de estudio.

El estudio se realizó en un área ubicada en la avenida Manuel Gonzales, localizado en el distrito de Comas, provincia de Lima Metropolitana, en el departamento de Lima. (Ver Figura N° 1).

Los detalles de ubicación se extienden en el plano de ubicación en el Anexo A.



Figura N° 1: Ubicación de la zona de estudio (Fuente: Google Maps).

### 2.3. Programa de investigación geofísica.

En el presente estudio se realizaron 2 ensayos de refracción sísmica, 2 ensayos de MASW-1D y 2 ensayos de MAM, las coordenadas de estos estudios se resumen a continuación (Ver Tabla N°1: Ubicación de las líneas de refracción sísmica), (Ver Tabla N°2: Ubicación de los ensayos MASW-1D - MAM).

#### A. Refracción sísmica.

Tabla N° 1: Ubicación de las líneas de refracción sísmica.

CUADRO DE COORDENADAS UTM WGS84 LÍNEA SÍSMICA				
CÓDIGO	INICIO		FINAL	
	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE
LS-01	8659659	277964	8659660	277929
LS-02	8680369	275846	8680352	275748

#### B. MASW-1D.

Tabla N° 2: Ubicación de los ensayos MASW-1D.

CÓDIGO	COORDENADAS UTM WGS84 MASW-1D - MAM	
	NORTE	ESTE
MASW-01	8680268	275741
MASW-02	8680358	275796

#### C. MAM.

Tabla N° 3: Ubicación de los ensayos MAM.

CÓDIGO	COORDENADAS UTM WGS84 MASW-1D - MAM	
	NORTE	ESTE
MAM-01	8680268	275741
MAM-02	8680358	275796

### 3. MÉTODOS DE EXPLORACIÓN GEOFÍSICA.

#### 3.1. Principio del método de 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, voladura y/o iterativos golpes de una comba sobre una placa metálica). Dicho fenómeno de deformación de la 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 ó 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 (ver Figura N° 2).

Sin embargo, este tiempo se ve afectado por las propiedades de elasticidad y 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.

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 Fuente-Geófonos (según arreglo de campo) y Geófono-Geófono, 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.

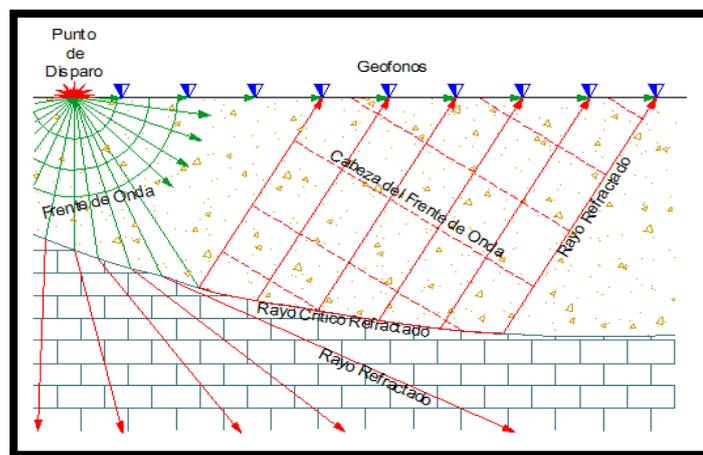


Figura N° 2: Tendido sísmico de refracción típica.

### 3.2. Principio del método de sísmica activa (MASW-1D).

El ensayo MASW-1D 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 termino onda superficial, cuando se usa en SASW (Spectral Analysis of Surface Wave), MASW (Multichannel Analisis of Surface Wave) ó MAM (Micro-Tremor Array Measurement) refiere básicamente a las ondas Rayleigh (ver Figura N° 3).

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.

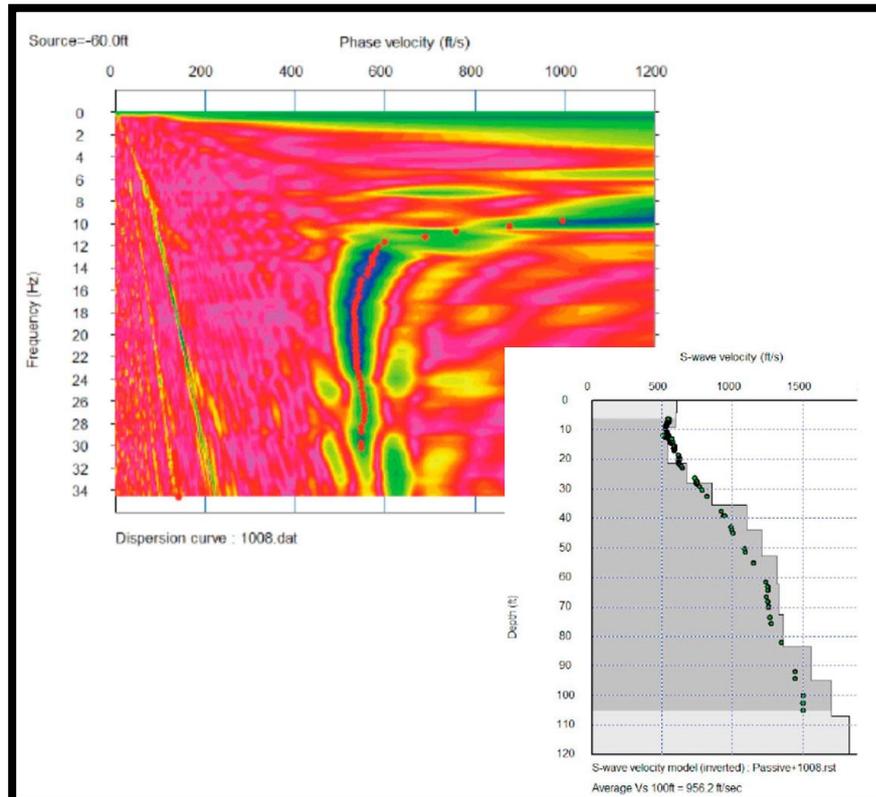


Figura N° 3: Ejemplo de un Perfil Unidimensional MASW-1D.

### 3.3. Principio del Método de Análisis Multicanal de Microtrepidaciones (MAM)

Por su parte, el ensayo MAM o Análisis de Microtrepidaciones en Arreglos Multicanales, consiste en monitorear las vibraciones ambientales en arreglos predeterminados y mediante el análisis de dispersión de éstas determinar el perfil de velocidades de ondas S. La combinación de los métodos MASW y MAM, permiten obtener perfiles de ondas S hasta profundidades promedio de 60 a 100 m en función al tendido sísmico y espaciamiento entre geofonos.

En ambos métodos, la interpretación de los registros consiste en obtener de ellos una curva de dispersión (un trazado de la velocidad de fase de las ondas superficiales versus la frecuencia), filtrándose solamente las ondas superficiales, ya que son estas ondas las que predominan en el grupo de ondas, poseyendo alrededor del 70% de la energía del tren de ondas. Además, la velocidad de fase de estas ondas tiene un valor que varía entre el 90% al 95% del valor de la velocidad de propagación de las ondas S ( $V_s$ ). Luego mediante un procedimiento de cálculo inverso iterativo (método de inversión) y a partir de la curva de dispersión calculada se obtiene el perfil sísmico del terreno en función de  $V_s$  para cada punto de estudio.

Las bases teóricas del método son las mismas que los Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW). Sin embargo, las Microtrepidaciones, que suelen ser de baja frecuencia (1-30 Hz), con longitudes de ondas que van desde unos cuantos kilómetros (fuentes naturales), a unas pocas decenas o cientos de metros (fuentes artificiales) permiten obtener perfiles de la velocidad de onda de corte ( $V_s$ ).

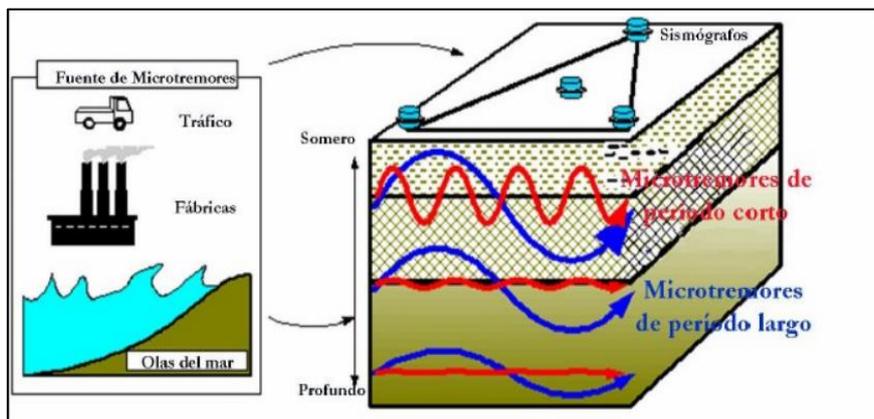


Figura 4: El perfil de la onda de corte ( $V_s$ ) puede calcularse midiendo la velocidad de fase para diferente longitud de onda (frecuencia).

El primer investigador en dar mucha atención a las ondas superficiales de alta frecuencia es Aki, quien investigó las microtrepidaciones como ondas superficiales y presentó la teoría de la Autocorrelación Espacial (Aki, 1957). Por lo tanto, tiene una mayor resolución en el análisis de la naturaleza modal y las propiedades azimutales de la onda superficial.

A diferencia de los métodos de onda de superficie activa, la Medición de Microtrepidaciones en Arreglos Multicanal (MAM) no requiere de ninguna fuente, sino que utiliza un arreglo instrumental bidimensional sobre la superficie, tales como arreglos en forma de lineal, triángulo, círculo en cruz (ver Figura N°3.4). Dado que las fuentes de las microtrepidaciones se distribuyen al azar en el espacio (azimut y distancia desconocida), las microtrepidaciones no tienen una dirección de propagación específica.

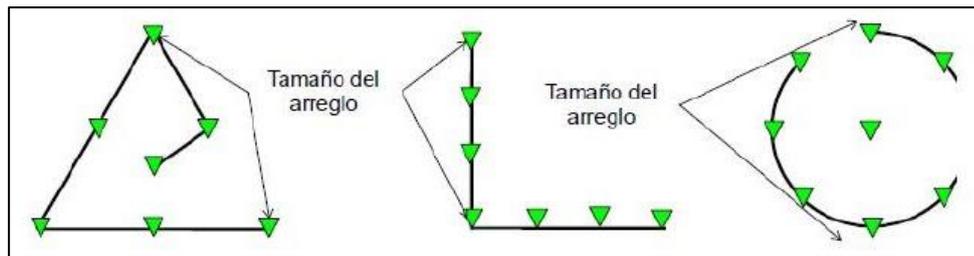


Figura 5: Arreglos de método pasivo MAM.

El uso de arreglos irregulares en forma de L o arreglos lineales nos permite aplicar los métodos pasivos en zonas urbanas. Hayashi (2008) llegó a la conclusión que el efecto de la forma del arreglo en el cálculo de la curva de dispersión es insignificante, Hayashi utilizó arreglos en forma de L, en círculo, en triángulo y en línea aplicados en diferentes partes del mundo. Para realizar el reconocimiento, es igual al dispositivo de Refracción sísmica o MASW, se instalan los sensores verticales individuales y cables de grabación.

La perturbación provocada por las vibraciones ambientales se considera como fuente. Por lo general se recomiendan registros de entre 15 a 32 segundos de duración. La longitud del arreglo total y el espaciamiento depende de la profundidad de investigación, La profundidad típica de investigación para la Medición de Microtrepidaciones en Arreglos Multicanal (MAM) es de hasta 100 m. El método MAM igual que los métodos descritos anteriormente involucra

tres pasos principales, Análisis espectral de velocidades, Selección de la Dispersión Fase – Velocidad Rayleigh y modelado de la Velocidades de corte, (Louie, J 2000).

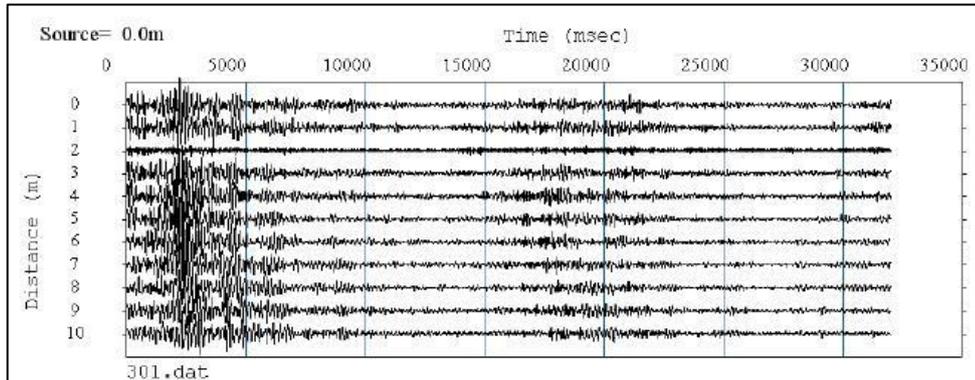


Figura 6: Registro sísmico de las ondas superficiales del ensayo MAM.

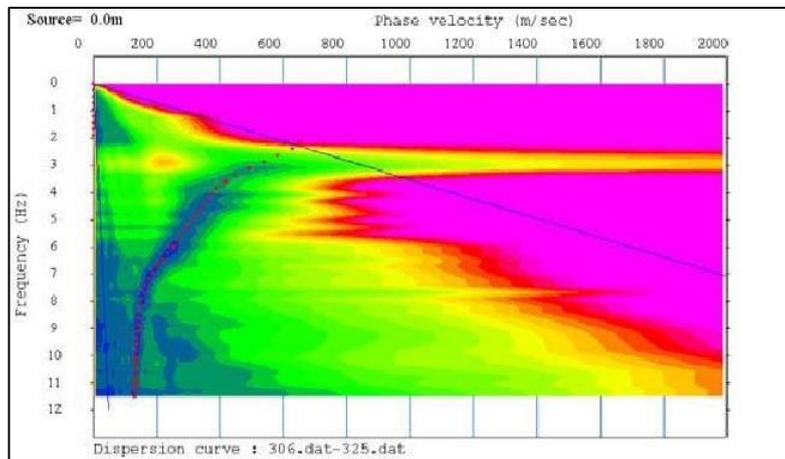


Figura 7: Perfil sísmico de Vs de frecuencias contra velocidades de fase.

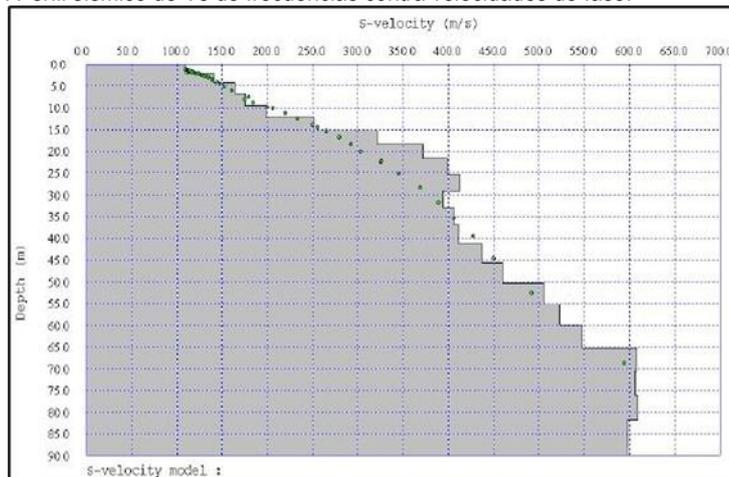


Figura 8: Curva de dispersión en grafico de velocidades Vs contra profundidad.

#### 4. INSTRUMENTOS PARA EL LEVANTAMIENTO GEOFÍSICO DE EXPLORACIÓN

##### 4.1. Equipo utilizado para la sísmica refracción, MASW-1D y MAM.

Para este levantamiento, se empleó el siguiente equipo:

- 01 sismógrafo Digital de 24 canales; PASI.
- Computador Portátil de 8 celdas con software de adquisición PASI GEA24.
- 02 cables sísmicos de 12 canales con espaciamiento máximo de 5 m entre geófonos.
- 24 geófonos de 4.5Hz.
- Cable de contacto entre percutor sísmico y sismógrafo (Hammer Switch).
- Cable interface sismógrafo a computador portátil (ethernet).
- Comba de 16lb.
- Placa metálica de 20x20cm.
- 01 caja de herramientas.

En general, la unidad de registro (sismógrafo) es controlada a través de una computadora portátil incorporada usando el software PASI GEA24, el cual incluye rutinas de lecturas interactivas de los primeros arribos de las ondas refractadas, que sirven para optimizar la toma de datos.

Esta opción de lectura permite sumar datos de múltiples impactos, permitiendo mejorar la señal sísmica/ruido. Con ello se podrá definir mejor los cambios de velocidad en profundidad y así poder determinar el número de capas para cada estudio en campo. Posterior a este proceso, se inicia en la oficina matriz (Lima-Perú) el proceso de interpretación.

#### 5. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO DE CAMPO DE EXPLORACIÓN GEOFÍSICA

##### 5.1. Levantamiento de refracción sísmica, MASW-1D y MAM.

- **Reconocimiento de la zona de estudio.** Consiste en realizar un análisis de las características de la zona de estudio, evaluando los riesgos/peligros que puedan suscitarse. El resultado de este proceso es mejorar y hasta replantear la ubicación y dirección de las líneas geofísicas.
- **Instalación de equipos y cables.** Este proceso permite ubicar el equipo, según el número de tendidos previamente planificado. Asimismo, se procede a instalar los

cables y los equipos de medición. Cabe señalar que los puntos de adquisición podrán modificarse conforme se adquiere los datos con la intención de mejorar la adquisición.

- **Toma de datos.** El operador del equipo (Sismógrafo), 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 geofísico.

## 5.2. Criterio de procesamiento de la sísmica.

### 5.2.1. Análisis de registro y calificación de datos.

El análisis de cada registro se aplica en todos los métodos sísmicos (refracción, MASW y MAM), inicialmente en campo y posterior en gabinete; y generalmente es antes de iniciar el 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 S).

Esta calificación de datos consiste en verificar digitalmente la información obtenida en campo, con el fin de discriminar aquellas que muestren baja calidad.

### 5.2.2. Procesamiento de datos.

Para la refracción sísmica, se determina el tiempo de arribo de cada geófono y de cada traza. Para ello se hace uso del software llamado Pickwin.

Para la sísmica activa (MASW y MAM), se determina la velocidad de fase en función de la frecuencia de respuesta y la dispersión de esta. Para ello se hace uso del software llamado Surface Wave Analysis Wizard 3.14.

Una vez definido el tiempo de arribo para la refracción y la frecuencia nominal para el MASW y el MAM, se procesa a través de ciertas iteraciones del programa y se obtiene las gráficas de Perfil de Velocidad Directa y de Corte ( $V_p$  y  $V_s$ ) para intervalo de profundidad.

### 5.2.3. Parámetros de adquisición.

El levantamiento se realizó empleando los siguientes parámetros, tal como se muestra en las siguientes tablas (Ver Tabla N° 4 , Tabla N° 5 y Tabla N°6).

Tabla N° 4: Parámetros de la refracción sísmica.

PARAMETRO	DESCRIPCIÓN
Configuración de dispositivo	Lineal
Longitud de dispositivo	100 m
Intervalo de geófono	4 m
Número de geófonos	24 unidades
Tipos de geófono	Geófono vertical de 4.5 Hz.
Fuente Sísmica	Comba de 16 Lb.
Activación	Interruptor de tiro conectado al puerto del sismógrafo
Intervalo de muestreo	0.25 ms
Longitud de registro	0.5 s
Staking	De acuerdo a la calidad de la data.

Tabla N° 5: Parámetros de la Sísmica Activa (MASW-1D).

PARAMETRO	DESCRIPCION
Configuración de dispositivo	Lineal
Longitud de dispositivo	100 m
Intervalo de geófono	4 m
Número de geófonos	24 unidades
Tipos de geófono	Geófono vertical de 4.5 Hz.
Fuente Sísmica	Comba de 16 Lb.
Activación	Interruptor de tiro conectado al puerto del sismógrafo
Intervalo de muestreo	0.5 ms
Longitud de registro	1 s
Staking	De acuerdo a la calidad de la data.

Tabla N° 6: Parámetros de la Sísmica Pasiva (MAM).

PARAMETRO	DESCRIPCION
Configuración de dispositivo	Lineal
Longitud de dispositivo	100 m
Intervalo de geófono	4 m
Número de geófonos	24 unidades
Tipos de geófono	Geófono vertical de 4.5 Hz.
Fuente Sísmica	Natural
Activación	Manual
Intervalo de muestreo	2 ms
Longitud de registro	30 s
Staking	De acuerdo a la calidad de la data.

#### 5.2.4. Procesamiento de datos sísmicos.

Para el caso de refracción sísmica, se determina la velocidad de fase  $V_p$  en función al tiempo de arribo de cada sensor. Para ello se hace uso del software llamado Pickwin. En este programa, se definen los tiempos de arribo ( $t_0$ ) para cada geófono y cada disparo realizado en la línea planteada en campo y con esta información se obtiene las curvas dromocronicas para definir un agrupamiento de pendientes y obtener un vector representativo y calcular la velocidad del estrato ( $V_p$ ). Este proceso es iterativo para cada sección realizada en este proyecto. Definida la sección interpretada, se hace un análisis cualitativo, correlacionando con información obtenida de observaciones de campo, calicatas, perforaciones y artículos de geología regional o local. Este análisis cualitativo tiene la finalidad de proporcionar un mejor alcance y nomenclatura de cada estrato definido.

Para el caso de MASW-1D, se determina la velocidad de fase en función de la frecuencia de respuesta y la dispersión de esta. Para ello se hace uso del software llamado Surface Wave Analysis Wizard. Este programa es donde se define las fases de los estratos de velocidades ( $V_s$ ) de cada sección con sus respectivos espesores, posterior a este análisis se hace un análisis cualitativo entre sí y correlacionando con información de observaciones de campo, calicatas, perforaciones y artículos de geología regional o local, si lo hubiera; con la necesidad de dar un mejor alcance y nomenclatura de cada estrato definido y lograr cumplir los objetivos planteados en el inicio del servicio.

Para el caso de MAM, se realiza el análisis de 20 registros tomados en campo cada uno con un tiempo de 30 segundos del cual se determina la velocidad de fase en función de la frecuencia de respuesta y la dispersión de esta. En esta metodología también se utiliza el software Surface Wave Analysis Wizard el cual nos permite definir las velocidades de fase ( $V_s$ ) para cada espesor, y a mayores profundidades con respecto al método MASW, finalmente se realiza un análisis comparativo con información adicional de estudios previos realizados en la zona.

## 6. PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS GEOFÍSICOS

### 6.1. Refracción sísmica.

En el proyecto se han realizado 02 secciones de refracción sísmica el cual se han interpretado en función a la variación de la velocidad primaria ( $V_p$ ), capacidad de compactación del terreno y calidad del material, así como las variaciones en función de a la presencia de fluidos y cambios repentinos laterales y puntuales.

➤ **Sección LS-01** (Longitud 100 m):

**Capa 01 ( $V_p = 400 - 605$  m/s)**

Capa compuesta suelo rigido con presencia de grava, arena y presencia de material fino de compactación media, el cual presenta velocidades  $V_p$  bajas de 400 a 605 m/s. (Ver Perfil de Interpretación LS-01 en el Anexo B).

**Capa 02 ( $V_p = 610 - 933$  m/s)**

Capa compuesta probablemente por grava medianamente densa con presencia de arena y material fino, el cual presenta velocidades  $V_p$  intermedias a bajas de 610 - 933 m/s. (Ver Perfil de Interpretación LS-01 en el Anexo B).

**Capa 03 ( $V_p = 940 - 1200$  m/s)**

Capa compuesta probablemente por grava medianamente densa a densa con presencia de arena y material fino de compactación intermedia a alta, el cual presenta velocidades  $V_p$  intermedias a altas de 1580 - 1900 m/s. (Ver Perfil de Interpretación LS-01 en el Anexo B).

➤ **Sección LS-02** (Longitud 110 m):

**Capa 01 (Vp = 400 – 605 m/s)**

Capa compuesta suelo rígido con presencia de grava, arena y presencia de material fino de compactación media, el cual presenta velocidades Vp bajas de 400 a 605 m/s. (Ver Perfil de Interpretación LS-01 en el Anexo B).

**Capa 02 (Vp = 610 – 933 m/s)**

Capa compuesta probablemente por grava medianamente densa con presencia de arena y material fino, el cual presenta velocidades Vp intermedias a bajas de 610 - 933 m/s. (Ver Perfil de Interpretación LS-01 en el Anexo B).

**Capa 03 (Vp = 940 – 1200 m/s)**

Capa compuesta probablemente por grava medianamente densa a densa con presencia de arena y material fino de compactación intermedia a alta, el cual presenta velocidades Vp intermedias a altas de 1580 - 1900 m/s. (Ver Perfil de Interpretación LS-01 en el Anexo B).

## 6.2. Sísmica activa (MASW-1D)

En el proyecto se han realizado 02 ensayos de sísmica MASW-1D, en el cual se han interpretado en función a la variación de la compactación, posible presencia de agua y variación de densidad, pero con variaciones de la velocidad de corte (Vs) en función de las variaciones horizontales.

➤ **Sección MASW-01:**

La variación de la velocidad de corte Vs, en función de la profundidad, se comporta como un suelo “intermedio” y como “suelo muy denso o roca blanda” según la clasificación sísmica NTP E-030-2018 y la clasificación sísmica de la IBC-2015 respectivamente, presentando un valor promedio de Vs= 495 m/s. Ver Perfil de Interpretación MASW-01 (Anexo C).

Profun. (m)	Vs (m/s)	Tipo de suelo
-1.10	381	
-2.30	397	
-3.70	341	
-5.30	338	
-7.00	438	
-8.90	514	
-11.00	527	
-13.20	510	
-15.60	495	
-18.10	508	
-20.90	537	
-23.70	575	
-26.80	601	
-30.00	639	

Velocidad Media Vs= 495 m/s

➤ **Sección MASW-02:**

La variación de la velocidad de corte Vs, en función de la profundidad, se comporta como un suelo “intermedio” y como “suelo muy denso o roca blanda” según la clasificación sísmica NTP E-030-2018 y la clasificación sísmica de la IBC-2015 respectivamente, presentando un valor promedio de Vs= 499 m/s. Ver Perfil de Interpretación MASW-01 (Anexo C).

Profun. (m)	Vs (m/s)	Tipo de suelo
-1.10	342	
-2.30	335	
-3.70	325	
-5.30	361	
-7.00	422	
-8.90	465	
-11.00	476	
-13.20	494	
-15.60	536	
-18.10	557	
-20.90	583	
-23.70	630	
-26.80	659	
-30.00	677	

Velocidad Media Vs= 499 m/s

### 6.3. Sísmica pasiva (MAM)

En el proyecto se han realizado 02 ensayos de sísmica MAM, en el cual se han interpretado en función a la variación de la compactación, posible presencia de agua y variación de densidad, pero con variaciones de la velocidad de corte ( $V_s$ ) en función de las variaciones horizontales.

#### ➤ Sección MAM-01:

La variación de la velocidad de corte  $V_s$  en función de la profundidad nos permite determinar las variaciones más significativas de esta misma y a su vez alcanzar profundidades de investigación mayores mediante el análisis del ruido natural. En esta sección MAM-01 las velocidades obtenidas fueron 399  $V_s$  como valor mínimo y 993  $V_s$  como valor máximo. Ver Perfil de Interpretación MAM-01 (Anexo D).

Profun. (m)	$V_s$ (m/s)	Tipo de suelo
-1.7	399	
-3.6	397	
-5.5	385	
-7.6	394	
-9.9	423	
-12.2	458	
-14.7	486	
-17.2	508	
-20.0	526	
-22.8	532	
-25.7	554	
-28.8	563	
-32.0	583	
-35.3	621	
-38.8	674	
-42.4	682	
-46.1	753	
-49.9	758	
-53.8	765	
-57.9	850	
-62.1	853	
-66.4	915	
-70.8	916	
-75.4	915	

-80.0	961	
-84.9	959	
-89.8	956	
-94.8	988	
-100.0	993	

➤ **Sección MAM-02:**

La variación de la velocidad de corte  $V_s$  en función de la profundidad nos permite determinar las variaciones más significativas de esta misma y a su vez alcanzar profundidades de investigación mayores mediante el análisis del ruido natural. En esta sección MAM-02 las velocidades obtenidas fueron 388  $V_s$  como valor mínimo y 961  $V_s$  como valor máximo Ver Perfil de Interpretación MAM-02 (Anexo D).

Profun. (m)	$V_s$ (m/s)	Tipo de suelo
-1.7	388	
-3.6	391	
-5.5	372	
-7.6	378	
-9.9	418	
-12.2	465	
-14.7	500	
-17.2	520	
-20.0	522	
-22.8	537	
-25.7	530	
-28.8	541	
-32.0	562	
-35.3	600	
-38.8	606	
-42.4	677	
-46.1	690	
-49.9	698	
-53.8	769	
-57.9	782	
-62.1	862	
-66.4	865	
-70.8	866	
-75.4	914	
-80.0	917	
-84.9	913	
-89.8	952	
-94.8	949	
-100.0	961	

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El levantamiento de refracción sísmica y MASW-1D, se han desarrollado de acuerdo a las exigencias internacionales y siguiendo los patrones que rigen las Normas ASTM D5777-1995 Standard Guide for Using the Seismic Refraction y ASTM D74318-05 (MASW-MAM Multichannel Analysis of Surface Wave).
- Las velocidades (VP) de las secciones sísmicas, son las siguientes.

LS-01		
Número de Capa	Vp Average (m/s)	Razón de Poisson ( $\nu$ )
Capa 01	604	0.27
Capa 02	790	0.34
Capa 03	1050	0.33

LS-02		
Número de Capa	Vp Average (m/s)	Razón de Poisson ( $\nu$ )
Capa 01	600	0.26
Capa 02	750	0.35
Capa 03	1100	0.32

- De acuerdo a los perfiles de interpretación MASW-1D donde se define el comportamiento de toda la capa en un promedio de la velocidad Vs30, se concluye que la estratigrafía del subsuelo se comporta de acuerdo a la clasificación sísmica de la Norma Peruana NTP E-030.

Nro. Ensayo	Vs 30 (m/s)	Clasificación NTP E-030
MASW-01	495	<b>S2</b>
MASW-02	499	<b>S2</b>

- De acuerdo a los perfiles de interpretación MAM donde se determina las velocidades de corte en función de la profundidad, se concluye que la estratigrafía del subsuelo presenta variaciones en superficie y en profundidad las cuales se indicaran a continuación.

Nro. Ensayo	VP minimo	VP maximo
MAM-01	399	993
MAM-02	388	961

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **Figuerola, J., C. (1974)**, “Tratado de Geofísica Aplicada”, LITOPRINT, Madrid.
- **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, pickwin™ v. 3.2, WaveEq™ v. 2.2, GeoPlot™ v. 8.2.5, Manual v. 2.2
- **Lankston Robert W. Geo-Compu-Graph, Inc. P. O. Box 1848** High Resolution Refraction Data Acquisition and Interpretation.
- **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 Xia, 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, and 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.

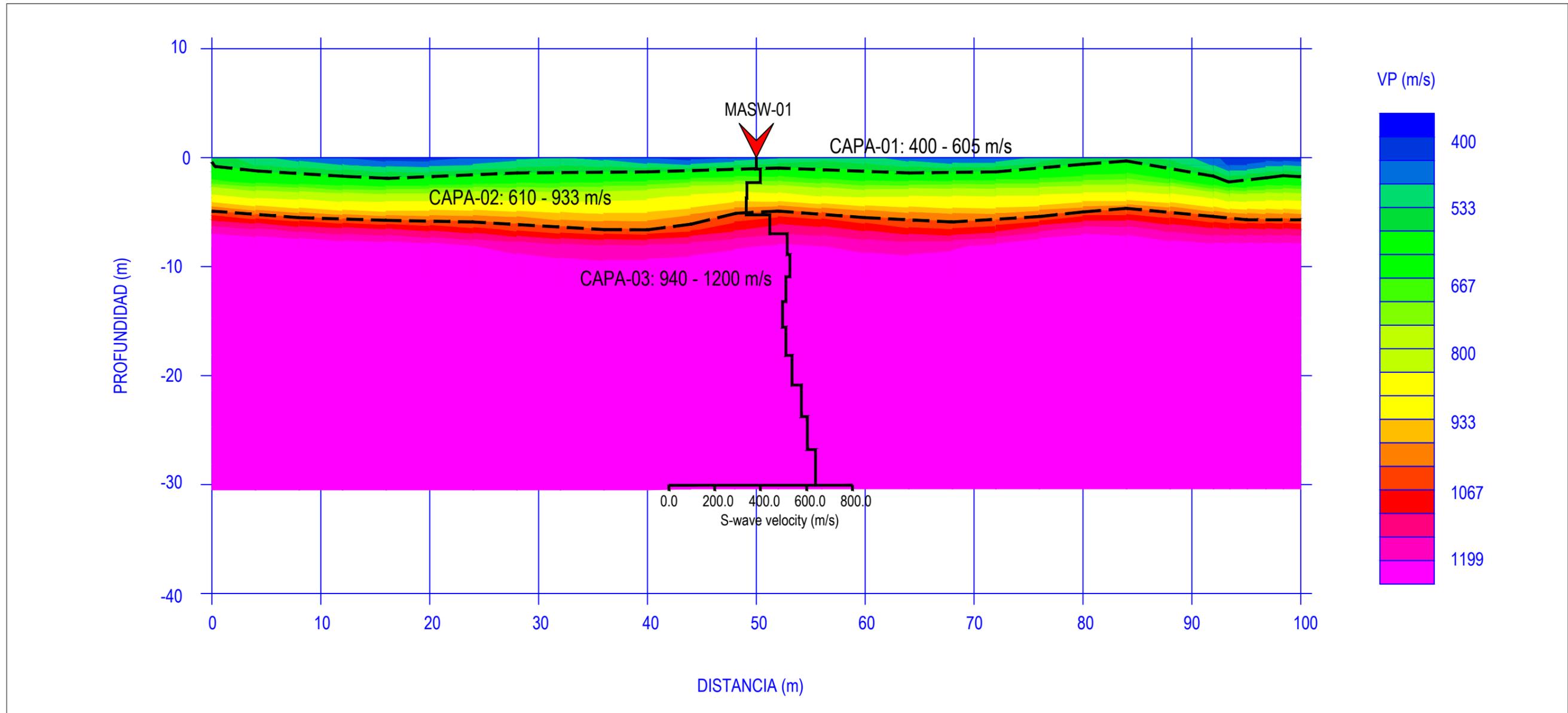


**ANEXO A  
PLANO DE UBICACIÓN**



## **ANEXO B PERFIL DE REFRACCIÓN SÍSMICA**

# LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA LS - 01

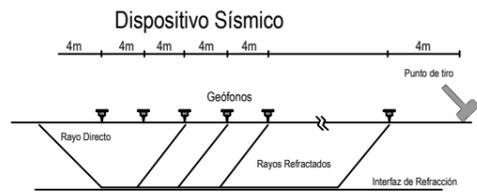


Capa	Velocidad Vp (m/s)	Velocidad Vs (m/s)	Potencia Aprox.(m)	Descripción
01	400 - 605	341	0.4 - 2.2	Capa compuesta suelo rigido con presencia de grava, arena y presencia de material fino de compacidad media, el cual presenta velocidades Vp bajas de 400 a 605 m/s.
02	610 - 933	391	3.3 - 5.2	Capa compuesta probablemente por grava medianamente densa con presencia de arenas y material fino, el cual presenta velocidades Vp intermedias a bajas de 610 - 933 m/s.
03	940 - 1200	534	>15	Capa compuesta probablemente por grava medianamente densa a densa con presencia de arenas y material fino de compacidad intermedia a alta, el cual presenta velocidades Vp intermedias a altas de 1580 - 1900 m/s.

Capa	Velocidad Capa Vp(m/s)	Velocidad Capa Vs(m/s)	Razón de Poisson v*	Densidad Estimada d(Kg/m³)**	Modulo de Corte G (MN/m²)	Modulo de Young E (MN/m²)	Modulo de Bulk K (MN/m²)
01	604.00	341.00	0.27	1750	203.49	515.27	367.11
02	790.00	391.00	0.34	1850	282.83	756.73	777.48
03	1050.00	534.00	0.33	1950	556.05	1474.17	1408.47

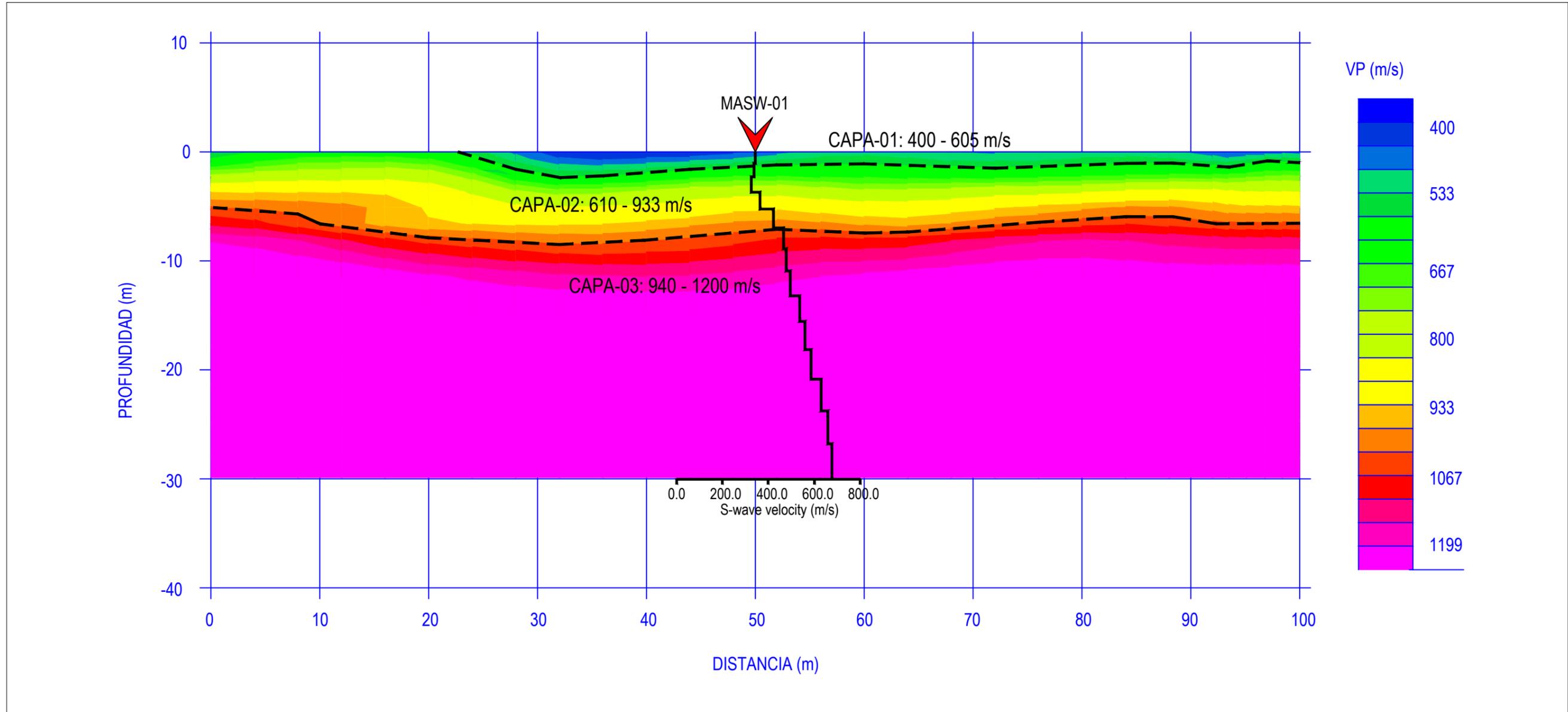
(\*) La Velocidad de la Onda de Corte (Vs), es obtenida de una relación matemática, según Ukawa y Fukao 1981 - Huarachi P. 2003.  
 (\*\*) La Densidad estimada fue obtenida según las observaciones en campo y de acuerdo a la tabla de densidades de Telford et al, 2001  
 (\*\*\*) La clasificación de las capas se realizó de acuerdo a la información Geológica - Geotécnica proporcionada por el cliente y las tablas de clasificación anexados en el informe.  
 (\*\*\*\*) Se consideró 2 capas para los resultados de la Razón de Poisson debido a la baja potencia que presenta la capa numero 01 (superficial) y la baja velocidad de onda P que esta misma generó.

1 kg/m.s² = 1 N/m² = Pa (Según Sistema Internacional de medidas)  
 Donde: kg= Kilogramo, N= Newton, Pa= Pascal, m= metro, s= segundo



REV. A	DESCRIPCIÓN EMITIDO PARA REVISIÓN.	DIBUJ. G.M.T.	REV. G.M.N.	APRO. F.C.H.	FECHA 01/22	No. PLANO REF. ---	NOMBRE PLANO DE REFERENCIA ---	ELABORADO POR: <b>F&amp;A</b> GEOINGENIERIA S.A.C.	PROYECTO: ESTUDIO GEOFISICO PARA EL PROYECTO "ESTUDIO GEOTÉCNICO LOS PARQUES DE COMAS Mza C2 - C3 MANUEL GONZALES".	SOLICITADO POR: <b>M&amp;M CONSULTORES S.R.L.</b>	PROYECCIÓN: UTM	SISTEMA: WGS-84	ZONA: 18L	PLANO: <b>LS-01</b>
									CONTENIDO: ENSAYO DE REFRACCIÓN SISMICA LS - 01		REVISIÓN: N°1	UNIDADES: METROS	ESCALA: Gráfica	
									UBICACIÓN: COMAS - LIMA	CÓDIGO DEL PROYECTO: F&A-MYM-GF-036-2021				

# LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA LS - 02

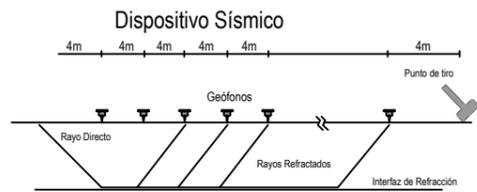


Capa	Velocidad Vp (m/s)	Velocidad Vs (m/s)	Potencia Aprox.(m)	Descripción
01	400 - 605	342	0.8 - 2.2	Capa compuesta suelo rígido con presencia de grava, arena y presencia de material fino de compacidad media, el cual presenta velocidades Vp bajas de 400 a 605 m/s.
02	610 - 933	360	4.9 - 7.9	Capa compuesta probablemente por grava medianamente densa con presencia de arena y material fino, el cual presenta velocidades Vp intermedias a bajas de 610 - 933 m/s.
03	940 - 1200	564	>15	Capa compuesta probablemente por grava medianamente densa a densa con presencia de arena y material fino de compacidad intermedia a alta, el cual presenta velocidades Vp intermedias a altas de 1580 - 1900 m/s.

Capa	Velocidad Capa Vp(m/s)	Velocidad Capa Vs(m/s)	Razón de Poisson v*	Densidad Estimada d(Kg/m³)**	Modulo de Corte G (MN/m²)	Modulo de Young E (MN/m²)	Modulo de Bulk K (MN/m²)
01	600.00	342.00	0.26	1750	204.69	515.55	357.08
02	750.00	360.00	0.35	1850	239.76	647.50	720.94
03	1100.00	564.00	0.32	1950	620.29	1639.64	1532.45

(\*) La Velocidad de la Onda de Corte (Vs), es obtenida de una relación matemática, según Ukawa y Fukao 1981 - Huarachi P. 2003.  
 (\*\*) La Densidad estimada fue obtenida según las observaciones en campo y de acuerdo a la tabla de densidades de Telford et al, 2001  
 (\*\*\*) La clasificación de las capas se realizó de acuerdo a la información Geológica - Geotécnica proporcionada por el cliente y las tablas de clasificación anexados en el informe.  
 (\*\*\*\*) Se consideró 2 capas para los resultados de la Razón de Poisson debido a la baja potencia que presenta la capa numero 01 (superficial) y la baja velocidad de onda P que esta misma generó.

1 kg/m.s² = 1 N/m² = Pa (Según Sistema Internacional de medidas)  
 Donde: kg= Kilogramo, N= Newton, Pa= Pascal, m= metro, s= segundo

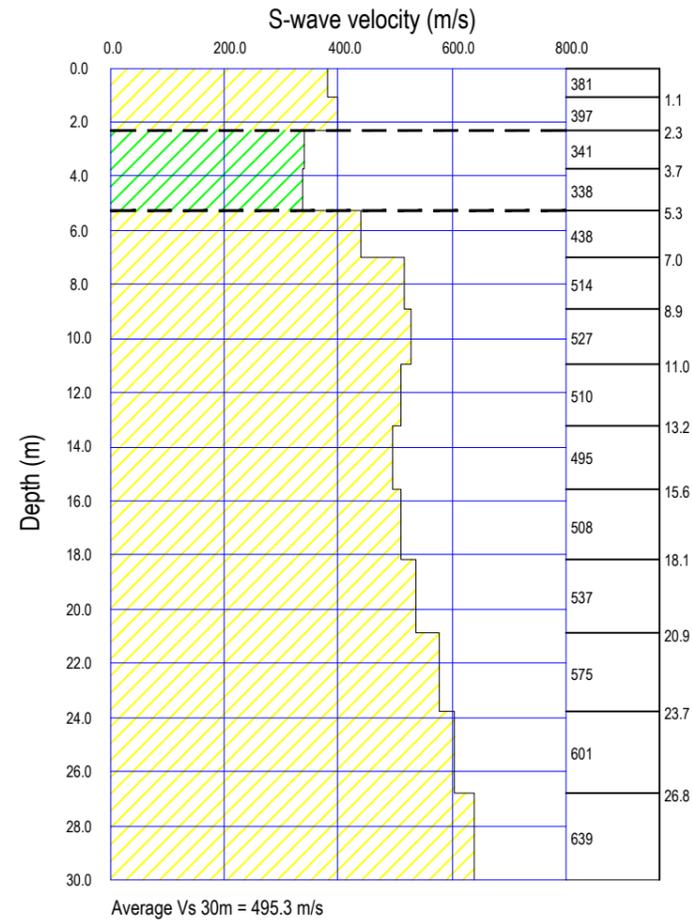


REV. A	DESCRIPCIÓN: EMITIDO PARA REVISIÓN.	DIBUJ. G.M.T.	REV. G.M.N.	APRO. F.C.H.	FECHA: 01/22	No. PLANO REF. ---	NOMBRE PLANO DE REFERENCIA ---	ELABORADO POR: F&A GEOINGENIERIA S.A.C.	PROYECTO: ESTUDIO GEOFISICO PARA EL PROYECTO "ESTUDIO GEOTÉCNICO LOS PARQUES DE COMAS Mza C2 - C3 MANUEL GONZALES".	SOLICITADO POR: M&M CONSULTORES S.R.L.	PROYECCIÓN: UTM	SISTEMA: WGS-84	ZONA: 18L	PLANO: LS-02
									CONTENIDO: ENSAYO DE REFRACCIÓN SISMICA LS - 02		REVISIÓN: N°1	UNIDADES: METROS	ESCALA: Gráfica	
									UBICACIÓN: COMAS - LIMA					
									CÓDIGO DEL PROYECTO: F&A-MYM-GF-036-2021					

## **ANEXO C PERFIL DE MASW-1D**

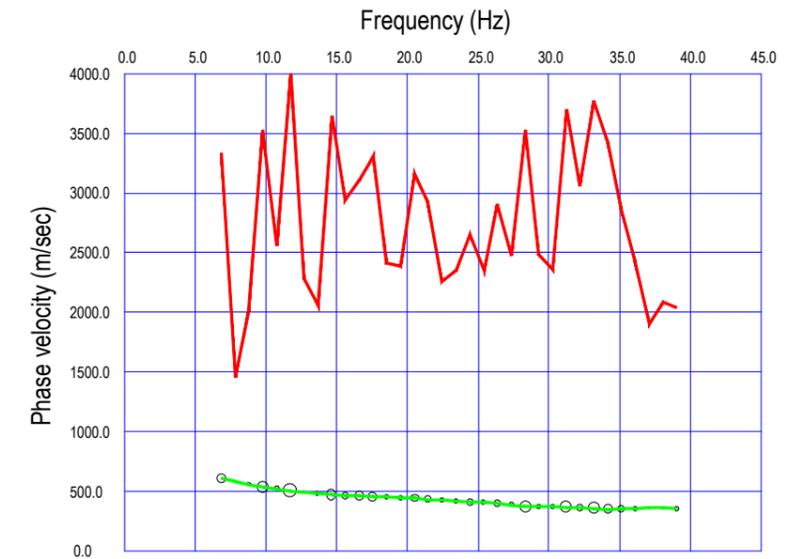
# ANÁLISIS DE ONDAS SUPERFICIALES EN ARREGLOS MULTICANAL MASW-01

## MODELO DE VELOCIDAD DE LA ONDA "S"



Valores Resultantes		
Profu. (m)	Vs (m/s)	Rigidez
-1.10	381.0	Yellow
-2.30	397.0	Yellow
-3.70	341.0	Green
-5.30	338.0	Green
-7.00	438.0	Yellow
-8.90	514.0	Yellow
-11.00	527.0	Yellow
-13.20	510.0	Yellow
-15.60	495.0	Yellow
-18.10	508.0	Yellow
-20.90	537.0	Yellow
-23.70	575.0	Yellow
-26.80	601.0	Yellow
-30.00	639.0	Yellow

## CURVA DE DISPERSIÓN



Clasificación Sísmica IBC - 2015			
Tipo de Suelo	Denominación del Suelo	Velocidad de Ondas de Corte Vs30(m/s)	Resistencia a la Penetración Estándar SPT (N)*
A	Roca muy Dura	Vs>1500	N/A
B	Roca o suelo muy Rígido	760<Vs<1500	N/A
C	Suelo muy denso o Roca blanda	360<Vs<760	N50
D	Suelo Rígido	180<Vs<360	15≤N≤50
E	Suelo Blando	Vs<180	N<15

IBC - 2015	
Vs 30 (m/s)	495
Tipo de Suelo	C

NTP E-030-2018	
Vs 30 (m/s)	495
Tipo de Suelo	S2

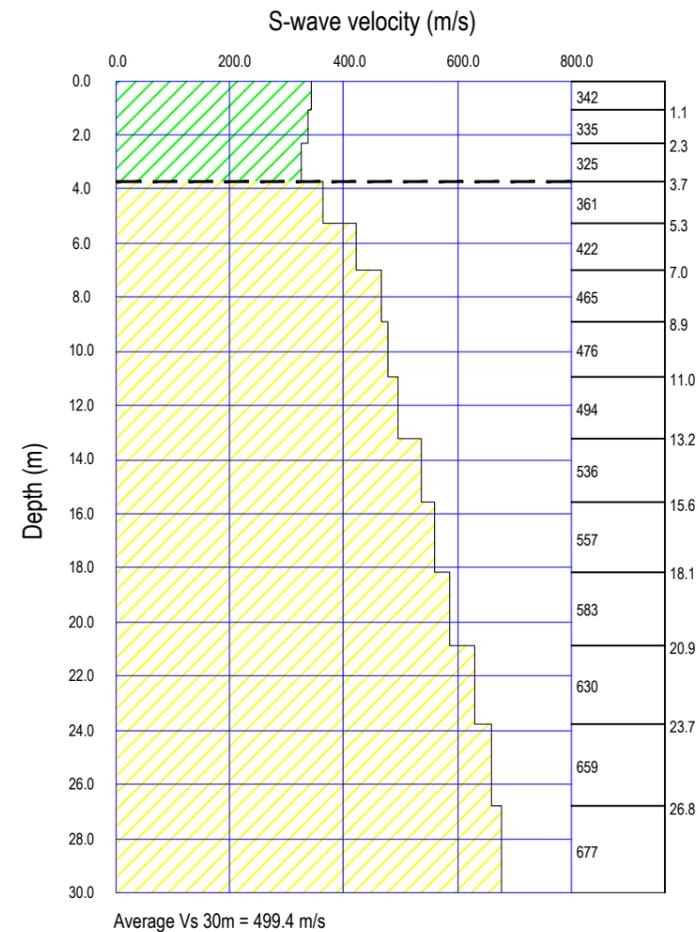
Clasificación Sísmica a NTP E-030-2018		
Tipo de Suelo	Vs30 (m/s)*	Denominación
S0	Vs>1500	Roca Dura
S1	500<Vs<1500	Suelo muy rígido
S2	180<Vs<500	Suelo Intermedio
S3	Vs<180	Suelo Blando

Tipo de Suelo Ref. - R. Dobry	
Blue	Suelo Suelto Blando
Green	Suelo Rígido
Yellow	Suelo Muy Denso o Roca Blanda
Red	Suelo muy Rígido / Roca

REV.	DESCRIPCIÓN	DIBUJ.	REV.	APRO.	FECHA	No. PLANO REF.	NOMBRE PLANO DE REFERENCIA	ELABORADO POR:	PROYECTO:	SOLICITADO POR:	PROYECCIÓN:	SISTEMA:	ZONA:	PLANO:
A	EMITIDO PARA REVISIÓN.	G.M.T.	G.M.T.	F.C.H.	01/22	---	---	F&A GEOTECNICA S.A.C.	ESTUDIO GEOFISICO PARA EL PROYECTO "ESTUDIO GEOTÉCNICO LOS PARQUES DE COMAS Mza C2 - C3 MANUEL GONZALES".	M&M CONSULTORES S.R.L.	UTM	WGS-84	18L	MASW-01
									ANÁLISIS MULTICANAL DE ONDAS SUPERFICIALES MASW-01					
									COMAS - LIMA		N°1	METROS	Gráfica	

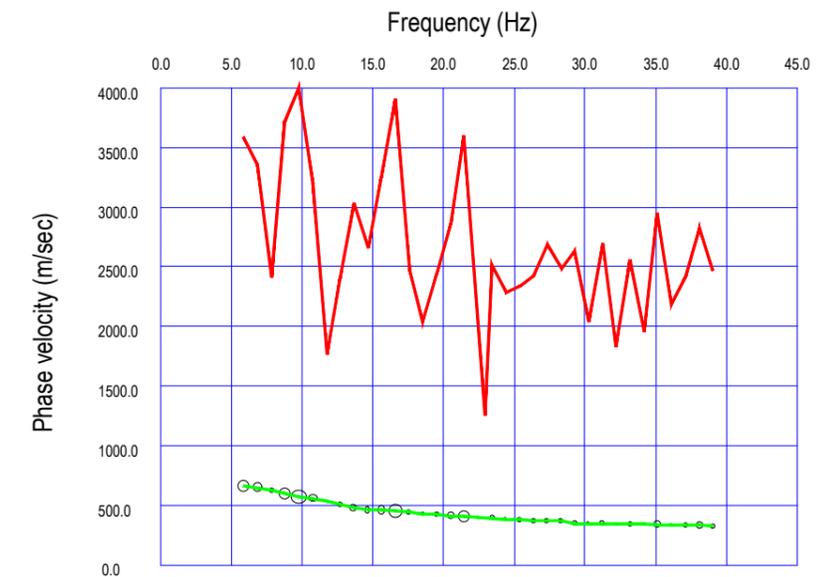
# ANÁLISIS DE ONDAS SUPERFICIALES EN ARREGLOS MULTICANAL MASW-02

## MODELO DE VELOCIDAD DE LA ONDA "S"



Valores Resultantes		
Profu. (m)	Vs (m/s)	Rigidez
-1.10	342.0	
-2.30	335.0	
-3.70	325.0	
-5.30	361.0	
-7.00	422.0	
-8.90	465.0	
-11.00	476.0	
-13.20	494.0	
-15.60	536.0	
-18.10	557.0	
-20.90	583.0	
-23.70	630.0	
-26.80	659.0	
-30.00	677.0	

## CURVA DE DISPERSIÓN



Clasificación Sísmica IBC - 2015			
Tipo de Suelo	Denominación del Suelo	Velocidad de Ondas de Corte Vs30(m/s)	Resistencia a la Penetración Estándar SPT (N)*
A	Roca muy Dura	Vs>1500	N/A
B	Roca o suelo muy Rígido	760<Vs<1500	N/A
C	Suelo muy denso o Roca blanda	360<Vs<760	N50
D	Suelo Rígido	180<Vs<360	15≤N≤50
E	Suelo Blando	Vs<180	N<15

IBC - 2015	
Vs 30 (m/s)	499
Tipo de Suelo	C

NTP E-030-2018	
Vs 30 (m/s)	499
Tipo de Suelo	S2

Clasificación Sísmica a NTP E-030-2018		
Tipo de Suelo	Vs30 (m/s)*	Denominación
S0	Vs>1500	Roca Dura
S1	500<Vs<1500	Suelo muy rígido
S2	180<Vs<500	Suelo Intermedio
S3	Vs<180	Suelo Blando

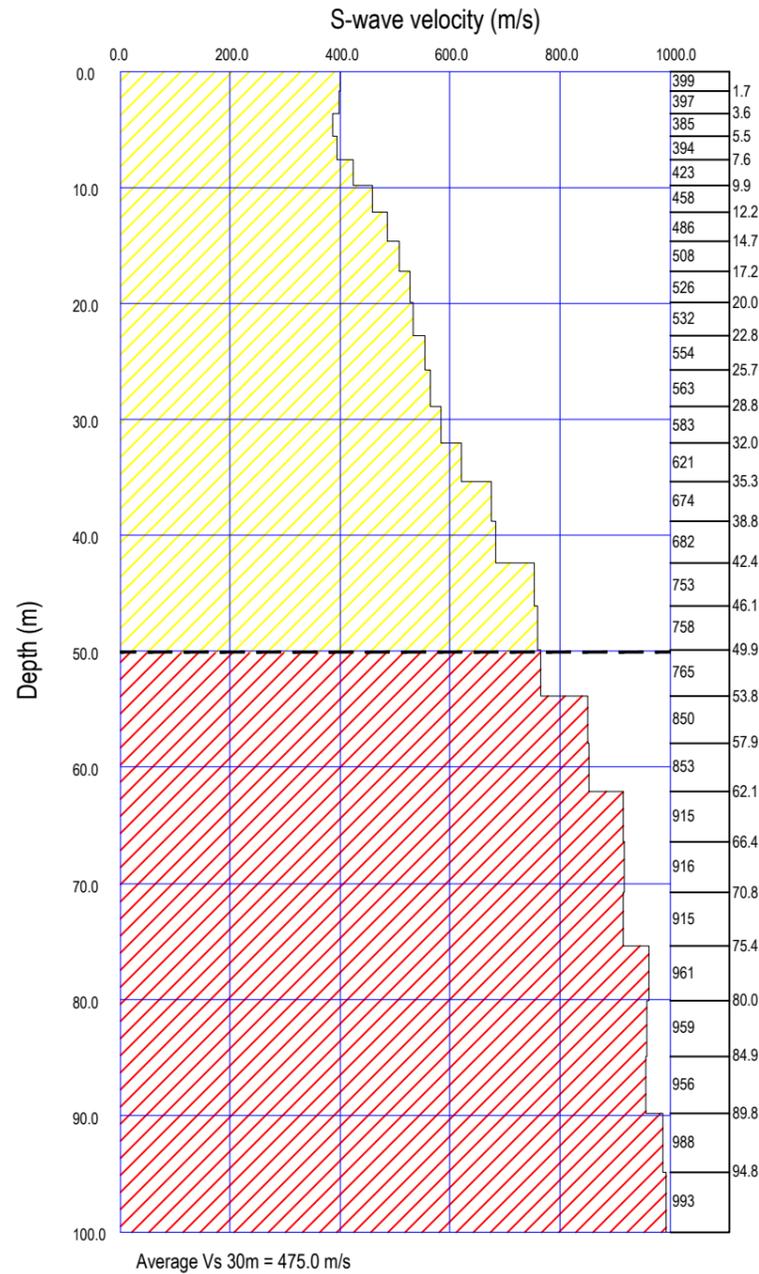
Tipo de Suelo Ref. - R. Dobry	
	Suelo Suelto Blando
	Suelo Rígido
	Suelo Muy Denso o Roca Blanda
	Suelo muy Rígido / Roca

REV. A	DESCRIPCIÓN EMITIDO PARA REVISIÓN.	DIBUJ. G.M.T.	REV. G.M.T.	APRO. F.C.H.	FECHA 01/22	No. PLANO REF. ---	NOMBRE PLANO DE REFERENCIA ---	ELABORADO POR: <b>F&amp;A</b> GEINGENIERIA S.A.C.	PROYECTO: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL PROYECTO "ESTUDIO GEOTÉCNICO LOS PARQUES DE COMAS Mza C2 - C3 MANUEL GONZALES".	SOLICITADO POR: <b>M&amp;M CONSULTORES S.R.L.</b>	PROYECCIÓN: UTM	SISTEMA: WGS-84	ZONA: 18L	PLANO: MASW-02
									CONTENIDO: ANÁLISIS MULTICANAL DE ONDAS SUPERFICIALES MASW-02		REVISIÓN: N°1	UNIDADES: METROS	ESCALA: Gráfica	
									UBICACIÓN: COMAS - LIMA	CÓDIGO DEL PROYECTO: F&A-MYM-GF-036-2021				

## **ANEXO D PERFIL DE MAM**

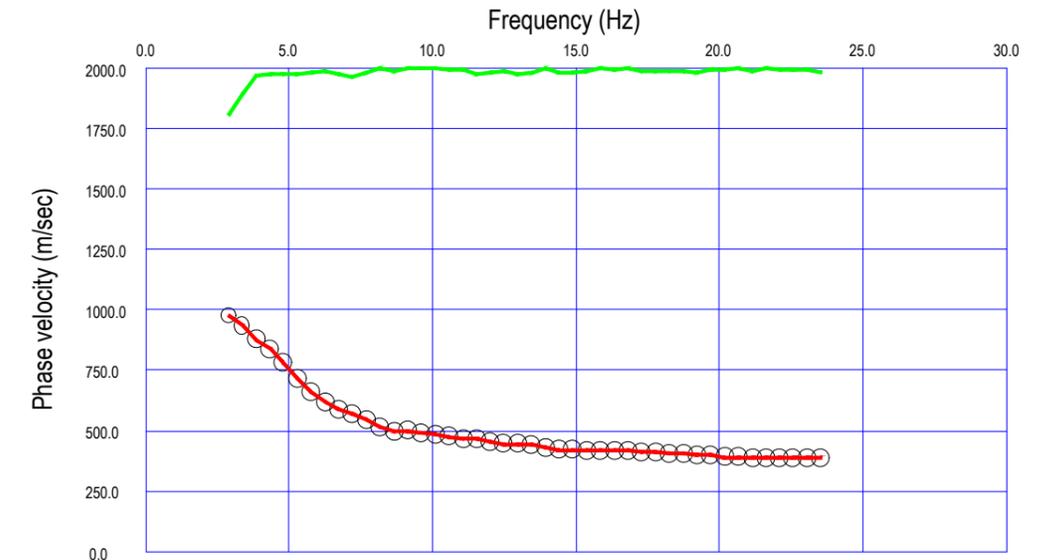
# ANÁLISIS MULTICANAL DE MICROTREPIDACIONES MAM-01

## MODELO DE VELOCIDAD DE LA ONDA "S"



Valores Resultantes		
Profu. (m)	Vs (m/s)	Rigidez
-1.70	399.0	
-3.60	397.0	
-5.50	385.0	
-7.60	394.0	
-9.90	423.0	
-12.20	458.0	
-14.70	486.0	
-17.20	508.0	
-20.00	526.0	
-22.80	532.0	
-25.70	554.0	
-28.80	563.0	
-32.00	583.0	
-35.30	621.0	
-38.80	674.0	
-42.40	682.0	
-46.10	753.0	
-49.90	758.0	
-53.80	765.0	
-57.90	850.0	
-62.10	853.0	
-66.40	915.0	
-70.80	916.0	
-75.40	915.0	
-80.00	961.0	
-84.90	959.0	
-89.80	956.0	
-94.80	988.0	
-100.00	993.0	

## CURVA DE DISPERSIÓN



Clasificación Sísmica a NTP E-030-2018		
Tipo de Suelo	Vs30 (m/s)*	Denominación
S0	Vs>1500	Roca Dura
S1	500<Vs<1500	Suelo muy rígido
S2	180<Vs<500	Suelo Intermedio
S3	Vs<180	Suelo Blando

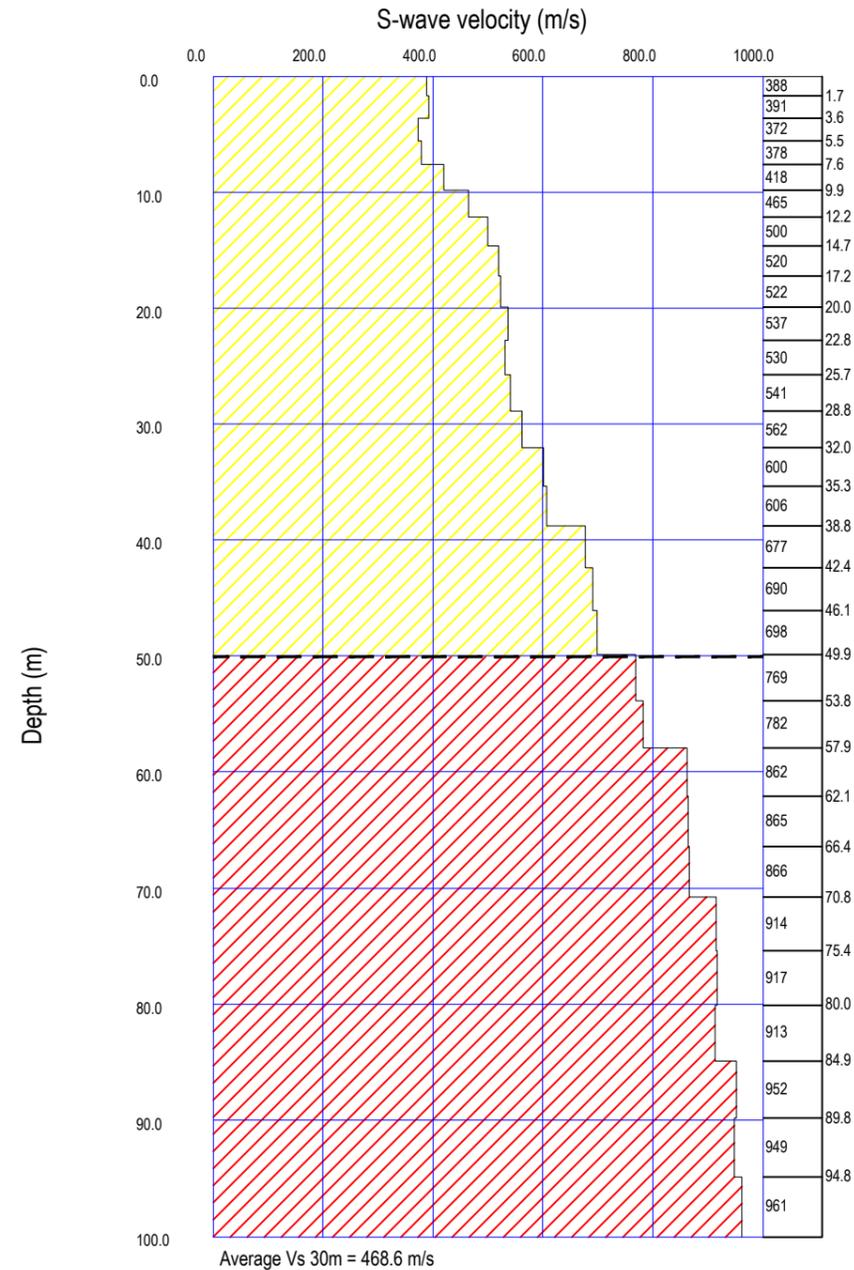
Tipo de Suelo Ref. - R. Dobry	
■	Suelo Suelto Blando
■	Suelo Rígido
■	Suelo Muy Denso o Roca Blanda
■	Suelo muy Rígido / Roca

Clasificación Sísmica IBC - 2015			
Tipo de Suelo	Denominación del Suelo	Velocidad de Ondas de Corte Vs30(m/s)	Resistencia a la Penetración Estándar SPT (N)*
A	Roca muy Dura	Vs>1500	N/A
B	Roca o suelo muy Rígido	760<Vs<1500	N/A
C	Suelo muy denso o Roca blanda	360<Vs<760	N50
D	Suelo Rígido	180<Vs<360	15≤N≤50
E	Suelo Blando	Vs<180	N<15

REV.	DESCRIPCIÓN	DIBUJ.	REV.	APRO.	FECHA	No. PLANO REF.	NOMBRE PLANO DE REFERENCIA	ELABORADO POR:	PROYECTO:	SOLICITADO POR:	PROYECCIÓN:	SISTEMA:	ZONA:	PLANO:
A	EMITIDO PARA REVISIÓN.	G.M.T.	G.M.T.	F.C.H.	01/22	---	---	F&A GEOINGENIERIA S.A.C.	ESTUDIO GEOFISICO PARA EL PROYECTO "ESTUDIO GEOTÉCNICO LOS PARQUES DE COMAS Mza C2 - C3 MANUEL GONZALES"	M&M CONSULTORES S.R.L.	UTM	WGS-84	18L	MAM-01
									ANÁLISIS MULTICANAL DE MICROTREPIDACIONES MAM-01		REVISIÓN:	UNIDADES:	ESCALA:	
									COMAS - LIMA		A	METROS	Gráfica	
									CÓDIGO DEL PROYECTO: F&A-OM-GF-36-2021					

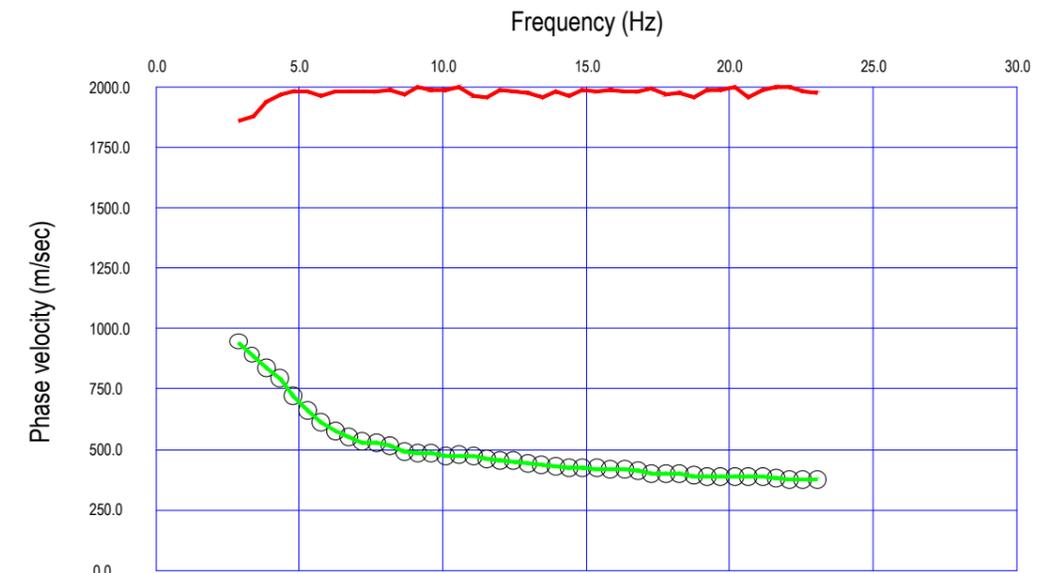
# ANÁLISIS MULTICANAL DE MICROTREPIDACIONES MAM-02

## MODELO DE VELOCIDAD DE LA ONDA "S"



Valores Resultantes		
Profu. (m)	Vs (m/s)	Rigidez
-1.70	388.0	
-3.60	391.0	
-5.50	372.0	
-7.60	378.0	
-9.90	418.0	
-12.20	465.0	
-14.70	500.0	
-17.20	520.0	
-20.00	522.0	
-22.80	537.0	
-25.70	530.0	
-28.80	541.0	
-32.00	562.0	
-35.30	600.0	
-38.80	606.0	
-42.40	677.0	
-46.10	690.0	
-49.90	698.0	
-53.80	769.0	
-57.90	782.0	
-62.10	862.0	
-66.40	865.0	
-70.80	866.0	
-75.40	914.0	
-80.00	917.0	
-84.90	913.0	
-89.80	952.0	
-94.80	949.0	
-100.00	961.0	

## CURVA DE DISPERSIÓN



Clasificación Sísmica a NTP E-030-2018		
Tipo de Suelo	Vs30 (m/s)*	Denominación
S0	Vs>1500	Roca Dura
S1	500<Vs<1500	Suelo muy rígido
S2	180<Vs<500	Suelo Intermedio
S3	Vs<180	Suelo Blando

Tipo de Suelo Ref. - R. Dobry	
	Suelo Suelto Blando
	Suelo Rígido
	Suelo Muy Denso o Roca Blanda
	Suelo muy Rígido / Roca

Clasificación Sísmica IBC - 2015			
Tipo de Suelo	Denominación del Suelo	Velocidad de Ondas de Corte Vs30(m/s)	Resistencia a la Penetración Estándar SPT (N)*
A	Roca muy Dura	Vs>1500	N/A
B	Roca o suelo muy Rígido	760<Vs<1500	N/A
C	Suelo muy denso o Roca blanda	360<Vs<760	N50
D	Suelo Rígido	180<Vs<360	15≤N≤50
E	Suelo Blando	Vs<180	N<15

REV.	DESCRIPCIÓN	DIBUJ.	REV.	APRO.	FECHA	No. PLANO REF.	NOMBRE PLANO DE REFERENCIA	ELABORADO POR:	PROYECTO:	SOLICITADO POR:	PROYECCIÓN:	SISTEMA:	ZONA:	PLANO:
A	EMITIDO PARA REVISIÓN.	G.M.T.	G.M.T.	F.C.H.	01/22	---	---	F&A GEOTECNICA S.A.C.	ESTUDIO GEOFISICO PARA EL PROYECTO "ESTUDIO GEOTÉCNICO LOS PARQUES DE COMAS Mza C2 - C3 MANUEL GONZALES"	M&M CONSULTORES S.R.L.	UTM	WGS-84	18L	MAM-02
									ANÁLISIS MULTICANAL DE MICROTREPIDACIONES MAM-02		REVISIÓN:	UNIDADES:	ESCALA:	
									COMAS - LIMA		A	METROS	Gráfica	
									CÓDIGO DEL PROYECTO: F&A-OM-GF-36-2021					

## **ANEXO D GALERÍA DE FOTOS**



Foto N° 1.- Vista del equipo sísmico PASI y sus accesorios instalados para el estudio de la línea LS-02.



Foto N° 2.- Vista de los cables sísmicos instalados para la adquisición de datos de la línea LS-02



**Foto N° 3.-** Vista del área de trabajo y dirección del cable sísmico para la adquisición de datos del ensayo MAM en la línea LS-02



**Foto N° 4.-** Disposición de las conexiones, vista del equipo sísmico PASI y golpe entre los geófonos 12 y 13 para la adquisición de datos de la línea LS-02

# **ANEXO E ECUACIONES MATEMÁTICAS**

## PARÁMETROS DINÁMICOS DEL SUBSUELO (CONSTANTES ELÁSTICAS)

- Módulo de volumen (**K**)
- Módulo de Young (**E**)
- Primera constante de Lamé ( $\lambda$ )
- Módulo de Cizalla (rigidez) (**G**)
- Coeficiente de Poisson ( $\nu$ )
- Densidad Promedio ( $\rho$ )

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

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

$$G = \rho V_s^2$$

$$\nu = \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{2\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}$$

Fuente: (Manilla Aceves, Alfonso Álvarez et al. 2003)

### Casos Específicos: Capacidad de Carga (Bearing capacity)

$$q_a = 2,4 (10^{-4}) \rho V_s$$

### Relación De $V_p/V_s$ Según Poisson ( $\nu$ )

<b><math>V_p/V_s</math></b>	1,63	1,73	1,87
<b><math>\nu</math></b>	0,20	0,25	0,3

Según Ukawa y Fukao 1981 – Huarachi P. 2003

**ANEXO F**  
**TABLA CLASIFICACION**  
**DE SUELOS Vs**

<b>IBC TABLE 1615.1.1: Site Class Definitions (NEHRP)</b>				
<b>Site class</b>	<b>Soil profile name</b>	<b>Average properties in top 30 m, as per section 1615.1.5</b>		
		<b>Soils shear wave velocity, ns, (m/s)</b>	<b>Standard penetration resistance, N</b>	<b>Soil undrained shear strength, Su (psf)</b>
<b>A</b>	Hard Rock	ns > 1500	Not applicable	Not applicable
<b>B</b>	Rock	760 < ns < 1500	Not applicable	Not applicable
<b>C</b>	Very dense soil & soft rock	360 < ns < 760	N > 50	Su > 2000
<b>D</b>	Stiff soil profile	180 < ns < 360	15 < N < 50	1000 < Su < 2000
<b>E</b>	Soft soil profile	ns < 180	N < 15	Su < 1000
<b>E</b>	-	Any profile with more than 10 feet of soil having the following characteristic: 1. Plasticity index PI > 20. 2. Moisture content w > 40% and. 3. Undrained shear strength Su < 1000.		
<b>F</b>	-	Any profile containing soils having one or more of the following characteristics: 4. Soil vulnerable to potential failure or collapse under seismic loading such as liquefiable soils, quick and highly sensitive clays, collapsible weakly cemented soils. 5. Peats and or highly organic clays (H>3.048m of peat and or highly organic clay where H = thickness of the soil). 6. Very high plasticity clays (H > 7.62m with plasticity index PI > 75). Very thick soft medium stiff clays (H > 36.576m).		

**Caracterización sísmica de suelos, según NEHRP (1993)**

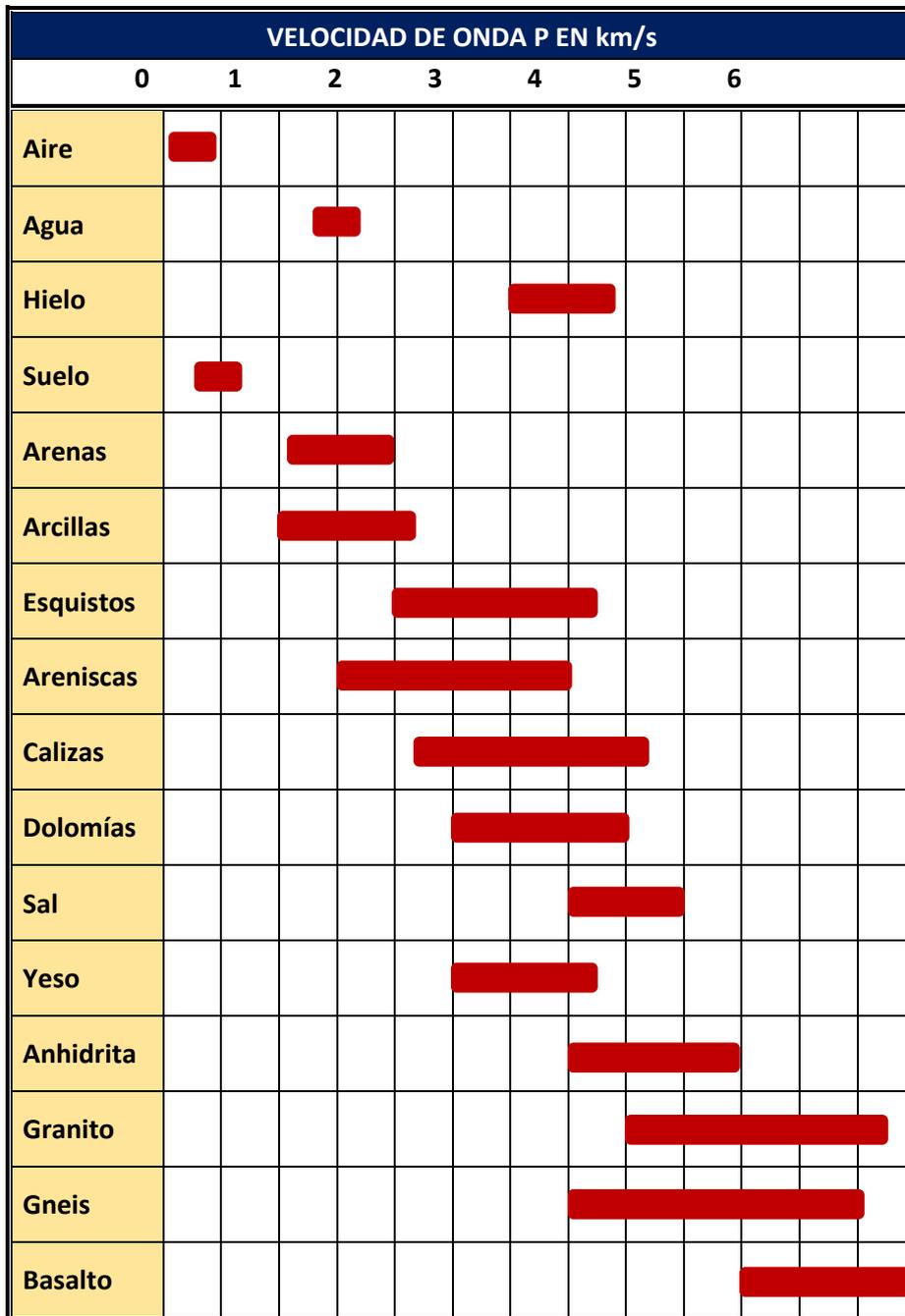
<b>Tipo</b>	<b>Vs 30 (m/s)</b>	<b>Descripción</b>
<b>A</b>	>1500	Roca Dura
<b>B</b>	760 – 1500	Roca y/o Suelo Muy Rígido
<b>C</b>	360 – 760	Suelo Muy Denso y/o Roca Blanda
<b>D</b>	180 – 360	Suelo Rígido
<b>E</b>	< 180	Suelo Blando
<b>F</b>	Suelos especiales (licuables, colapsables, arcillas de muy alta plasticidad, suelos orgánicos de más de 3 m de espesor)	

**ANEXO G**  
**TABLA VELOCIDADES Y**  
**RIPABILIDAD**



## **ANEXO H CORRELACION DE VELOCIDADES**

**Velocidades de Trasmisión de Ondas Sísmicas Longitudinales P en distintos Materiales de Gonzales de Vallejo, 2003**



**Correlación Velocidad De Ondas P Y Tipo De Suelo Según ASTM D 5777 – 95**

<b>TIPO DE SUELOS</b>	<b>Vp (m/s)</b>
Suelos intemperizado	240 - 610
Grava o arena seca	460 - 915
Arena saturada	1220 - 1830
Arcilla saturada	910 - 2750
Agua	1430 - 1665
Agua de mar	1460 - 1525
Arenisca	1830 - 3960
Esquistos, arcillas esquistosa	2750 - 4270
Tiza	1830 - 3960
Caliza	2130 - 6100
Granito	4575 - 5800
Roca metamórfica	3050 - 7000

**Correlación Velocidad De Ondas P Y Tipo De Suelo Según Arce Helberg (1990)**

<b>TIPOS DE SUELOS</b>	<b>Vp (m/s)</b>
Suelos de cobertura	<1000
Roca muy alterada o aluvión compacto	1000 - 2000
Roca alterada o aluvión muy compacto	2000 - 4000
Roca poco alterada	4000 - 5000
Roca firme	>5000

**Correlación velocidad de ondas p y tipo de suelo según Curvich j. (1975), Dobrin, Milton (1961), Nb (1976), Savicha Y Satonov V.A (1979)**

<b>TIPOS DE SUELOS</b>	<b>Vp (m/s)</b>
Esquisto arcilloso	2700 - 4800
Grava arcillosa seca	300 - 900
Arena- Arena húmeda	200 - 1800
Roca metamórfica	4500 - 6800

**ANEXO I  
TABLA DE DENSIDAD IN-  
SITU**

## Densidades de Rocas y Suelos (Telford et al, 2001)

Tipo de Roca	Rango (g/cm <sup>3</sup> )	Promedio (g/cm <sup>3</sup> )
<b>SEDIMENTOS</b>		
Regolito	-	1.92
Suelo	1.2 – 2.4	1.92
Arcilla	1.63 – 2.6	2.21
Grava	1.7 – 2.4	2.0
Arena	1.7 – 2.3	2.0
Arenisca	1.61 – 2.76	2.35
Lutitas	1.77 – 3.2	2.40
Limonitas	1.93 – 2.90	2.55
Dolomita	2.28 – 2.90	2.70
Rocas Sedimentarias (Prom.)	-	2.50
<b>ROCAS METAMORFICAS</b>		
Serpentina	2.4 – 3.10	2.78
Cuarcita	2.5 – 2.70	2.60
Esquistos	2.39 – 2.9	2.64
Metawacas	2.6 – 2.7	2.65
Mármol	2.6 – 2.9	2.75
Rocas Metamórficas (Prom.)	2.4 – 3.1	2.74
Pizarra	2.7 – 2.9	2.79
Gneis	2.59 – 3.0	2.80
Anfibolita	2.90 – 3.64	2.96
<b>ROCAS IGNEAS</b>		
Riolitas	2.35 – 2.70	2.52
Andesita	2.4 – 2.8	2.61
Granito	2.50 – 2.81	2.64
Grano Diorita	2.67 – 2.79	2.73
Porfirica	2.60 – 2.79	2.74
Cuarzo diorita	2.60 – 2.89	2.79
Diorita	2.62 – 2.96	2.82
Lavas	2.80 – 3.00	2.90
Diabasa	2.50 – 3.20	2.91
Basalto	2.70 – 3.30	2.99
Gabro	2.70 – 3.30	3.03
Peridotitas	2.70 – 3.50	3.15
Rocas Ígneas Ácidas (Prom.)	2.30 – 3.11	2.61
Rocas Ígneas Básicas (Prom.)	2.09 – 3.17	2.79