

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**EXPLORACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE MÉTODOS
DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y MASW 1D EN
PROYECTOS DE INGENIERÍA CIVIL**

INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

MIGUEL ENVER QUISPE PALOMINO

Lima- Perú

2012

DEDICATORIA

A Jehová Dios por toda dádiva buena y don perfecto, por los talentos, habilidades y virtudes que gracias a su bondad inmerecida me ha mostrado.

A mis amados padres, Lidia y Darío mi eterno agradecimiento por su amor y cariño, por el esfuerzo y sacrificio realizado. Gracias enseñarme a seguir adelante a pesar de las dificultades y les agradezco la formación que me dieron.

A mis queridos y amados hermanos Elizabeth, Yuvana, Marilu, Juan Vladimir, Zuly, Lida, Lidia, Edith, Rubén Darío por todo el apoyo incondicional que me han mostrado. A mis tíos Ricardina y Luciano mi gratitud por abrirme las puertas de su hogar y darme su apoyo durante mi permanencia en la universidad.

A mi amada esposa Ruth Pamela por su paciencia, comprensión y apoyo, a mis queridos suegros por tratarme con tanta amabilidad, por su colaboración en todo momento.

A todos mis familiares que de alguna forma contribuyeron con este proyecto

A mi asesor, Dr. Jorge Alva por su paciencia incansable, su colaboración y guía en la elaboración del presente proyecto.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN.....	4
LISTA DE FIGURAS.....	5
LISTA DE TABLAS.....	8
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS.....	10
INTRODUCCIÓN.....	11
CAPÍTULO I: MARCO GENERAL.....	12
1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	12
1.2 UBICACIÓN DE LOS PROYECTOS	13
1.3 DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO	13
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES	14
1.5 METODOLOGÍA	15
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	16
2.1 CONCEPTO BÁSICO DE LA TEORÍA DE ONDAS	16
2.1.1 Concepto de Rayo	16
2.1.2 Descripción de las Ondas	18
2.2 ONDAS SÍSMICAS	19
2.2.1 Ondas Primarias.....	19
2.2.2 Ondas Superficiales	21
2.2.3 Contenido Espectral de las Ondas	21
2.3 CONSTANTES ELÁSTICAS DINÁMICAS.....	22
2.3.1 Constantes Elásticas en Medios Isotrópicos	22
2.3.2 Constantes Elásticas en Medios Anisotrópicos	23
2.4 APLICACIÓN EN ANÁLISIS GEOTÉCNICO.....	24
2.5 MÉTODOS GEOFÍSICOS PARA LA EXPLORACIÓN DE CAMPO	26
CAPÍTULO III: PROSPECCIÓN SÍSMICA	28
3.1 REFRACCIÓN SÍSMICA	28
3.1.1 Aplicaciones en la Ingeniería Civil	28
3.1.2 Alcances y Limitaciones del Método	29
3.1.3 Propagación y Trayectoria de las Ondas.....	29
3.1.4 Ley de Refracción.....	30

3.1.5 Curvas Tiempo-Distancia	31
3.2 MÉTODO DE ONDAS SUPERFICIALES	34
CAPÍTULO IV: ESTUDIOS GEOFÍSICOS.....	37
4.1 OBJETIVOS	37
4.2 LOCALIZACIÓN	37
4.3 METODOLOGÍA	37
4.4 EQUIPO DE SONDEO GEOFÍSICO	38
4.5 PROCESO DE MEDICIÓN E INTERPRETACIÓN DE ONDAS.....	38
4.5.1 Ondas Primarias.....	38
4.5.2 Ondas Superficiales.....	44
4.6 CORRELACIONES.....	48
4.7 EXPLORACIÓN GEOFÍSICA PARA DIVERSOS PROYECTOS	49
4.7.1 Proyecto N°1: Estudio Geofísico, Sistema Eléctrico de Transporte Masivo Tramo Av. Grau –Bayovar (S.J.L).....	49
4.7.2 Proyecto N°2 : Estudio Geofísico con Fines de Cimentación de 6 Reservorios del Proyecto de Mejoramiento Sanitario de las Áreas Marginales de Lima.....	55
4.7.3 Proyecto N°3: Estudio Geofísico de Refracción Sísmica Lote B-1 Villa El Salvador	71
4.7.4 Proyecto N° 4: Estudio geofísico con Fines de Cimentación, Puente en el Intercambio Vial al Puerto Santa Sofía	73
4.7.5 Proyecto N° 5 Estudio Geofísico con Fines de Cimentación del “Lugar de la Memoria”.....	76
4.7.6 Proyecto N°6 Estudio Geológico y Geotécnico para el Proyecto: “Ampliación del Puente del Ejército y Accesos”.....	78
4.7.7 Proyecto N°7 Estudio geofísico con Fines de Cimentación Colegio Alexander Von Humboldt.....	82
4.7.8 Proyecto N°8 Estudio Suelos Av. Nestor Gambeta - Callao, Kilómetros 20+200 a 21+300.....	84
4.7.9 Proyecto N°9 Ensayos de Refracción Sísmica y MASW para el Proyecto “Estudio Complementario para la Evaluación Geotécnica del Suelo de Cimentación para la Ampliación del Patio Taller del Metro de Lima - línea 01”.....	85
4.8 CONTRASTE CON ESTUDIO DE MICROZONIFICACION CISMID-UNI...	87

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
5.1 CONCLUSIONES.....	89
5.2 RECOMENDACIONES.....	97
BIBLIOGRAFÍA	98

ANEXOS

ANEXO I: Cuadros

ANEXO II: Registro de Líneas Sísmicas

ANEXO III: Caracterización Dinámica

ANEXO IV: Parámetros Dinámicos

ANEXO V: Panel de Fotos

ANEXO VI: Planos

RESUMEN

El presente informe desarrolla los métodos de prospección geofísica mediante el método de refracción sísmica para obtener velocidades de propagación de ondas compresionales (V_p) y el método de MASW 1D (Multi-channel Analysis of Surface Wave) para obtener las velocidades de propagación de ondas de corte (V_s). Conocidas las velocidades de ondas compresión y de corte (V_p y V_s) es posible calcular la rigidez de la estructura de los suelos (módulo de corte G , módulo elástico E , coeficiente de Poisson) así como periodos fundamentales de vibración del suelo (T_s), algunos investigadores proponen relaciones entre velocidad de propagación de ondas con la densidad natural de los suelos, estos pueden ser usados tanto en problemas dinámicos (cimentación de maquinaria, sismos leves, etc.), diseño de cimentaciones y caracterización de suelos ante sismos.

Se presentaran varias experiencias realizadas en diversos proyectos de ingeniería civil que contienen estudios geofísicos como parte del estudio geotécnico de los proyectos, estos resultados y las características de los sondeos geofísicos se describen en cada proyecto, se presentan en cuadros de resumen, detallando las velocidades de propagación de los estratos del subsuelo en la zona de proyecto. Se ha seleccionado proyectos con diferentes ubicaciones y características de suelos, para así dar un cuadro comparativo entre los resultados de las diferentes prospecciones.

Estos estudios se encuentran ubicados en los distritos de San Juan de Lurigancho, Comas, Puente Piedra, Ancón, Lima, Rímac, Miraflores, Villa El Salvador y la provincia constitucional del Callao. Estos lugares presentan diferentes tipos de suelos naturales y en zonas de relleno sanitario compactado.

Finalmente se presenta las conclusiones y recomendaciones, se incluye correlaciones con los resultados de la microzonificación sísmica realizada por la UNI-CISMID en los distritos de San Juan de Lurigancho, Villa El Salvador, Comas y Puente Piedra en el año 2011. El anexo contiene tablas, figuras, cuadros, planos, fotos, por cada estudio geofísico de los proyectos presentados.

El Autor

LISTA DE TABLAS	Pág.
Tabla 2.1: Periodo característico de vibración de ondas sísmicas.....	21
Tabla 2.2: Algunos cocientes de Poisson (según Salem, 2000).....	23
Tabla 2.3: Clasificación de suelos, según las normas de la IBC (Internacional Buiding Code).....	26
Tabla 2.4: Métodos geofísicos usados en ingeniería civil.....	27
Tabla 4.1: Correlación Velocidad de ondas P y tipo de suelo, según ASTM D 5777 – 95.....	48
Tabla 4.2: Correlación Velocidad de ondas y tipo de suelo, según Arce Helberg (1990).....	48
Tabla 4.3: Correlación Velocidad de ondas P y tipo de suelo, según, Martínez Vargas A. (1990).....	49
Tabla 4.4: Correlación Velocidad de ondas S y tipo de suelo según, CISMID Seminario Taller Dinámica de Suelos (1991).....	49
Tabla 4.5: Distribución de líneas sísmicas para el registro de las ondas S. Proyecto N°1.....	50
Tabla 4.6: Resultado de los Ensayos MASW. Proyecto N°1.....	51
Tabla 4.7: Velocidades Vs30 y Clasificación de Sitio. Proyecto N°1.....	52
Tabla 4.8: Resumen de velocidades de ondas P y S, espesores de los suelos subyacentes. Proyecto N°2-Jicamarca.....	56
Tabla 4.9: Resumen de los Parámetros Dinámicos. Proyecto N°2- Jicamarca.....	56
Tabla 4.10: Resumen de velocidades de ondas P y S y espesores de los suelos subyacentes. Proyecto N°2-Canto Grande.....	58
Tabla 4.11: Resumen de los parámetros dinámicos. Proyecto N°2-Canto Grande.....	48
Tabla 4.12: Velocidades Vs30, clasificación de sitio y periodo fundamental. Proyecto N°2-Canto Grande.....	48
Tabla 4.13: Resumen de velocidades de ondas P y S, espesores de los suelos subyacentes. Proyecto N°2-Collique.....	60
Tabla 4.14: Resumen de los parámetros dinámicos. Proyecto N°2-Collique.....	61
Tabla 4.15: Velocidades vs30 y clasificación de sitio. Proyecto N°2-Collique.....	61
Tabla 4.16: Resumen de velocidades de ondas P y S, espesores de los suelos. Proyecto N°2-Comas Bajo (Sector Hospital).....	62

Tabla 4.17: Resumen de los parámetros dinámicos. Proyecto N°2-Comas Bajo (Sector Hospital).....	63
Tabla 4.18: Velocidades Vs30, Clasificación de Sitio y periodo fundamental. Proyecto N°2-Comas Bajo (Sector Hospital).....	63
Tabla 4.19: Resumen de velocidades de ondas P y S, espesores de los suelos subyacentes. Proyecto N°2-Comas Bajo (Parque).....	65
Tabla 4.20: Resumen de los parámetros dinámicos. Proyecto N°2-Comas Bajo (Parque).....	65
Tabla 4.21: Velocidades Vs30, Clasificación de Sitio y periodo fundamental. Proyecto N°2-Comas Bajo (Parque).....	65
Tabla 4.22: Resumen de velocidades de ondas P y S, espesores de los suelos subyacentes. Proyecto N°2-San Martin.....	67
Tabla 4.23: Resumen de los parámetros dinámicos. Proyecto N°2-San Martin.....	68
Tabla 4.24: Velocidades Vs30, clasificación de sitio y periodo fundamental. Proyecto N°2-San Martin.....	68
Tabla 4.25: Resumen de velocidades de ondas P y S y espesores de los suelos subyacentes. Proyecto N°2-Tupac Amaru.....	69
Tabla 4.26: Resumen de los parámetros dinámicos. Proyecto N°2-Tupac Amaru.....	70
Tabla 4.27: Velocidades Vs30 y Clasificación de Sitio. Proyecto N°2-Tupac Amaru.....	70
Tabla 4.28: Resultados de Líneas Geofísicas - Ondas "P". Proyecto N°3.....	72
Tabla 4.29: Velocidades Vs30 y Clasificación de Sitio. Proyecto N°3.....	72
Tabla 4.30: Resultados de Líneas Geofísicas Ondas "P". Proyecto N°4.....	74
Tabla 4.31: Parámetros dinámicos. Proyecto N°4.....	75
Tabla 4.32: Velocidades Vs30, clasificación de sitio y periodo fundamental. Proyecto N°4.....	75
Tabla 4.33: Resultados y descripción de Ensayo de Refracción Sísmica Ondas "P". Proyecto N°5.....	77
Tabla 4.34: Velocidades Vs30, clasificación de sitio y periodo fundamental. Proyecto N°5.....	77
Tabla 4.35: Resumen de velocidades de ondas P y espesores de los suelos subyacentes. Proyecto N°6.....	79

Tabla 4.36: Resumen de velocidades de ondas S y espesores de los suelos subyacentes. Proyecto N°6.....	79
Tabla 4.37: Velocidades Vs30, clasificación de Sitio y periodo fundamental. Proyecto N°6.....	79
Tabla 4.38: Resultados de Velocidades y espesores de las Líneas Sísmicas para las Ondas “P”. Proyecto N°7.....	82
Tabla 4.39: Resultados de Velocidades y espesores de las Líneas Sísmicas para las Ondas “S”. Proyecto N°7.....	83
Tabla 4.40: Velocidades Vs30, clasificación de sitio y periodo fundamental. Proyecto N°7.....	83
Tabla 4.41: Resultado de velocidades y espesores de las líneas sísmicas Ensayos MASW. Proyecto N°8.....	84
Tabla 4.42: Velocidades Vs30, Clasificación de Sitio y periodo fundamental. Proyecto N°8.....	85
Tabla 4.43: Resultado de velocidades y espesores de las líneas sísmicas Ensayos MASW. Proyecto N°9.....	86
Tabla 4.44: Resultado de velocidades y espesores de las líneas sísmicas ondas P. Proyecto N°9.....	86
Tabla 4.45: Velocidades Vs30, Clasificación de Sitio y periodo fundamental. Proyecto N°9.....	87

LISTA DE FIGURAS	Pág.
Figura 1.1: Ubicación de proyectos y estudios geofísicos.....	13
Figura 2.1: Ley de reflexión.....	18
Figura 2.2: Ley de refracción.....	18
Figura 2.3: Onda armónica en un instante determinado.....	19
Figura 2.4: Onda de cuerpo: Primaria con velocidad de onda V_P , Secundaria con velocidad de onda V_s . Ondas superficiales: Rayleigh (V_R) y Love (V_L).....	20
Figura 2.5: Relaciones de esfuerzos cíclicos que causan licuación en función de N_{60} y V_s para arenas limpias y sismos de magnitudes diferentes (Seed y otros 1983).....	24
Figura 3.1: Modelo de propagación de ondas en dos capas, con $V_B > V_A$	30
Figura 3.2: Registro de primera llegada de onda, mediante refracción sísmica.....	31
Figura 3.3: Curva camino-tiempo para un disparo de refracción.....	32
Figura 3.4: Relación entre V_B/V_A y X_C/Z_A (Modificado de Redpath, 1973).....	33
Figura 3.5: Ondas Rayleigh y movimiento de partículas. Desplazamientos horizontales y verticales normalizados con respecto a desplazamientos verticales en la superficie (Adaptado de Richart, Hall y Woods, 1970).....	35
Figura 4.1: Disposición en el campo de un sismógrafo y los canales respectivos, mostrando la dirección de las ondas sísmicas directas y refractadas, en un sistema suelo/roca de 2 estratos. (α_c = ángulo crítico).....	40
Figura 4.2: Distribución de disparos para 16 geófonos, aplicados en los proyectos ejecutados.....	40
Figura 4.3: Selección de primeras ondas de llegada disparo directo.....	42
Figura 4.4: Selección de primeras ondas de llegada disparo inverso.....	42
Figura 4.5: Curva tiempo-distancia.....	43
Figura 4.6: Curvas camino-tiempo, asignación de capas y velocidades correspondientes	43
Figura 4.7: Modelo 3 capas, perfil sísmico.....	44
Figura 4.8: Esquema representativo de la técnica del MASW.....	45
Figura 4.9: Registro de ondas de superficie.....	46
Figura 4.10: Selección de amplitudes máximas y rango de análisis.....	46

Figura 4.11: Curva de dispersión, señalando límites.....	47
Figura 4.12: Curva de dispersión, seleccionando rango de análisis.....	47
Figura 4.13: Ejemplo de curva Velocidad – Profundidad.....	48
Figura 4.14: Curva Vs – Profundidad representativas; tramo (km 21+700 al km 26+450), tramo (km 26+750 al km28+300) y tramo (km 28+600 al km33+300).....	52
Figura 4.15: Curva Vs – Profundidad.....	59
Figura 4.16: Curva Vs – Profundidad.....	61
Figura 4.17: Curva Vs – Profundidad.....	63
Figura 4.18: Curva Vs – Profundidad.....	66
Figura 4.19: Curva Vs – Profundidad.....	68
Figura 4.20: Curva Vs – Profundidad.....	70
Figura 4.21: Curva Vs – Profundidad.....	72
Figura 4.22: Curva Vs – Profundidad.....	75
Figura 4.23: Curva Vs – Profundidad, suelo tipo de C y D	78
Figura 4.24: Curva Vs – Profundidad, puente izquierdo y puente derecho	79
Figura 4.25: Curva Vs – Profundidad.....	83
Figura 4.26: Curva Vs – Profundidad.....	86
Figura 4.27: Curva Vs – Profundidad	86

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

MASW 1D: Análisis multicanal de ondas superficiales en una dimensión

DP: Cono dinámico

SPT: Ensayo de penetración estándar

CPT: Cono Holandés o estático

P: Onda primaria

S: Onda secundaria

VP: Velocidad de ondas primarias

Vs: Velocidad de ondas secundarias

VR: Velocidad de ondas Rayleigh

VL: Velocidad de ondas Love

VA: Velocidad de onda en el estrato A

VB: Velocidad de onda en el estrato B

θ_A : Angulo de incidencia con la normal

θ_B : Angulo formado por el rayo refractado y la normal

θ_c : Angulo critico

f: Frecuencia

T: Periodo

D: Distancia recorrida

λ : Longitud de onda

w: frecuencia angular

k: Numero de onda

V: Velocidad de onda

E: Módulo de elasticidad

Ed: Módulo de elasticidad dinámico

Gd: Modulo de corte dinámico

Go: Modulo de corte máximo

σ , ν : Relación de Poisson

Vs30 : Velocidad promedio de onda en los 30m superficiales

Ts: Periodo fundamental de vibración del suelo

Vsi: Velocidad de onda superficial del estrato (i)

INTRODUCCIÓN

Los estudios de suelos mediante métodos geofísicos son una de las alternativas del estudio geotécnico para el análisis de cimentaciones y la caracterización dinámica de suelos así como de mitigación del riesgo sísmico para las ciudades; éstos incluyen, entre otros, la aplicación de normas sismorresistentes para el diseño y construcción de edificaciones, evaluaciones de vulnerabilidad y acciones de reforzamiento y estudios de microzonificación. La investigación del subsuelo tiene por finalidad obtener las propiedades físicas – mecánicas y dinámicas además de su composición y geometría. Los métodos geofísicos son alternativas para identificar y evaluar las propiedades dinámicas relevantes (periodos naturales de vibración, factores de amplificación), los resultados específicos de cada una son importantes como parámetros en acciones mitigadoras como el diseño, la construcción sismorresistente y el reforzamiento de edificaciones ya existentes. Con los estudios realizados para diversos proyectos y los resultados obtenidos en Lima Metropolitana se pretende establecer datos de zonas con similares características dinámicas.

Además uno de los propósitos de este trabajo es el de mostrar la utilización de estudios geofísicos para tratar de identificar los problemas que típicamente la ingeniería ha enfrentado con técnicas directas puntuales (calicatas, perforaciones, ensayos In Situ, ensayos de laboratorio, etc.) con la aplicación de técnicas indirectas método de Refracción Sísmica y método MASW 1D.

Estos estudios con fines de cimentación se encuentran ubicados en los distritos de San Juan de Lurigancho, Comas, Puente Piedra, Ancón, Lima, Rímac Miraflores, Villa El Salvador y la provincia constitucional del Callao. Estos lugares presentan diferentes tipos de suelos naturales que van desde zonas que presentan netamente suelos arenosos, suelos con granulometría gruesa o la combinación de estas (aluviales) y rocas, además la prospección en zonas de relleno sanitario compactado y semicompactado.

Finalmente se presenta las conclusiones y recomendaciones. El anexo contiene tablas, figuras, cuadros, planos, fotos, por cada estudio geofísico de los proyectos presentados.

CAPÍTULO I: MARCO GENERAL

1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

El estudio de mecánica de suelos tiene como objetivo principal clasificar los suelos en función de una serie de parámetros para determinar las propiedades particulares de los materiales que componen el suelo.

Desde antes del inicio formal de la mecánica de suelos en la década de 1920, ya se tenía interés en determinar las características de los suelos. A finales del siglo XVII se desarrollaron pruebas de penetración en suelos, en Alemania surge la prueba del Cono Dinámico (DP, Dynamic Probing), en Estados Unidos de Norte América se desarrolló el ensayo de penetración estándar (SPT, standard penetration test) a principios del siglo XX y estandarizado en 1930, en Holanda se desarrolló el Cono Holandés o estático (CPT, Cone Penetration test), posteriormente se inventaron otros tipos de pruebas de campo para la caracterización de suelos como el Presiometro (PMT), desarrollado en Francia, el Dilatómetro (DMP) en Italia, etc. Todas estas pruebas de tipo mecánico, en el Perú son ampliamente utilizadas las pruebas de SPT y Cono Peck, los cuales cuentan con muchos artículos publicados donde se muestran los resultados obtenidos en diversas pruebas además de su correlación entre cada ensayo.

A partir de la década de 1960 se ha incorporado en el campo de la geotecnia diversas pruebas geofísicas, principalmente las de tipo sísmico y eléctrico. El uso de estos métodos se ha incrementado en las últimas décadas en el Perú, las pruebas geofísicas trabajan con la propagación de ondas elásticas y las pruebas eléctricas electromagnéticas éstas nos proporcionan información complementaria a cerca de las características de los suelos.

Las pruebas geofísicas utilizadas en la geotecnia son: la refracción sísmica, downhole, Crosshole, usadas desde la década de 1970 y métodos de ondas de superficie a partir de 1980.

Los estudios geofísicos presentados en este informe, son parte del estudio geotécnico de proyectos realizados en Lima metropolitana, nos muestra información complementaria en el estudio de mecánica de suelos.

1.2 UBICACIÓN DE LOS PROYECTOS

Se encuentran ubicadas en la provincia de Lima, departamento de Lima. Corresponde a depósitos de los ríos Rímac, Lurín y Chillón; en los distritos de Ancón, Puente Piedra, Comas, San Juan de Lurigancho, Chosica, Lima, Rímac, San Martín de Porras, Miraflores, Villa El Salvador y la Provincia Constitucional del Callao.

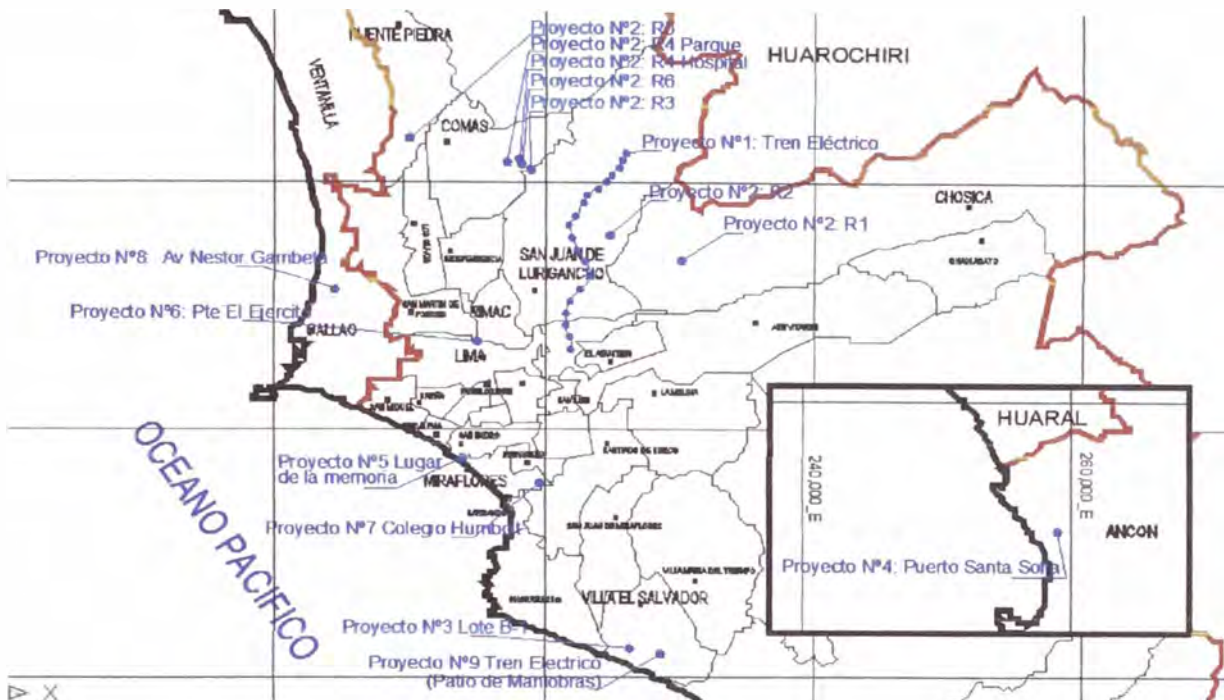


Figura 1.1: Ubicación de proyectos y estudios geofísicos

1.3 DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

Los estudios de mecánica de suelos con técnicas directas para proyectos de ingeniería civil fueron complementados con técnicas indirectas (investigaciones geofísicas). La exploración geofísica tiene por objetivo: medición y evaluación de parámetros geofísicos de los suelos: velocidad de ondas de compresión y de cortante (P y S). Estimar parámetros dinámicos de los horizontes representativos de fundación (Coeficiente de Poisson, Módulo de Young y el Módulo de Corte), Caracterizar el suelo en profundidad, cálculo de periodos natural de vibración, generar la distribución de velocidades de ondas de corte y compresionales en profundidad (velocidad-profundidad). Inferir el estado de los suelos (suelos de cobertura) y/o el grado de fracturamiento de las rocas existentes. Medición de la profundidad del basamento. Estos resultados son utilizados en la evaluación geotécnica, análisis de cimentaciones, estabilidad de taludes, licuación de suelos, etc.

Los resultados obtenidos en los diferentes proyectos realizados en Lima metropolitana son recopilados para la descripción e identificación de microzonas con similares características de suelo y subsuelo caracterizados con investigaciones geofísicas; método de refracción sísmica para ondas compresionales (ondas "P") y método MASW 1D para ondas de corte (ondas "S"), los cuales se presentan en cuadros de resumen. En Lima metropolitana presentan áreas con evidencias geológicas o geotécnicas que indican la probabilidad de comportamiento sísmico singular y que se podrían develar como "microzonas" en el sentido utilizado por la Norma Sismorresistente. Existen una diversidad de parámetros y factores que pueden influir en los movimientos del terreno en superficie y en la definición del "efecto de sitio", pero los costos y tiempos que implicaría tener información suficiente y confiable de cada uno de ellos hace necesario la selección de parámetros que mejor describan la física del efecto de sitio, caracterizan el subsuelo y provean información útil para la construcción de edificaciones.

La velocidad superficial de la onda S, es el parámetro que más contribuye al efecto de sitio, se ha analizado las ondas de corte en los 30 metros superficiales; algunos autores consideran suficiente esta profundidad para estudiar los movimientos del suelo; este parámetro permite caracterizar las zonas con similares respuestas sísmicas en base a la velocidad promedio en los primeros 30 metros (V_{s30}).

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

Los alcances de este informe, se enfocan en la utilización de resultados de investigaciones geofísicas de suelos, mediante métodos de refracción sísmica y método de ondas superficiales MASW 1D, en la obtención de parámetros geotécnicos que ayuden a dar solución a diversos problemas planteados en la geotecnia,

Las limitaciones dependen del objetivo de la investigación geofísica, la disposición de tiempo, datos, instrumentos y presupuesto. Estas limitaciones son inherentes a cada metodología utilizada, lugares inadecuados para la ubicación de líneas sísmicas largas, cantidad de energía para ensayos y la no utilización de explosivos.

La refracción sísmica requiere de terrenos despejados (libres de edificaciones y estructuras subterráneas; en los ensayos de refracción sísmica se requiere además que los terrenos tengan longitudes dos o tres veces mayores que la profundidad a explorar (por ejemplo 150 metros en longitud para explorar 50 metros de profundidad

1.5 METODOLOGÍA

El método del estudio geofísico permite obtener la descripción del subsuelo en términos de la velocidad de propagación de las ondas P y S en diferentes estratos de suelo y de las rocas a diferentes profundidades. La exploración de campo se realiza mediante equipos de última generación en prospección sísmica desarrolladas por la empresa Geometrics, con equipo de 24 geofonos (Equipo SmartSeis) y equipo de 16 geófonos (ES-3000), así como el software desarrollado por la misma empresa para el procesamiento de datos y obtención de los perfiles).

Mediante la prospección geofísica se busca determinar la profundidad del basamento a través del estudio de la propagación de la onda P por los diferentes estratos de suelo y determinar la velocidad de propagación de las ondas S.

La refracción sísmica y el método MASW son metodologías completamente definidas, con procedimientos de campo y métodos de análisis plenamente establecidos desde mediados del siglo pasado.

En el Anexo I, se presentan los cuadros de coordenadas de cada ensayo geofísico por cada proyecto. En el Anexo 2, se presentan los registros de líneas sísmicas representativas de cada zona donde se realizó la prospección geofísica. El Anexo III, se encuentra los reportes de la caracterización dinámica por cada línea sísmica por el método MASW, de cada proyecto presentado en este informe. El Anexo IV, presenta los reportes de parámetros dinámicos determinados en algunos de los proyectos donde se requirió el análisis de cimentación. El Anexo V, contiene el panel fotográfico, finalmente el Anexo VI, presenta los planos de ubicación de cada proyecto.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 CONCEPTO BÁSICO DE LA TEORIA DE ONDAS

Con la finalidad de comprender el significado de los resultados de los estudios de suelos mediante la prospección sísmica, conviene recordar los conceptos sobre la teoría de ondas, la clasificación de ondas y sus diversas aplicaciones en la geofísica. La propagación de ondas, cualquiera sea su naturaleza (mecánica o electromagnética, etc.), puede ser explicada mediante dos conceptos fundamentales.

1. Concepto de “rayo”, basada en la óptica geométrica, propagación rectilínea de la luz, están basadas en los principios de Fermat y Huygens. Este concepto es aplicable para analizar trayectorias (con excepciones, como el fenómeno de la difracción), como es el caso de la sísmica de refracción, en la que la propagación e interacción de las ondas con medios (suelo y roca) con propiedades variables se simplifica al hacer seguimiento a los rayos, que sufren los efectos de reflexión y refracción en las diferentes interfaces. Las leyes de la óptica geométrica son fenomenológicas, es decir que no tienen una realidad física, sin embargo, estas leyes se relacionan con propiedades del medio de propagación, es cual es de utilidad en el campo de la Sísmica, que estudia ondas mecánicas (elásticas).
2. Concepto de onda (propagación de una perturbación), es necesario para explicar todos aquellos fenómenos en los cuales son determinantes las propiedades de la onda, por ejemplo el fenómeno de la difracción, transmisión de energía, interferencia, polarización, la interacción de las ondas con propiedades del medio, etc.

2.1.1 Concepto de Rayo

En un medio homogéneo el rayo se propaga en línea recta. Cuyo diámetro tiende a cero y es constante, en sismología el rayo sísmico no tiene realidad física, es una abstracción de la realidad. Se llaman rayos sísmicos a las líneas normales a los frentes de ondas sucesivas originadas en una fuente. En medios estratificados con velocidades diferenciadas pueden ser representados por varios tramos rectos en cada capa homogénea.

La propagación de los rayos sísmicos está gobernada por los principios de Huygens y Fermat. Los rayos siguen las leyes de la óptica geométrica, de reflexión y refracción, cuando se encuentran con interfaces de suelos con diferentes densidades.

Principio de Huygens

El principio de Huygens establece que cada punto de un frente de ondas actúa como origen de una nueva fuente de estas se extiende en todas las direcciones. Si el medio es homogéneo el frente de ondas es esférico en un momento cualquiera t ; un poco más tarde en el tiempo $t + \Delta t$, cada uno de los frentes de onda habrá dado lugar a pequeños frentes de ondas esféricos de radio $V \cdot \Delta t$, donde V es la velocidad del medio. El nuevo frente de ondas, en el instante $t + \Delta t$, será la envolvente de todos los pequeños frentes de onda y, por tanto, será una superficie esférica concéntrica con la primitiva.

Si el medio no es homogéneo, cada elemento del frente de ondas se traslada paralelamente a sí mismo durante el lapso Δt , pero con velocidades distintas a lo largo del frente, por lo que el nuevo frente de ondas no será paralelo al primero (p. ej. Cantos, 1973).

Principio de Fermat

Este principio establece que el trayecto que recorre el rayo de un punto a otro es tal que el tiempo empleado en ese recorrido es un tiempo mínimo. La trayectoria seguida por los rayos está gobernada por este principio.

Ley de reflexión

Establece que el rayo que incide en la interfaz entre dos estratos diferentes, se refleja parcialmente. El rayo incidente forma un ángulo (θ_A) con la normal que es similar al ángulo formado por la normal con el rayo reflejado, los cuales se encuentran en el mismo plano (Figura 2.1).

Ley de refracción

Establece que el rayo que incide en la interfaz entre dos estratos diferentes (estrato A y estrato B), además de reflejarse en el estrato A, se refracta hacia el estrato B, el ángulo formado por el rayo de refracción con la normal (θ_B), depende del ángulo formado por el rayo reflejado (θ_A) con la normal y de las

velocidades de onda en los estratos A y B (denominados como V_A y V_B respectivamente), de acuerdo a la relación de Snell. Estos elementos se encuentran en un mismo plano. (Figura 2.2).

$$\frac{\text{sen}(\theta_A)}{\text{sen}(\theta_B)} = \frac{V_A}{V_B}$$

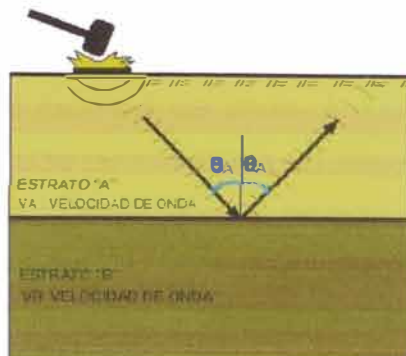


Figura 2.1: Ley de reflexión

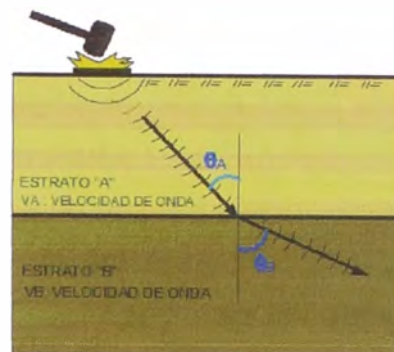


Figura 2.2: Ley de refracción

Se presenta el ángulo de incidencia, conocido como “ángulo crítico” (θ_c), el ángulo refractado, (θ_B) se refracta a 90° de la normal, de tal manera que el $\text{sen}(\theta_B) = \text{sen}(90) = 1$; en este caso que el ángulo crítico queda definido por las velocidades de los estratos.

2.1.2 Descripción de las Ondas

Los elementos que caracterizan a las ondas son las siguientes:

Longitud de onda (λ); en una onda periódica es la distancia entre crestas o nodos. Amplitud (A); magnitud de máximo desplazamiento. Periodo (T); es el intervalo de tiempo necesario para formar una onda completa. Frecuencia (f); es el número de ciclos que se forman por unidad de tiempo. Velocidad de onda (V); Magnitud de velocidad de propagación de la onda (depende únicamente de las características del medio), los parámetros que se usan para describir la onda se relacionan de la siguiente manera: la frecuencia, $f = 1/T$, la frecuencia angular, $\omega = 2\pi / T$; el número de onda, $k = 2\pi / \lambda$.

Para describir la ecuación de movimiento fundamental de una onda, se puede considerar que una cuerda es desplazada hacia arriba y hacia abajo en uno de sus extremos, produciendo un tren de ondas sinusoidal que se propaga por la cuerda. A este tipo de ondas se le conoce como armónicas. La forma de la cuerda en un instante de tiempo es la de una función sinusoidal, como se muestra en la Figura 2.3.

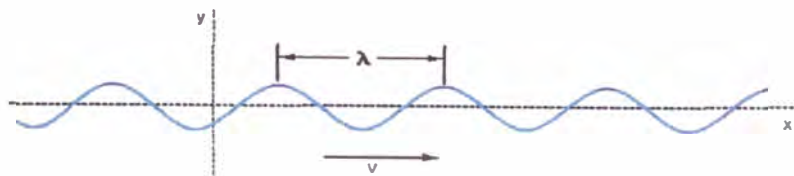


Figura 2.3: Onda armónica en un instante determinado.

La distancia entre dos máximos consecutivos de amplitud (o dos mínimos) se conoce como longitud de onda, λ . Cuando la cuerda se mueve hacia arriba y hacia abajo cada punto vibra a una frecuencia determinada, f .

Si se agita la cuerda por un tiempo, t , y a una frecuencia f determinadas, el número de ondas, N , generadas será $N = f \cdot t$. La distancia recorrida, D , por la primera onda será $D = V \cdot t$. El cociente entre N y D corresponde a la longitud de la onda:

$$\lambda = \frac{D}{N} = \frac{V}{f}$$

2.2. ONDAS SÍSMICAS

Las perturbaciones mecánicas en depósitos de suelos (mediante comba, explosivos, etc.), así como los sismos generan dos tipos de ondas elásticas que se propagan a través del medio: las ondas de cuerpo o de volumen que viajan en el interior del medio elástico y las ondas superficiales. Las ondas de cuerpo se subdividen a su vez en ondas de compresión o primarias (V_P) y de corte o secundarias (V_s), las ondas de superficie, se presentan en varios tipos, siendo la más importante para el estudio de suelos, las ondas Rayleigh (V_R), la velocidad ondas Rayleigh es aproximadamente 93% de las ondas de corte (V_s). La velocidad de propagación depende de la densidad del medio y de sus propiedades elásticas, el módulo de Bulk y el módulo de rigidez. Las fuerzas y deformaciones generadas por las ondas elásticas, obedecen la teoría de la elasticidad, por lo cual los cuerpos sólidos tienen la propiedad de resistir cambios de tamaño o de forma y regresar a su condición inicial no deformada cuando se eliminan fuerzas externas.

2.2.1 Ondas Primarias

Las ondas corporales se pueden subdividir en dos clases de ondas: ondas P y ondas S.

Primarias o de compresión (ondas P): se propagan a través de un medio más rápido que los otros tipos de ondas, por lo que a cualquier distancia del foco son

registradas primero, de allí su nombre. Al propagarse hacen vibrar las partículas en el mismo sentido del tren de ondas, el material se extiende y se comprime a medida que las ondas P se propagan a través del medio. Son conocidas también como ondas longitudinales.

Secundarias o de cortante (ondas S): Se propagan más lento que las ondas P a través de un medio elástico. Hacen vibrar las partículas en sentido perpendicular al de su propagación. Tienen velocidades menores que las ondas P. El movimiento general de las ondas de corte dentro del plano del frente de onda puede ser atribuido a dos componentes ortogonales, vertical si las partículas oscilan de arriba a abajo, la onda se llama SV, si las partículas oscilan en un plano horizontal se llaman SH. También son conocidas como ondas transversales.

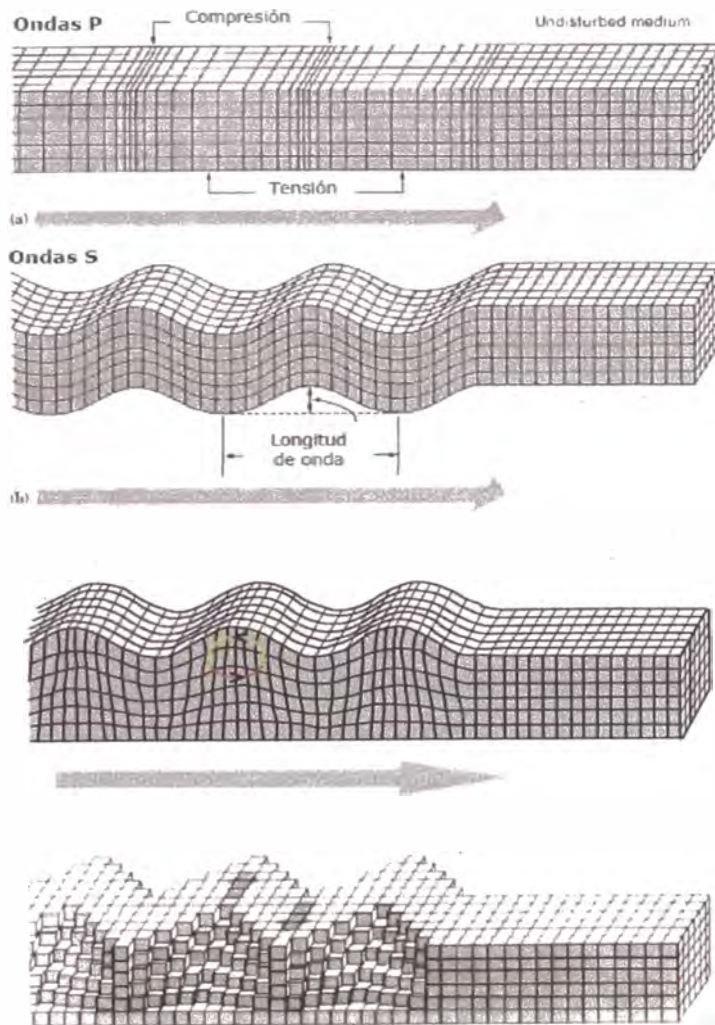


Figura 2.4: Onda de cuerpo: Primaria con velocidad de onda V_P , Secundaria con velocidad de onda V_s . Ondas superficiales: Rayleigh (VR) y Love (VL)

2.2.2 Ondas Superficiales.

Son ondas que se propagan a lo largo de la superficie de la tierra, con amplitudes muy largas en la superficie de la tierra que decaen exponencialmente con la profundidad.

Ondas Love (ondas L): Se propagan de forma similar que las ondas S haciendo vibrar las partículas horizontalmente en sentido perpendicular al de propagación, pero sin movimiento vertical.

Ondas Rayleigh (ondas R): El movimiento de las partículas se desplazan según una trayectoria elíptica retrograda, las propiedades de las ondas Rayleigh son dependientes de la frecuencia en medio verticalmente heterogéneos, este tipo de ondas superficiales son utilizadas para representar y caracterizar el subsuelo superficial.

2.2.3 Contenido Espectral de las Ondas

Las ondas sísmicas tienen rangos de periodos de vibración característicos (Tabla 2.1). El método de refracción en la investigación geofísica, mide principalmente la llegada de las ondas P, de frentes de ondas que se han refractado en las diversas capas de suelo, las frecuencias asociadas con la refracción se encuentran entre 1 y 20 Hz (e. g. Cantos, 1973).

Tabla 2.1
Periodo característico de vibración de ondas sísmicas
(Según Lay & Wallace -1995)

Tipo de Onda	Periodo(s)
Ondas Internas	0.01 - 50
Ondas superficiales	10-350
Oscilaciones libres	350-3600

Fuente: C. Rosales. Escuela de Ingeniería Civil y Geomántica Santiago de Cali

La ingeniería y la dinámica de suelos, basan sus análisis en los periodos característicos de vibración de los suelos y los edificios. La respuesta de los edificios depende de la frecuencia predominante del movimiento sísmico, las frecuencias predominantes de las ondas S y P, las frecuencias naturales de la columna de suelo y del edificio. La respuesta del edificio se verá afectada si las dos frecuencias coinciden (p. ej. Sauter, 1989).

2.3 CONSTANTES ELÁSTICAS DINÁMICAS

Las perturbaciones en un medio elástico (sismo, explosiones, golpe con comba sobre el suelo) generan ondas elásticas, las perturbaciones producen cambios locales en el esfuerzo y la deformación.

2.3.1 Constantes Elásticas en Medios Isotrópicos.

Para describir el comportamiento elástico se tiene los siguientes

1. Módulo de corte, G
2. Módulo de elasticidad, E .
3. Cociente de Poisson, σ .

Módulo de corte, G .

El módulo de corte se define como la relación entre la tensión y la deformación de corte, es una medida de la dureza del material. El módulo de cortante máximo (G) se puede utilizar únicamente en problemas dinámicos, como cimentación de maquinarias o sismos de muy bajas magnitudes. Sin embargo, en los últimos veinte años (Fahey y Carter, 1993; Matthews et al., 1996; Mayne, 2001) se ha demostrado que valores de G corregidos para niveles de deformación apropiados pueden ser de utilidad para problemas geotécnicos estáticos, como es el diseño de cimentaciones.

Conocidas la variación de la velocidad de onda de corte (V_s) y la densidad en un depósito de suelos, se puede calcular fácilmente el módulo de rigidez al cortante máximo o inicial (G)

$$G = \rho V_s^2$$

Cociente de Poisson, σ .

Es la relación entre las deformaciones unitarias transversal y longitudinal

La relación de Poisson es una medida de la contracción lateral del material. En el caso de materiales elásticos varía entre 0 y 0,5. Como los líquidos no oponen resistencia a esfuerzo cortante, $\mu = 0$, entonces $\sigma = 1/2$.

Valores en el rango $0 < \sigma < 0,05$ corresponden a rocas muy duras; y rocas alrededor de 0,45 son muy blandas. Para suelos, Salem (2000) encontró que: (1) valores de σ inferiores a 0,5 en suelos superficiales pueden indicar presencia de humus, sedimentos o suelos arcillosos; (2) valores alrededor de 0,1 en superficie pueden indicar saturación de aire o arenas de cuarzo puro; (3) el cociente de

Poisson aumenta con la profundidad, lo que puede deberse a que los suelos y sedimentos cerca de la superficie son más jóvenes y más compresibles que los suelos a mayores profundidades, menos compresibles y más plásticos. Adicionalmente, el mismo autor presentó una revisión de los estudios teóricos y experimentales relacionados con el cociente de Poisson, de la cual se extrajeron los siguientes resultados (Tabla 2.2) relacionados con suelos y depósitos sedimentarios:

Tabla 2.2
Algunos cocientes de Poisson (según Salem, 2000).

Estudio	Resultados
Stokoe & Woods (1972)	$\sigma = 0,31$ para sedimentos no consolidados y no saturados.
Davis & Schutteiss (1980)	Rango entre $0,4982 < \sigma < 0,4997$ para arcillas.
Stuempel et al (1984) Meissner et al (1995)	$\sigma = 0,49$ para sedimentos superficiales, arcillosos y saturados.
Tiab & Donaldson (1996)	Rango $0,14 < \sigma < 0,41$ para diferentes litologías y grados de saturación.

Fuente: C. Rosales. Escuela de Ingeniería Civil y Geomántica Santiago de Cali

Conocidas la variación de la velocidad de onda de corte (V_s) y la velocidad de onda de compresión (V_p), se calcula la relación de Poisson con la siguiente expresión

$$\mu = \frac{(V_p / V_s)^2 - 2}{2 \left[(V_p / V_s)^2 - 1 \right]}$$

Módulo de elasticidad o de Young, E.

Es la cantidad de esfuerzo por unidad de deformación.

$$E = \text{Esfuerzo} / \text{Deformación}$$

Con los valores de la relación de Poisson y el módulo cortante se determina el módulo de Young.

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

2.3.2 Constantes elásticas en Medios Anisotrópicos.

La propagación de ondas elásticas difiere significativamente entre medios iso y anisotrópicos:

Los suelos, de gran interés en la ingeniería civil, no se aproximan tanto como las rocas a medios isotrópicos. Para esto se supone que los medios están

estratificados, y cada estrato es homogéneo e isotrópico, razón por la cual se pueden emplear las constantes que describen el comportamiento elástico isotrópico. La relación de Poisson puede ser un indicativo de anisotropía en depósitos sedimentarios. Así, por ejemplo, Pickering (1970) en Salem (2000), demostró teóricamente que el rango $-1,0 < \sigma < 0,5$ corresponde a suelos anisotrópicos. Por su parte Salem (2000) encontró que los valores negativos de σ en suelos pueden indicar anisotropía.

2.4 APLICACIÓN EN ANÁLISIS GEOTÉCNICO

Las velocidades de ondas sísmicas (Ondas P y S) tienen una aplicación variada. En los proyectos presentados en este informe, se utilizaron para la determinación de las propiedades físico-mecánica de estratos de suelo y roca, caracterización dinámica y análisis de cimentación. Para análisis de licuación Seed (1983) (Figura 2.5), propone la relación entre la velocidad de ondas de corte, sismos de diferentes magnitudes y la ocurrencia de licuación en arenas. Otros investigadores como Robertson (1990) proponen relaciones entre Velocidades de onda de corte (V_s), esfuerzo cíclico y el proceso de licuación.

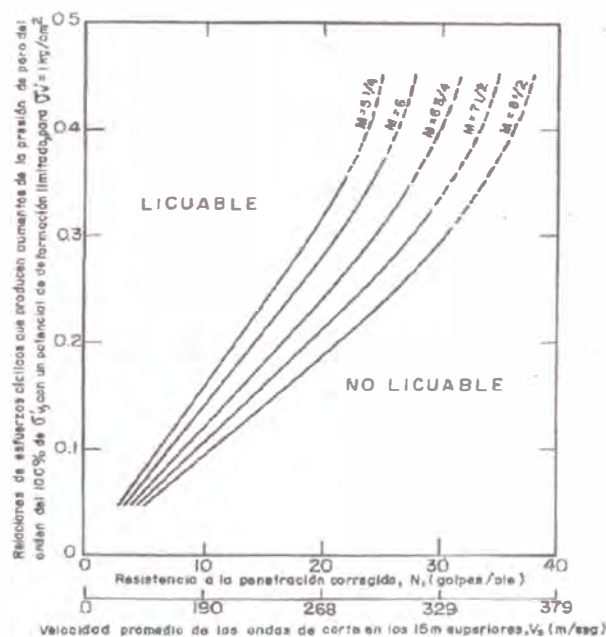


Figura 2.5: Relaciones de esfuerzos cíclicos que causan licuación en función de N_{60} y V_s para arenas limpias y sismos de magnitudes diferentes (Seed y otros 1983)

Para efectos del cálculo de una aproximación al asentamiento inmediato, bajo condiciones límite de capacidad portante de un suelo relativamente homogéneo, se recurre a la expresión matemática sugerida según la Teoría de la Elasticidad

(Lambe y Whitman, 1969), así como también a la fórmula sugerida por la Norma AASHTO LRFD, que están dadas por las siguientes relaciones:

$$S_i = \frac{qB(1-u^2)}{E_s} \text{ If Lambe y Whitman}$$

$$S_e = \frac{q(1-u^2)}{E_s * \beta_z} \sqrt{A} \text{ Norma AASHTO}$$

Donde S_i y S_e , son asentamiento inmediato y estimado respectivamente, los parámetros utilizados en estas relaciones, la relación de Poisson y el módulo de Young estático (10% del módulo de Young dinámico), se obtienen mediante procedimientos geofísicos, como alternativa a procedimientos mecánicos.

Los valores de V_s se pueden usar como parámetros directamente relacionados con la consistencia del terreno, sin embargo, cabe mencionar que el valor promedio de los valores de V_s para los 30 metros más superficiales del terreno (V_{s30}) constituye un parámetro universalmente aceptado para la clasificación de suelos, según las normas de la IBC (Internacional BuildingCode). Estas normas y recomendaciones se refieren a la respuesta del terreno frente a movimientos sísmicos y específicamente a los efectos de amplificación de las ondas de cizalla en los niveles superficiales. Otros métodos como los microtremor permiten hallar de forma rápida y fiable los valores de V_{s30} para la caracterización del terreno en los emplazamientos de edificios de nueva construcción, Esta es una aplicación de uso sistemático en países como EEUU y JAPON.

Ecuación de Ponderación.

$$V_{s30} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}} \quad T_s = \frac{4H}{V_{s30}}$$

Donde:

V_{s30} : Velocidad promedio de onda en los 30m superficiales

T_s : Periodo fundamental de vibración del suelo

H : Profundidad total de sondaje

h_i : Espesor de estrato(i)

V_{si} : Velocidad de onda de corte superficial del estrato (i)

Tabla 2.3

Clasificación de suelos, según las normas de la IBC (Internacional Building Code-2002)

CLASE DE SITIO	DESCRIPCION	Vs30(m/s)
A	Roca dura	$Vs30 > 1520$
B	Roca	$762 < Vs30 < 1520$
C	Suelo muy denso y roca blanda	$366 < Vs30 < 762$
D	Suelo rígido	$183 < Vs30 < 366$
E	Suelo blando	$Vs30 < 183$
F	Suelos especiales (licuables, colapsables, arcillas de muy alta plasticidad, suelos orgánicos de más de 3m de espesor)	

2.5 MÉTODOS GEOFÍSICOS PARA LA EXPLORACIÓN DE CAMPO

Los estudios geofísicos mediante exploración sísmica emplea ondas elásticas que se propagan a través del terreno son generadas artificialmente, tiene por finalidad el estudio de suelo y subsuelo presentándonos información de los materiales que lo conforman. La prospección sísmica se basa en el mismo principio que la sismología, consiste en generar ondas sísmicas mediante una fuente emisora y registrarlas en una serie de estaciones sensoras (geófonos) distribuidas sobre el terreno. A partir del estudio de las distintas formas de onda y sus tiempos de trayecto, se consiguen obtener imágenes del subsuelo que luego se relacionan con las capas geológicas (secciones sísmicas, campos de velocidades, etc.). El método geofísico mediante la prospección sísmica es una herramienta que nos permite investigar con detalle tanto los primeros metros como varios cientos de metros de profundidad.

La teoría de la sísmica se remonta a inicios de 1678, al enunciarse la Ley de la Elasticidad (Hooke), en el año 1845 se intenta realizar mediciones de ondas, en 1910 se identifican las ondas S y P, para 1953 se dio el paso al procesamiento de datos, el cual se difundió rápidamente en los siguientes años. Para finales de la década de los 70, debido al desarrollo tecnológico e informático, los instrumentos de medición presentaron cambios significativos en el campo de la sísmica, se ha mejorado las técnicas de adquisición de datos, con procesamientos más sencillos y automatizados.

Los métodos geofísicos generales que actualmente se usan en la ingeniería civil se incluyen en la Tabla 2.4. Esta tabla es una aproximación general a los métodos empleados en los campos de la ingeniería civil y la construcción.

Tabla 2.4
 Métodos geofísicos usados en ingeniería civil

PROSPECCIÓN	MÉTODO	FENÓMENO FÍSICO OBSERVADO	PROPIEDADES FÍSICAS OBTENIDAS	APLICACIÓN
SUPERFICIE	Prospección Sísmica Reflexión Refracción Microtremor	Ondas sísmicas	Velocidad de las ondas elásticas	Estructura y características dinámicas del subsuelo
	Prospección Sónica	Reflexión de las ondas de sonido	Impedancia acústica	Estructura del suelo (área marina)
	Prospección eléctrica	Corriente terrestre eléctrica	Potencial espontáneo y Resistividad	Estructura del suelo y de aguas subterráneas
	Microgravimetría	Gravedad terrestre	Gravedad	Ubicación de fallas, fracturas, ubicación de cavidades
PROFUNDIDAD	Sondeo de velocidad (borehole, downhole, uphole)	Ondas elásticas	Velocidad de las ondas elásticas	Estructura y características dinámicas del subsuelo
	Sondeo PS	Ondas elásticas	Velocidad de las ondas elásticas	Estructura y características dinámicas del subsuelo
	Sondeo de reflexión	Reflexión de las ondas de sonido	Impedancia acústica	Dureza y grietas en el subsuelo
	Prospección eléctrica	corriente eléctrica	Potencial espontáneo y resistividad específica	Estructura del suelo y de aguas subterráneas
	Sondeo radiactivo	Intensidad de los rayos radiactivos	Densidad y contenido de humedad	Propiedades de los suelos

Imai(1975), sarria(1996)

CAPÍTULO III: PROSPECCIÓN SÍSMICA

3.1 REFRACCIÓN SÍSMICA

Uno de los métodos sísmicos en la investigación geofísica, es la refracción. El método de refracción está basado en los tiempos de llegada del movimiento inicial del suelo generado por una fuente de energía impulsiva. El método mide el tiempo de propagación de las ondas elásticas, transcurrido entre un sitio donde se generan ondas sísmicas y la llegada de éstas a diferentes puntos de observación. Para esto se disponen una serie de sensores en línea recta a distancias conocidas, formando lo que se conoce como tendido sísmico o línea de refracción sísmica.

A una distancia determinada del extremo o puntos intermedios de la línea sísmica se generan ondas sísmicas, mediante golpe de comba, o por la detonación de explosivos, estas vibraciones son detectadas por cada uno de los sensores colocados en el terreno.

El equipo básico consiste de los sensores (Geófonos); la unidad de adquisición (Sismógrafo), en donde se almacenan los movimientos del terreno detectados por cada sensor; los cables de conexión entre los sensores y la unidad de adquisición; el cable del trigger, que se encarga de marcar el momento de inicio de registro en la unidad de adquisición.

Los registros de cada sensor almacenados en la unidad de adquisición que contienen información de los movimientos del terreno en función del tiempo son conocidos como sismogramas. Estos son analizados en la refracción sísmica para obtener el tiempo de llegada de las primeras ondas a cada sensor desde el punto de disparo para lo cual es estudiado el sismograma completo.

3.1.1 Aplicaciones en la Ingeniería Civil.

El método de refracción sísmica tiene muchas aplicaciones en la ingeniería civil, como la determinación de la profundidad del basamento en los proyectos de construcción de represas y grandes hidroeléctricas para la determinación de las condiciones (meteorización, fracturación) y competencia de la roca en donde se asentarán las estructuras, así como el diseño de túneles y explotación de canteras. También es muy útil para detección de fallas geológicas. En contextos urbanos en el estudio geotécnico para edificaciones, el análisis de cimentaciones.

El método utiliza la llegada de las primeras ondas a los geófonos, ondas P, pero como también las llegadas de las ondas S, de tal manera que se pueden determinar parámetros dinámicos, que son muy útiles en el estudio geotécnico, diseño de cimentaciones, caracterización dinámica, análisis de licuación. etc.

Los módulos dinámicos determinados son: El módulo dinámico G (Módulo de corte), módulo de Young, módulo de Poisson, así como densidad de los estratos del suelo, tanto en suelo como en roca.

3.1.2 Alcances y Limitaciones del Método

Alcances.

- Detecta variaciones tanto en profundidad como en la horizontal de la velocidad de la onda P (además de onda S).
- Permite la detección de estratos de suelos y basamento a lo largo de la línea sísmica, dependiendo de la longitud de tendido de la línea sísmica, energía aplicada en la fuente para la generación de las ondas sísmicas.

Limitaciones.

- En el caso de suelos con capas intermedias de menor velocidad el método arrojaría resultados erróneos.
- El Método de Refracción Sísmica está limitado por la disponibilidad de zonas descubiertas con suficiente extensión. La longitud del tendido en superficie está directamente relacionada con el alcance de la exploración en profundidad.

3.1.3 Propagación y Trayectoria de las Ondas

Al inducir ondas sísmicas mediante golpes o detonaciones en el suelo se generan ondas internas (Primarias y secundarias) y superficiales (Ondas Love y Rayleigh), en la refracción sísmica la de mayor interés son las ondas P (Onda primaria).

Las leyes que rigen la propagación y la trayectoria de las ondas sísmicas en la refracción, son las mismas que se utilizan en óptica, el principio de Huygens, principio de Fermat y la Ley de Snell.

Estos principios fueron explicados en el Capítulo II. El concepto de la ley de refracción se amplía a continuación.

3.1.4 Ley de Refracción

Cuando una onda sísmica encuentra un cambio en las propiedades elásticas del material, como es el caso de una interfase entre dos capas estratigráficas; parte de la energía continúa en el mismo medio, parte se refleja (ondas reflejadas) y el resto se transmite al otro medio (ondas refractadas) con cambios en la dirección de propagación, velocidad y el modo de vibración.

Las leyes de refracción se derivan de los principios de Huygens y/o del principio de Fermat, la Ley de refracción dice que el seno del ángulo incidente es al seno del ángulo de refracción como la velocidad de la onda incidente es a la velocidad de la correspondiente onda refractada.

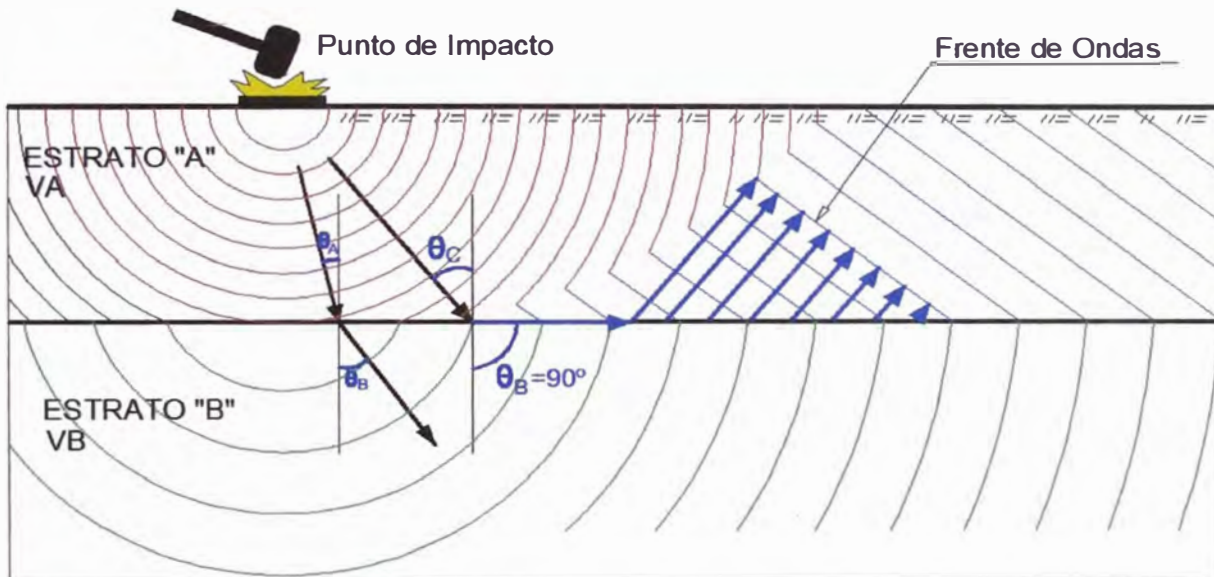


Figura 3.1: Modelo de propagación de ondas en dos capas, con $V_B > V_A$

El método de la refracción sísmica se explica de la siguiente manera. Consideremos el suelo conformado por dos estratos (A y B), el estrato superior con velocidad de onda de V_A y el estrato inferior semi infinito con velocidad de onda V_B mayor a V_A (Figura 3.1), al generar una perturbación en un punto determinado en la superficie del estrato (A), las ondas generadas, se propagan por el estrato (A) conformando los frentes de ondas (ondas directas), al llegar al contacto entre las dos capas ocurren las primeras refracciones al estrato inferior (Figura 3.1), una parte de la onda directa se refracta hacia la parte inferior y otra hacia el estrato superior.

Dependiendo de las velocidades, se presenta el ángulo de incidencia crítica, conocido como "ángulo crítico" (θ_c), el ángulo refractado, (θ_B) se refracta a 90°

de la normal, de tal manera que el $\text{sen}(\theta_B) = \text{sen}(90) = 1$; de tal manera que el ángulo crítico queda definido por las velocidades de los estratos. Entonces el rayo viaja a través del contacto entre las dos capas y vuelve a subir con el mismo ángulo que ha incidido, este rayo se denomina rayo crítico y es el único que se registra en la superficie.

3.1.5 Curvas Tiempo-Distancia

Del registro de las ondas de llegada, se procede a identificar la primera onda de llegada por cada señal registradas por los geófonos, se realiza manualmente o a de manera automática, al realizar la selección se genera la curva tiempo distancia. Es necesario no confundir las primeras ondas de llegada con ruido asociado a la adquisición de señales. Los diferentes programas de cómputo asociados al método presentan opciones que permiten la correcta selección de las primeras ondas de llegada, como por ejemplo el aumento o disminución de la amplitud de la trazas que componen los registros de señales.

La siguiente figura muestra el registro de señales de onda, conformadas por 16 trazas provenientes de 16 geófonos en arreglo lineal.

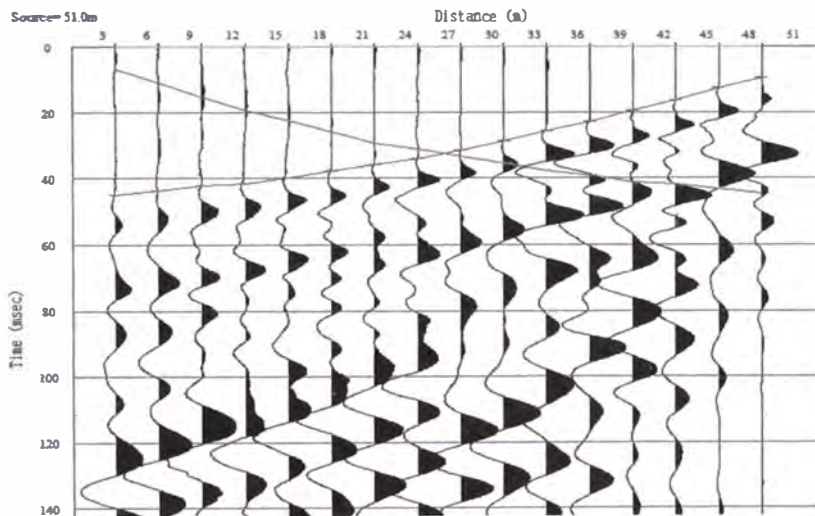


Figura 3.2: Registro de primera llegada de onda, mediante refracción sísmica

Identificadas las primeras ondas de llegada, se generan las curvas a partir de los tiempos de llegada y la distancia entre el punto de disparo y ubicación de cada geófono. Dependiendo del modelo del sismógrafo, el registro de ondas puede ser visualizada en la pantalla del sismógrafo, pantalla del computador o ser impresa, un ejemplo de registro de ondas se muestra en la Figura 3.2, los registros obtenidos por cada disparo en diferentes posiciones de la línea sísmica

se transfieren al computador para ser analizada por un software especializado. La siguiente Figura 3.3 muestra la curva tiempo-distancia (Línea A-B-C), donde se esquematiza la llegada de las primeras ondas (ondas P).

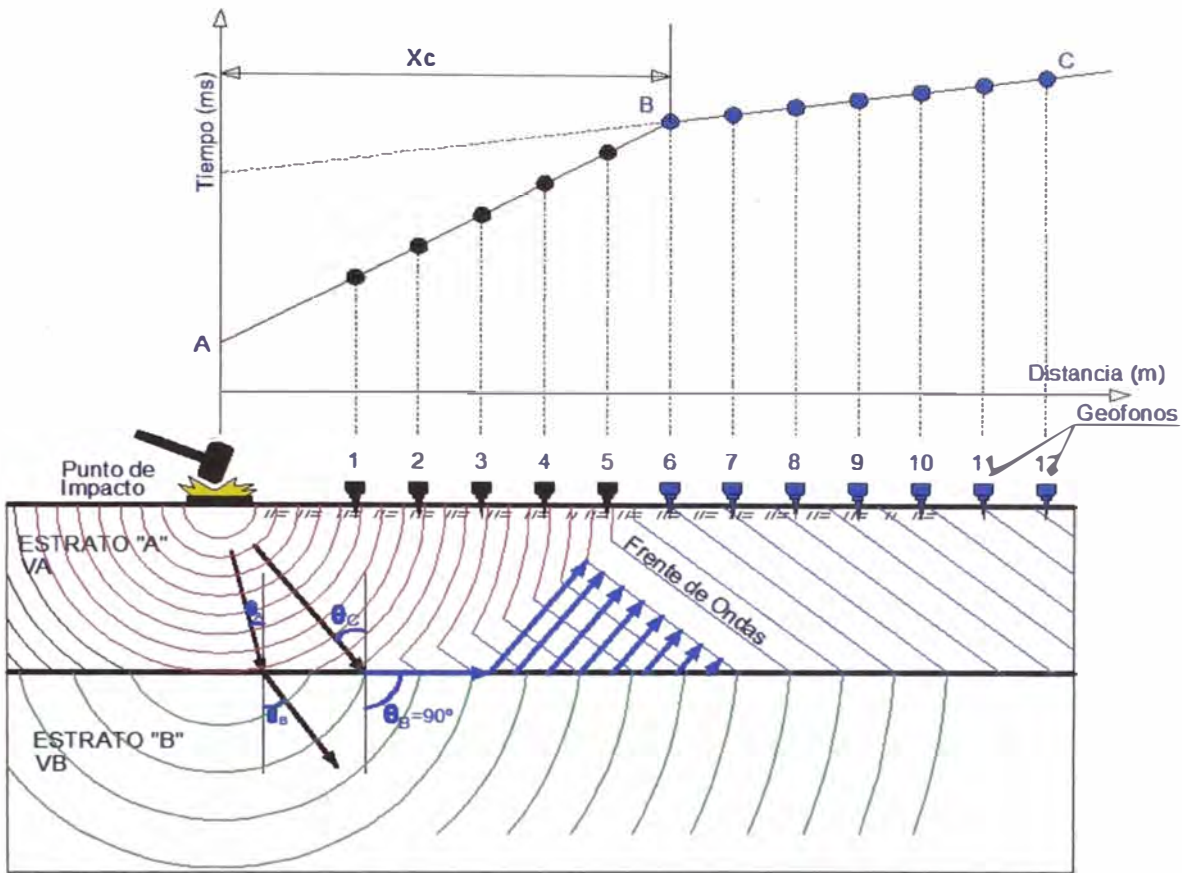


Figura 3.3: Curva camino-tiempo para un disparo de refracción

De la Figura 3.3. la distancia crítica (X_c), es la distancia donde el frente de onda refractado con ángulo crítico llega antes que la onda directa, la distancia crítica depende de las velocidades de los estratos, del espesor y profundidad de la primera, la distancia crítica es mayor o menor que la longitud del tendido sísmico. La ecuación (1) relaciona las velocidades V_A y V_B , de cada estrato, la distancia crítica y la profundidad en caso de dos capas.

$$Z_B = \left(\frac{X_c}{2}\right) * [(V_B - V_A)(V_B + V_A)]^{1/2}$$

De la ecuación, Z_A es la profundidad de la superficie refractora (espesor de la primera capa), V_A y V_B , las velocidades de cada capa, siendo $V_A < V_B$, una forma de definir la longitud aproximada de la líneas sísmicas es mediante la siguiente gráfica (Figura 3.4)

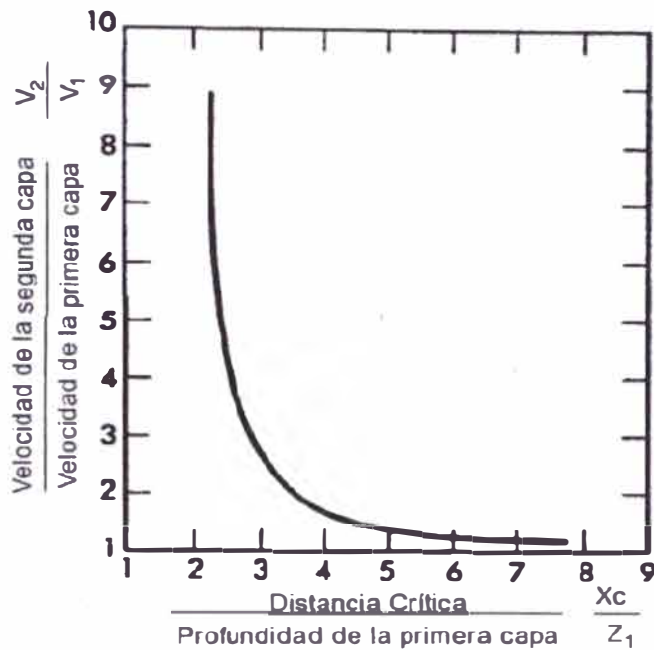


Figura 3.4: Relación entre V_B/V_A y X_C/Z_A (Modificado de Redpath, 1973)

Del gráfico, si la velocidad de onda de la primera capa es $V_A=800$ m/s y la velocidad de onda de la segunda capa es $V_B=2400$ m/s, entonces la distancia crítica será 3 veces la profundidad, si la profundidad se encuentra aproximadamente a 20m entonces la distancia crítica aproximada es de 60m, por lo que el tendido de la línea sísmica será mayor a esta longitud.

Después de identificar y construir las curvas Camino-Tiempo, es posible identificar las secciones de la curva que pertenecen a un mismo refractor (capa), los puntos que conforman la curva camino tiempo son conocidas como dromocrona. Generadas las dromocronas de los registros de la línea sísmica, se procede a la interpretación de los datos en refracción sísmica. Las siguientes características del subsuelo pueden generar interpretaciones erradas, como son:

- El cambio de pendiente de la curva Tiempo-Distancia no necesariamente represente un cambio de estrato o capa, sino que puede significar un cambio de la pendiente del segundo estrato (Primer refractor).
- La existencia de un estrato o una capa de suelo cuya velocidad de onda es menor que la de la capa superior, no se genera la refracción crítica, ya que al disminuir el parámetro de rayo, se acerca a la normal, de tal manera que no habría indicios de su presencia en las primeras llegadas en cada punto de la línea de sísmica.

- La existencia de una capa demasiado delgada, a pesar de tener velocidades mayores, no alcanza a detectar las primeras llegadas por el hecho mismo de ser tan delgada que la longitud de la onda sísmica resulta mucho mayor que el espesor del estrato

3.2 MÉTODO DE ONDAS SUPERFICIALES

Las ondas superficiales generadas por movimientos sísmicos son las ondas Love (ondas L), se propagan de forma similar que las ondas S haciendo vibrar las partículas horizontalmente en sentido perpendicular al de propagación, pero sin movimiento vertical y las ondas Rayleigh (ondas R), el movimiento de las partículas se desplazan según una trayectoria elíptica retrograda, las propiedades de las ondas Rayleigh son dependientes de la frecuencia en medio verticalmente heterogéneos, este tipo de ondas superficiales son utilizadas para representar y caracterizar el subsuelo superficial.

Los métodos de ondas superficiales en estos últimos 50 años, han sido utilizados en la Ingeniería geotécnica para determinar las propiedades dinámicas de suelos cercanos a la superficie. Estos métodos han aumentado por desarrollos recientes que incluyen el uso de arreglos multisensoriales, vigorosos algoritmos de inversión, métodos que manejan modos múltiples de propagación de ondas Rayleigh, y el uso de medidas activas y pasivas y combinaciones de ambas, La clasificación de estas últimas medidas serán mejor explicadas a continuación.

Los métodos de ondas superficiales pueden ser clasificados de acuerdo al tipo de fuente como activos, pasivos o combinación de ambos, En el método activo una fuente transitoria o continuase usa para generar ondas Rayleigh con un rango de frecuencias de casi 4 a 100 Hz, y además se usa un arreglo de receptores en una dimensión (es decir, lineal) para monitorear la respuesta del suelo causado por la propagaciones de las ondas. El método activo, sin embargo, está limitado en su habilidad para muestrear suelos profundos, debido a la dificultad de generar energía de baja frecuencia con fuerzas razonables. Esta técnica se basa en el Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW). En un depósito de suelos perfectamente homogéneo, la onda Rayleigh viaja a una velocidad que es independiente de su longitud de onda. Sin embargo, si en el suelo hay estratos con rigideces, densidades o relaciones de Poisson

variables, entonces la velocidad de la onda de Rayleigh dependerá de su longitud de onda. Cuando la velocidad y la frecuencia (o longitud de onda) de una onda son dependientes entre sí, se dice que la onda es dispersiva. Este comportamiento que exhiben las ondas Rayleigh en materiales no uniformes, es el principio en el que se fundamentan los diferentes métodos de análisis de onda de superficie (Matthews et al., 1996).

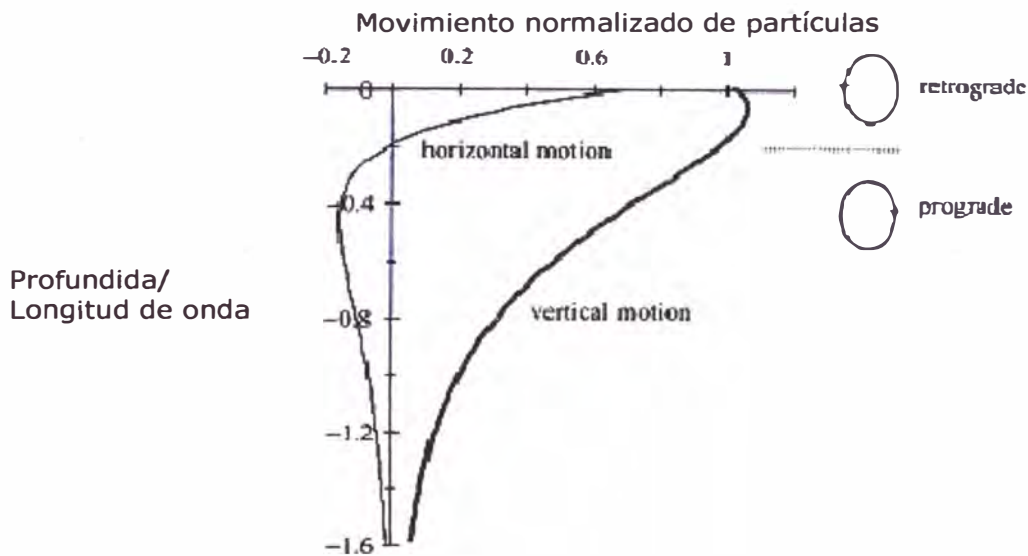


Figura 3.5: Ondas Rayleigh y movimiento de partículas. Desplazamientos horizontales y verticales normalizados con respecto a desplazamientos verticales en la superficie (Adaptado de Richart, Hall y Woods, 1970).

La mayor parte de la energía de las ondas de superficie está contenida dentro de una zona que se extiende a una profundidad de aproximadamente una longitud de onda. De esta manera, las frecuencias bajas permiten caracterizar los estratos profundos de suelo mientras que las frecuencias altas los materiales cercanos a la superficie.

La propagación de las ondas de superficie tiene naturaleza dispersiva en un semiespacio elástico y estratificado, lo cual constituye las bases de los métodos de análisis de dichas ondas. Si en la superficie del suelo se generan ondas en un rango amplio de frecuencias, se puede inferir un perfil con la variación de ondas Rayleigh (V_R) a profundidad. Como la velocidad de ondas Rayleigh es ligeramente menor (alrededor de 7% menos) que la velocidad de corte (V_s), para fines prácticos se considera equivalentes.

La evaluación completa de la velocidad de corte superficial es muy importante para la evaluación de riesgo sísmico. Muchos autores encontraron que las velocidades de ondas ayudan a resolver las diferencias entre las diversas técnicas de estimación de amplificación de sitios. Esta velocidad superficial puede también guiar el diseño eficiente de fundaciones. La velocidad de corte está íntimamente relacionada con el módulo de bulk del suelo o roca en un lugar de la fundación.

CAPÍTULO IV: ESTUDIOS GEOFÍSICOS

El siguiente informe está conformado por los resultados obtenidos en la exploración geofísica para diversos proyectos realizados en Lima Metropolitana

4.1 OBJETIVOS

Los estudios geofísicos tuvieron como objetivos específicos complementar la información geotécnica en los siguientes aspectos:

Determinar las velocidades compresionales (V_p) de los diferentes estratos

Determinar las velocidades de corte (V_s) de los diferentes estratos

Determinar las profundidades y estado de la roca

Caracterización de suelos

Calcular los módulos elásticos del subsuelo conocidos como módulo de Young (E), módulo de corte (G) y relación de poisson (ν)

4.2 LOCALIZACIÓN

Estos estudios con fines de cimentación se encuentran ubicados en los distritos de San Juan de Lurigancho, Comas, Puente Piedra, Ancón, Miraflores, Villa El Salvador, Lima, Rímac y la Provincia Constitucional del Callao. Estos lugares presentan diferentes tipos de suelos naturales que van desde zonas que presentan netamente suelos arenosos, suelos con granulometría gruesa o la combinación de éstos (aluviales) y rocas, además la prospección en zonas de relleno compactado o sin compactar.

4.3 METODOLOGÍA

El procedimiento seguido para cada estudio geofísico de las diferentes zonas fue el siguiente:

- a) Planeamiento y definición de sitios
- b) Localización en terreno de los sitios de los ensayos
- c) Ejecución de las líneas de refracción sísmica (adquisición de datos)
- d) Revisión de datos en campo.
- e) Interpretación en gabinete
- f) Elaboración de informe

4.4 EQUIPO DE SONDEO GEOFÍSICO

El equipo utilizado es el ES - 3000 de última generación desarrollado por la empresa GEOMETRICS, cuenta con 16 canales para una óptima adquisición de la información. Otro equipo utilizado es un SMARTSEIS de última generación desarrollado por la empresa GEOMETRICS, cuenta con 24 canales para una óptima adquisición de la información. Se utilizaron geófonos de 14Hz y 4.5Hz para los ensayos de refracción sísmica y MASW respectivamente.

4.5 PROCESO DE MEDICIÓN E INTERPRETACIÓN DE ONDAS

4.5.1 Ondas Primarias

El ensayo de refracción sísmica consiste en la medición de los tiempos de viaje de las ondas primarias (Ondas P) y algunas veces de las ondas de corte (Ondas S) generadas por alguna fuente de energía impulsiva a unos puntos localizados a diferentes distancias a lo largo de un eje sobre la superficie del suelo. La energía es detectada, amplificada y registrada, de tal manera que puede determinarse su tiempo de arribo en cada punto.

a. Generación de ondas sísmicas

Las fuentes para la generación de ondas para refracción, son perturbaciones artificiales generadas de manera instantánea, se generan ondas corporales y superficiales, es necesario que las fuentes de perturbaciones se puedan controlar tanto en posición e inicio de la perturbación en el suelo.

Existen tres tipos:

Fuentes de impacto. Es el más utilizado por su fácil manejo, son generalmente combas (en otros países utilizan los términos de martillos o porras) que puede transportar una persona, la energía transmitida es limitada, haciéndose necesario varios golpes para modelar mejor las ondas de llegada, otro medio es la utilización de medios mecánicos que dejan caer pesos de 2 a 3 metros de altura. 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 $E = m \cdot v^2$.

Cargas explosivas. Generan mayor energía, es usada generalmente para sondeos profundos, como la prospección petrolera, su utilización depende del material y la profundidad de prospección, tipo de explosivo y el medio que los rodea.

Disparos. Se utilizan balas o cartuchos de fogeo. La energía es mayor que la generada por martillo.

b. Detección de los movimientos del terreno.

Las ondas sísmicas generadas son detectadas a través de geófonos de componente vertical, los geófonos se colocan en puntos diferentes y de forma equidistante a lo largo de una línea recta, el cual se le conoce como línea de tendido de refracción sísmica. Actualmente se usan 12, 16 y 24 geófonos. En refracción se requiere geófonos con frecuencias naturales de vibración, entre 8 y 40 Hz.

c. Adquisición y almacenamiento.

Las partes básicas que componen el equipo de adquisición y almacenamiento son las siguientes:

Unidad de apilamiento y digitalización. Conocido generalmente como sismógrafo, en esta unidad se registran, digitalizan y procesan los datos, está compuesta por puertos por el cual se reciben las señales enviadas por los geófonos, a cada geófono le corresponde un canal y sus señales son filtradas y digitalizadas de acuerdo con las opciones definidas por el usuario.

Cables sísmicos. Son cables que transmiten las señales de los geófonos a la unidad de adquisición, son conocidos como canales.

Gatillo "Trigger". Es el cable que está conectado al sismógrafo y que al momento de generar el movimiento sísmico lleva la señal para el proceso de grabado de las señales provenientes de los geófonos.

El inicio de la grabación es dado a partir de un dispositivo o SWITCH que da el tiempo cero para evaluar el tiempo recorrido. Estos datos de tiempo y distancia, usando para cada caso especial una variación del punto de SHOT (o aplicación de la energía) permiten evaluar las velocidades de propagación de las ondas P a través de los diferentes suelos y rocas, cuyas estructuras, geometría y continuidad son investigadas. Se utiliza el método de "Delay Time", tiempo de retardo, para el análisis de los resultados.

Todas las formas de análisis manejan criterios que utilizan la suposición de la Ley de Snell en cuanto a la reflexión y refracción de las ondas P. De los espesores y las velocidades de propagación de ondas P obtenidas, las

características geotécnicas pueden ser correlacionadas a la compacidad y densidad, esto puede llevar a evaluaciones erróneas ante la presencia de niveles freáticos, los cuales pueden ser investigados específicamente con la refracción.

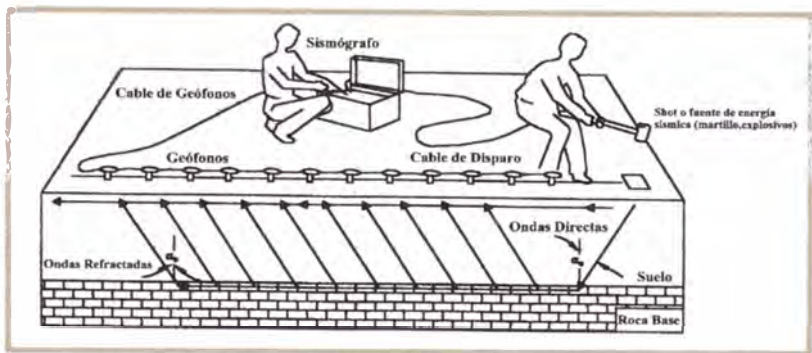


Figura 4.1: Disposición en el campo de un sismógrafo y los canales respectivos, mostrando la dirección de las ondas sísmicas directas y refractadas, en un sistema suelo/roca de 2 estratos. (α_c = ángulo crítico).

La Figura 4.1, muestra la disposición en campo de los instrumentos y equipos para el registro de ondas primarias, también muestra la utilización de 12 geófonos (sensores) pero el número de geófonos puede variar según las necesidades y criterios y el equipo utilizados, la Figura 4.2 muestra la disposición adoptada para la obtención de registros sísmicos con 16 geófonos, además de la cantidad y ubicación de los puntos de impacto (shot) en la línea sísmica establecida de los, puntos de impacto se obtendrá un registro sísmico de ondas de llegada. El mismo criterio se utiliza para la obtención de registros de ondas sísmicas en líneas sísmicas donde se utilice 24 geófonos.

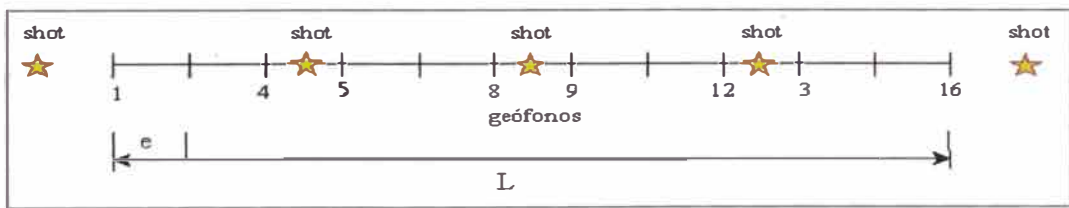


Figura 4.2: Distribución de disparos para 16 geófonos, aplicados en los proyectos ejecutados

Donde:

e = Espaciamiento entre geófonos.

L = Longitud total de tendido.

La longitud del tendido estuvo en función a la profundidad de investigación, la accesibilidad y el espacio disponible, siempre teniendo en cuenta que la profundidad de investigación viene dada por la siguiente relación: $H \approx L/3$

Los registros sísmicos obtenidos se procesan para preparar las curvas tiempo-distancia (dromocrónicas) con las que se calculan las velocidades y espesores de los estratos sísmicos mediante el método de "Delay Time", tiempo de retardo.

d. Procesamiento de señales de ondas P

Como objetivo de la refracción sísmica, es la obtención de las características geométricas de los estratos que componen el subsuelo, a través de las velocidades de onda y la profundidad de los estratos de mayor velocidad de onda. Del registro de las ondas de llegada se selecciona las primeras ondas de manera manual o automática, se construye la curva tiempo-distancia, cálculo de velocidades y finalmente generar el perfil sísmico.

El procesamiento de las líneas sísmicas de refracción se realizó con el Software de GEOMETRICS (SeisImager) El paquete "SeisImager" esta conformado por 4 programas, de los cuales lo programas Pickwin (Pick First Breaks or Dispersion Curves) y Plotrefa (Refraction Analysis) son para el análisis y modelamiento de los perfiles en refracción sísmica y los programas, WaveEq (Surface Wave Analysis) y Surface Wave Analysis Wizard se utilizan para analizar y modelar perfiles sísmicos del método MASW.

d.1 Análisis y modelado de la refracción sísmica

1.- *Pickwin(Pick First Breaks or Dispersion Curves)*: El módulo contiene los comandos necesarios para llevar a cabo la selección de primeras llegadas, directamente de los datos adquiridos en campo. Contiene múltiples aplicaciones y comandos que permiten realizar la fase inicial necesaria para el procesamiento, tales como la disposición de las geometrías correctas de adquisición. En este módulo se graban los archivos de selección de primeras llegadas que representan posteriormente las curvas tiempo-distancia, de las cuales se extraen las dromocrónicas para determinar el perfil sísmico.

2.- *Plotrefa(Refraction Analysis)*: El programa realiza la mayoría de la secuencia necesaria para generar el perfil sísmico. Se realiza mediante la asignación de capas, en la curva tiempo-distancia, con sus respectivas velocidades, se genera

un modelo inicial que contiene los parámetros, velocidad máxima, velocidad mínima y la elevación promedio de la superficie del modelo a generarse. Posteriormente se aplica el cálculo de la inversión por parámetros de defecto, con lo cual se genera un modelo de variaciones de velocidades mediante un gradiente suavizado, para así obtener un modelo de capas, según lo observado en las curvas tiempo-distancia, del cual se extraen finalmente los datos en profundidad de cada horizonte o superficie refractora, correspondientes a la ubicación de cada geófono.

Secuencia de procesamiento

Selección de primera llegada de onda (módulo Pickwin): mediante este módulo se selecciona la primera perturbación o llegada de energía sísmica a los geófonos, por cada registro sísmico obtenidas de los disparos generada en la superficie del suelo, luego de identificadas las curvas tiempo-distancia se guardan en un archivo determinado. En las Figuras 4.3 y 4.4 se presentan los registros sísmicos correspondiente al disparo en cada extremo de la línea sísmica, en las cuales se muestra la selección de primeras llegadas.

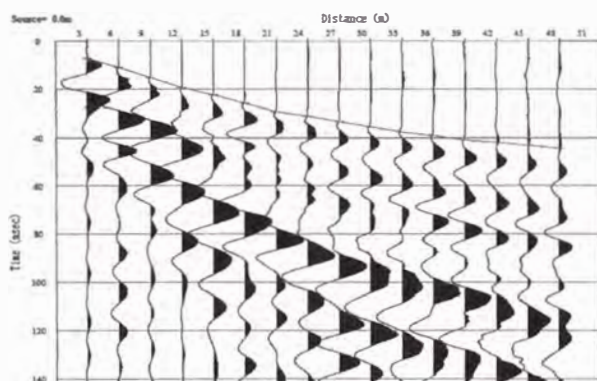


Figura 4.3: Selección de primeras Ondas de llegada disparo directo

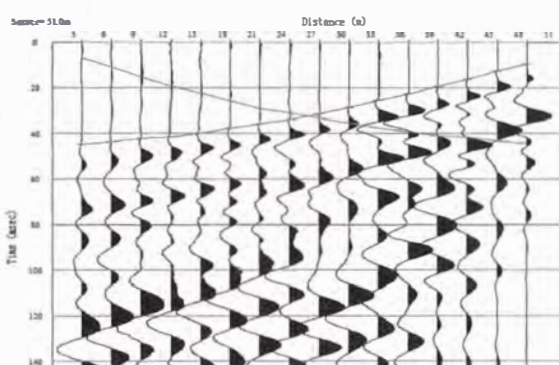


Figura 4.4: Selección de primeras ondas de llegada disparo inverso

Curvas tiempo-distancia

Se activa el módulo Plotrefa, se abre el archivo correspondiente a la selección de primeras llegadas realizadas en el módulo Pickwin. Estos datos generan una curva tiempo-distancia (Dromocrónica), en la cual se determinará las capas, velocidades de onda, las cuales generaran los estratos del subsuelo. La Figura 4.7, muestra un ejemplo de curvas tiempo-distancia correspondiente a una línea sísmica.

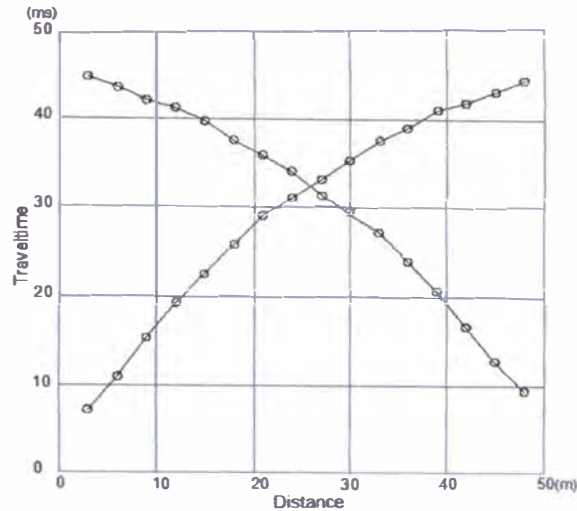


Figura 4.5: Curva tiempo-distancia

La Figura 4.5 representa un ejemplo de curvas tiempo-distancia, graficadas a partir de los tiempos de las primeras llegadas versus la distancia entre los receptores.

Asignación de capas:

Luego de visualizar y analizar la curva tiempo-distancia, se realiza la asignación de capas, con sus velocidades correspondientes, con el fin de generar un modelo inicial, con el cual se realiza la inversión de los datos de profundidad y tiempo a velocidades. En la Figura 4.6, se muestra las curvas curva-tiempo distancia, correspondientes a una línea sísmica, con asignación de capas y sus velocidades correspondientes.

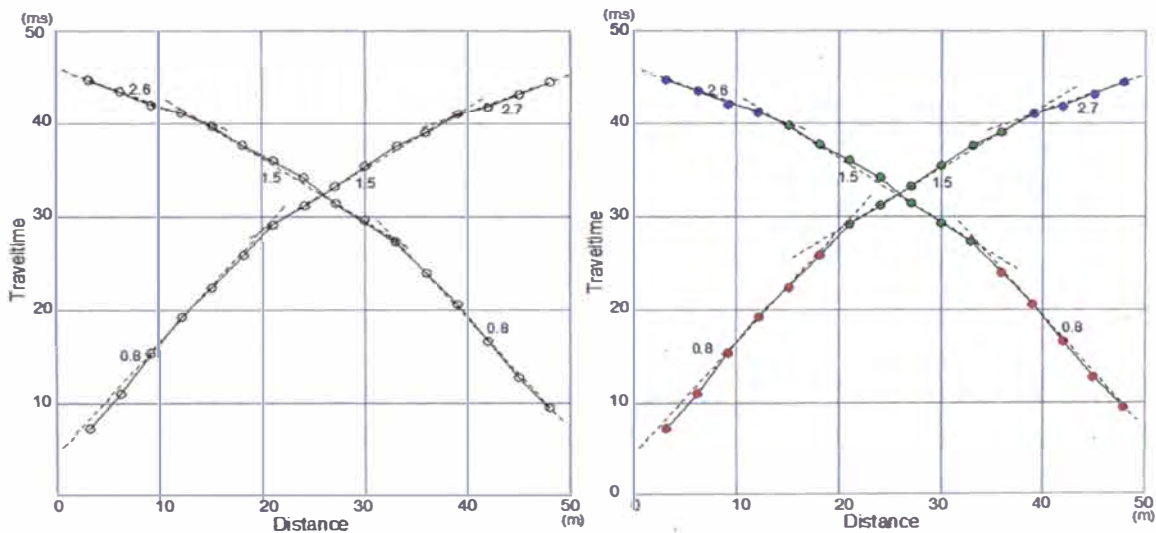


Figura 4.6: Curvas camino-tiempo, asignación de capas y velocidades correspondientes

De la Figura 4.6, los puntos asignados con un mismo color representan a una misma capa. El color rojo representa el estrato más superficial, el color verde el estrato intermedio y el color azul el estrato más profundo. Las líneas fucsias indican las velocidades por cada estrato generadas por el programa.

Se genera el modelo de capas:

A partir de la dromocronas analizadas se genera el modelo en capas. Se realiza el cálculo de la inversión. El módulo genera una curva que calcula, a partir de los datos observados, el gradiente de variación de velocidades correspondientes, tanto en profundidad como lateralmente.

En este paso se introducen en el programa los parámetros obtenidos del procesamiento previo a este paso; se introducen las cotas por cada geófono.

En la Figura 4.7, se muestra un modelo de 3 capas cuyas velocidades corresponden a 0,5 km/seg, una segunda capa de 1,4 km/seg y una tercera capa de 2,5 km/seg. A la derecha de la figura se presenta la escala grafica (cada color representa una velocidad).

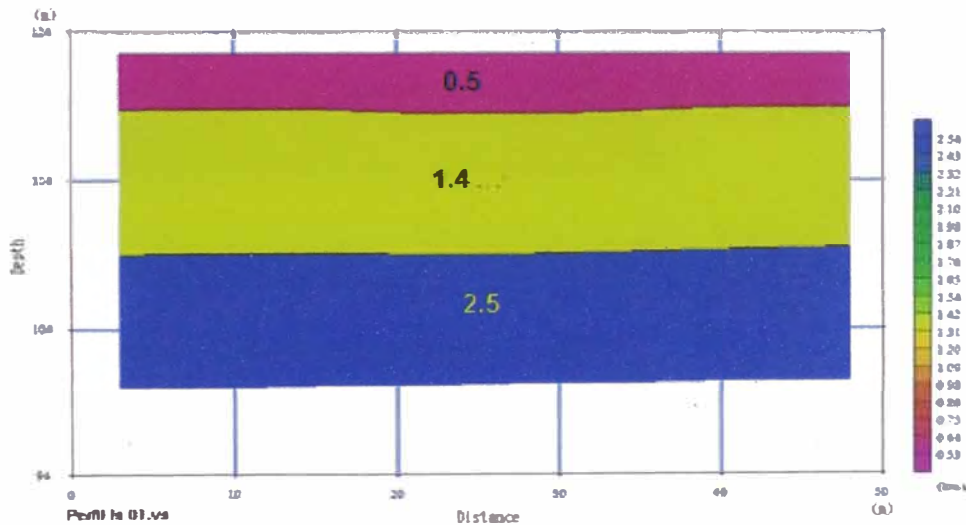


Figura 4.7: Modelo 3 capas, perfil sísmico

4.5.2 Ondas Superficiales

La técnica de Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW) (Park et al., 1999), es un método sísmico no destructivo que evalúa las condiciones de sitio, así como también los módulos elásticos lineales de los materiales.

Dicho método analiza las propiedades de dispersión de los tipos de ondas sísmicas superficiales (modos fundamentales de ondas Rayleigh), las cuales se

propagan horizontalmente a lo largo de la superficie desde el punto de impacto a los receptores. Los registros simultáneos de 12 o más receptores en distancias cortas (1-2 m) y largas (50- 100 m) desde una fuente impulsiva o vibratoria, proporcionan una redundancia estadística para medir velocidades de fase. Los datos multicanales muestran un formato de frecuencia variable con el tiempo, además permiten la identificación de modos no fundamentales de ondas Rayleigh y otro ruido coherente a partir de los análisis (Louie, 2001).

La configuración de campo básica y la rutina de adquisición para el MASW se muestra en la (Fig.4.8)

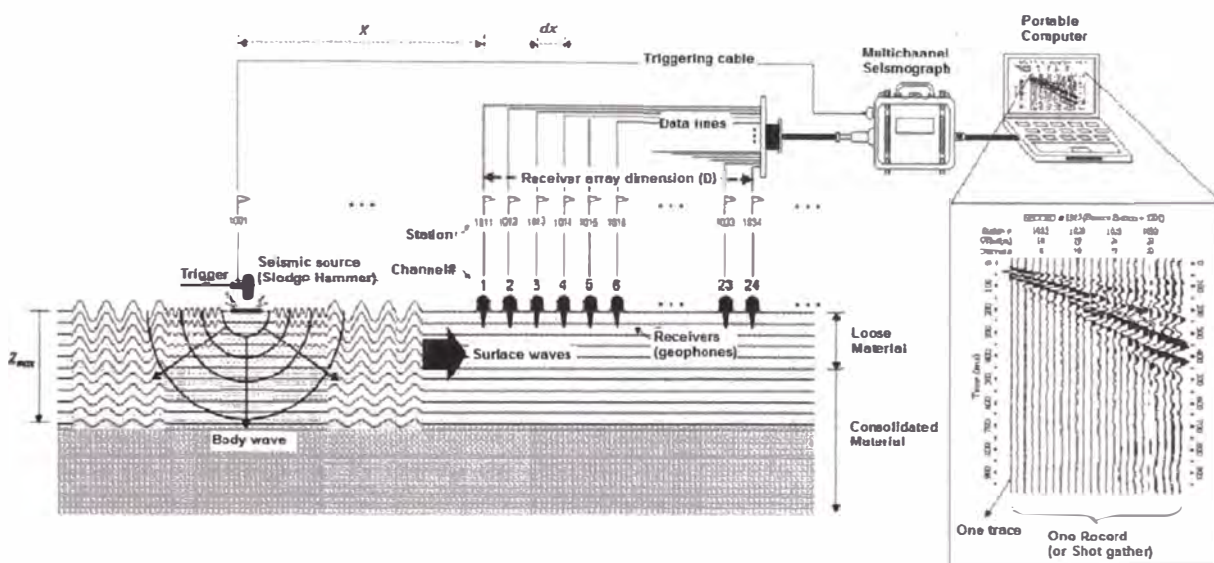


Figura 4.8: Esquema representativo de la técnica del MASW

a. Análisis y modelado por el método MASW

Este análisis presenta la adquisición de curvas de dispersión de ondas superficiales por medio de la técnica Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (software Geometrics). El análisis de dichas curvas permite generar modelos de velocidad de ondas S. El proceso es el siguiente.

Activar asistente de análisis MASW 1D.

1.- *Surface Wave Analysis Wizard*: El módulo contiene los comandos necesarios para llevar a cabo la selección del registro de datos y obtención de la curva de dispersión.

2.- *WaveEq (Surface Wave Analysis)*: El módulo contiene los comandos necesarios para realizar la inversión de la curva dispersión y la generación del modelo 1D de las ondas S.

a.1. Secuencia de procesamiento

(*Surface Wave Analysis Wizard*): Mediante este módulo se selecciona el registro de ondas superficiales, En la Figuras 4.9 se presenta el registro sísmico correspondiente al disparo en un extremo de la línea sísmica.

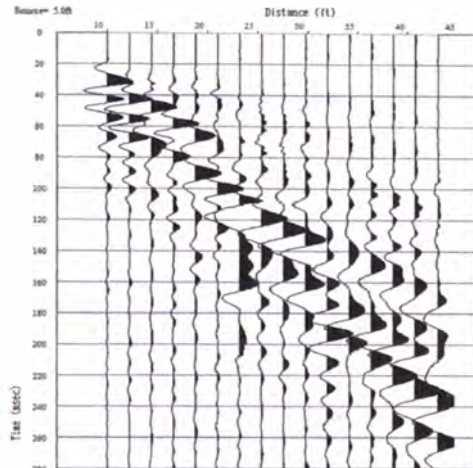


Figura 4.9: Registro de ondas de superficie.

Curva de dispersión

Mediante comandos del módulo, se genera la curva de dispersión que corresponde a la velocidad de fase frente a la frecuencia. La Figura 4.10, muestra un ejemplo de la curva de dispersión, donde se observa las amplitudes máxima matemática para cada frecuencia (señaladas por los puntos rojos), éstas definen la curva de dispersión. La curva de dispersión se hace más evidente en los contornos de color mostrados, donde se muestra el rango de análisis.

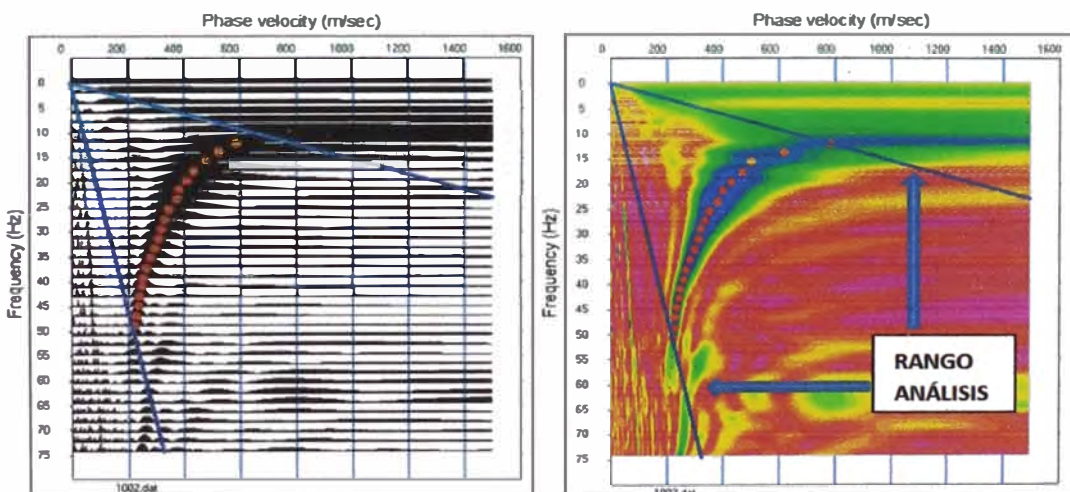


Figura 4.10: Selección de amplitudes máximas y rango de análisis
Mediante el módulo *WaveEq.* se realiza la inversión de la curva de dispersión. Permite modificar la curva de dispersión si es necesario. Por lo general, hay

picos espurios en los extremos de baja y alta frecuencia de la curva por lo que se limita el análisis a cierto rango de frecuencias. La Figura 4.11 muestra un ejemplo de curva de dispersión, con la opción de limitar el rango de análisis. La Figura 4.12 muestra la curva de dispersión limitada para proceder con el análisis.

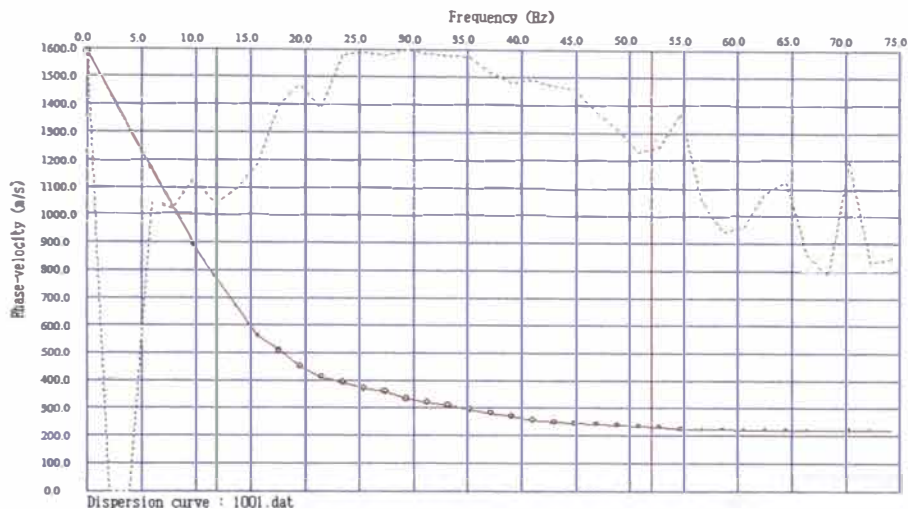


Figura 4.11: Curva de dispersión, señalando límites

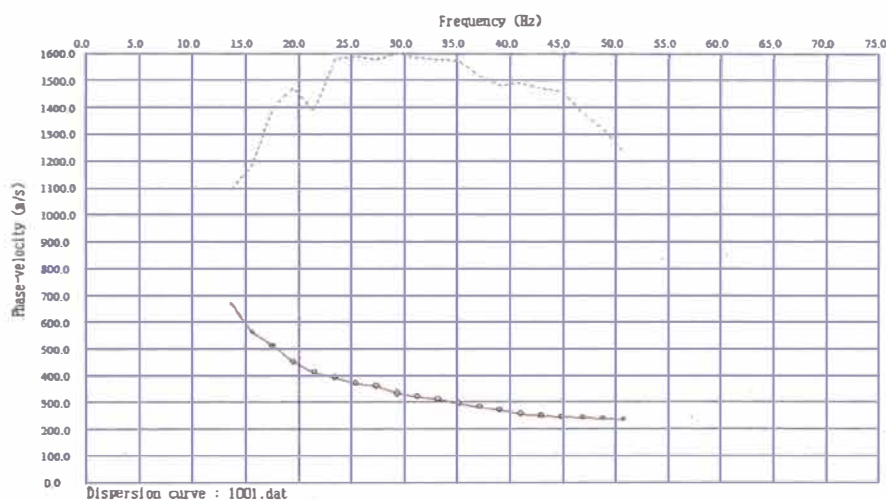


Figura 4.12: Curva de dispersión, seleccionando rango de análisis

El siguiente paso es configurar el modelo inicial de las ondas S con la profundidad, Luego mediante iteraciones se define la curva final de velocidad frente a la profundidad. La Figura 4.13 muestra un ejemplo de curva Velocidad – Profundidad.

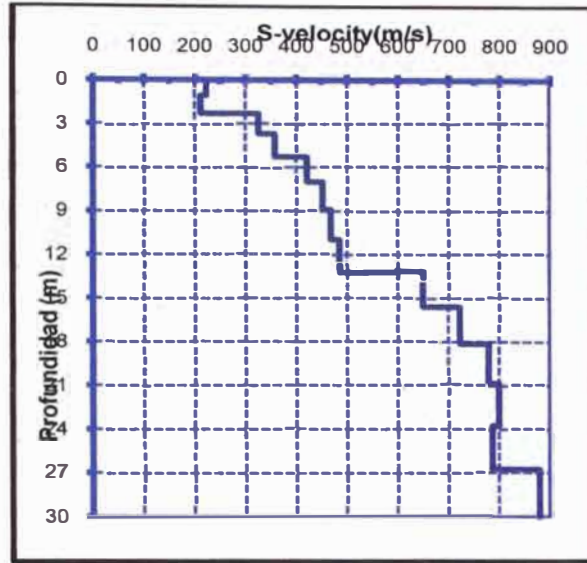


Figura 4.13: Ejemplo de curva Velocidad – Profundidad.

4.6 CORRELACIONES

La Correlación de los ensayos de refracción sísmica se realiza tomando en cuenta experiencias anteriores y considerando las siguientes tablas de velocidades.

Tabla 4.1: Correlación Velocidad de ondas P y tipo de suelo, según ASTM D 5777 – 95

Descripción	Vp (m/s)
Suelo intemperizado	204 – 610
Grava o arena seca	460 – 915
Arena saturada	1220 – 1830
Roca metamórfica	3050 - 7000

Tabla 4.2: Correlación Velocidad de ondas P y tipo de suelo, según Arce Helberg (1990)

Descripción	Vp (m/s)
Suelo de cobertura	< 1000
Roca muy alterada o aluvión	1000 – 2000
Roca alterada o aluvión muy	2000 – 4000
Roca poco alterada	4000 – 5000
Roca firme	> 5000

Tabla 4.3: Correlación Velocidad de ondas P y tipo de suelo, según Martínez Vargas A. (1990)

Descripción	Vp (m/s)
Arena suelta sobre el manto freático	245 – 610
Suelo blando	< 300
Arena suelta bajo el manto freático	45 – 1220
Arenas y gravas	300 – 1000
Arena Suelta mezclada con grava	455 – 1065
Rocas blandas, grava y arena	1000 – 2000
Grava suelta, húmeda	455 – 915
Roca compacta	2000 – 4000
Roca muy compacta	> 4000

Tabla 4.4: Correlación Velocidad de ondas S y tipo de suelo, según CISMID Seminario Taller Dinámica de Suelos (1991)

Descripción*	Vs (m/s)
Limo	210
Arcilla	350
Arena	450
Arena Fina	460
Arena Media	600
Arena Gruesa	300
Arena Marina	360
Grava	510
Grava Gruesa	650

*Suelo saturado

4.7 EXPLORACIÓN GEOFÍSICA PARA DIVERSOS PROYECTOS

4.7.1 Proyecto N°1

Estudio geofísico, Sistema Eléctrico de Transporte Masivo Tramo Grau - Bayovar (S.J.L.)

Los trabajos de campo han consistido en realizar 20 ensayos por el método MASW de 53 m, ubicados en puntos específicos a lo largo de la línea del trazo

del tren eléctrico segunda etapa, la ubicación fue proporcionada por el solicitante del servicio. Los ensayos se realizaron entre los días 01/27/2011 al 01/28/2011 y 02/08/2011 al 02/09/2011, en horario nocturno, con lo que se logró optimizar la adquisición de las ondas de llegada. La Tabla 4.5, muestra la progresiva donde se realizaron los ensayos, la longitud de tendido y la separación de los geófonos.

El ensayo sísmico presenta los siguientes objetivos: caracterizar el suelo en profundidad, generar la distribución de velocidades de ondas de corte en profundidad (velocidad-profundidad), inferir el estado de los suelos (suelos de cobertura) y/o el grado de fracturamiento de las rocas existentes, que servirán de referencia a futuros estudios definitivos.

El área de estudio geofísico se encuentra ubicada en parte en el distrito de San Juan de Lurigancho (Av. Próceres de la Independencia y la Av. Wiesse) y el distrito de El Agustino iniciándose en la parte final de la Av. Grau.

Tabla 4.5: Distribución de líneas sísmicas para el registro de las ondas S.
Proyecto N°1

UBICACIÓN	Línea Sísmica	Tipo de Onda	Longitud Tendido Sísmico (m)	Espaciamiento de Geófonos (m)
KM 21+700	Lw 11	S	53	2.2
KM 22+250	Lw 12	S	53	2.2
KM 23+035	Lw 13	S	53	2.2
KM 24+400	Lw 01	S	53	3.0
KM 24+750	Lw 14	S	53	2.2
KM 25+585	Lw 15	S	53	2.2
KM 26+240	Lw 05	S	53	2.2
KM 26+450	Lw 06	S	53	2.2
KM 26+750	Lw 02	S	53	2.2
KM 27+100	Lw 16	S	53	2.2
KM 27+500	Lw 03	S	53	2.2
KM 27+935	Lw 17	S	53	2.2
KM 28+130	Lw 07	S	53	2.2
KM 28+300	Lw 18	S	53	2.2
KM 28+600	Lw 08	S	53	2.2
KM 29+400	Lw 09	S	53	3.0
KM 31+100	Lw 19	S	53	2.2
KM 32+200	Lw 20	S	53	2.2
KM 33+300	Lw 10	S	53	2.2

Procesamiento y Evaluación de la Prospección

La distribución de velocidades reportadas son el promedio de los 4 registros procesados compatibles con los 04 shot, la información representativa se ubica en el punto medio del tendido sísmico.

Tabla 4.6: Resultado de los Ensayos MASW. Proyecto N° 1

SECTOR	Línea Sísmica	Estrato (m)	Vs(m/s)	Profundidad (m)
KM 21+700	Lw 11	N°1	300	0.0 - 4.0
		N°2	550	4.0 - 13.0
		N°3	700	13.0 - 18.0
		N°4	820	18.0 - 30.0
KM 22+250	Lw 12	N°1	450	0.0 - 5.0
		N°2	600	5.0 - 11.0
		N°3	700	11.0 - 30.0
KM 23+035	Lw 13	N°1	300	0.0 - 8.0
		N°2	400	8.0 - 13.0
KM 24+400	Lw 01	N°1	160	0.0 - 3.0
		N°2	300	3.0 - 5.50
		N°3	450	5.50 - 13.0
		N°4	600	13.0 - 30.0
KM 24+750	Lw 14	N°1	170	0.0 - 2.50
		N°2	350	2.50 - 10.0
		N°3	500	10.0 - 14.0
		N°4	640	14.0 - 30.0
KM 25+585	Lw 15	N°1	220	0.0 - 5.0
		N°2	400	5.0 - 8.5
		N°3	500	8.5 - 30.0
KM 26+240	Lw 05	N°1	180	0.0 - 3.0
		N°2	350	3.0 - 9.0
		N°3	500	9.0 - 15.0
		N°4	560	15.0 - 30.0
KM 26+450	Lw 06	N°1	200	0.0 - 2.80
		N°2	250	2.80 - 7.0
		N°3	400	7.0 - 13.0
		N°4	500	13.0 - 30.0
KM 26+750	Lw 02	N°1	200	0.0 - 3.0
		N°2	250	3.0 - 9.0
		N°3	350	9.0 - 14.0
		N°4	450	14.0 - 30.0
KM 27+100	Lw 16	N°1	230	0.0 - 7.0
		N°2	280	7.0 - 11.0
		N°3	320	11.0 - 24.0
		N°4	380	24.0 - 30.0
KM 27+500	Lw 03	N°1	150	0.0 - 2.0
		N°2	250	2.0 - 12.0
		N°3	350	12.0 - 30.0
KM 27+935	Lw 17	N°1	200	0.0 - 3.0
		N°2	280	3.0 - 11.0
		N°3	320	11.0 - 15.0
		N°4	390	15.0 - 30.0
KM 28+130	Lw 07	N°1	200	0.0 - 2.80
		N°2	280	2.80 - 9.0
		N°3	350	9.0 - 15.0
		N°4	440	15.0 - 30.0
KM 28+300	Lw 18	N°1	200	0.0 - 4.0
		N°2	280	4.0 - 9.0
		N°3	350	9.0 - 15.0
		N°4	420	15.0 - 30.0
KM 28+600	Lw 08	N°1	200	0.0 - 2.80
		N°2	300	2.80 - 9.0
		N°3	350	9.0 - 13.0
		N°4	440	13.0 - 30.0
KM 29+400	Lw 09	N°1	200	0.0 - 2.80
		N°2	250	2.80 - 5.0
		N°3	350	5.0 - 13.0
		N°4	500	13.0 - 30.0
KM 30+070	Lw 04	N°1	180	0.0 - 3.0
		N°2	400	3.0 - 9.0
		N°3	500	9.0 - 15.0
		N°4	600	15.0 - 30.0
KM 31+100	Lw 19	N°1	200	0.0 - 2.50
		N°2	440	2.50 - 11.0
		N°3	550	11.0 - 16.0
		N°4	650	16.0 - 30.0
KM 32+200	Lw 20	N°1	220	0.0 - 2.50
		N°2	420	2.50 - 9.0
		N°3	550	9.0 - 13.0
		N°4	650	13.0 - 30.0
KM 33+300	Lw 10	N°1	240	0.0 - 2.80
		N°2	450	2.80 - 9.0
		N°3	600	9.0 - 13.0
		N°4	750	13.0 - 30.0

En la Tabla 4.6 se presentan los resultados de las velocidades de ondas de corte obtenidas para cada una de las líneas sísmicas, en la distribución de velocidades

se han identificado hasta cuatro horizontes con una moderada variación de las velocidades.

Caracterización Dinámica de Suelos

Se caracterizó el sitio mediante velocidades de ondas de corte, de acuerdo al código International Building Code 2002(Vs30), para lo cual se ponderó la distribución de velocidades de ondas de corte hasta 30m de profundidad.

Los resultados obtenidos para las velocidades de ondas de corte "S" (Vs30) son presentados en la Tabla 4.7. La Figura 4.14, muestra la variación de las curvas representativas Vs – Profundidad, de los sectores tramo (km 21+700 al km 26+450), tramo (km 26+450 al km28+300) y tramo (km 28+300 al km33+300)

Tabla 4.7: Velocidades Vs30 y Clasificación de Sitio. Proyecto N°1

Ubicación	Línea Sísmica	Velocidad Vs30 (m/s)	Clase de sitio	T (s)	Ubicación	Línea Sísmica	Velocidad Vs30 (m/s)	Clase de sitio	T (s)
KM 21+700	Lw 11	609	C	0.20	KM 27+500	Lw 03	273	D	0.44
KM 22+250	Lw 12	596	C	0.20	KM 27+935	Lw 17	313	D	0.38
KM 23+035	Lw 13	398	C	0.30	KM 28+130	Lw 07	332	D	0.36
KM 24+400	Lw 01	425	C	0.28	KM 28+300	Lw 18	323	D	0.37
KM 24+750	Lw 14	434	C	0.28	KM 28+600	Lw 08	368	C	0.33
KM 25+585	Lw 15	389	C	0.31	KM 29+400	Lw 09	370	C	0.32
KM 26+240	Lw 05	403	C	0.30	KM 30+070	Lw 04	442	C	0.27
KM 26+450	Lw 06	371	C	0.32	KM 31+100	Lw 19	456	C	0.26
KM 26+750	Lw 02	319	D	0.38	KM 32+200	Lw 20	511	C	0.23
KM 27+100	Lw 16	294	D	0.41	KM 33+300	Lw 10	536	C	0.22

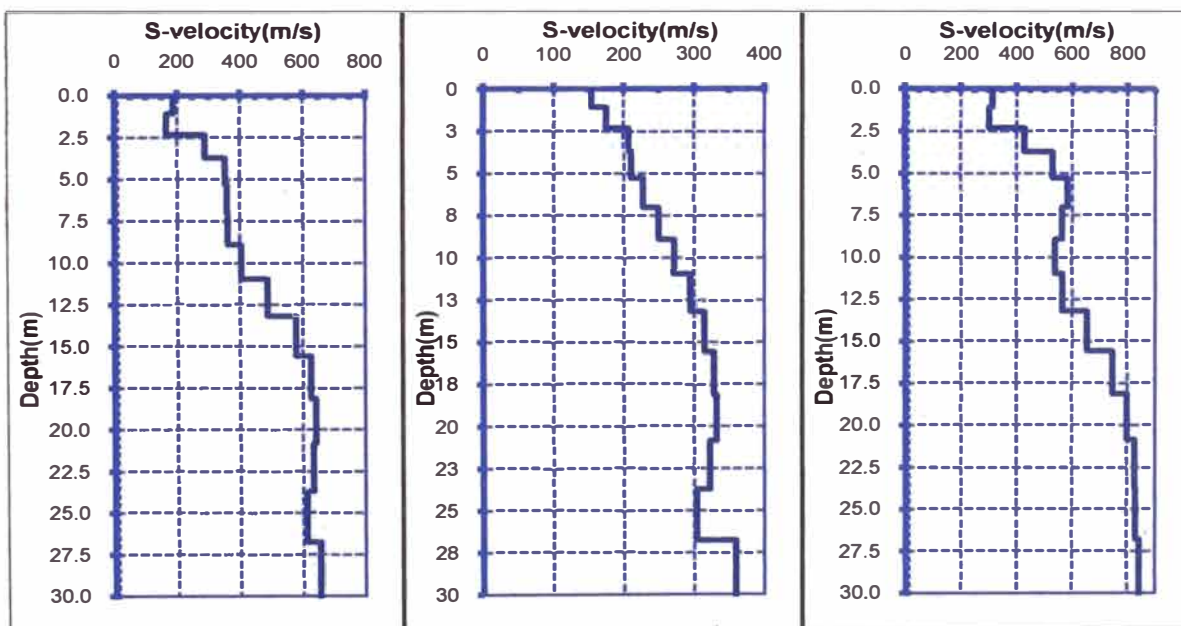


Figura 4.14: Curva Vs – Profundidad representativas; tramo (km 21+700 al km 26+450), tramo (km 26+750 al km28+300) y tramo (km 28+600 al km33+300)

Km 21+700 al Km 23+035

Las líneas sísmicas Lw 11 y Lw 12, muestran que la primera capa estaría compuesta por cobertura de suelo (arena y limo con presencia de grava), la velocidad de ondas S varía de $V_s = 300$ a 450 m/s, cuya profundidad varía de 0.0 a 5.0 m. El segundo horizonte se trataría de material de compacidad relativa densa (arena y limo, con presencia de grava en algunas zonas), la velocidad S para este horizonte varía de $V_s = 550$ a 600 m/s, cuya profundidad varía de 5.0 a 11.0 m. El tercer horizonte se trataría de material aluvial de compacidad relativa densa (grava y arena), la velocidad S para este horizonte es de $V_s = 700$ m/s, cuya profundidad varía de 13.0 a 18.0 m. Excepto en la línea sísmica Lw 11, que tiene un cuarto horizonte se trataría de material aluvial de compacidad relativa muy densa (grava y arena), la velocidad S para este horizonte es de $V_s = 820$ m/s, cuya profundidad varía de 18.0 a 30.0 m. La caracterización sísmica de los suelos es de Tipo C (suelo muy denso).

La línea sísmica Lw 13 presenta 3 estratos bien definidos. Por estar a orillas del río Rímac y por estudios anteriores se infiere la presencia de rellenos en los dos primeros Horizontes. El primer estrato presenta velocidades de Ondas "S" de $V_s = 300$ m/s el cual correspondería a depósito aluvial (arena y limo) o relleno de desmante, varía de 0.0 a 8.0 m de profundidad. El segundo estrato presenta velocidades de Ondas "S" de $V_s = 400$ m/s el cual correspondería a depósito aluvial medianamente denso (arena y limo) o relleno de desmante, varía de 8.0 a 13.0 m de profundidad. El tercer estrato presenta velocidades de Ondas "S" de $V_s = 480$ m/s se infiere que corresponde a depósito aluvial denso (grava y arena), varía de 13.0 a 30.0 m de profundidad.

Km 24+400 al Km 26+450

Las líneas sísmicas Lw 01, Lw 05, Lw 06, Lw 14 y Lw 15 muestran que la primera capa estaría compuesta por cobertura de suelo (arena y limo) en estado suelto, la velocidad de ondas S varía de $V_s = 170$ a 220 m/s, cuya profundidad varía de 0.0 a 5.0 m. El segundo horizonte se trataría de material de compacidad relativa medianamente densa (arena y limo, con presencia de grava en algunas zonas), la velocidad S para este horizonte varía de $V_s = 250$ a 400 m/s, cuya profundidad varía de 2.50 a 11.0 m. El tercer horizonte se trataría de material aluvial de compacidad relativa densa (grava y arena), la velocidad S para este horizonte varía de $V_s = 400$ a 500 m/s, cuya profundidad varía de 7.0 a 30.0 m. Excepto en las líneas sísmicas

Lw 01, Lw 14, Lw 15, Lw 05 y Lw 06 que tiene un cuarto horizonte se trataría de material aluvial de compacidad relativa muy densa (grava y arena), la velocidad S para este horizonte varía de $V_s = 500$ a 640 m/s, cuya profundidad varía de 13.0 a 30.0 m. La caracterización sísmica de los suelos es de Tipo C (suelo muy denso).

Km 26+750 al Km 28+300

Las líneas sísmicas Lw 02, Lw 03, Lw 07, Lw 16, Lw 17 y Lw 18, muestran que la primera capa estaría compuesta por cobertura de suelo (arena y limo) en estado suelto, la velocidad de ondas S varía de $V_s = 150$ a 230 m/s, cuya profundidad varía de 0.0 a 7.0 m. El segundo horizonte se trataría de material aluvial de compacidad relativa medianamente densa (arena y limo), la velocidad S para este horizonte varía de $V_s = 250$ a 280 m/s, cuya profundidad varía de 2.0 a 12.0 m. El tercer horizonte se trataría de material aluvial de compacidad relativa densa (grava y arena), la velocidad S para este horizonte varía de $V_s = 320$ a 350 m/s, cuya profundidad para la línea Lw 03, varía de 12.0 a 30.0 m, para el resto de líneas varía de 9.0 a 24.0 m, El último horizonte se trataría de material aluvial de compacidad relativa muy densa (grava y arena), la velocidad S para este horizonte varía de $V_s = 380$ a 440 m/s, cuya profundidad varía de 14.0 a 30.0 m. La caracterización sísmica de los suelos es de Tipo D (suelo rígido).

Km 28+600 al Km 33+300

Las líneas sísmicas Lw 08 y Lw 09, muestran que la primera capa estaría compuesta por cobertura de suelo (arena y limo) en estado suelto, la velocidad de ondas S es de $V_s = 200$ m/s, cuya profundidad varía de 0.0 a 2.80 m. El segundo horizonte se trataría de material aluvial de compacidad relativa medianamente densa (arena y limo), la velocidad S para este horizonte varía de $V_s = 250$ a 300 m/s, cuya profundidad varía de 2.80 a 9.0 m. El tercer horizonte se trataría de material aluvial de compacidad relativa densa (grava y arena), la velocidad S para este horizonte es de $V_s = 350$ m/s, cuya profundidad varía de 5.0 a 13.0 m. El último horizonte se trataría de material aluvial de compacidad relativa muy densa (grava y arena), la velocidad S para este horizonte varía de $V_s = 440$ a 500 m/s, cuya profundidad varía de 13.0 a 30.0 m. La caracterización sísmica de los suelos es de Tipo C (suelo muy denso).

Las líneas sísmicas Lw 04, Lw 19 y Lw 20 muestran que la primera capa estaría compuesta por cobertura de suelo (arena y limo) en estado suelto, la velocidad de ondas S varía de $V_s= 180$ a 220 m/s, cuya profundidad varía de 0.0 a 3.0 m. El segundo horizonte se trataría de material de compacidad relativa medianamente densa (arena y limo, con presencia de grava en algunas zonas), la velocidad S para este horizonte varía de $V_s=400$ a 440 m/s, cuya profundidad varía de 2.5 a 11.0 m. El tercer horizonte se trataría de material aluvial de compacidad relativa densa (grava y arena), la velocidad S para este horizonte varía de $V_s= 500$ a 550 m/s, cuya profundidad varía de 9.0 a 16.0 m. El cuarto horizonte se trataría de material aluvial de compacidad relativa muy densa (grava y arena), la velocidad S para este horizonte varía de $V_s= 600$ a 650 m/s, cuya profundidad varía de 13.0 a 30.0 m. La caracterización sísmica de los suelos es de Tipo C (suelo muy denso).

La línea sísmica Lw 10, ubicada en zona de Bayovar, presenta velocidades de ondas S superiores a los obtenidos en las 19 primeras líneas. El primer estrato presenta velocidades $V_s=240$ m/s varía de 0.0 a 2.80 m, se trataría de material aluvial compuesto por grava, arena y limo medianamente denso. El segundo estrato presenta velocidades de ondas S de $V_s=450$ m/s material aluvial denso, varía de 2.80 a 9.0 m. El tercer estrato presenta velocidades de ondas S de $V_s=600$ m/s se infiere que corresponde a aluvión compacto. El cuarto estrato presenta velocidades de ondas S de $V_s=750$ m/s se infiere que corresponde a aluvión muy compacto o roca muy alterada. La caracterización sísmica de los suelos es de Tipo C (suelo muy denso).

4.7.2 Proyecto N°2

Estudio Geotécnico con Fines de Cimentación de 6 Reservorios del Proyecto de Mejoramiento Sanitario de las Áreas Marginales de Lima

Reservorio R1 Jicamarca

El objetivo de la investigación geofísica es la determinación de los perfiles sísmicos del suelo, estimar el grado de rigidez, compacidad y determinar la profundidad del basamento rocoso, en función a sus características de propagación de ondas. Además, lograr un mayor conocimiento de las propiedades de las diferentes capas que servirán para complementar la información de la superficie y el sub suelo, las cuales serán utilizadas como información complementaria para realizar el análisis de cimentación requerido. El

reporte de esta primera campaña comprende la ejecución de la sísmica de refracción para la obtención de las ondas S y P.

En el sector que comprende el reservorio R1-Jicamarca, se realizó 3 líneas sísmicas estratégicamente ubicadas: dos líneas se realizaron por el método tradicional de refracción sísmica (LS-1 y LS-2) para el registro de ondas de compresión P y la línea Lw-3 se realizó por el método de ondas superficiales (técnica del MASW) de esta manera registrar ondas de corte S.

Según los resultados de los ensayos de refracción sísmica podemos apreciar en la Tabla 4.8, los resultados de las velocidades de ondas P y S en las capas de los suelos subyacentes en el subsuelo del reservorio R-01 en el sector de JICAMARCA.

Tabla 4.8: Resumen de velocidades de ondas P y S, espesores de los suelos subyacentes. Proyecto N°2-Jicamarca

Sector	Línea sísmica	Long. (cm)	Tipo de onda	Capa	Vp y/o Vs (m/s)	Espesor (m)
R1-JICAMARCA	LS-01	100	P	N°1	420	3.50 - 4.50
				N°2	825	10.0 - 12.0
				N°3	1370	
	LS-02	75	P	N°1	480	4.0 - 4.50
				N°2	813	9.70 - 12.0
				N°3	1370	
	Lw-03	53	S	N°1	220	0.00 - 4.0
				N°2	400	4.00 - 16.0
				N°3	510	16.0 - 25.0

En base a las velocidades de las ondas P y ondas de corte S, se han evaluado los parámetros dinámicos cuyos resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4.9: Resumen de los Parámetros Dinámicos. Proyecto N°2-Jicamarca

Profundidad (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densidad (Tn/m ³)	Poisson (u)	Módulo Corte (Gd) (kg/cm ²)	Módulo de Young (Ed) (kg/cm ²)
0.0-4.0	420	220	1.75	0.31	864	246
4.0-16.0	830	400	1.80	0.35	2939	880
16.0-25.0	1350	510	1.90	0.42	5043	1428

El suelo subyacente corresponde a un depósito cuaternario de origen aluvial y está conformado por una primera capa medianamente compacta de arena limosa con gravas en bajo porcentaje, la velocidad de ondas $V_p=420$ m/s y $V_s=220$ m/s, el espesor es variable de 3.50m a 4.0m. Seguidamente se tiene la segunda capa similar a la anterior de arena limosa pero con mayor contenido de gravas y arenas de grano medio, compacto, las velocidades de ondas de compresión P y ondas de corte S son respectivamente $V_p=830$ m/s y $V_s=400$ m/s, el espesor de esta capa varia de 9.7m a 12.0m. Luego subyace arena bien gradada limosa muy densa con velocidades de ondas $V_p=1350$ m/s y $V_s=510$ m/s.

Reservorio R2 Canto Grande

El objetivo de la investigación geofísica es la determinación de los perfiles sísmicos del suelo, estimar los parámetros dinámicos, obtener la ubicación del basamento rocoso. Los resultados serán utilizados en el análisis de cimentación correspondiente. La exploración geofísica comprende la ejecución de la sísmica de refracción para la obtención de las ondas S y P.

En el sector que comprende el reservorio R2-CANTO GRANDE, se realizó 4 líneas sísmicas estratégicamente ubicadas: dos líneas se realizaron por el método tradicional de refracción sísmica (LS-1 y LS-2) para el registro de ondas de compresión P y las líneas Lw-3 y Lw-4 se realizaron por el método de ondas superficiales (técnica del MASW) de esta manera registrar ondas de corte S. La distribución y resultados de los tendidos de las líneas sísmicas es mostrada en el cuadro siguiente.

Tabla 4.10: Resumen de velocidades de ondas P y S y espesores de los suelos subyacentes. Proyecto N°2-Canto Grande

Sector	Línea sísmica	Long. (cm)	Tipo de onda	Capa	Vp y/o Vs (m/s)	Espesor (m)
R2-CANTO GRANDE	LS-01	75	P	N°1	460	1.50-5.50
				N°2	725	9.50-16.20
				N°3	1800	
	LS-02	75	P	N°1	414	10.0-11.0
				N°2	910	10.0-11.0
				N°3	1820	
	Lw-03	53	S	N°1	250	0.0-5.0
				N°2	400	4.0-16.0
				N°3	700	16.0-25.0
	Lw-04	53	S	N°1	240	0.0-5.0
				N°2	410	5.0-15.0
				N°3	680	15.0-25.0

En base a las velocidades de las ondas P y ondas de corte S, se han evaluado los parámetros dinámicos cuyos resultados se presentan en la Tabla 4.11

Tabla 4.11: Resumen de los parámetros dinámicos. Proyecto N°2-Canto Grande

Profundidad (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densidad (Tn/m ³)	Poisson (u)	Módulo Corte (Gd) (kg/cm ²)	Módulo de Young (Ed) (kg/cm ²)
0.0-5.0	460	250	1.75	0.31	1029	270
5.0-16.0	800	400	1.8	0.33	3102	827
16.0-25.0	1800	680	2.1	0.42	9909	2808

Tabla 4.12: Velocidades Vs30, clasificación de sitio y periodo fundamental. Proyecto N°2-Canto Grande

Ubicación	Línea Sísmica	Velocidad Vs30 (m/s)	Clase de sitio	T (s)
R2	Lw-03	512	C	0.23
	Lw-04	455	C	0.26

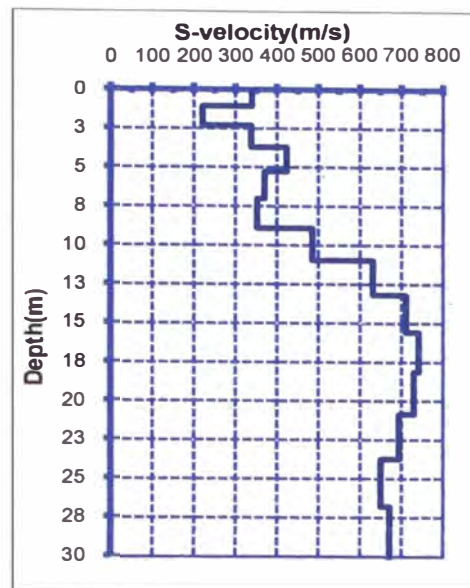


Figura 4.15: Curva Vs - Profundidad

En base a los resultados de los ensayos de refracción sísmica y según la información geológica geotécnica y topográfica de los sectores en estudio, se presenta la siguiente interpretación de la estratigrafía del subsuelo.

En el tramo de estudio se ejecutó 4 líneas sísmicas, dos para el registro de las ondas S y las restantes para registrar ondas P, en este tramo se logró obtener hasta tres capas predominantes conformadas por el cuaternario de origen aluvial (quebrada Canto Grande), bajo éste subyace el macizo rocoso del tipo dioritas muy fracturadas, los horizontes de este sector son: una primera capa semi suelta a ligeramente densa, el material del que está compuesto este horizonte es básicamente arena de grano medio, con bajo porcentaje en gravas (según clasificación geotécnica SUCS es un SP), la velocidad de ondas P y S obtenidas a este nivel es de $V_p=430$ m/s y $V_s=240$ m/s respectivamente, el espesor donde se manifiestan estas velocidades varía entre 2.0m a 5.50m. Seguidamente se tiene una segunda capa, arenoso limoso denso, presenta inclusión de piedras de diversos tamaños, presenta velocidades de ondas de compresión P y ondas de corte S de $V_p=820$ m/s y $V_s=690$ m/s respectivamente, el espesor de esta capa varía de 10m a 11m. Bajo el anterior subyace el horizonte rocoso (diorita) muy fracturada, presenta velocidades de ondas P $V_p=1800$ m/s y $V_s=700$ m/s.

Reservorio R3 Collique

El objetivo de la investigación geofísica es la determinación de los perfiles sísmicos del suelo, estado de la roca a diferentes profundidades, debido a que se encuentra ubicado en el cerro aledaño a la población de Collique, además lograr un mayor conocimiento de las propiedades de las diferentes capas que servirán para complementar la información geomecánica y geología de la zona.

Según los resultados de los ensayos de refracción sísmica podemos apreciar en la Tabla 4.13, los resultados de las velocidades de ondas P y S en las capas de los suelos subyacentes en el subsuelo del reservorio R-03 en el sector de Collique.

En el sector que comprende el reservorio R3-Collique, se realizó 3 líneas sísmicas estratégicamente ubicadas: dos líneas se realizaron por el método tradicional de refracción sísmica (LS-1 y LS-2) para el registro de ondas de compresión P y las línea Lw-3 se realizó por el método de ondas superficiales (técnica del MASW) para de esta manera registrar las ondas de corte S.

Tabla 4.13: Resumen de velocidades de ondas P y S, espesores de los suelos subyacentes. Proyecto N°2-Collique

Sector	Línea	Long. (cm)	Tipo de onda	Capa	Vp o Vs (m/s)	Espesor (m)
	Sísmica					
R3-COLLIQUE	LS-01	85	P	N°1	565	2.5-4.0
				N°2	2010	7.80-13.0
				N°3	3950	
	LS-02	85	P	N°1	585	2.10-3.85
				N°2	2350	4.0-12.20
				N°3	4500	
	Lw-03	53	S	N°1	300	0.0-3.0
				N°2	700	3.0-13.0
				N°3	1100	13.0-25.0

En base a las velocidades de las ondas P y ondas de corte S, se han evaluado los parámetros dinámicos cuyos resultados se presentan en la Tabla 4.7.4-b

Tabla 4.14: Resumen de los parámetros dinámicos.
Proyecto N°2-Collique

Profundidad (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densidad (Tn/m ³)	Poisson (u)	Módulo Corte (Gd) (kg/cm ²)	Módulo de Young (Ed) (kg/cm ²)
0.0-3.0	585	300	2	0.32	1837	485
3.0-13.0	2000	700	2.4	0.43	12000	3432
13.0-25.0	3900	1100	2.6	0.46	32102	9353

Tabla 4.15: Velocidades vs30 y clasificación de sitio.
Proyecto N°2-Collique

Ubicación	Línea Sísmica	Velocidad VS30 (m/s)	Clase de sitio	T (s)
R3	Lw-03	767	B	0.16

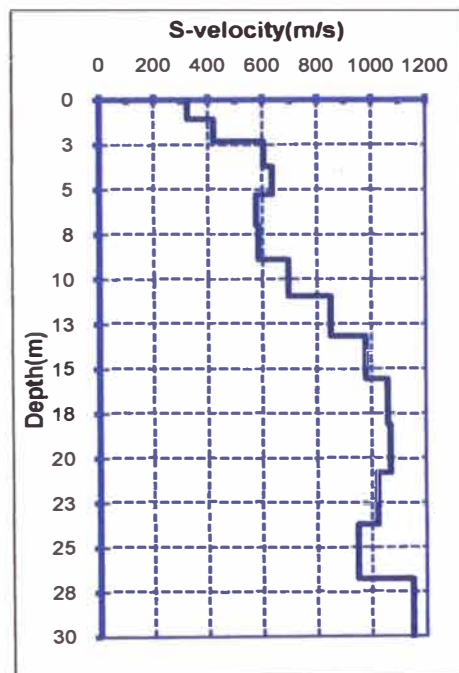


Figura 4.16: Curva Vs - Profundidad

Mediante los ensayos geofísicos se obtuvieron tres horizontes elásticos de notoria predominancia:

Una primera capa de roca intensamente fracturada cuyas velocidades características de ondas P y S son $V_p=575$ m/s y $V_s=300$ m/s respectivamente, el espesor donde se manifiestan estas velocidades varía entre 2.0m a 4.0m. Seguidamente se tiene una segunda capa de material rocoso fracturado

del tipo andesita basáltica, las velocidades de ondas de compresión P y ondas de corte S obtenidas a este nivel son de $V_p=2150$ m/s y $V_s=700$ m/s respectivamente, el espesor donde se manifiestan estas velocidades varia de 4.0m a 13.0m. Bajo el anterior subyace un tercer horizonte rocoso (andesita) poco fracturado, de notoria rigidez demostrada por las velocidades características de ondas P $V_p=4200$ m/s y S $V_s=1100$ m/s respectivamente.

Reservorio R4 Comas Bajo (Sector Hospital)

El objetivo de la investigación geofísica es la determinación de los perfiles sísmicos del suelo, estimar los parámetros dinámicos característicos del suelo en función a sus características de propagación de ondas.

Se realizaron 03 líneas sísmicas (LS-1, LS-2 y LS-3) por el método de refracción sísmica y 01 línea sísmica (LW-1) por el método del MASW. En base a los resultados de los ensayos de refracción sísmica y según la información: geológica, geotécnica, sondajes y calicatas realizados próximo a los ensayos sísmicos, se presenta la siguiente interpretación. Los perfiles sísmicos en general muestran hasta dos capas con grados de compacidad crecientes en profundidad.

En el anexo ensayos sísmicos se muestran los perfiles y los registros de ondas de llegada. La ubicación en planta se muestra en el anexo plano. En la Tabla 4.16, se presentan los resultados de velocidades y espesores obtenidos por el método de refracción sísmica y MASW respectivamente.

Tabla 4.16: Resumen de velocidades de ondas P y S, espesores de los suelos.

Proyecto N°2-Comas Bajo (Sector Hospital)

Sector	Línea	Long. (cm)	Tipo de onda	Capa	Vp o Vs (m/s)	Espesor (m)
	Sísmica					
R4-COMAS BAJO (HOSPITAL)	LS-01	68	P	N°1	384	5.5 - 6.5
				N°2	1877	
	LS-02	68	P	N°1	400	4.0 - 7.5
				N°2	1230	
	LS-03	68	P	N°1	335	5.5 - 6.8
				N°2	1299	
	Lw-01	53	S	N°1	400	0.5 - 5.0
				N°2	750	5.5 - 12.0
				N°3	1300	12.0 - 20.0

Tabla 4.17: Resumen de los parámetros dinámicos.

Proyecto N°2-Comas Bajo (Sector Hospital)

Profundidad (m)	Vp (m/seg)	Vs (m/seg)	Densidad Tn/m3	Relación de Poisson (u)	Módulo de Corte Gd (kg/cm2)	Módulo de Young Es (Ton/m2)
0.5 - 5.0	400	250	1.7	0.18	1084	2558
5.0 - 12.0	750	400	1.9	0.3	3102	8073
12.0 - 20.0	1300	550	2.1	0.39	6482	18033

Tabla 4.18: Velocidades Vs30, Clasificación de Sitio y periodo fundamental.

Proyecto N°2-Comas Bajo (Sector Hospital)

Ubicación	Línea Sísmica	Velocidad VS30 (m/s)	Clase de sitio	T (s)
R4	Lw-01	504	C	0.24

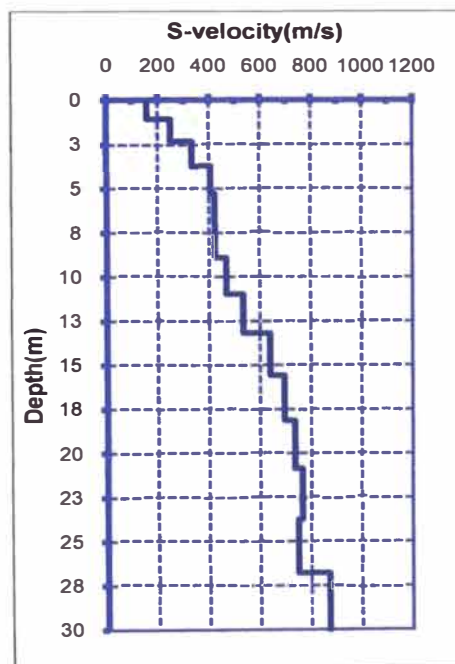


Figura 4.17: Curva Vs – Profundidad

Presentan una primera capa de espesor variable 0.50 a 5.50m., cuya velocidad de ondas de propagación P varía de 330 a 400 m/s y las ondas S de 150 a 350 m/s, de acuerdo a los materiales encontrados en las calicatas se trata de arena pobremente gradada con mezcla de gravas en ocasiones arena limosa (SP, SP-SM y SM). Seguidamente se tiene un segundo horizonte elástico cuya velocidad

de propagación P, varía de 1230 a 1300m/s y velocidad S de 400 a 700m/s, de acuerdo a las velocidades y material encontrado en los sondajes y calicatas se trataría de arena con mezcla de gravas medianamente compacta a compacta en profundidad.

Reservorio R4 Comas Bajo (Parque)

El objetivo de la investigación geofísica es la determinación de los perfiles sísmicos del suelo, estimar el grado de rigidez, compacidad y obtener la ubicación del basamento rocoso, en función a sus características de propagación de ondas. El reporte comprende la ejecución de la sísmica de refracción para la obtención de las ondas S y P, el sector comprende áreas de rellenos sanitarios compactados y semi compactados.

En el sector que comprende el reservorio R4-Comas Bajo, se realizó 5 líneas sísmicas estratégicamente ubicadas: dos líneas se realizaron por el método tradicional de refracción sísmica (LS-1 y LS-2), para complementar la información se adicionaron 2 líneas sísmicas (LS-4 y LS-5) con el objetivo de delimitar el área de relleno y estimar su potencia. La línea sísmica Lw-3 se realizó por el método de ondas superficiales (técnica del MASW) de esta manera registrar ondas de corte S

Según los resultados de los ensayos de refracción sísmica podemos apreciar en la Tabla 4.19, los resultados de las velocidades de ondas P y S en las capas de los suelos subyacentes en el subsuelo del reservorio R4 en el sector de Comas Bajo.

Tabla 4.19: Resumen de velocidades de ondas P y S, espesores de los suelos subyacentes. Proyecto N°2-Comas Bajo (Parque)

Sector	Línea Sísmica	Long. (cm)	Tipo de onda	Capa	Vp o Vs (m/s)	Espesor (m)
R4-COMAS BAJO	LS-01	75	P	N°1	384	3.0-5.0
				N°2	818	5.0-10.0
				N°3	1787	
	LS-02	100	P	N°1	470	2.5-6.0
				N°2	848	5.0-9.0
				N°3	1704	
	Lw-03	53	S	N°1	200	2.0-4.0
				N°2	350	4.0-10.0
				N°3	470	10.0-20.0
	LS-04	75	P	N°1	402	8.0-9.0
				N°2	1816	
	LS-05	75	P	N°1	438	6.50-10.0
				N°2	1838	

Tabla 4.20: Resumen de los parámetros dinámicos. Proyecto N°2-Comas Bajo (Parque)

Profundidad (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densidad (Tn/m3)	Poisson (u)	Módulo Corte (Gd) (kg/cm2)	Módulo de Young (Ed) (kg/cm2)
2.00 -4.0	380	200	1.6	0.31	653	171
4.00 - 10.0	800	350	1.8	0.38	2250	622
10.0 - 20.0	1700	470	2	0.46	4395	1282

Tabla 4.21: Velocidades Vs30, Clasificación de Sitio y periodo fundamental. Proyecto N°2-Comas Bajo (Parque)

Ubicación	Línea Sísmica	Velocidad VS30 (m/s)	Clase de sitio	T (s)
R4	Lw-03	338	D	0.35

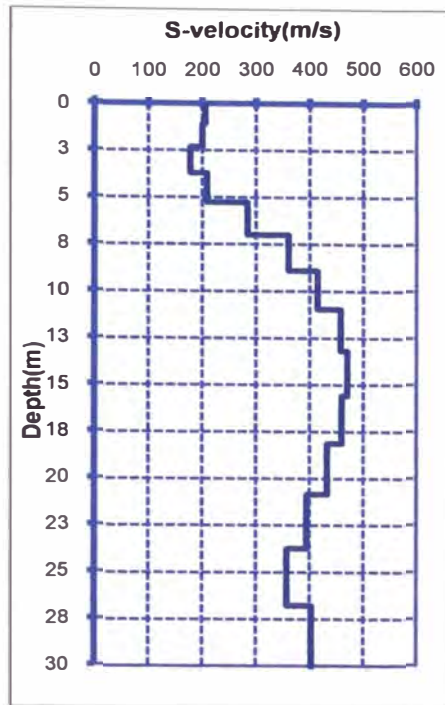


Figura 4.18: Curva Vs - Profundidad

El área de estudio tiene la particularidad de presentar un sector conformado por material aluvial (suelo natural franja de 25m a 30 aproximadamente desde la pared colindante), un segundo sector conformado por horizontes de relleno sanitario de aproximadamente 8m de espesor. El contacto de estos sectores estaría afectando parte del emplazamiento del reservorio, en consecuencia su delimitación es de vital importancia, dado que los métodos sísmicos son indirectos y en el área del emplazamiento del reservorio se encuentra acumulado suelo de chacra lo que distorsiona las ondas sísmicas, por lo que en la etapa de construcción se recomienda realizar exploraciones directas (calicatas, SPT y/o Cono Peck).

Horizontes naturales._ Los horizontes de suelos naturales se presentarían hacia la parte de la pared colindante (franja de aproximadamente 25m a 30m), los horizontes son: primer horizonte suelo limoso arcilloso ($V_p=430\text{m/s}$ y $V_s=200\text{m/s}$), segundo horizonte intercalaciones de arena con mezcla de limo y gravas ($V_p=840\text{m/s}$ y $V_s=350\text{m/s}$), tercer horizonte grava redondeada densa ($V_p=1800\text{m/s}$)

Horizonte de relleno sanitario._ Se presentaría a partir de los 25m respecto del muro colindante, los horizontes presentes son: primer horizonte relleno sanitario

($V_p=400\text{m/s}$), el espesor del relleno en promedio tendría 8m y el segundo horizonte estaría compuesto por grava redondeada densa ($V_p=1800\text{m/s}$).

Reservorio R5 San Martín

El objetivo de la investigación geofísica es la determinación de los perfiles sísmicos del suelo, estimar el grado de rigidez, compacidad y obtener la ubicación del basamento rocoso, en función a sus características de propagación de ondas. Además, lograr un mayor conocimiento de las propiedades de las diferentes capas que servirán para complementar la información de la superficie y el sub suelo, las cuales serán utilizadas como información complementaria para realizar el estudio requerido. El reporte comprende la ejecución de la sísmica de refracción para la obtención de las ondas S y P.

Se realizaron 02 líneas sísmicas (LS-1 y LS-2) por el método de refracción sísmica y 01 línea sísmica (LW-3) por el método del MASW.

Según los resultados de los ensayos de refracción sísmica podemos apreciar en la Tabla 4.22, los resultados de las velocidades de ondas P y S en las capas de los suelos subyacentes en el subsuelo del reservorio R5-San Martín.

Tabla 4.22: Resumen de velocidades de ondas P y S, espesores de los suelos subyacentes. Proyecto N°2-San Martín

Sector	Línea	Long. (cm)	Tipo de onda	Capa	Vp o Vs	Espesor (m)
	Sísmica				(m/s)	
R5-SAN MARTIN	LS-01	75	P	N°1	440	2.5-4.5
				N°2	1034	7.7-11.0
				N°3	1500	
	Ls-02	100	P	N°1	460	1.0-5.5
				N°2	900	7.2-13.0
				N°3	1400	
	Lw-03	53	S	N°1	220	0.0-4.5
				N°2	450	4.5-11.0
				N°3	650	11.0-25.0

En base a las velocidades de las ondas P y ondas de corte S, se han evaluado los parámetros dinámicos cuyos resultados se presentan en la Tabla 4.23

Tabla 4.23: Resumen de los parámetros dinámicos.
Proyecto N°2-San Martín

Profundidad (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densidad (Tn/m ³)	Poisson (u)	Módulo Corte (Gd) (kg/cm ²)	Módulo de Young (Ed) (kg/cm ²)
0.00 - 4.5	450	220	1.8	0.34	889	239
4.5 - 11.0	1000	450	2.5	0.37	5166	1419
11.0 - 25.0	1500	600	2.6	0.4	9551	2683

Tabla 4.24: Velocidades Vs30, clasificación de sitio y periodo fundamental.
Proyecto N°2-San Martín

Ubicación	Línea Sísmica	Velocidad VS30 (m/s)	Clase de sitio	T (s)
R5	Lw-03	542	C	0.22

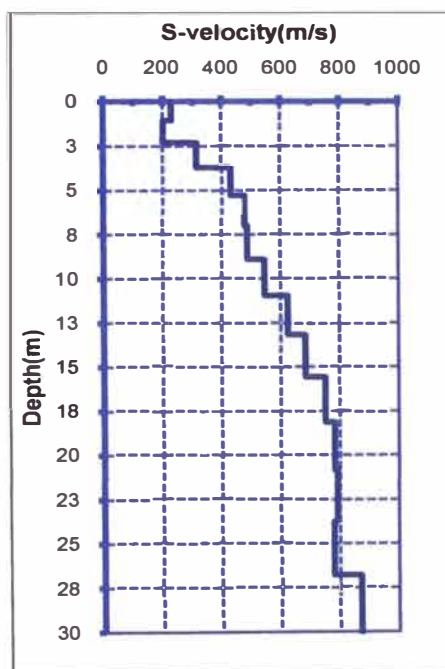


Figura 4.19: Curva Vs - Profundidad

Mediante los ensayos geofísicos se obtuvieron tres horizontes elásticos:

Primeramente se tiene una capa superficial de suelo consistente en arena limosa con clastos angulosos de 1" a 2", ligeramente compacta, presenta velocidad de ondas de compresión P $V_p=450\text{m/s}$ y de corte $V_s=220\text{m/s}$ el espesor donde se manifiesta esta velocidad varía entre 2.5m a 5.5m. Seguidamente se tiene una segunda capa de material rocoso volcánico del tipo tufo de cristales intensamente fracturado, las velocidades de onda obtenidas a este nivel tiene

para las ondas P $V_p=1000\text{m/s}$ y las ondas de corte S $V_s=450\text{m/s}$, el espesor de esta capa varia de 7m a 13m.. Bajo el anterior subyace un tercer horizonte rocoso tufo de cristales fracturado, la velocidad obtenida a este nivel de ondas P es $V_p=1500\text{ m/s}$ y $V_s=600\text{ m/s}$ respectivamente.

Reservorio R6 Túpac Amaru

El objetivo de la investigación geofísica es la determinación de parámetros dinámicos, la obtención del perfil estratigráfico para ser complementados con la perforación diamantina realizadas con el fin de realizar el análisis de cimentación. El reporte comprende la ejecución de la sísmica de refracción para la obtención de las ondas S y P.

Se realizaron 02 líneas sísmicas (LS-1 y LS-2) por el método de refracción sísmica y 01 línea sísmica (LW-1) por el método del MASW.

Según los resultados de los ensayos de refracción sísmica podemos apreciar en la Tabla 4.25, los resultados de las velocidades de ondas P y S en las capas de los suelos subyacentes en el subsuelo del reservorio Túpac Amaru. En el anexo Ensayos Geofísicos se presenta el esquema gráfico del perfil sísmico del sector, dromocrónicas y ondas de llegada del ensayo.

Tabla N° 4.25: Resumen de velocidades de ondas P y S y espesores de los suelos subyacentes. Proyecto N°2-Tupac Amaru

ZONA	Línea Sísmica	Long. (cm)	Estrato (m)	$V_p(\text{m/s})$	Espesor (m)
R6-TUPAC AMARU	LS 01	93.5	N°1	500	0.80 - 2.50
			N°2	750	2.0 - 2.20
			N°2	800	8.0 - 8.30
			N°3	1200	
	LS 02	93.5	N°1	500	1.00 - 2.5
			N°2	750	2.0 - 2.20
			N°2	800	8.0 - 8.50
			N°3	1600	
	Lw 01	53	N°1	280	0.00 - 1.00
			N°2	350	1.00 - 4.00
			N°3	460	4.00 - 12.0
			N°4	580	12.0 - 30.0

En base a las velocidades de las ondas P y ondas de corte S, se han evaluado los parámetros dinámicos cuyos resultados se presentan en la Tabla 4.26.

Tabla 4.26: Resumen de los parámetros dinámicos. Proyecto N°2-Tupac Amaru

Profundidad (m)	Vp (m/seg)	Vs (m/seg)	Densidad Tn/m3	Relacion de Poisson (u)	Módulo de Corte Gd (kg/cm2)	Módulo de Young Ed (kg/cm2)
0.0 - 1.0	500	280	1.8	0.27	1440.00	3662.10
1.0 - 4.0	750	350	1.9	0.36	2375.00	6463.78
4.0 - 12.0	800	460	2	0.25	4318.37	10822.13
12.0 - 30.0	1100	570	2	0.32	6630.61	17457.89

Tabla 4.27: Velocidades Vs30 y Clasificación de Sitio. Proyecto N°2-Tupac Amaru

Ubicación	Línea Sísmica	Velocidad VS30 (m/s)	Clase de sitio	T (s)
R6	Lw-01	508	C	0.24

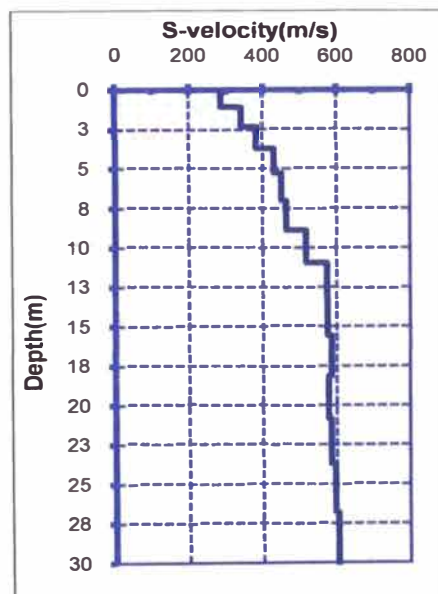


Figura 4.20: Curva Vs - Profundidad

Mediante los ensayos geofísicos se obtuvieron tres horizontes elásticos:

El sector del emplazamiento del reservorio, presenta una primera capa de material de relleno de espesor variable de 0.8m a 2.50m, cuya velocidad de propagación de ondas P es de 500 m/s y las ondas S de 280 m/s. seguidamente

se tiene un segundo horizonte elástico, también compuesto por material gravoso alternado con arena, arena limosa, medianamente densa, cuya velocidad de propagación de ondas P es de 750 m/s y las ondas S de 350 m/s, el espesor donde se manifiestan estas velocidades varía de 2.00 a 2.20 m. se tiene un tercer horizonte elástico, también compuesto por material gravoso alternado con arenas, arenas limosa, densa, cuya velocidad de propagación de ondas P es de 800 m/s y las ondas S de 460 m/s, el espesor donde se manifiestan estas velocidades varía de 8.0 a 8.30 m. Subyacente se tiene un último horizonte de gravas, arenas, gravas arenosas muy densa, con presencia de roca intensamente fracturada con velocidad de propagación de ondas P variable de 1200 a 1600 m/s y las ondas S de 580m/s.

4.7.3 Proyecto N°3

Estudio geofísico de Refracción Sísmica Lote B-1 Villa El Salvador

El objetivo de la investigación geofísica es la determinación de los perfiles sísmicos del suelo y la ubicación de los diferentes estratos en función a sus características de propagación de ondas, con profundidades de investigación variables según el objetivo específico de cada línea. Además, lograr un mayor conocimiento de las propiedades de las diferentes capas que servirán para complementar la información de la superficie y el subsuelo, las cuales serán utilizadas como información complementaria para realizar el estudio geotécnico requerido. Se llevaron a cabo investigaciones de prospección geofísica, empleando el método de Refracción Sísmica con el objeto de determinar el perfil estratigráfico de la zona en estudio. Se llevaron a cabo 14 líneas sísmicas de las cuales 9 líneas fueron para Ondas P y 5 líneas fueron para ondas S

A continuación se presenta un resumen de los resultados de velocidad de propagación de ondas "P" y "S" y el número de estratos identificados en cada una de las líneas sísmicas ejecutadas.

En la Tabla 4.28 y Tabla 4.29, se detalla las velocidades, profundidades y descripción de los estratos hallados luego del análisis e interpretación correspondiente.

Tabla 4.28: Resultados de Líneas Geofísicas - Ondas "P".

Proyecto N°3

Sector	Línea Sísmica	Long (m)	Tipo de Onda	Estrato (m)	Vp o Vs (m/s)	Profundidad (m)
LOTE B-1	LS 01	76.5	P	N°1	300	1.10 - 1.90
				N°2	600	
	LS 02	76.5	P	N°1	300	2.0 - 2.70
				N°2	700	
	LS 03 A	85	P	N°1	300	1.90 - 3.8
				N°2	600	
	LS 03 B	85	P	N°1	300	1.90 - 3.20
				N°2	700	
	LS 04	76.5	P	N°1	300	2.60 - 3.20
				N°2	700	
	LS 05	85	P	N°1	200	2.40 - 3.20
				N°2	700	
	LS 06	85	P	N°1	200	1.50 - 3.00
				N°2	700	
	LS 07	85	P	N°1	300	2.40 - 3.60
				N°2	700	
	LS 08	85	P	N°1	300	1.20 - 3.60
				N°2	800	
	LW 01	53	S	N°1	220	0.0 - 2.50
				N°2	380	2.50 - 25.0
LW 02	53	S	N°1	240	0.0 - 2.30	
			N°2	340	2.30 - 25.0	
LW 03	53	S	N°1	250	0.0 - 3.50	
			N°2	380	3.50 - 25.0	
LW 04	53	S	N°1	220	0.0 - 3.50	
			N°2	320	3.50 - 25.0	
LW 05	53	S	N°1	220	0.0 - 3.80	
			N°2	320	3.80 - 25.0	

Tabla 4.29: Velocidades Vs30 y Clasificación de Sitio. Proyecto N°3

Ubicación	Línea Sísmica	Velocidad Vs30 (m/s)	Clase de sitio	T (s)
LOTE B-1	Lw -1	359	D	0.33
	Lw -2	328	D	0.37
	Lw -3	359	D	0.33
	Lw -4	306	D	0.39
	Lw -5	308	D	0.39

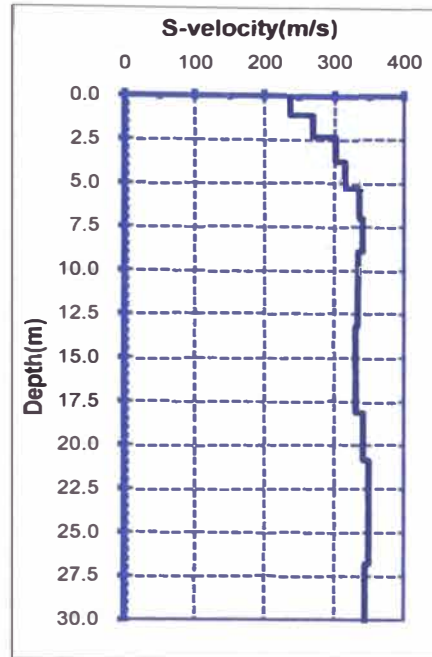


Figura 4.21: Curva Vs - Profundidad

El lote B-1 ubicado entre las avenidas Primero de Mayo y Los Algarrobos presenta los siguientes horizontes: una primera capa de ondas de propagación P que en promedio tiene $V_p=300$ m/s y de ondas de corte S $V_s=220$ m/s, el espesor donde se manifiesta esta velocidad varía entre 1.50m a 3.80m, de acuerdo a las correlaciones existentes corresponde a suelo arenoso suelto. Subyacente se tiene un horizonte que incrementa moderadamente su rigidez respecto al primer horizonte, presenta velocidades en promedio de ondas P $V_p=700$ m/s, y de ondas S $V_s=350$ m/s, se infiere que el material de esta capa está compuesto también por depósitos eólicos (Arena) medianamente compacta.

4.7.4 Proyecto N°4

Estudio geofísico con Fines de Cimentación, Puente en el Intercambio Vial Puerto Santa Sofía”

Como parte del estudio geotécnico se llevaron a cabo investigaciones de prospección geofísica alcanzando una profundidad de 25 m, empleando el método de refracción sísmica (ondas primarias, ondas P) y mediante Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW) con el objeto de determinar el perfil estratigráfico de la zona en estudio. Estas investigaciones están orientadas a conocer las características físicas de los materiales suelo así como la profundidad de los estratos que componen el suelo.

Se realizaron 07 líneas sísmicas de las cuales 5 líneas fueron para ondas P y 2 líneas fueron para ondas S

A continuación se presenta un resumen de los resultados de velocidad de propagación de ondas "P" y ondas "S" además se indican el número de estratos identificados en cada una de las líneas sísmicas ejecutadas.

En la Tabla 4.30 y Tabla 4.31 se detalla las velocidades y profundidades de los estratos hallados luego del análisis e interpretación correspondiente.

Tabla 4.30: Resultados de Líneas Geofísicas Ondas "P". Proyecto N°4

Sector	Línea Sísmica	Long (m)	Estrato (m)	Vs o Vp (m/s)	Profundidad (m)
PASO A DESNIVEL CARRETERA ANCON-SERPENTIN DE PASAMAYO	LS 01	42.5	N°1	400	0.60 - 2.40
			N°2	900	5.70 - 11.0
			N°3	2000	
	LS 02	85	N°1	500	0.90 - 3.70
			N°2	900	8.50 - 14.6
			N°3	2100	
	LS 03	85	N°1	400	1.70 - 3.70
			N°2	1000	9.50 - 12.70
			N°3	2100	
	LS 04	85	N°1	400	0.90 - 3.40
			N°2	800	5.20 - 12.60
			N°3	2500	
	LS 05	85	N°1	300	1.80 - 2.80
			N°2	1000	9.0 - 12.40
			N°3	2200	
	Lw 01	53	N°1	320	0.0 - 2.00
			N°2	450	2.0 - 12.20
			N°3	680	>12.20
Lw 02	53	N°1	250	0.0 - 2.00	
		N°2	450	2.00 - 12.0	
		N°3	650	>12.0	

Tabla 4.31: Parámetros dinámicos.

Proyecto N°4

Profundidad (m)	Vp (m/seg)	Vs (m/seg)	Densidad Tn/m3	Relacion de Poisson (u)	Módulo de Corte Gd (kg/cm2)	Módulo de Young Ed (kg/cm2)
0.00 - 2.00	500	300	1.85	0.2	1699.0	4141.3
2.00 - 12.20	900	400	2	0.4	3265.3	8992.2
12.20 - 25.0	2100	680	2	0.4	9436.7	27204.8

Tabla 4.32: Velocidades Vs30, clasificación de sitio y periodo fundamental.

Proyecto N°4

Ubicación	Línea Sísmica	Velocidad VS30 (m/s)	Clase de sitio	T (s)
ANCON-PASAMAYO	Lw -1	604	C	0.20
	Lw -2	529	C	0.23

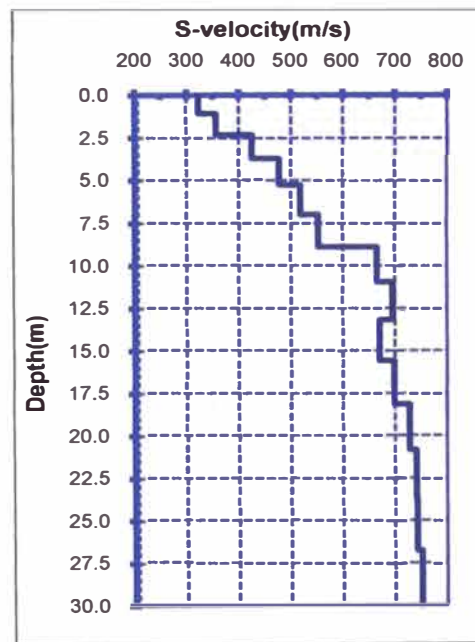


Figura 4.22: Curva Vs - Profundidad

El primer estrato medianamente denso que va de 0.0 m a 3.0m de profundidad en promedio (Vp=400, m/s, Vs=300 m/s: Arena mal gradada, arenas limosas alternadas con grava). El segundo estrato en estado denso que va de desde 3.0m a 15.0 m de profundidad (Vp=900, m/s, Vs=450 m/s: Arena mal gradada, arenas limosas) y el tercer estrato se encuentra muy compacto, se encuentra por debajo de los 15.0m de profundidad (Vp=2200, m/s, Vs=650 m/s: se infiere que corresponde a gravas arenosas).

4.7.5 Proyecto N°5

Estudio Geofísico con Fines de Cimentación del “Lugar de la Memoria”

En esta zona se realizaron 8 líneas sísmicas de ondas “P” (LS 01, LS 02, LS 03, LS 04, LS 05, LS 06, LS 07 y LS 08), y 3 puntos de ondas “S” (Lw 01, Lw 02 y Lw 03)

La Tabla 4.33 y la Tabla 4.34, detallan las velocidades, profundidades y descripción de los estratos hallados luego del análisis e interpretación correspondiente de las ondas “P” y “S” respectivamente

Luego de realizada la interpretación de los resultados obtenidos mediante el sondeo geofísico (ondas “P” y ondas “S”), se determinó la presencia de tres horizontes elásticos bien definidos:

La primera capa obtenida presenta velocidades de ondas “P” promedio de $V_p=380$ m/s y velocidad de ondas “S” promedio de $V_s=250$ m/s, el espesor donde se manifiesta esta velocidad varía entre 1.70m a 12.30m, corresponde a material de relleno compuesto por materiales orgánicos e inorgánicos, restos de ladrillos y bloques de concreto, alternado con depósitos de grava areno limosa, se encuentra en estado suelto.

La segunda capa obtenida presenta velocidades de ondas “P” promedio de $V_p=700$ m/s y velocidad de ondas “S” promedio de $V_s=400$ m/s el espesor donde se manifiesta estas velocidades varía entre 7.30m a 17.80m, se infiere que el estrato está conformado por grava arenosa medianamente densa.

El tercer estrato presenta velocidades de ondas “P” promedio de $V_p=1600$ m/s, se infiere que corresponde a grava arenosa densa. Se encuentra a una profundidad de promedio de 18.0 m respecto al nivel de terreno.

Tabla 4.33: Resultados y descripción de Ensayo de Refracción Sísmica Ondas "P". Proyecto N°5

Sector	Línea Sísmica	Long (m)	Tipo de Onda	Estrato (m)	Vp o Vs (m/s)	Profundidad (m)
LUGAR DE LA MEMORIA	LS 01	50	P	N°1	400	8.20 - 10.70
				N°2	900	
	LS 02	50	P	N°1	400	1.70 - 8.80
				N°2	600	
	LS 03	75	P	N°1	400	8.0 - 12.30
				N°2	800	7.30 - 10.0
				N°3	1500	
	LS 04	62.5	P	N°1	400	2.50 - 10.80
				N°2	600	
	LS 05	50	P	N°1	300	7.80 - 10.0
				N°2	700	
	LS 06	75	P	N°1	300	2.20 - 8.50
				N°2	600	8.70 - 17.80
				N°3	1700	
	LS 07	75	P	N°1	500	4.20 - 10.30
				N°2	600	7.00 - 17.40
				N°3	1700	
	LS 08	75	P	N°1	400	4.40 - 7.50
				N°2	800	12.30 - 15.50
				N°3	1400	
Lw 01	34	S	N°1	200	0.0 - 3.80	
			N°2	300	3.80 - 9.0	
			N°3	500	> 9.0	
Lw 02	53	S	N°1	200	0.0 - 5.50	
			N°2	300	5.50 - 9.0	
			N°3	370	>9.0	
Lw 03	34	S	N°1	200	0.0 - 5.50	
			N°2	250	5.50 - 7.50	
			N°3	350	>7.50	

Tabla 4.34: Velocidades Vs30, clasificación de sitio y periodo fundamental. Proyecto N°5.

Ubicación	Línea Sísmica	Velocidad VS30 (m/s)	Clase de sitio	T (s)
LUGAR DE LA MEMORIA	Lw -1	379	C	0.32
	Lw -2	307	D	0.39
	Lw -3	285	D	0.42

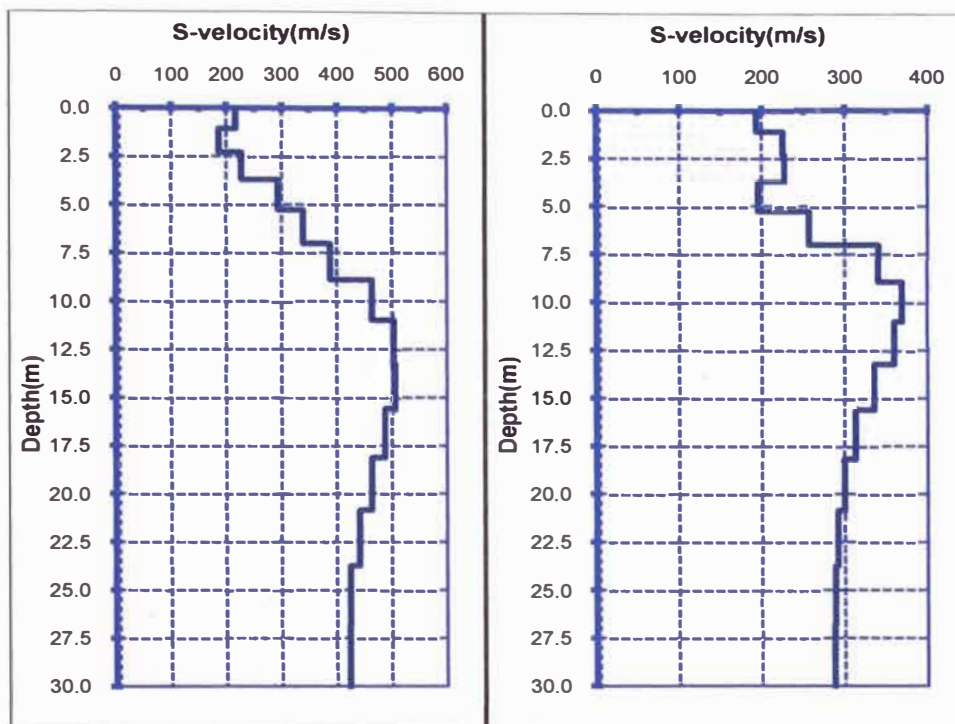


Figura 4.23: Curva Vs – Profundidad, Suelo tipo de C y D

4.7.6 Proyecto N°6

Estudio Geológico y Geotécnico para el Proyecto: “Ampliación del Puente del Ejército y Accesos”

En el estudio geofísico para la ampliación del Puente del Ejército, se realizó 13 líneas sísmicas estratégicamente ubicadas: 7 líneas se realizaron por el método tradicional de refracción sísmica (LS-01, LS-03, LS-04, LS-06, LS-10, LS-11 y LS-13) para el registro de ondas de compresión P y 6 líneas (Lw-02, Lw-05, Lw-07, Lw-08, Lw-09 y Lw-12) se realizaron por el método de ondas superficiales (técnica del MASW) de esta manera registrar ondas de corte. Debido al flujo continuo vehicular en la zona de estudio, los ensayos sísmicos se realizaron por las noches. La distribución de los tendidos y su ubicación se presentan en la Tabla 4.35.

Tabla 4.35: Resumen de velocidades de ondas P y espesores de los suelos subyacentes. Proyecto N°6

Puente	Estribo	Línea Sísmica	Long (m)	Tipo de Ondas	Estrato N°1 Vp(m/s)	Variación de Espesor (m)	Estrato N°2 Vp(m/s)
Puente Izquierdo	Estribo Derecho	LS 01	72	P	300	4.00 - 5.20	2300
		LS 03	75	P	500	4.30 - 6.00	2000
	Estribo Izquierdo	LS 04	75	P	500	2.80 - 4.40	2000
Puente Derecho	Estribo Derecho	LS 10	62.5	P	400	5.00 - 7.00	1800
		LS 11	75	P	400	5.50 - 7.00	1900
		LS 13	75	P	300	4.00 - 7.00	2000
	Estribo Izquierdo	LS 06	75	P	500	1.70 - 4.00	1700

Tabla 4.36: Resumen de velocidades de ondas S y espesores de los suelos subyacentes. Proyecto N°6

Puente	Estribo	Línea Sísmica	Long (m)	Tipo de Ondas	Vs (m/s)	Espesor (m)
Puente Izquierdo	Estribo Derecho	Lw 02	53	S	180-200	0.00 - 6.50
				S	550-750	6.50 - 20.0
	Estribo Izquierdo	Lw 05	53	S	200-300	0.00 - 3.50
				S	500-700	3.50 - 20.0
Puente Derecho	Estribo Derecho	Lw 12	53	S	200-240	0.00 - 5.20
				S	400-650	5.20 - 20.0
	Estribo Izquierdo	Lw 07	53	S	200-300	0.00-4.00
				S	600-750	4.00-20.0
		Lw 08	53	S	300-400	0.00-4.00
				S	500-800	4.00 - 20.0
		Lw 09	53	S	300-400	0.00 - 4.00
				S	500-800	4.00 - 20.0

Tabla 4.37: Velocidades Vs30, clasificación de Sitio y periodo fundamental. Proyecto N°6

Ubicación	Línea Sísmica	Velocidad VS30 (m/s)	Clase de sitio	T (s)
Puente Izquierdo	Lw -2	483	C	0.25
	Lw -5	667	C	0.18
Puente Derecho	Lw -7	673	C	0.18
	Lw -8	730	C	0.16
	Lw -9	753	C	0.16
	Lw -12	463	C	0.26

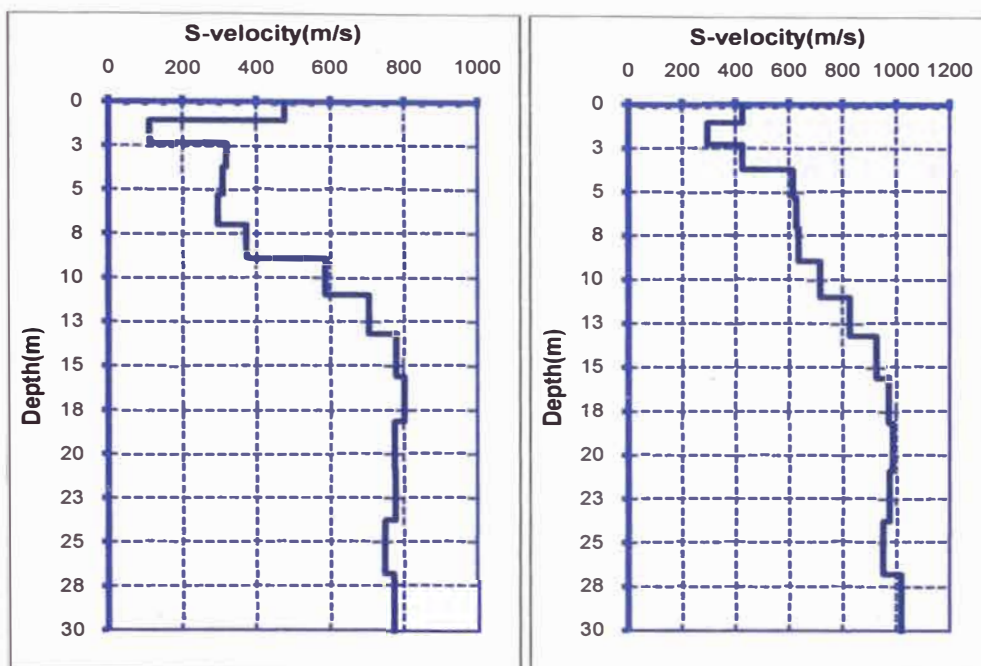


Figura 4.24: Curva Vs – Profundidad, puente izquierdo y puente derecho

En base a los resultados de los ensayos de refracción sísmica y según la información geológica geotécnica y topográfica de los sectores en estudio, se presenta la siguiente interpretación.

Puente Izquierdo (PI)

Estribo Derecho

Línea 1 y 2:

Presenta un estrato de material de relleno, gravoso limoso arcilloso, con espesor de 0.2 a 6.5m. y con velocidades de ondas P: $V_p=300\text{m/s}$ y velocidades de ondas S: $V_s=180$ a 220m/s , dando una relación de Poisson de $\nu=0.17$ y módulo de Young $E_s=1288 \text{ Tn/m}^2$. Continúa por debajo un estrato aluvial con velocidades de $V_p=2300\text{m/s}$; $V_s=550$ a 750m/s , $\nu=0.46$ y $E_s=22900\text{Tn/m}^2$, lo que indicaría una alta compacidad.

Línea 3:

Línea realizada a 15m. del borde de la ribera del río. Presenta un estrato que sería material de relleno, con espesor de 4.0 a 6.0m. y con velocidad de ondas P: $V_p=500\text{m/s}$. Continúa por debajo un estrato que sería el aluvial gravoso, con velocidades de $V_p=2000\text{m/s}$, lo que indicaría una alta compacidad. La dromocrónica de la línea muestra la persistencia del material en profundidad.

Estribo Izquierdo

Línea 4 y 5:

Presenta un estrato de material de relleno, gravoso limoso, con espesor de 2.8 a 4.5m. y con velocidades de ondas P: $V_p=500\text{m/s}$ y velocidades de ondas S: $V_s=200$ a 300m/s , dando una relación de Poisson de $\nu=0.35$ y módulo de Young $E_s=2889 \text{ Tn/m}^2$. Continúa por debajo un estrato aluvial con velocidades de $V_p=2000\text{m/s}$; $V_s=550$ a 700m/s , $\nu=0.46$ y $E_s=18900\text{Tn/m}^2$, lo que indicaría una alta compacidad.

Puente Derecho (PD)

Estribo Derecho

Línea 10:

Presenta un estrato que sería material de relleno, gravoso limoso arcilloso, con espesor de 5.0 a 7.0m. y con velocidad de ondas P: $V=400\text{m/s}$. Continúa por debajo un estrato que sería el aluvial gravoso arenoso, con velocidades de $V_p=1800\text{m/s}$, lo que indicaría una alta compacidad. La dromocrónica de la línea muestra la persistencia del material en profundidad.

Línea 11 y 12:

Presenta un estrato de material de relleno, grava limoso arcilloso, con espesor de 5.5 a 7.0m. y con velocidades de ondas P: $V_p=400\text{m/s}$ y velocidades de ondas S: $V_s=200$ a 240m/s , dando una relación de Poisson de $\nu=0.28$ y módulo de Young $E_s=1774 \text{ Tn/m}^2$. Continúa por debajo un estrato aluvial gravoso arenoso con velocidades de $V_p=1900\text{m/s}$; $V_s=400$ a 650m/s , $\nu=0.46$ y $E_s=18900\text{Tn/m}^2$, lo que indicaría una alta compacidad.

Línea 13:

Presenta un estrato que sería material de relleno, con espesor de 5.0 a 7.0m. y con velocidad de ondas P: $V_p=300\text{m/s}$, lo que indicaría la baja compacidad. Continúa por debajo un estrato que sería el aluvial gravoso arenoso, con velocidades de $V_p=2000\text{m/s}$, lo que indicaría una alta compacidad.

Estribo Izquierdo

Línea 6 y 7:

Presenta un estrato de material de relleno, gravoso limoso, con espesor de 1.7 a 4.0m. y con velocidades de ondas P: $V_p=500\text{m/s}$ y velocidades de ondas S: $V_s=200$ a 300m/s , dando una relación de Poisson de $\nu=0.33$ y módulo de Young

$E_s=2890 \text{ Tn/m}^2$. Continúa por debajo un estrato aluvial gravoso arenoso con velocidades de $V_p=1700\text{m/s}$; $V_s=550$ a 700m/s , $u=0.43$ y $E_s=22000\text{Tn/m}^2$, lo que indicaría una alta compacidad.

Línea 8 y 9:

Líneas realizadas a 2m. del borde del muro de contención. Presenta un estrato que sería material de relleno, con espesor de 0.0 a 4.0m. y con velocidad de ondas S: $V_s=300$ a 400m/s . Continúa por debajo un estrato que sería el aluvial gravoso y/o relleno estructural, con velocidades de $V_s=500$ a 800m/s , lo que indicaría una alta compacidad.

4.7.7 Proyecto N°7

Estudio Geofísico con Fines de Cimentación Colegio Alexander Von Humboldt

Para el estudio geofísico realizado en las instalaciones del Colegio Alexander Von Humboldt, fue necesario realizar 5 líneas sísmicas estratégicamente distribuidas y ubicadas: 01 línea realizada por el método tradicional de refracción sísmica (LS-04) la cual fue programada para el registro de ondas de compresión P y 04 líneas (Lw-01, Lw-02, Lw-03 y Lw-05) se realizaron por el método de ondas superficiales (técnica del MASW), de esta manera registrar ondas de corte. Las líneas dispuestas sobre pavimento, fueron necesario acoplar la placa base a los geófonos.

A continuación se presenta los resultados de velocidad de propagación de ondas "P" y ondas "S", el número de capas identificadas en cada una de la línea sísmica ejecutada en el sector de estudio. Los resultados de la evaluación sísmica se presentan en la Tabla N° 4.38 y la Tabla 4.39. En el anexo ensayo sísmico se presenta los registros de onda de llegada, perfiles sísmicos y registro de cálculo de parámetros dinámicos.

Tabla 4.38: Resultados de Velocidades y espesores de las Líneas Sísmicas para las Ondas "P". Proyecto N°7

Línea Sísmica	Long (m)	Tipo de Ondas	Estrato	Vp(m/s)	Variación de
					Espesor (m)
LS 04	53	P	N°1	537	2.0-3.0
			N°2	995	4.3-5.7
			N°3	1567	

Tabla 4.39: Resultados de Velocidades y espesores de las Líneas Sísmicas para las Ondas "S". Proyecto N°7

Línea Sísmica	Long (m)	Tipo de Ondas	Velocidades Vs(m/s)	Profundidad (m)
Lw 01	53	S	200-350	1.0-4.0
		S	500-600	4.0-12.0
		S	600-820	12.0-20.0
Lw 02	53	S	220-350	1.0-3.80
		S	500-600	3.80-11.0
		S	600-750	11.0-20.0
Lw 03	53	S	230-250	1.0-4.0
		S	500-600	4.0-10.0
		S	600-770	10.0-20.0
Lw 05	53	S	230-400	1.0-3.50
		S	550-650	4.0-10.0
		S	650-850	10.0-20.0

Tabla 4.40: Velocidades Vs30, clasificación de sitio y periodo fundamental. Proyecto N°7

Ubicación	Línea Sísmica	Velocidad VS30 (m/s)	Clase de sitio	T (s)
Colegio Von Humboldt	Lw -1	641	C	0.19
	Lw -2	584	C	0.21
	Lw -3	598	C	0.20
	Lw -5	718	C	0.17

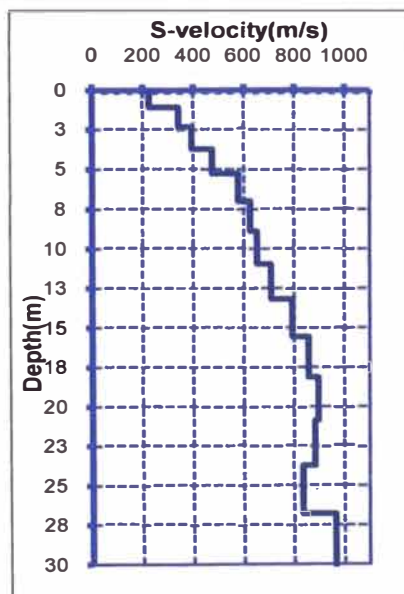


Figura 4.25: Curva Vs – Profundidad

Los horizontes obtenidos están constituidos por: una primera capa de cobertura cuya velocidad de ondas S varía de 180m/s a 220m/s, lo que indica una baja

compacidad. Seguidamente se tiene una segunda capa, cuyas velocidades de ondas S $V_s=200\text{m/s}$ a 350m/s , a este nivel la velocidad de ondas P obtenida es $V_p=537\text{ m/s}$, la profundidad donde se manifiestan estas velocidades varía de 1.0m a 4.0 m. Bajo el anterior subyace el horizonte gravoso, presenta velocidades de ondas S de $V_s=500\text{ m/s}$ a 600m/s y velocidades de ondas P de $V_p=995\text{m/s}$, estas velocidades se manifiestan entre las profundidades de 4.0m a 10m .La sísmica obtiene un último horizonte compuesto al parecer también por gravas, la velocidad obtenida de ondas: $V_s=600\text{ m/s}$ a 820m/s y $V_p=1570\text{m/s}$, estas velocidades se manifiestan desde los 10m hasta la máxima profundidad de prospección (20.0m)

4.7.8 Proyecto N°8

Estudio Suelos Av. Néstor Gambetta - Callao, Kilómetros 20+200 a 21+300

Los trabajos de campo han consistido en realizar 3 ensayos por el método MASW de 53 m, ubicados en puntos específicos a lo largo del tramo km 20+200 al 21+300 de la Av. Gambetta, la ubicación fue proporcionada por el solicitante del servicio. En la Tabla 4.41, se presenta la distribución, ubicación de las líneas sísmicas y los resultados de las velocidades de ondas superficiales obtenidas para cada una de las líneas sísmicas, en la distribución de velocidades se han identificado hasta cinco horizontes con una moderada variación de las velocidades.

Tabla 4.41: Resultado de velocidades y espesores de las líneas sísmicas Ensayos MASW. Proyecto N°8

Sector	Línea Sísmica	Long (m)	Tipo de Ondas	Estrato (m)	V_s (m/s)	Profundidad (m)
Km 20+200	Lw 01	53	S	N°1	260	0.0-1.0
				N°2	90	1.0 - 2.3
				N°3	250	2.3 - 9.0
				N°4	370	9.0 - 13.0
				N°5	540	13.0 - 30.0
Km 20+700	Lw 02	53	S	N°1	219	0.0 - 1.0
				N°2	160	1.0 - 3.7
				N°3	300	3.7 - 11.0
				N°4	400	11.0 - 18.0
				N°5	500	18.0 - 30.0
Km 21+300	Lw 03	53	S	N°1	150	0.0 - 5.0
				N°2	250	5.0 - 18.0
				N°3	300	18.0 - 30.0

Se caracterizó el sitio mediante velocidades de ondas de corte, de acuerdo al código International Building Code 2006(Vs30), para lo cual se ponderó la distribución de velocidades de ondas de corte hasta 30m de profundidad.

Los resultados obtenidos para las velocidades de ondas de corte “S” (Vs30) son presentadas en la Tabla 4.42.

Tabla 4.42: Velocidades Vs30, Clasificación de Sitio y periodo fundamental.
Proyecto N°8

Ubicación	Línea Sísmica	Velocidad VS ₃₀ (m/s)	Clase de sitio	T (s)
KM 20+200	Lw 01	339	D	0.35
KM 20+700	Lw 02	339	D	0.35
KM 21+300	Lw 03	235	D	0.51

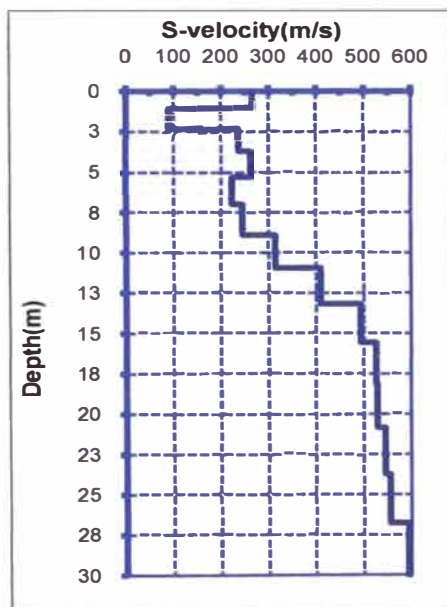


Figura 4.26: Curva Vs – Profundidad

4.7.9 Proyecto N°9

Estudio Complementario para la Evaluación Geotécnica del Suelo de Cimentación para la Ampliación del Patio Taller del Metro de Lima - Línea 01”

Los trabajos de campo ha consistido en realizar 01 ensayos por el método de refracción sísmica de 100.0 metros de líneas sísmicas. 05 ensayos mediante un método geofísico (MASW), cada una de 53 metros de longitud, para una profundidad de prospección de 30 metros, ubicados en áreas donde se emplazarán las futuras infraestructuras. Los ensayos fueron realizados en el mes de Noviembre del 2011.

Tabla 4.43: Resultado de velocidades y espesores de las líneas sísmicas
Ensayos MASW. Proyecto N°9

Línea Sísmica	Long (m)	Tipo de Ondas	Estrato (m)	Vs (m/s)	Profundidad (m)
Lw - 01	53	S	N°1	209 – 240	0.0 – 2.3
			N°2	312 – 365	2.3 – 8.9
			N°3	404 – 484	8.9 - 30.0
Lw - 02	53	S	N°1	226 – 229	0.0 – 2.3
			N°2	315 – 377	2.3 – 11.0
			N°3	430 – 498	11.0 - 30.0
Lw - 03	53	S	N°1	174 – 203	0.0 – 2.3
			N°2	281 – 269	2.3 – 7.0
			N°3	317 – 391	7.0 - 11.0
			N°4	405 - 464	11.0 - 30.0
Lw - 04	53	S	N°1	174	0.0 – 1.1
			N°2	219 – 272	1.1 – 5.3
			N°3	316 – 389	5.3 - 11.0
			N°4	416 - 437	11.0 - 30.0
Lw - 05	53	S	N°1	201 – 257	0.0 - 3.7
			N°2	310 – 376	3.7 – 11.0
			N°3	424 - 448	11.0 - 30.0

Tabla 4.44: Resultado de velocidades y espesores de las líneas sísmicas ondas P. Proyecto N°9

Línea Sísmica	Long (m)	Tipo de Ondas	Estrato (m)	Vp (m/s)	Espesor (m)
LS - 01	100	P	N°1	400 - 520	2.30 – 3.70
			N°2	520 - 900	4.30 – 6.80
			N°3	900 - 1200	> 24.60

Tabla 4.45: Velocidades Vs30, Clasificación de Sitio y periodo fundamental.
Proyecto N°9

Ubicación	Línea Sísmica	Velocidad VS30 (m/s)	Clase de sitio	Ts (s)
Patio de Maniobras	Lw 01	390	C	0.31
	Lw 02	399	C	0.30
	Lw 03	369	C	0.33
	Lw 04	368	C	0.33
	Lw 05	373	C	0.32

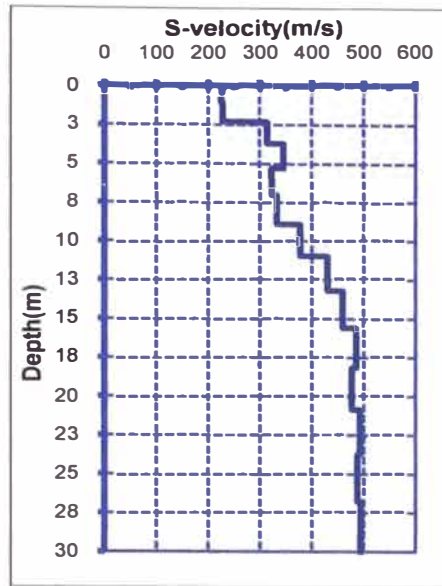


Figura 4.27: Curva Vs – Profundidad

El perfil sísmico presenta 3 capas bien definidas.

La primera capa presenta velocidades de Ondas “S” de $V_s=174\text{m/s}$ a 272m/s , velocidades de Ondas “P” de $V_p=400$ a 520 m/s , los cuales corresponden a un suelo de cobertura conformado de arena pobremente graduada, en estado suelto a medianamente denso, varía de 0.0 a 3.7m de profundidad, presentando la mayor cobertura en zona central del patio taller (3.7 m).

La segunda capa presenta velocidades de Ondas “S” de $V_s=310\text{m/s}$ a 391m/s , velocidades de Ondas “P” de $V_p=520$ a 900 m/s , los cuales corresponden a una arena en estado medianamente denso a denso, varía de 3.7 a 11.0 m de profundidad. La tercera capa presenta velocidades de Ondas “S” de $V_s=404\text{m/s}$ a 498 m/s , velocidades de Ondas “P” de $V_p=900$ a 1200 m/s , los cuales corresponden a una arena en estado muy denso, varía de 11.0 a 30.0 m de profundidad.

4.8 CONTRASTE CON ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN CISMID-UNI

Los resultados obtenidos de los ensayos de geofísicos por el método MASW realizados para los proyectos en la ciudad de Lima, se contrastaron con los informes de microzonificación sísmica elaborados por el Centro Peruano-Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CIDMID) de la UNI.

En el distrito de San Juan de Lurigancho, los valores de las velocidades de ondas superficiales y los periodos de vibración de suelo para los tramos km

24+400 al km 26+450 y km 28+600 al 33+300 del proyecto del Tren Eléctrico de ciudad de Lima presentan valores similares con los resultados de los ensayos geofísicos cercanos al eje de la vía del Tren Eléctrico realizados por el CISMID-UNI. Para el tramo km 26+750 al km 28+300 no se realizó ensayos geofísicos ubicados en el eje de la vía del Tren Eléctrico realizados para la microzonificación sísmica del CIMID-UNI, los valores de los periodos de vibración obtenidos en el estudio del Tren Eléctrico son mayores a 0.36 seg y los obtenidos por el CISMID-UNI presentan periodos menores a 0.20 seg lo cual muestra la variación de suelos en zonas cercanas.

Para el distrito de Villa El Salvador, los resultados obtenidos de los ensayos de geofísicos realizados en el distrito (Proyecto de estudio de suelos para el lote B-1 y proyecto del Tren Eléctrico de Lima (Patio taller)). Los valores de las velocidades de ondas superficiales y los periodos de vibración en la zona donde se ubica el proyecto N°3(Lote B-1) presentan valores similares con los resultados de los ensayos geofísicos cercanos a los realizados por el CISMID-UNI (Microtremor, Puntos M2029 Y M2030), con periodos de vibración mayores a 0.33 seg. En la zona del patio taller del tren eléctrico los resultados son similares con los resultados de ensayos MASW del informe de microzonificación de realizado por el CISMID-UNI (Sondeos MASW01 Y MASW02)

Para el distrito de Comas, los resultados obtenidos de los ensayos de geofísicos realizados en el distrito (Reservorios, R4-Hospital Sergio Bernales y R6). Los valores de las velocidades de ondas superficiales y los periodos de vibración en la zona donde se ubican los proyectos presentan resultados similares con los resultados de los ensayos geofísicos realizados por el CISMID-UNI, con periodos de vibración menores a 0.24 seg. El área de estudio del reservorio R4 (Parque-Sinchi Roca) presenta periodo de 0.35 por la presencia de rellenos el cual no se indica en el informe de microzonificación.

Para el distrito de Puente Piedra, los resultados obtenidos de los ensayos de geofísicos realizados en el distrito (Reservorios R5). Los valores de las velocidades de ondas superficiales y los periodos de vibración en la zona donde se ubican los proyectos presentan resultados similares con los resultados de los ensayos geofísicas realizados por el CISMID-UNI, en zonas con similares características geológicas, presenta periodos de 0.22seg.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1. Las velocidades de onda obtenidas con los métodos de refracción sísmica para ondas de compresión y el método MASW para ondas superficiales, nos permiten tener parámetros de gran utilidad para obtener parámetros de diseño en cimentaciones. El módulo de corte dinámico (G_d) se puede obtener directamente con los valores de V_s y la densidad del estrato, el módulo de Poisson, se obtiene de la relación de la velocidad de onda de corte y la velocidad de ondas compresión, con estos dos parámetros obtenemos el módulo de Young dinámico. El módulo elástico utilizado en el análisis de cimentaciones es el módulo de Young estático que es el 10% del módulo de Young dinámico.
2. La metodología para determinar la velocidad de ondas de compresión mediante refracción sísmica, está completamente definida y estudiada por diferentes profesionales. El método utiliza combinación de las velocidades de onda directa del primer estrato superficial y las velocidades de las primeras ondas de llegada refractadas en los estratos inferiores. Y mediante un software especializado se procede a la determinación de las curvas Tiempo-Distancia (Dromocronas), luego de identificar los estratos en el programa se procede a determinar el perfil sísmico del suelo en dos dimensiones. Los datos obtenidos en la exploración de campo son procesados mediante el programa de cómputo Seislmager desarrollado por la empresa Geometrics.
3. La metodología para determinar la velocidad de las ondas de corte, se basa en determinar la velocidad de las ondas Rayleigh (VR), la velocidad de ondas Rayleigh varían en función de las frecuencias. Si se determina la variación de velocidades con respecto a las frecuencias y se aplica un proceso de inversión se determina la velocidad de ondas Rayleigh (VR) a diferentes profundidades. La velocidad VR es ligeramente menor (alrededor de 7%) respecto a la velocidad de ondas de corte (VS), puede considerarse equivalentes.

4. Los métodos geofísicos mediante métodos sísmicos, tiene como ventajas de que son pruebas no invasivas, estos ensayos no alteran la estructura natural del suelo, como es el caso de los métodos mecánicos en la exploración de suelo. Para la exploración de campo mediante refracción sísmica, es necesario ambientes donde se presente menor cantidad de movimientos (ruidos), en ambientes urbanos es necesario determinar el momento propicio para realizar estos ensayos. Para la utilización del método de MASW para ondas superficiales, puede usarse sin inconvenientes en ambientes urbanos.
5. El ensayo de refracción sísmica detecta los estratos del suelo con incrementos progresivos de densidades y velocidades de ondas según aumenta la profundidad, no detecta presencia de estratos con rigideces menores entre estratos con rigideces mayores. El método MASW, detecta estratos de diversas rigideces no necesariamente progresivas. Estos dos métodos se correlacionan para generar los perfiles sísmicos confiables.
6. El valor promedio de los valores de V_s para los 30 metros más superficiales del terreno (V_{s30}) constituye un parámetro universalmente aceptado para la clasificación de suelos, según las normas de la IBC (Internacional Building Code). Estas normas y recomendaciones se refieren a la respuesta del terreno frente a movimientos sísmicos y específicamente a los efectos de amplificación de las ondas de cizalla en los niveles superficiales.
7. El proyecto N°1, referente al estudio de suelos del Tren Eléctrico, se realizó en zonas que se encuentra ubicada en el Distrito de San Juan de Lurigancho (Av. Próceres de la Independencia y la Av. Wiese) y Distrito de El Agustino. Del km 21+700 al km 26+600 presenta suelo muy denso (Suelo tipo C), con periodos de vibración $T_s=0.27$, corresponde a suelos con intercalaciones de arena, limo en la parte superficial y grava arenosa a profundidad de procedencia aluvial. Del km 26+600 al km 28+450 presenta suelo rígido (Suelo tipo D) con periodos de vibración $T_s=0.39$, corresponde a suelos aluviales con una capa superficial de arena y limo, a mayor profundidad presenta grava arenosa. Del km 28+450 al km 33+300 presenta suelo muy denso (Suelo tipo C), con periodos de vibración $T_s=0.27$,

corresponde a suelos con intercalaciones de arena, limo en la parte superficial y mayor presencia grava arenosa de procedencia aluvial.

8. El proyecto N°2, con respecto aun estudio de cimentación de los reservorios (Proyecto de mejoramiento sanitario de las áreas marginales de Lima), presenta resultados variables por realizarse en diferentes distritos y diferentes formaciones geológicas.

8.1. Reservorio R1 (Jicamarca): Suelo conformado por una primera capa medianamente compacta de arena limosa con gravas en bajo porcentaje, la velocidad de ondas $V_p=420$ m/s y $V_s=220$ m/s, el espesor es variable de 3.50m a 4.0m. Seguidamente la segunda capa con mayor contenido de gravas y arenas de grano medio, compacto, las velocidades de ondas de compresión P y ondas de corte S son respectivamente $V_p=830$ m/s y $V_s=400$ m/s, el espesor de esta capa varía de 9.7m a 12.0m. Luego subyace arena bien gradada limosa muy densa con velocidades de ondas $V_p=1350$ m/s y $V_s=510$ m/s.

8.2. Reservorio R2 (Canto Grande): Presenta velocidades de ondas P y S obtenidas de $V_p=430$ m/s y $V_s=240$ m/s respectivamente, el espesor donde se manifiestan estas velocidades varía entre 2.0m a 5.50m. Seguidamente se tiene una segunda capa, arenoso limoso denso, presenta inclusión de piedras de diversos tamaños, presenta velocidades de ondas de compresión P y ondas de corte S de $V_p=820$ m/s y $V_s=690$ m/s respectivamente, el espesor de está capa varía de 10m a 11m. Bajo el anterior subyace el horizonte rocoso (diorita) muy fracturada, presenta velocidades de ondas P $V_p=1800$ m/s y $V_s=700$ m/s.. Suelo denso (tipo C), con periodos fundamentales vibración de $T_s=0.24$ seg.

8.3. Reservorio R3 (Collique): La primera capa de roca intensamente fracturada, velocidades de ondas P y S son $V_p=575$ m/s y $V_s=300$ m/s respectivamente, el espesor donde se manifiestan estas velocidades varía entre 2.0m a 4.0m. Seguidamente se tiene una segunda capa de material rocoso fracturado del tipo andesita basáltica, las velocidades de ondas de compresión P y ondas de corte S obtenidas a este nivel es de $V_p=2150$ m/s y $V_s=700$ m/s respectivamente, el espesor donde se manifiestan estas velocidades varía de 4.0m a 13.0m. Bajo el anterior subyace un tercer horizonte rocoso (andesita) poco fracturado, de

notoria rigidez demostrada por las velocidades características de ondas P $V_p=4200$ m/s y S $V_s=1100$ m/s respectivamente. La clasificación corresponde a roca (Tipo B), con periodos fundamentales vibración de $T_s=0.16$ seg.

8.4. Reservorio R4 Comas Bajo (Sector Hospital): Presentan una primera capa de espesor variable 0.50 a 5.50m, cuya velocidad de ondas de propagación P varía de 330 a 400 m/s y las ondas S de 150 a 350 m/s, de acuerdo a los materiales encontrados en las calicatas se trata de arena pobremente gradada con mezcla de gravas en ocasiones arena limosa (SP, SP-SM y SM). Un segundo horizonte elástico cuya velocidad de propagación P, varía de 1230 a 1300m/s y velocidad S de 400 a 700m/s, se trataría de arena con mezcla de gravas medianamente compacta a compacta en profundidad. Suelo denso (tipo C), con periodos fundamentales vibración de $T_s=0.24$ seg.

8.5. Reservorio R4 Comas Bajo (Parque): Presenta dos horizontes. Horizonte de suelo natural se presentarían hacia la parte de la pared colindante (franja de aproximadamente 25m a 30m), los estratos son: primer estrato, suelo limoso arcilloso ($V_p=430$ m/s y $V_s=200$ m/s), segundo estrato, intercalaciones de arena con mezcla de limo y gravas ($V_p=840$ m/s y $V_s=350$ m/s), tercer estrato, grava redondeada densa ($V_p=1800$ m/s).

Horizonte de relleno sanitario, se presentaría a partir de los 25m respecto del muro colindante, los estratos presentes son: primer estrato, relleno sanitario ($V_p=400$ m/s), el espesor del relleno en promedio tendría 8m y el segundo estrato, estaría compuesto por grava redondeada densa ($V_p=1800$ m/s). Suelo rígido (tipo D), con periodos fundamentales de vibración de $T_s=0.35$ seg.

8.6. Reservorio R5 (San Martín-Puente Piedra): Capa superficial de suelo consistente en arena limosa con clastos angulosos de 1" a 2", ligeramente compacto, presenta velocidad de ondas de compresión P $V_p=450$ m/s y de corte $V_s=220$ m/s el espesor donde se manifiesta esta velocidad varía entre 2.5m a 5.5m. Seguidamente se tiene una segunda capa de material rocoso volcánico del tipo tufo de cristales intensamente fracturado, las velocidades de onda obtenidas a este nivel tiene para las ondas P $V_p=1000$ m/s y las ondas de corte S $V_s=450$ m/s, el espesor de

esta capa varía de 7m a 13m. Bajo el anterior subyace un tercer horizonte rocoso tufo de cristales fracturado, la velocidad obtenida a este nivel de ondas P es $V_p=1500$ m/s y S $V_s=600$ m/s respectivamente. Suelo muy denso (tipo C) con periodos fundamentales vibración de $T_s=0.22$ seg.

- 8.7. Reservoirio R6 (Túpac Amaru): El sector del emplazamiento del reservoirio, presenta una primera capa de material de relleno de espesor variable de 0.8m a 2.50m, cuya velocidad de propagación de ondas P es de 500 m/s y las ondas S de 280 m/s. seguidamente se tiene un segundo horizonte elástico, también compuesto por material gravoso alternado con arena, arena limosa, medianamente densa, cuya velocidad de propagación de ondas P es de 750 m/s y las ondas S de 350 m/s, el espesor donde se manifiestan estas velocidades varía de 2.00 a 2.20 m. se tiene un tercer horizonte elástico, también compuesto por material gravoso alternado con arenas, arenas limosa, densa, cuya velocidad de propagación de ondas P es de 800 m/s y las ondas S de 460 m/s, el espesor donde se manifiestan estas velocidades varía de 8.0 a 8.30 m. Subyacente se tiene un último horizonte de gravas, arenas, gravas arenosas muy densa, con presencia de roca intensamente fracturada con velocidad de propagación de ondas P variable de 1200 a 1600 m/s y las ondas S de 580m/s. Suelo muy denso (tipo C), con periodos fundamentales vibración de $T_s=0.24$ seg.
9. El proyecto N°3, Lote B-1 Villa El Salvador: Presenta los siguientes horizontes; una primera capa de ondas de propagación P que en promedio tiene $V_p=300$ m/s y de ondas de corte S $V_s=220$ m/s, el espesor donde se manifiesta esta velocidad varía entre 1.50m a 3.80m, de acuerdo a las correlaciones existentes corresponde a suelo arenoso suelto. Subyacente se tiene un horizonte que incrementa moderadamente su rigidez respecto al primer horizonte, presenta velocidades en promedio de ondas P $V_p=700$ m/s, y de ondas S $V_s=350$ m/s, se infiere que el material de esta capa está compuesto también por depósitos eólicos (Arena) medianamente compacta. Suelo rígido (tipo D), con periodos fundamentales vibración de $T_s=0.36$ seg.
10. Proyecto N°4 Puente en el Intercambio Vial Puerto Santa Sofía: El primer estrato medianamente denso que va de 0.0 m a 3.0m de profundidad en

promedio ($V_p=400$, m/s, $V_s=300$ m/s: Arena mal gradada, arenas limosas alternados con grava). El segundo estrato en estado denso que vade desde 3.0m a 15.0 m de profundidad ($V_p=900$, m/s, $V_s=450$ m/s: Arena mal gradada, arenas limosas) y el tercer estrato se encuentra muy compacto, se encuentra por debajo de los 15.0m de profundidad ($V_p=2200$, m/s, $V_s=650$ m/s: se infiere que corresponde gravas arenosas). Suelo muy denso (tipo C), con periodos fundamentales vibración de $T_s=0.22$ seg.

11. Proyecto N°5 Lugar de la Memoria:

La primera capa obtenida presenta velocidades de ondas "P" promedio de $V_p=380$ m/s y velocidad de ondas "S" promedio de $V_s=250$ m/s, el espesor donde se manifiesta esta velocidad varía entre 1.70m a 12.30m, corresponde a material de relleno compuesto por materiales orgánicos e inorgánicos, alternado con depósitos de grava areno limosa, se encuentra en estado suelto.

La segunda capa obtenida presenta velocidades de ondas "P" promedio de $V_p=700$ m/s y velocidad de ondas "S" promedio de $V_s=400$ m/s el espesor donde se manifiesta estas velocidades varía entre 7.30m a 17.80m, se infiere que el estrato está conformado por grava arenosa medianamente densa.

El tercer estrato presenta velocidades de ondas "P" promedio de $V_p=1600$ m/s, se infiere que corresponde a grava arenosa densa. Se encuentra a una profundidad de promedio de 18.0 m respecto al nivel de terreno. Generalmente presenta suelo rígido (tipo D), con periodos fundamentales vibración de $T_s=0.38$ seg.

12. Proyecto N°6 Ampliación del Puente del Ejército y Accesos: La margen derecha, presenta un estrato de material de relleno con velocidades de ondas P: $V_p=300$ a 400 m/s, lo que indica una baja compacidad y velocidades de ondas S: $V_s=180$ a 250m/s, $u=0.17$ a 0.28 y $E_s=1288$ a 1770 Tn/m². Continúa por debajo un estrato aluvial con velocidades de $V_p=1800$ a 2300m/s; $V_s=400$ a 750m/s, $u=0.46$ y $E_s=1890$ a 22900Tn/m², lo que indicaría una alta compacidad. La margen izquierda, presenta un estrato de material de relleno con velocidades de ondas P: $V_p=500$ m/s y velocidades de ondas S: $V_s=200$ a 400m/s, $u=0.33$ y $E_s=2800$ Tn/m². Continúa por debajo un estrato aluvial con velocidades de $V_p=100$ a 2000m/s; $V_s=500$ a

800m/s, $u=0.43$ a 0.46 y $E_s=1890$ a 22000Tn/m^2 , lo que indicaría una alta compacidad. Suelo muy denso (tipo C), con periodos fundamentales vibración de $T_s=0.2$ seg.

13. Proyecto N°7 Colegio Alexander Von Humboldt: Presenta una primera capa de cobertura cuya velocidad de ondas S varía de 180m/s a 220m/s , lo que indica una baja compacidad. Seguidamente se tiene una segunda capa, cuyas velocidades de ondas S $V_s=200\text{m/s}$ a 350m/s , a este nivel la velocidad de ondas P obtenida es $V_p=537$ m/s, la profundidad donde se manifiestan estas velocidades varía de 1.0m a 4.0 m. Bajo el anterior subyace el horizonte gravoso, presenta velocidades de ondas S $V_s=500$ m/s a 600m/s y P $V_p=995\text{m/s}$, estas velocidades se manifiestan entre las profundidades de 4.0m a 10m . Un último horizonte compuesto al parecer también por gravas, la velocidad obtenida de ondas: $V_s=600$ m/s a 820m/s y $V_p=1570\text{m/s}$, estas velocidades se manifiestan desde los 10m hasta la máxima profundidad de prospección (20.0m). Suelo muy denso (tipo C), con periodos fundamentales vibración de $T_s=0.19$ seg.

14. Proyecto N°8 Av. Néstor Gambetta: Se caracterizó en sitio mediante velocidades de ondas de corte, resultando suelo rígido (tipo D), con periodos fundamentales vibración de $T_s=0.40$ seg.

15. Proyecto N°9 Patio Taller del Metro de Lima: La primera capa presenta velocidades de Ondas "S" de $V_s=174\text{m/s}$ a 272m/s , velocidades de Ondas "P" de $V_p=400$ a 520 m/s, los cuales corresponden a un suelo de cobertura conformado de arena pobremente graduada, en estado suelto a medianamente denso, varía de 0.0 a 3.7m de profundidad.

La segunda capa presenta velocidades de Ondas "S" de $V_s=310\text{m/s}$ a 391m/s , velocidades de Ondas "P" de $V_p=520$ a 900 m/s, los cuales corresponden a una arena en estado medianamente denso a denso, varía de 3.7 a 11.0 m de profundidad.

La tercera capa presenta velocidades de Ondas "S" de $V_s=404\text{m/s}$ a 498 m/s, velocidades de Ondas "P" de $V_p=900$ a 1200 m/s, los cuales corresponden a una arena en estado muy denso, varía de 11.0 a 30.0 m de profundidad. Suelo muy denso (tipo C), con periodos fundamentales vibración de $T_s=0.32\text{seg}$.

16. Se muestra los resultados por distrito, de la caracterización dinámica

Distrito de San Juan de Lurigancho presenta sectores, con clasificación de sitio tipo C, con periodo promedio $T_s=0.26$ seg y de tipo de D, con periodo promedio $T_s= 0.39$ seg. El distrito Comas presenta sectores con clasificación de sitio tipo B, periodo promedio $T_s=0.16$ seg, corresponde a la zona de los cerros, con presencia de afloramientos rocosos, de tipo C, periodo promedio de $T_s= 0.24$ seg y de tipo de D, con periodo promedio $T_s= 0.35$ seg, corresponde a suelos con rellenos sanitarios compactados o no compactados. El distrito de Puente Piedra el sector analizado para el reservorio, presenta clasificación de sitio tipo C, con periodo promedio $T_s=0.22$ seg, corresponde a roca blanda, muy fracturada. El distrito de Lima-Rímac presenta sectores con clasificación de sitio tipo C, periodo promedio $T_s=0.20$ seg, corresponde conglomerados, gravas y arenas. El distrito de Miraflores presenta sectores con clasificación de sitio tipo C, periodo promedio $T_s=0.19$ seg, corresponde a gravas y arenas con cobertura arena limosa. El sector donde se ubica el museo de la memoria presenta clasificación de sitio tipo D y periodos de 0.41 seg, corresponde a rellenos, depósitos de desechos semicompactados. El distrito de Villa El Salvador presenta sectores con clasificación de sitio tipo C, periodo promedio de $T_s= 0.32$ seg, correspondiente a suelos arenosos saturados y de tipo de D, con periodo promedio $T_s= 0.36$ seg, corresponde a suelos arenosos densos. El distrito de Ancón presenta sectores con clasificación de sitio tipo C, con periodo promedio $T_s=0.22$ seg, corresponde suelos arenosos con presencia de estratos gravas de tipo aluvial.

17. La contrastación con los resultados de del estudio de microzonificación sísmica elaborados por el CISMID-UNI presenta los siguientes resultados.

Para el distrito de San Juan de Lurigancho, los valores de V_s y T_s del suelo para los tramos km 24+400 al km 26+450 y km 28+600 al 33+300 son similares con los resultados de los ensayos geofísicos cercanos al eje de la vía del Tren Eléctrico realizados por el CISMID-UNI con T_s que varia de 0.20 a 0.33 seg. Para el tramo km 26+750 al km 28+300, los valores de T_s obtenidos son mayores a 0.36 seg y los obtenidos por el CISMID-UNI cercanos a este tramo presentan periodos menores a 0.20 seg lo cual muestra la variación de suelos en zonas cercanas.

Para el distrito de Villa El Salvador, los resultados obtenidos de los ensayos de geofísicos realizados en el distrito (Proyecto de estudio de suelos para el lote B-1) con valores similares con los resultados de los ensayos geofísicos cercanos a los realizados por el CISMID-UNI (Microtremor, Puntos M2029 Y M2030), Los valores de T_s son mayores a 0.33 seg. En la zona del patio taller del tren eléctrico los resultados son similares con los resultados de ensayos MASW del informe de microzonificación de realizado por el CISMID-UNI (Sondeos MASW01 Y MASW02) con valores de T_s mayores a 0.3 seg

Para el distrito de Comas, los resultados obtenidos de los ensayos de geofísicos realizados en el distrito (Reservorios, R4-Hospital Sergio Bernales y R6). Los valores de V_s y T_s en la zona donde se ubican los proyectos presentan resultados similares con los resultados de los ensayos geofísicos realizados por el CISMID-UNI, con periodos de vibración menores a 0.24 seg. El área de estudio del reservorio R4 (Parque-Sinchi Roca) presenta periodo de 0.35 por la presencia de rellenos el cual no se indica en el informe de microzonificación.

Para el distrito de Puente Piedra, los resultados obtenidos de los ensayos de geofísicos realizados en el distrito (Reservorios R5) presentan resultados similares con los resultados de los ensayos geofísicas realizados por el CISMID-UNI, en zonas con similares características geológicas, presenta $T_s = 0.22$ seg.

5.2 RECOMENDACIONES

Los estudios geofísicos son necesarios complementarlos con exploraciones mecánicas. Para determinar correctamente los perfiles sísmicos y las características y propiedades de los suelos.

Los parámetros utilizados y determinados como resultado de sondeos geofísicos es recomendable contrastarlos con cuadro y relaciones propuestas por investigadores y que se encuentran en las literatura de estudios.

Los equipos de refracción es necesario que sean manejados y dirigidos por profesionales responsables, para su correcta ejecución, lo cual repercuten en el proceso de interpretación.

BIBLIOGRAFÍA

1. ASTM(1995), Norma Técnica de Exploración Geofísica, ASTM D5777
2. Cantos, J. Tratado de geofísica aplicada. Madrid. s.p.i. 1973. 520 p.
3. CISMID-UNI, (1992) "Seminario Taller de Mecánica de Suelos y Exploración Geotécnica".
4. Charles J. Moon, Michael E.G. Whateley and Anthony M. Evans. "Introduction to Mineral Exploration" Second Edition - 2006
5. Especificaciones AASHTO para el diseño de puentes por el método LRFD
6. Fahey M. y Carter J.P. (1993). "A finite element study of the pressurometer in sand using non-linear elastic plastic model", Canadian Geotech. Jour., 30: 348-362.
7. Hidroenergía Consultores en Ingeniería SRL - Proyecto "Sistema Electrico de Transporte Masivo Línea 1, Tramo Grau - Bayovar (S.J.L.)" Ensayos Geofísicos por el Método MASW – Febrero 2011
8. Hidroenergía Consultores en Ingeniería SRL - Estudio Geofísico, con fines de cimentación, del Lote B-1, entre las Av. Los Algarrobos y Av. 1ro De Mayo con un área total de 23,709.21 m² - Junio 2010
9. Hidroenergía Consultores en Ingeniería SRL - Estudio Geotécnico con Fines de Cimentación de 05 Reservorios de Agua Potable del Proyecto de Mejoramiento Sanitario de las Áreas Marginales de Lima, Lote 1, 2 y 3 Septiembre 2009
10. Hidroenergía Consultores en Ingeniería SRL - Estudio Geotécnico con Fines de Cimentación del Reservorio Túpac Amaru del Proyecto de Mejoramiento Sanitario de las Áreas Marginales de Lima, Lote 1, 2 y 3 - Abril 2011
11. Hidroenergía Consultores en Ingeniería SRL - Estudio de Suelos con Fines de Cimentación para realizar la construcción del cruce a desnivel "Puente en el Intercambio Vial al Puerto Santa Sofía", Km. 3.0 carretera Ancón – Serpentin de Pasamayo – Agosto 2010
12. Hidroenergía Consultores en Ingeniería SRL - Sondeo Geofísico de Refracción Sísmica para "Estudio Geotécnico con fines de Cimentación del "Lugar de la Memoria", Octubre 2010
13. Hidroenergía Consultores en Ingeniería SRL - Estudio Geológico Geotécnico del Proyecto: "Ampliación del Puente del Ejército y Accesos", Hidroenergía Consultores en Ingeniería SRL – Septiembre 2009

14. Hidroenergía Consultores en Ingeniería SRL - Estudio Geofísico con Fines de Cimentación Colegio Alexander Von Humboldt - Hidroenergía Consultores en Ingeniería SRL – Octubre 2010
15. Hidroenergía Consultores en Ingeniería SRL - Ensayos de Refracción Sísmica y MASW para el Proyecto: “Estudio Complementario para la Evaluación Geotécnica del Suelo de Cimentación para la Ampliación del Patio Taller del Metro de Lima Línea 01” - Diciembre 2011
16. Lambe, W., Whitman R. Mecánica de Suelos. Editorial LIMUSA
17. Lazcano S.(2007). “Caracterización de los suelos arenosos mediante análisis de ondas de superficie” ai-Mexico.
18. Lay, T. & T. Wallace. Modern global seismology. Int. Geoph. Series. Academic Press: 1995. 521 p.
19. Linares Montenegro G. Introducción y aplicación del método de sísmica de microtremores en áreas urbanas. Noviembre 2005
20. Louie J.N. (2001). “Faster, better: shear-wave velocity to 100 meters depth from refraction microtremors arrays”, Bull. Seismological Soc. America, 91: 347-364.
21. Louie, J. 2001 “Faster Better: shear-wave velocity to 100 meter depth from refraction Microtremor arrays”. Bulletin of Seismological of America. Volumen 91. N°2.
22. Manual SeisImager/SW, Geometrics Seismodule Controller Software, Surface Wave Data Acquisition Wizards – Mayo 2005. Manual ES-3000, Geode and StrataVisor NZ/NZC. Version 8.18
23. Matthews M.C., Hope V.S. y Clayton C.R.I. (1996). “The use of surface waves in the determination of ground stiffness profiles”, Proc. Institute of Civil Engineers, Geotechnical Engineering, London, 119: 84-95.
24. Mayne P.W. (2001). “Stress-strain-strength-flow parameters from enhanced insitu tests”, Proc. Int. Conf. on In-Situ Measurements of Soil Properties and Case Histories, Bali, Indonesia, 27-48.
25. Park C.B., Miller R.D. y Xia J. (1999). “Multi-channel analysis of surface waves”, Geophysics, 64 (3): 800-808.
26. Philip Kearey, Michael Brooks y Ian Hill. “An Introduction to Geophysical Exploration”
27. PICKERING, D. J. Anisotropic elastic parameters for soil. En : Geotechnique. Vol. 20. (1970); p. 271-276.

28. Salem, H. S. Poisson's ratio and the porosity of surface soils and shallow sediments, determined from seismic compressional and shear wave velocities. En : Geotechnique, Vol. 50, No. 4. (2000); p. 461-463.
29. Sauter, F. Fundamentos de ingeniería sísmica. Editorial Tecnológica de Costa Rica: San José, Costa Rica, 1989. 271 p.
30. Seed, H.B. Idriss, I.M. and Arango, I. "Evaluation of liquefaction potencial using field performance data" ASCE, Vol 109. 1983
31. Redpath 1973 (Ref. Levantamiento sísmico de refracción somera y levantamiento geológico en el área de El Mamón – Peralta A. Universidad Simón Bolívar – pag. 16)
32. Richart F.E., Hall J.R. y Woods R.D. (1970). "Vibrations of Soils and Foundations", Prentice Hall.
33. Robertson, P.K. "Discussion on paper "correlation between liquefaction resistance and shear wave vwlocity" by tokimatsu, K and Uchida, A. Soil and Gundation, Vol. 30 1990.
34. Rosales C. Sobre el comportamiento sísmico de los depósitos de suelo del área de cañaveralejo, Cali – Colombia Diciembre 2001
35. UNI-CISMID (2011), "Microzonificación Sísmica del distrito de San Juan de Lurigancho" Informe Técnico, Lima, Perú 2011
36. UNI-CISMID (2011), "Microzonificación Sísmica del distrito de Villa El Salvador" Informe Técnico, Lima, Perú 2011
37. UNI-CISMID (2011), "Microzonificación Sísmica del distrito de Comas" Informe Técnico, Lima, Perú 2011
38. UNI-CISMID (2011), "Microzonificación Sísmica del distrito de Puente Piedra" Informe Técnico, Lima, Perú 2011

ANEXOS

ANEXO I
CADROS

CUADRO DE COORDENADAS DE PROSPECCIONES GEOFISICAS POR CADA PROYECTO.

Los siguientes cuadros presentan las coordenadas de ubicación de las líneas sísmicas por cada proyecto, la ubicación de las líneas sísmicas del Proyecto N°1 se referencian mediante el kilometraje del trayecto de la línea férrea del tren eléctrico de Lima.

1. PROYECTO N°2: ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACION DE 6 RESERVORIOS DEL PROYECTO DE MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS ÁREAS MARGINALES DE LIMA

Cuadro 1: Reservoirio R1 Jicamarca
Coordenadas de líneas sísmicas

Línea Sísmica	Tipo Onda	Longitud (m)	Coordenadas UTM -84			
			E	N	E	N
LS-01	P	100	288818	8673970	288888	8673898
LS-02	P	75	288829	8673911	288883	8673963
LW-03	S	53	288838	8673917	288873	8673950

Cuadro 2: Reservoirio R2 Canto Grande
Coordenadas de líneas sísmicas

Línea sísmica	Tipo de onda	Longitud (cm)	Coordenadas UTM -84			
			E	N	E	N
LS-01	P	75	284731	8676578	284811	8676605
LS-02	P	75	284765	8676613	284825	8676564
Lw-03	S	53	284744	8676580	284789	8676597
Ls-04	S	53	284768	8676558	284806	8676587

Cuadro 3: Reservoirio R3 Collique
Coordenadas de líneas sísmicas

Línea Sísmica	Tipo Onda Registrada	Longitud (m)	Coordenadas UTM -84			
			E	N	E	N
LS-01	P	85	278970	8681026	278895	8681060
LS-02	P	85	278899	8681008	278935	8681082
Lw-03	S	53	278900	8681059	278949	8681038

Cuadro 4: Reservoirio R4 Comas Bajo (Hospital S. Bernales):
Coordenadas de líneas sísmicas

Línea Sísmica	Tipo Onda Registrada	Longitud (m)	Coordenadas UTM -84	
			E	N
LS-01	S	53	278064	8681924

Cuadro 5: Reservorio R4 Comas Bajo (Parque Sinchi Roca)
Coordenadas de líneas sísmicas

Línea Sísmica	Tipo Onda Registrada	Longitud (m)	Coordenadas UTM -84			
			E	N	E	N
LS-01	P	75	277180	8681645	277176	8681571
LS-02	P	100	277188	8681650	277136	8681568
Lw-03	S	53	277180	8681609	277133	8681617
LS-04	P	75	277145	8681574	277142	8681653
LS-05	P	75	277182	8681620	277109	8681612

Cuadro 6: Reservorio R5 San Martín
Coordenadas de líneas sísmicas

Línea Sísmica	Tipo Onda Registrada	Longitud (m)	Coordenadas UTM -84			
			E	N	E	N
LS-01	P	75	273150	8680485	273091	8680531
LS-02	P	75	273081	8680507	273154	8680520
Lw-03	S	53	273152	8680514	273100	8680526

Cuadro 7: Reservorio R6 Túpac Amaru
Coordenadas de líneas sísmicas

Línea Sísmica	Tipo Onda Registrada	Longitud (m)	Coordenadas			
			E	N	E	N
LS-01	P	93.5	278279.0	8681474.0	278213.5	8681483.6
LS-02	P	93.5	278242.3	8681510.6	278251.6	8681445.6
Lw-03	S	53	278250.4	8681485.3		

2. PROYECTO N°3: ESTUDIO GEOFISICO DE REFRACCION SISMICA LOTE B-1 VILLA EL SALVADOR

Cuadro 8: Coordenadas de líneas sísmicas

Línea Sísmica	Tipo Onda Registrada	Long (m)	Coordenadas			
			E	N	E	N
LS 01	P	76.5	286009.6	8650752.8	286093.4	8650738.8
LS 02	P	76.5	285996.1	8650671.7	286079.9	8650657.7
LS 03 A	P	85	286020.0	8650579.5	286035.4	8650663.1
LS 03 B	P	85	286035.4	8650667.2	286050.0	8650750.9
LS 04	P	76.5	285982.4	8650589.9	286066.5	8650577.3
LS 05	P	85	285975.9	8650586.9	285989.2	8650670.8
LS 06	P	85	286003.9	8650758.6	285989.2	8650674.9
LS 07	P	85	286064.8	8650572.0	286078.8	8650655.9
LS 08	P	85	286079.4	8650659.8	286093.4	8650743.7
LW 01	S	53	286071.0	8650742.6		
LW 02	S	53	286056.9	8650658.5		
LW 03	S	53	286014.0	8650665.2		
LW 04	S	53	286043.8	8650580.3		
LW 05	S	53	285999.6	8650587.7		

3. PROYECTO N°4: ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACION, PUENTE EN EL INTERCAMBIO VIAL AL PUERTO SANTA SOFÍA

Cuadro 9: Coordenadas de líneas sísmicas

Línea Sísmica	Tipo Onda Registrada	Longitud (m)	Coordenadas			
			E	N	E	N
LS 01	P	85	286009.6	8650752.8	286093.4	8650738.8
LS 02	P	85	285996.1	8650671.7	286079.9	8650657.7
LS 03 A	P	85	286020.0	8650579.5	286035.4	8650663.1
LS 03 B	P	76	286035.4	8650667.2	286050.0	8650750.9
LS 04	P	85	285982.4	8650589.9	286066.5	8650577.3
LS 05	P	85	285975.9	8650586.9	285989.2	8650670.8
LS 06	P	85	286003.9	8650758.6	285989.2	8650674.9
LS 07	P	85	286064.8	8650572.0	286078.8	8650655.9
LS 08	P	85	286079.4	8650659.8	286093.4	8650743.7
LW 01	S	53	286071.0	8650742.6		
LW 02	S	53	286056.9	8650658.5		
LW 03	S	53	286014.0	8650665.2		
LW 04	S	53	286043.8	8650580.3		
LW 05	S	53	285999.6	8650587.7		

4. PROYECTO N°5: ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DEL "LUGAR DE LA MEMORIA"

Cuadro 10: Coordenadas de líneas sísmicas

Línea Sísmica	Tipo Onda Registrada	Longitud (m)	Coordenadas			
			E	N	E	N
LS 01	P	50	276433.8	8660430.8	276470.7	8660399.5
LS 02	P	50	276444.6	8660450.6	276479.0	8660417.2
LS 03	P	75	276498.6	8660434.2	276425.0	8660416.8
LS 04	P	62.5	276467.0	8660394.1	276453.5	8660452.4
LS 05	P	50	276489.9	8660423.2	276459.1	8660463.1
LS 06	P	75	276458.2	8660400.5	276509.3	8660452.9
LS 07	P	75	276503.6	8660454.5	276447.9	8660405.2
LS 08	P	75	276440.2	8660414.2	276495.7	8660458.3
Lw 01	S	34	276463.7	8660405.1	276437.8	8660427.1
Lw 02	S	53	276445.3	8660421.3	276477.5	8660429.0
Lw 03	S	34	276489.6	8660422.9	276468.8	8660449.8

5. PROYECTO N°6: ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA EL PROYECTO:
"AMPLIACION DEL PUENTE DEL EJERCITO Y ACCESOS"

Cuadro 11: Coordenadas de líneas sísmicas

Línea Sísmica	Tipo de Ondas	Longitud (m)	Coordenadas			
			E	N	E	N
LS 01	P	72	277775.4	8668724.6	277777.7	8668796.6
LS 02	S	53	277774.9	8668724.9	277776.5	8668777.7
LS 03	P	75	277772.6	8668724.8	277847.1	8668733.5
LS 10	P	62.5	277739.3	8668744.4	277717.0	8668789.1
LS 11	P	75	277739.6	8668726.6	277695.8	8668787.5
LS 12	S	53	277735.3	8668733.5	277704.5	8668776.6
LS 13	P	75	277740.8	8668728.9	277666.6	8668739.7
LS 04	P	75	277783.8	8668661.4	277791.3	8668589.8
LS 05	S	53	277784.4	8668651.4	277789.9	8668598.7
LS 06	P	75	277742.9	8668654.3	277749.8	8668582.7
LS 07	S	53	277744.3	8668644.4	277749.7	8668591.7
LS 08	S	53	277700.0	8668650.0	277752.8	8668655.3
LS 09	S	53	277769.3	8668656.3	277716.5	8668651.1

6. PROYECTO N°7: ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACION
COLEGIO ALEXANDER VON HUMBOLDT

Cuadro 12: Coordenadas de líneas sísmicas

Línea Sísmica	Tipo Onda Registrada	Longitud (m)	Coordenadas			
			E	N	E	N
Lw 01	S	53	282108	8658527	282128	8658477
Lw 02	S	53	282139	8658480	282133	8658426
Lw 03	S	53	282071	8658488	282082	8658441
LP 04	P	53	282085	8658434	282074	8658482
Lw 05	S	53	282075	8658515	282102	8658512

7. PROYECTO N°8: ESTUDIO SUELOS Av. NESTOR GAMBETA - CALLAO,
KILÓMETROS 20+200 A 21+300

Cuadro 13: Coordenadas de líneas sísmicas

Línea Sísmica	Tipo Onda Registrada	Longitud (m)	Coordenadas	
			E	N
Lw 01	S	53	268136.2	8670591.2
Lw 02	S	53	268251.2	8671216.3
Lw 03	S	53	268372.8	8671862.4

8. PROYECTO N°9: ENSAYOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y MASW PARA EL PROYECTO: "ESTUDIO COMPLEMENTARIO PARA LA EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUELO DE CIMENTACIÓN PARA LA AMPLIACIÓN DEL PATIO TALLER DEL METRO DE LIMA - LÍNEA 01"

Cuadro 14: Coordenadas de líneas sísmicas

Línea Sísmica	Tipo Onda Registrada	Longitud (m)	Coordenadas			
			E	N	E	N
LS - 01	P	100	290118.9	8649387.2	2 290067.9	8649473.2
LW - 01	S	53	290072.6	8649494.6		
LW - 02	S	53	290108.1	8649432.9		
LW - 03	S	53	290052.4	8649474.3		
LW - 04	S	53	290073.8	8649414.5		
LW - 05	S	53	290096.8	8649379.3		

ANEXO II
REGISTROS DE LINEAS SISMICAS

PROYECTO N° 1
ESTUDIO GEOFISICO, SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE

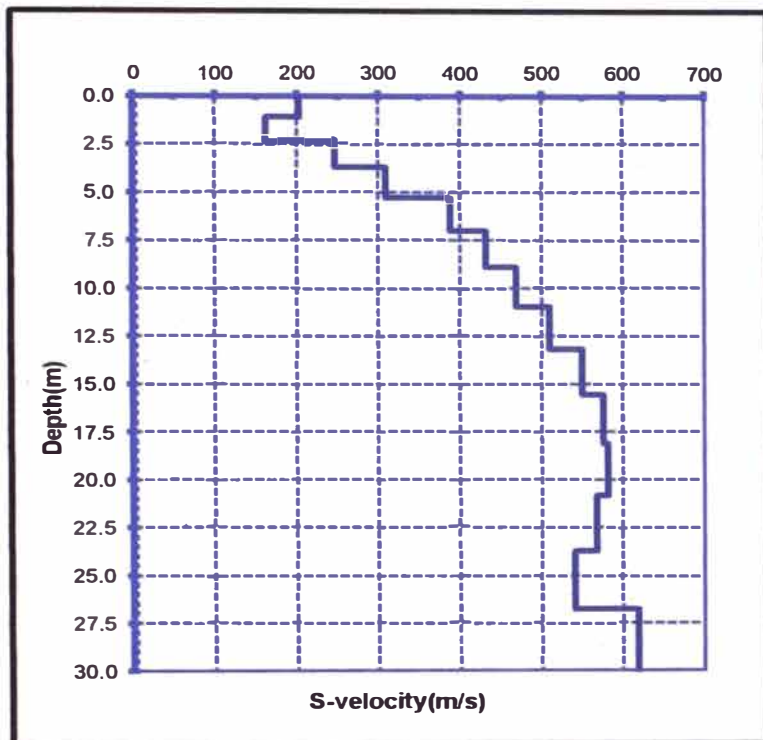
PROYECTO : SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO TRAMO
A.V. GRAU -BAYOVAR (S.J.L.)

LÍNEA SÍSMICA: Lw 01

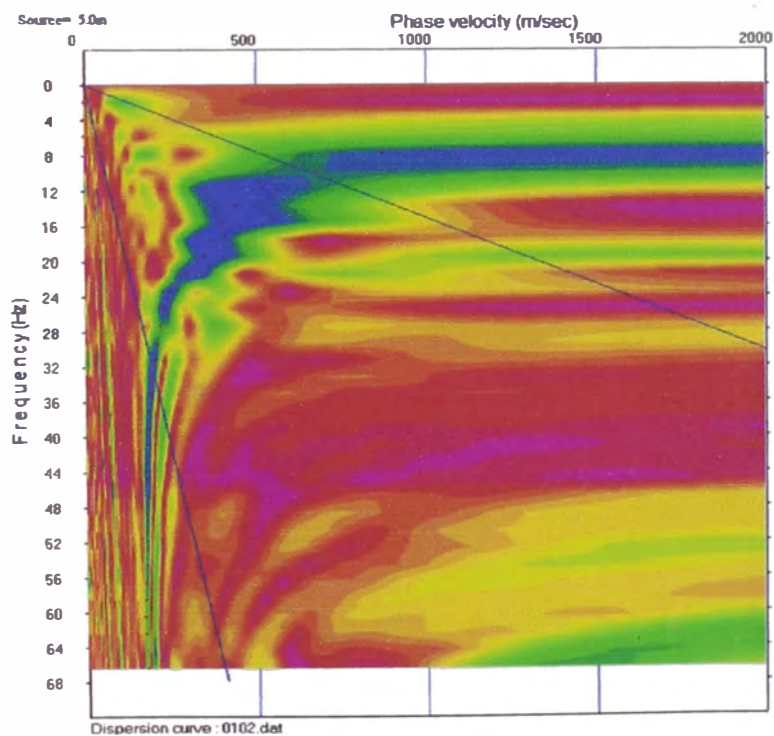
SECTOR : KM 24+400

ONDAS REGISTRADAS: S

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES S



CURVA DE DISPERSION



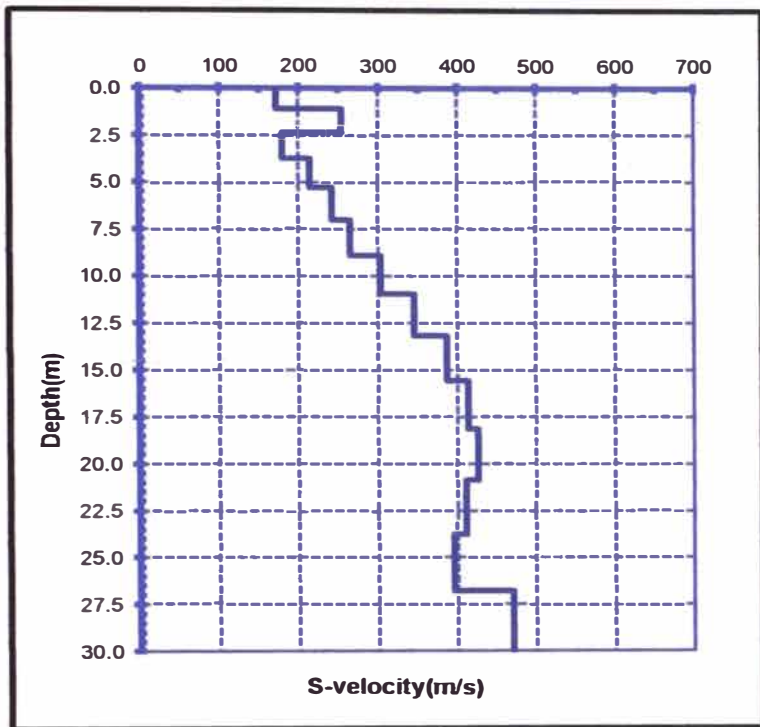
PROYECTO : SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO TRAMO
A.V. GRAU –BAYOVAR (S.J.L.)

LÍNEA SISMICA: Lw 02

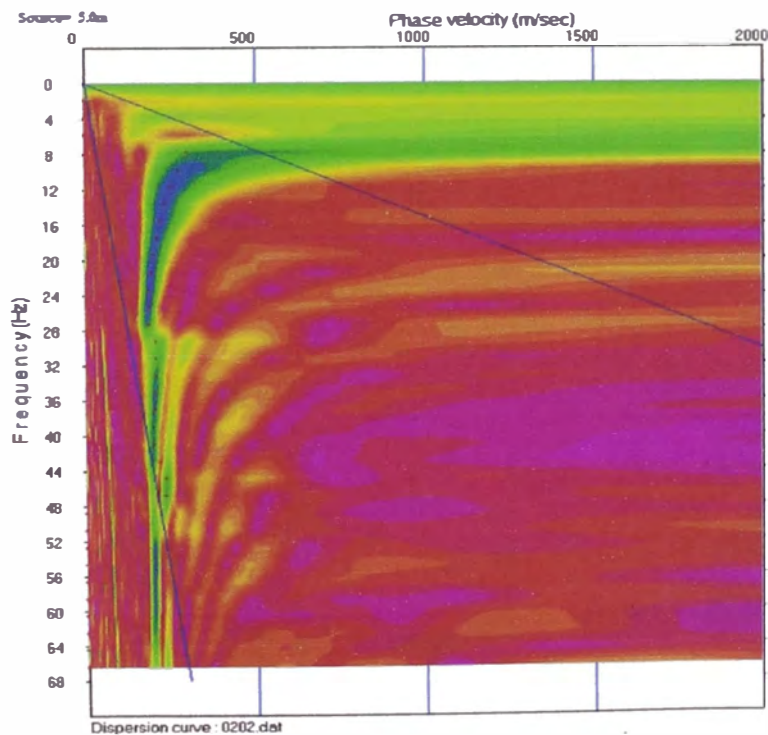
SECTOR : KM 26+750

ONDAS REGISTRADAS: S

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES S



CURVA DE DISPERSION



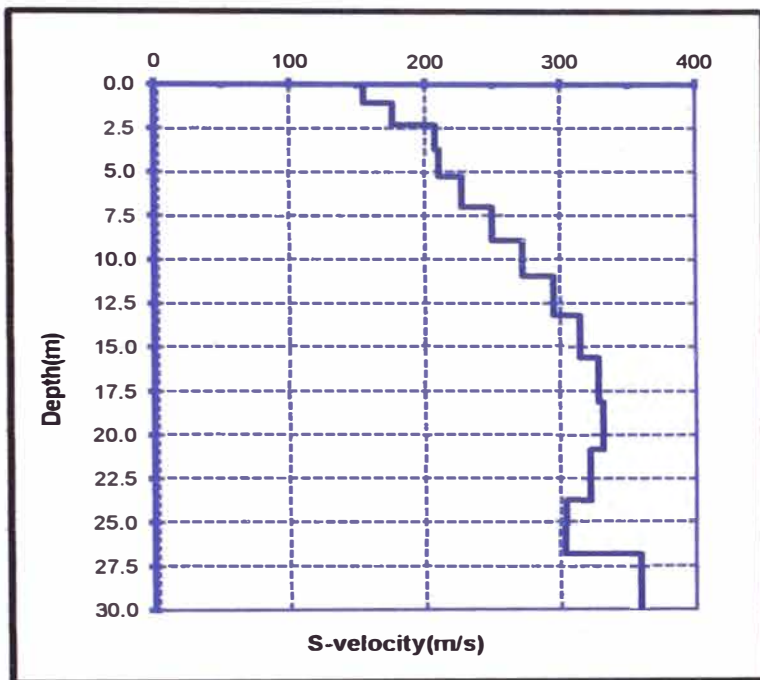
PROYECTO : SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO TRAMO
A.V. GRAU –BAYOVAR (S.J.L.)

LÍNEA SISMICA: Lw 03

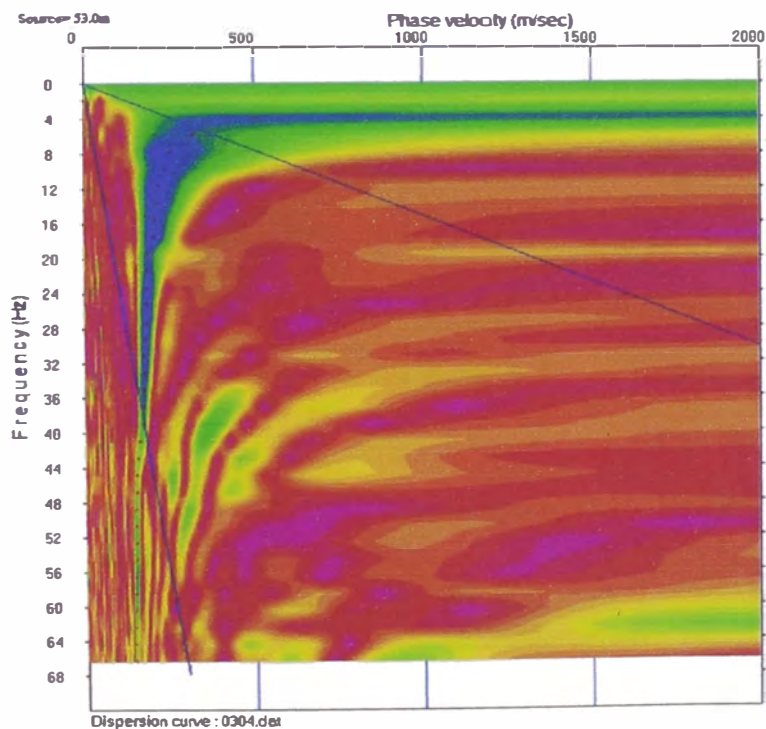
SECTOR : KM 27+750

ONDAS REGISTRADAS: S

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES S

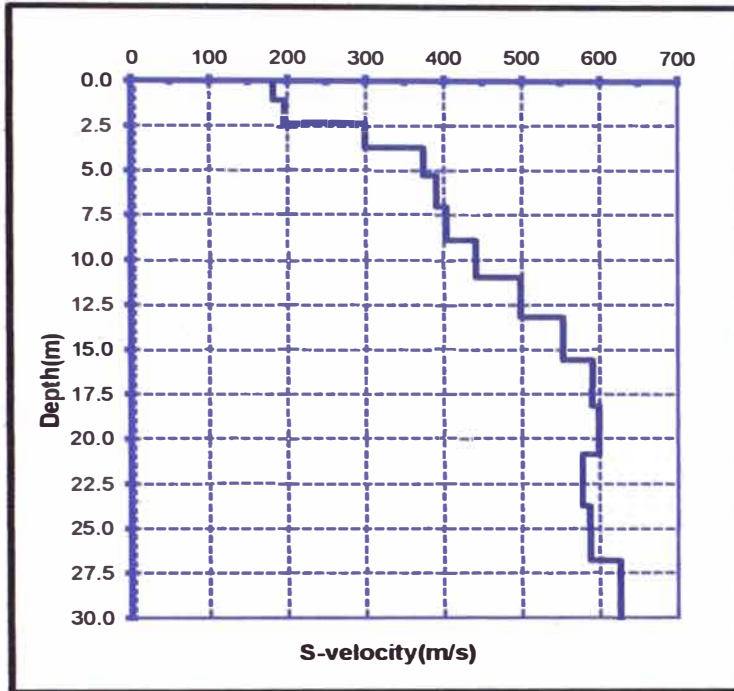


CURVA DE DISPERSION

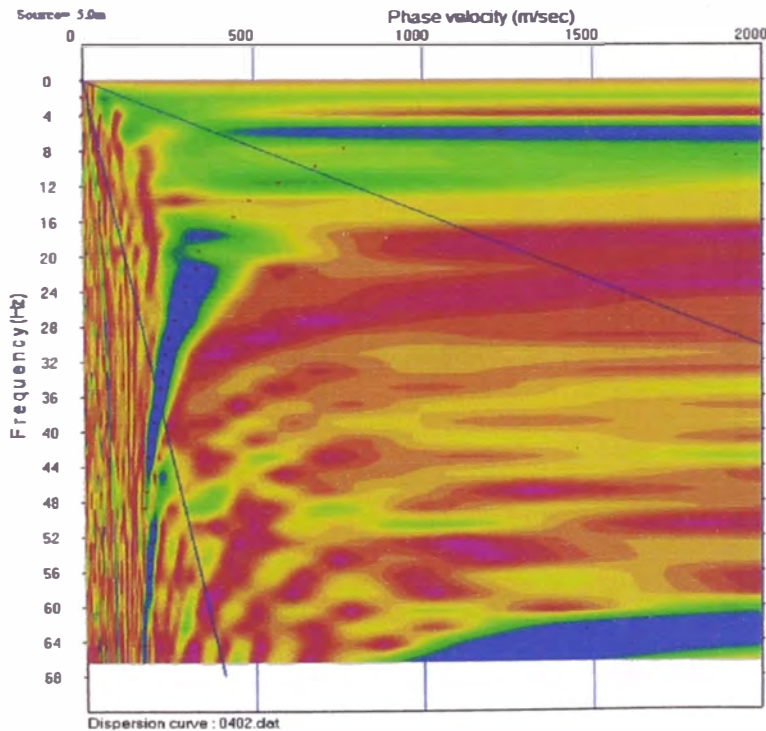


PROYECTO : SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO TRAMO
A.V. GRAU –BAYOVAR (S.J.L.)
LINEA SISMICA: Lw 04
SECTOR : KM 30+070
ONDAS REGISTRADAS: S

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES S

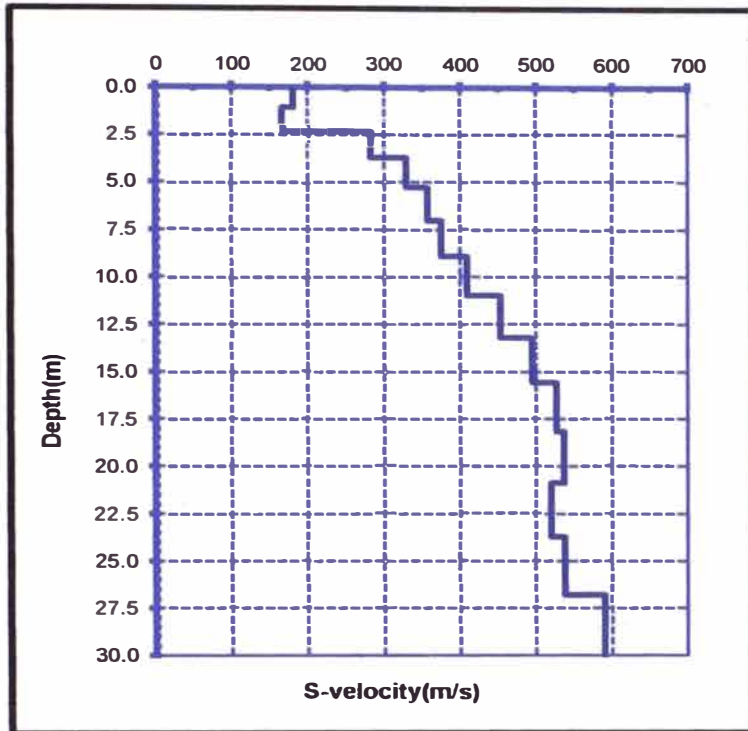


CURVA DE DISPERSION

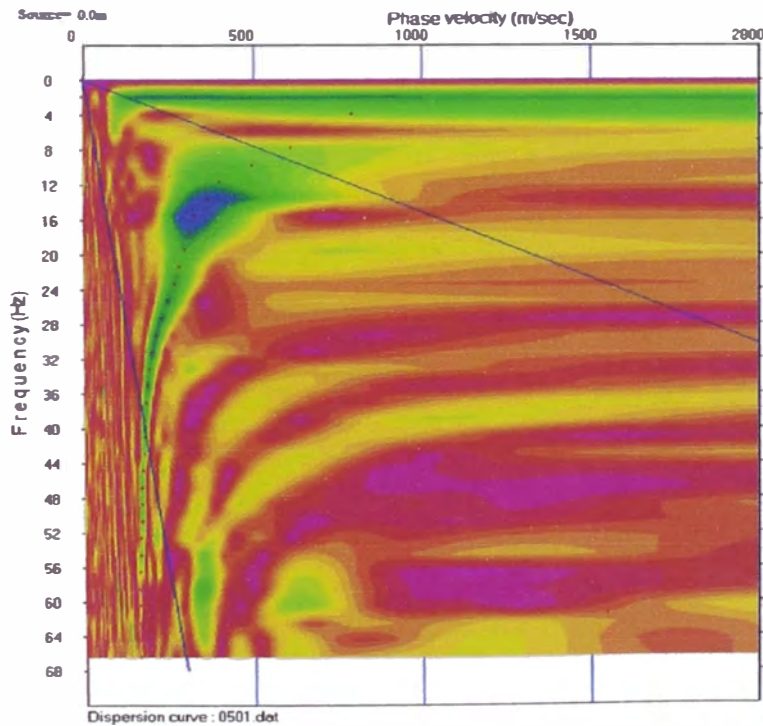


PROYECTO : SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO TRAMO
A.V. GRAU –BAYOVAR (S.J.L.)
LINEA SISMICA: Lw 05
SECTOR : KM 26+240
ONDAS REGISTRADAS: S

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES S

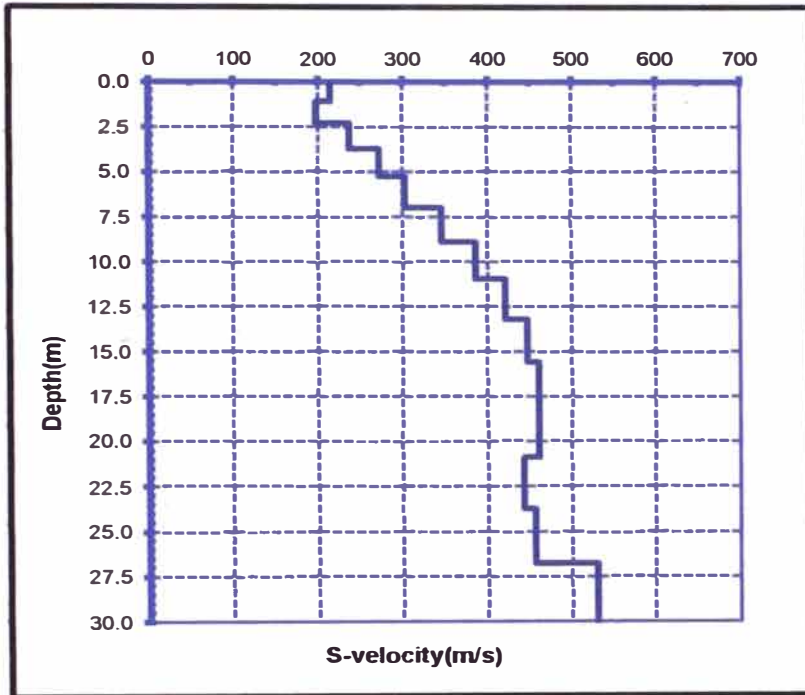


CURVA DE DISPERSION

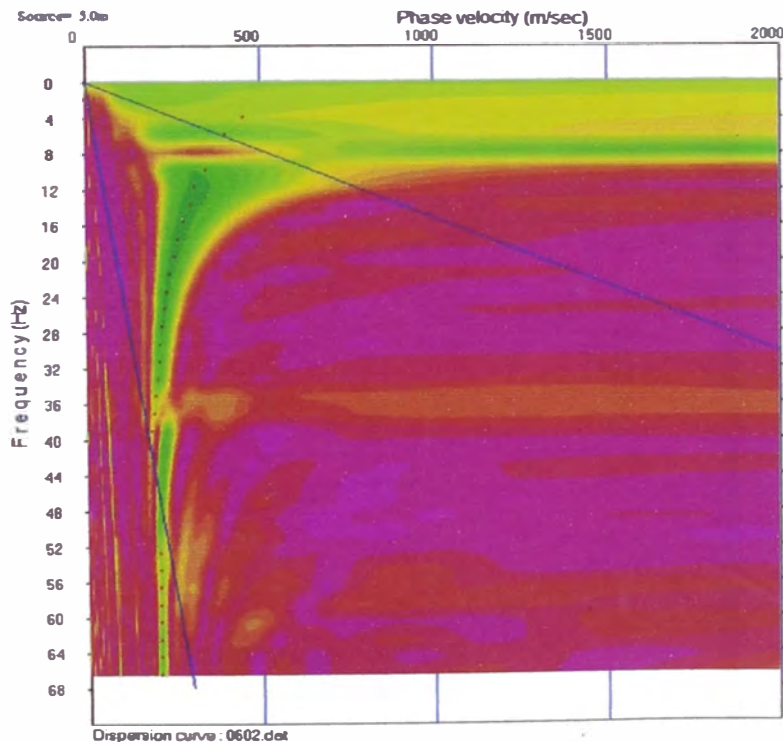


PROYECTO : SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO TRAMO
A.V. GRAU –BAYOVAR (S.J.L.)
LINEA SISMICA: Lw 06
SECTOR : KM 26+450
ONDAS REGISTRADAS: S

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES S

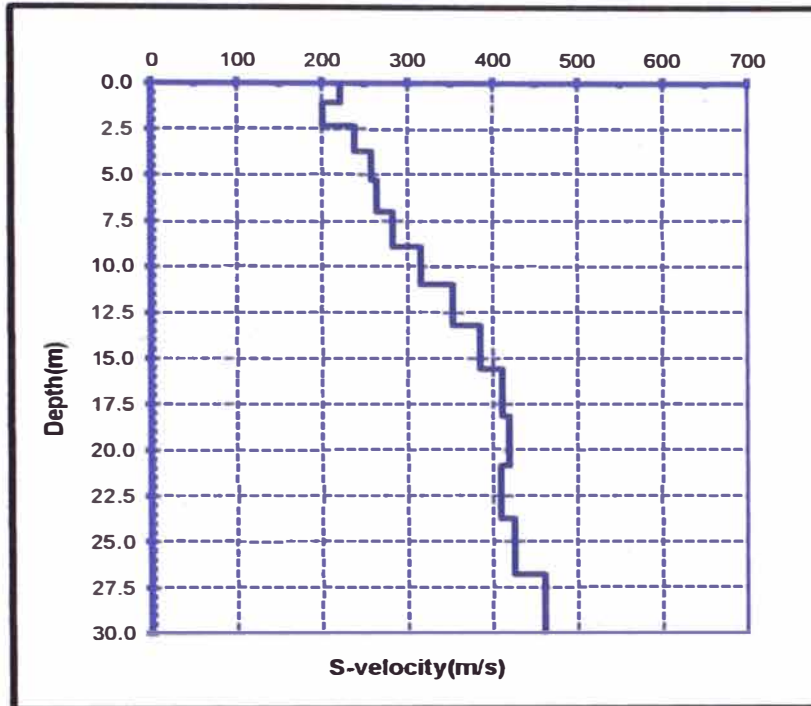


CURVA DE DISPERSION

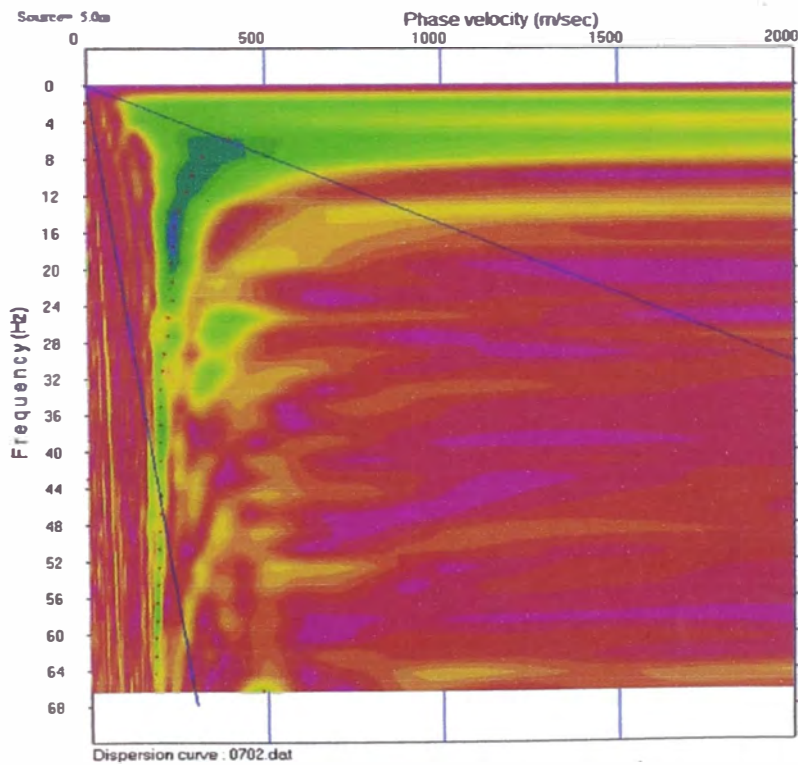


PROYECTO : SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO TRAMO
A.V. GRAU -BAYOVAR (S.J.L.)
LINEA SISMICA: Lw 07
SECTOR : KM 28+130
ONDAS REGISTRADAS: S

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES S

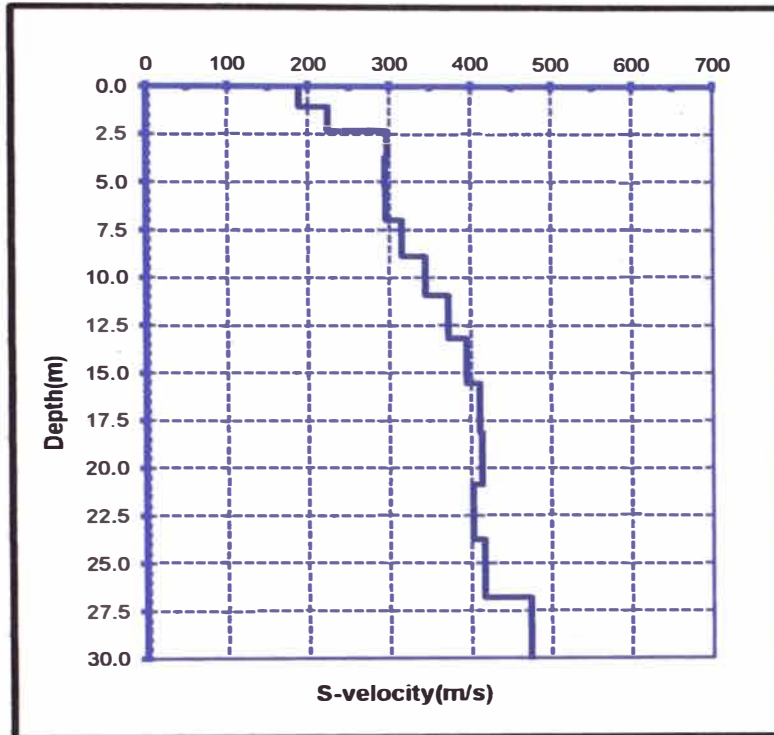


CURVA DE DISPERSION

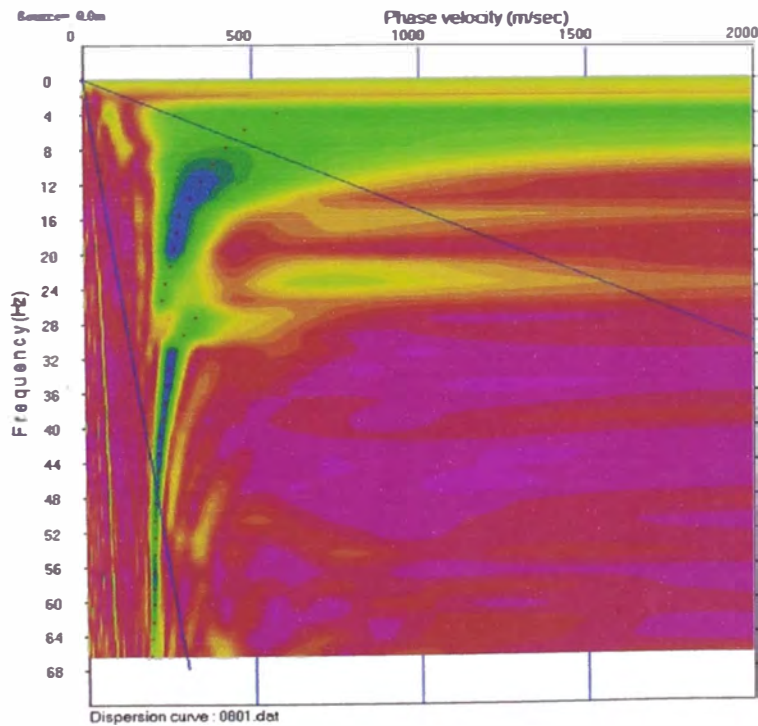


PROYECTO : SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO TRAMO
A.V. GRAU –BAYOVAR (S.J.L.)
LINEA SISMICA: Lw 08
SECTOR : KM 28+600
ONDAS REGISTRADAS: S

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES S

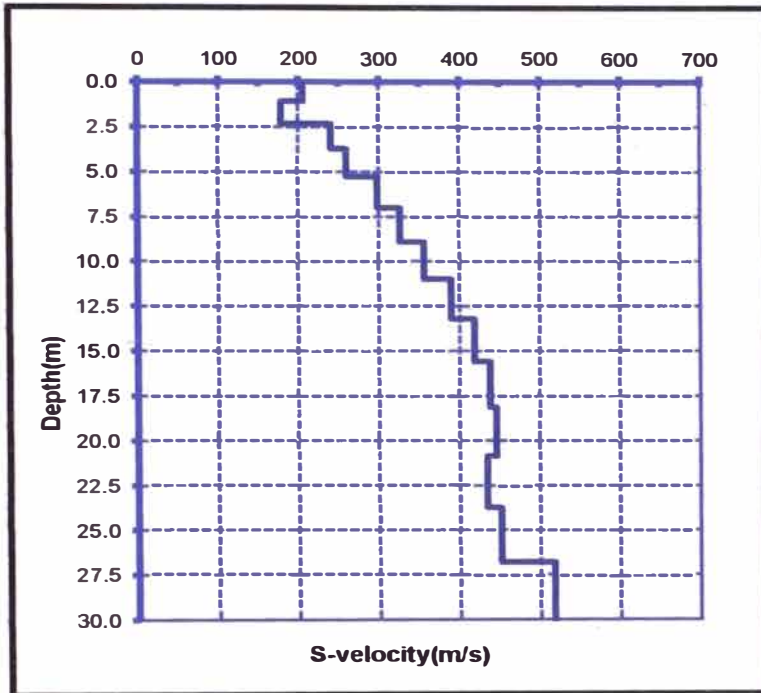


CURVA DE DISPERSION

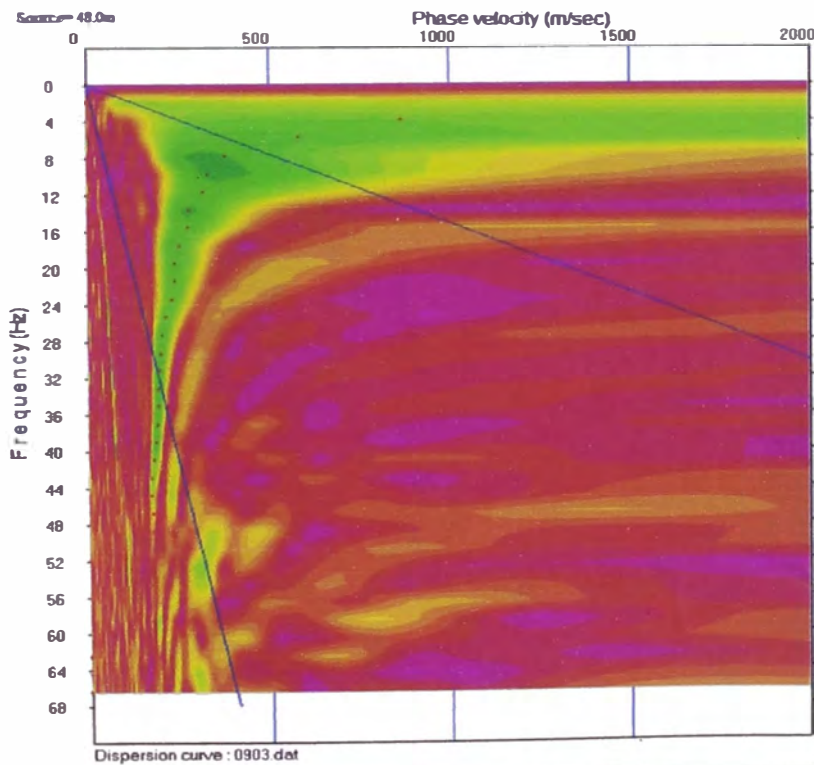


PROYECTO : SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO TRAMO
A.V. GRAU –BAYOVAR (S.J.L.)
LINEA SISMICA: Lw 09
SECTOR : KM 29+400
ONDAS REGISTRADAS: S

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES S

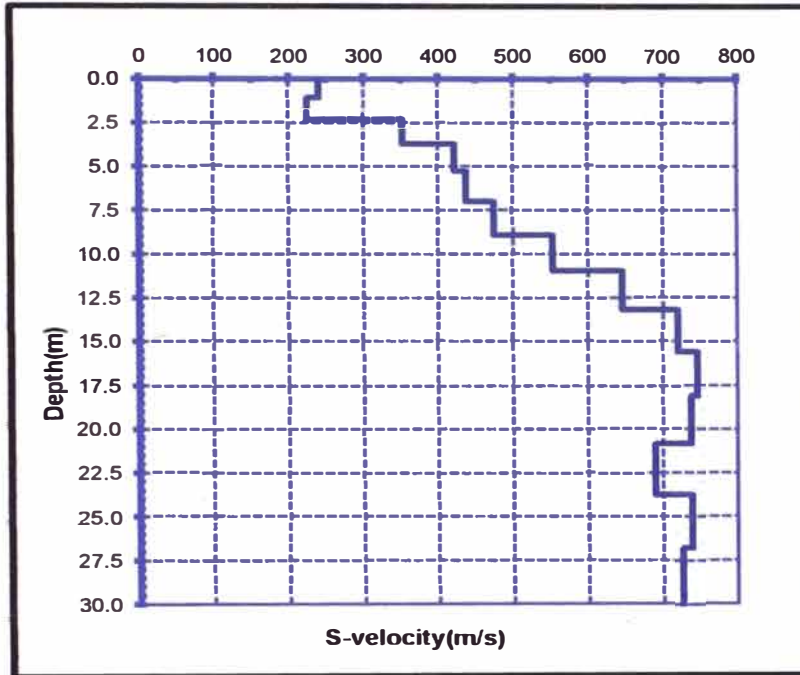


CURVA DE DISPERSION

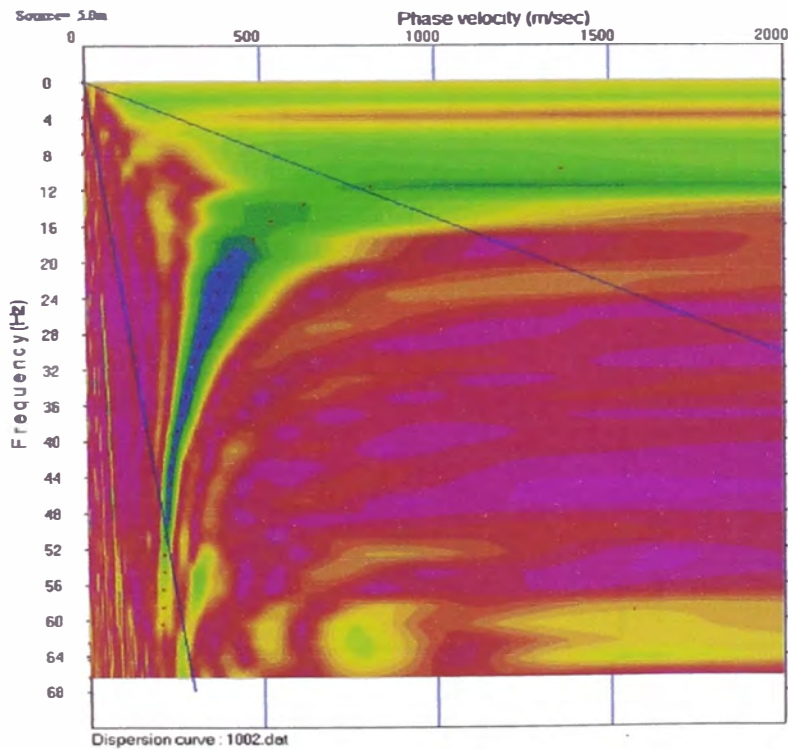


PROYECTO : SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO TRAMO
A.V. GRAU –BAYOVAR (S.J.L.)
LINEA SISMICA: Lw 10
SECTOR : KM 33+300
ONDAS REGISTRADAS: S

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES S

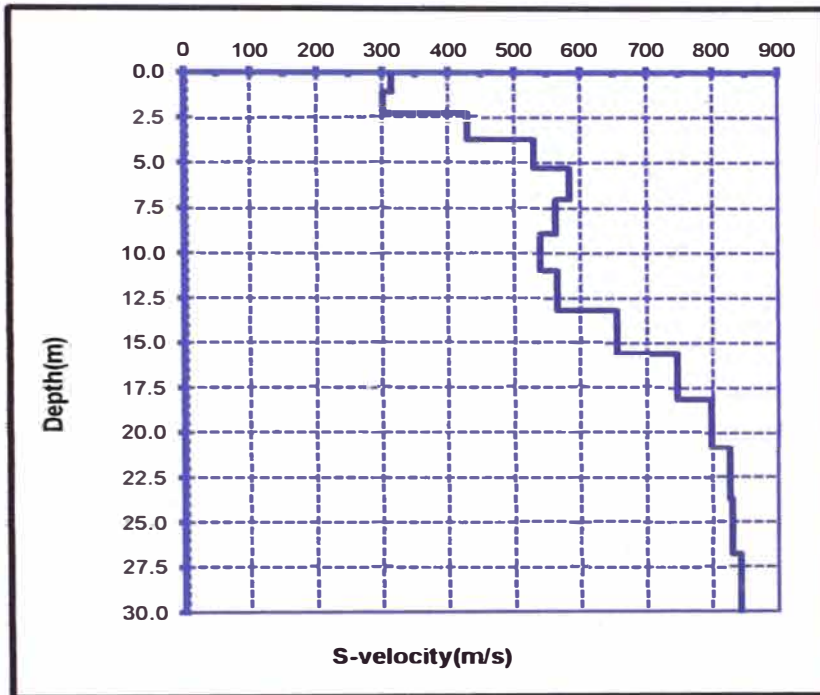


CURVA DE DISPERSION

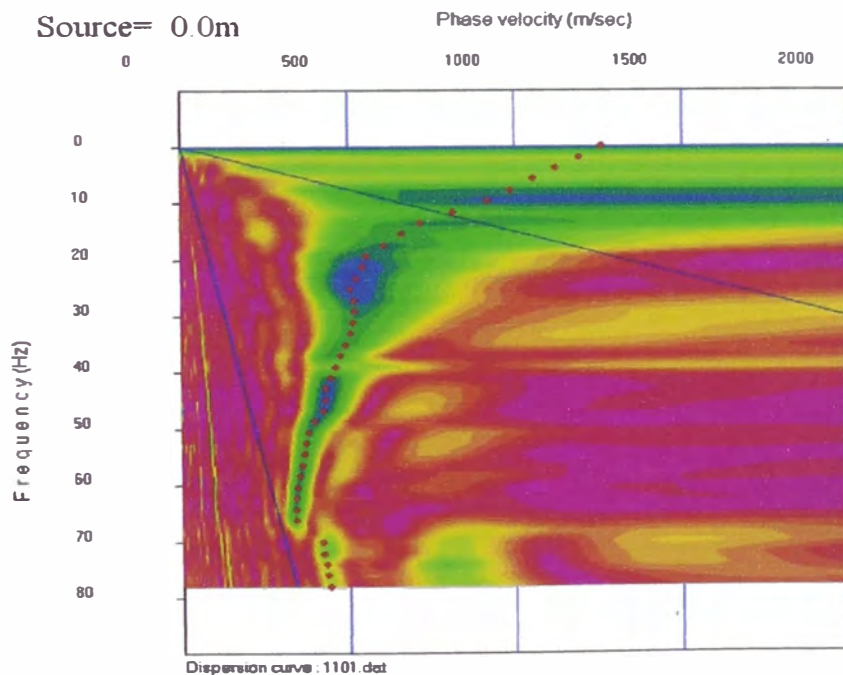


PROYECTO : SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO TRAMO
A.V. GRAU –BAYOVAR (S.J.L.)
LINEA SISMICA: Lw 11
SECTOR : KM 21+700
ONDAS REGISTRADAS: S

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES S

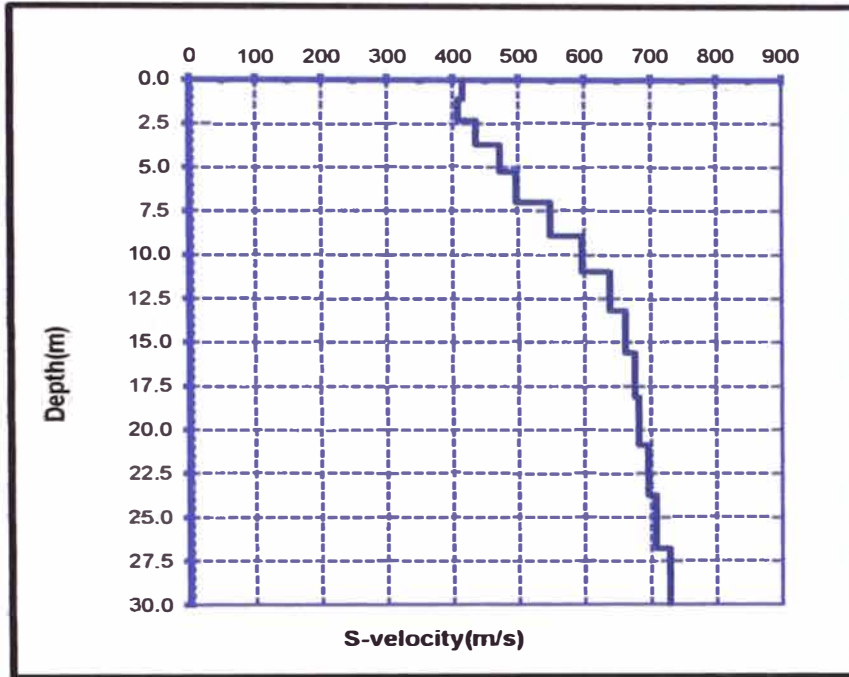


CURVA DE DISPERSION

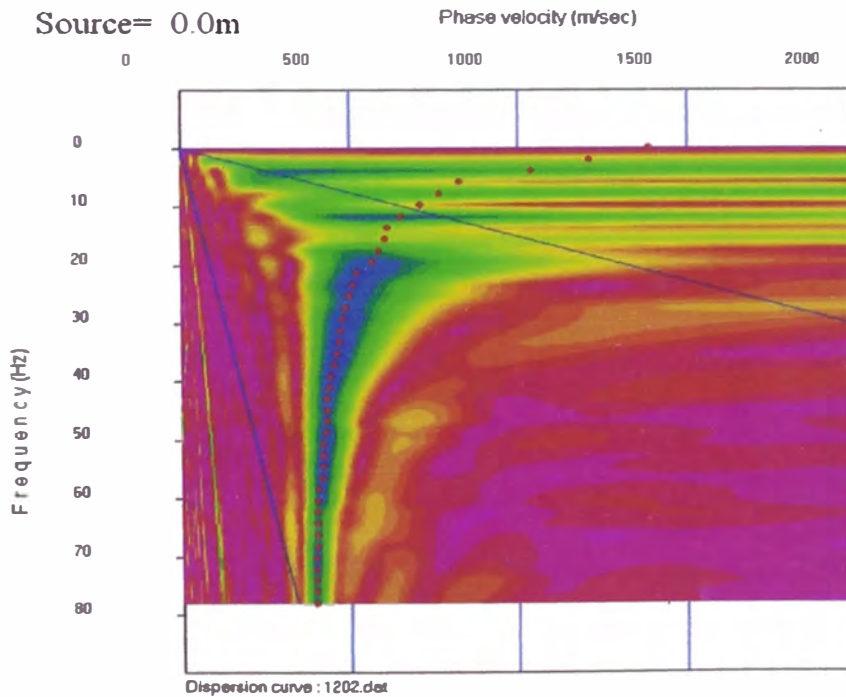


PROYECTO : SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO TRAMO
A.V. GRAU –BAYOVAR (S.J.L.)
LINEA SISMICA: Lw 12
SECTOR : KM 22+250
ONDAS REGISTRADAS: S

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES S

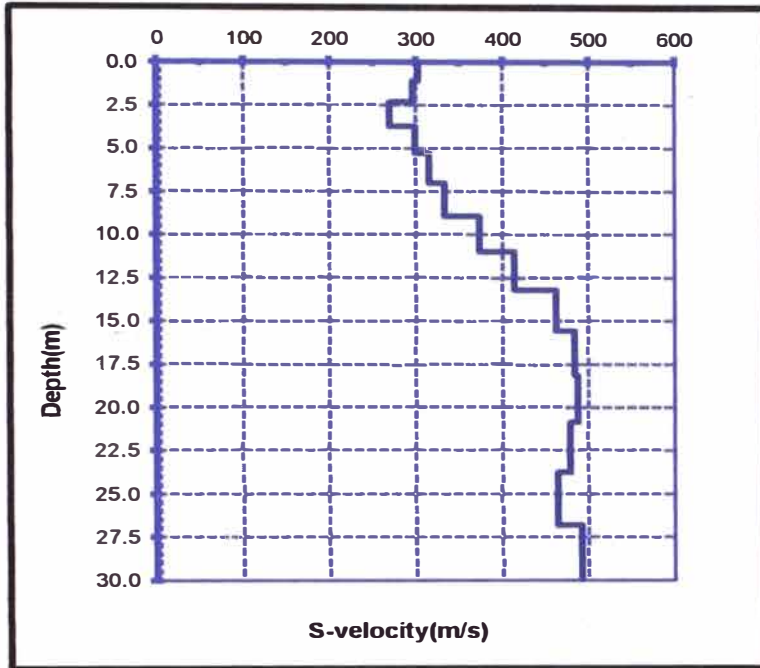


CURVA DE DISPERSION

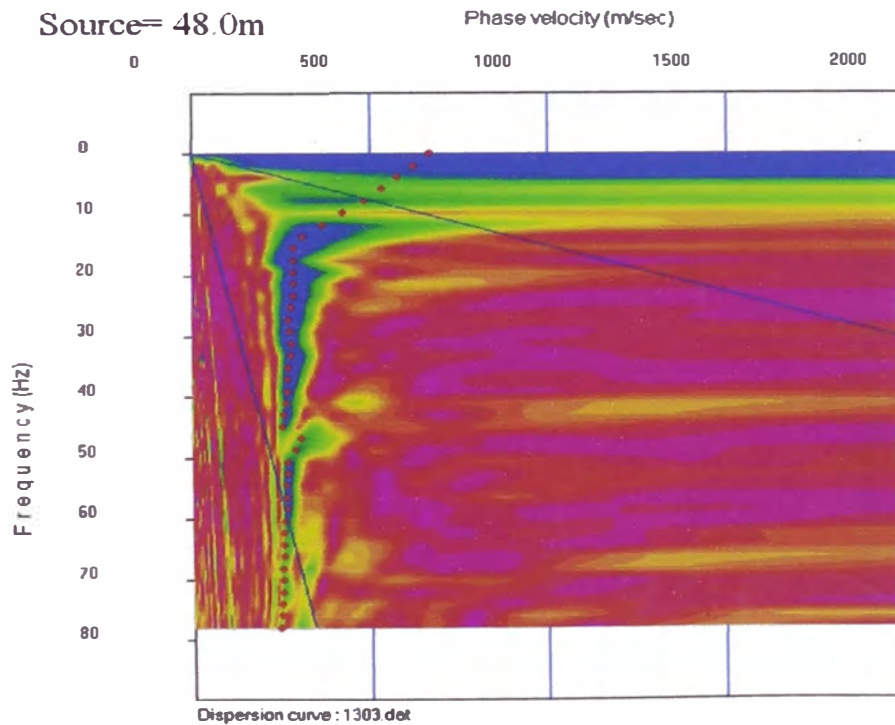


PROYECTO : SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO TRAMO
A.V. GRAU –BAYOVAR (S.J.L.)
LINEA SISMICA: Lw 13
SECTOR : KM 23+035
ONDAS REGISTRADAS: S

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES S

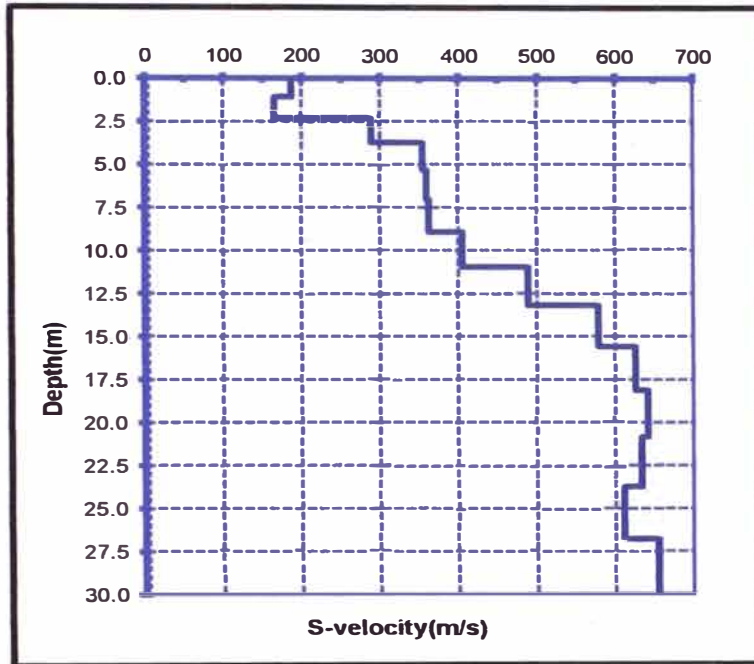


CURVA DE DISPERSION

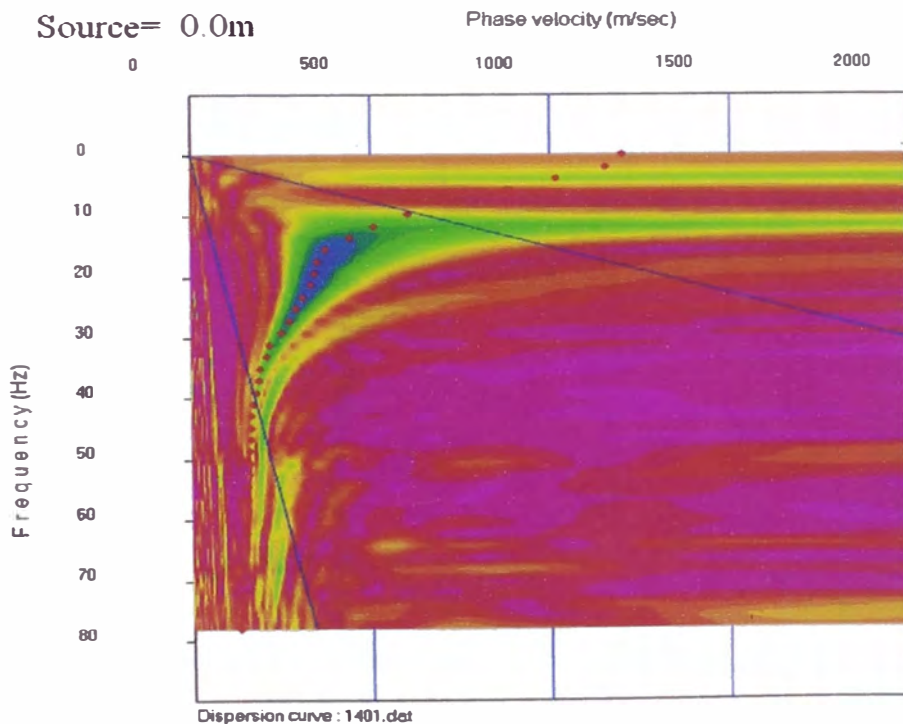


PROYECTO : SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO TRAMO
A.V. GRAU –BAYOVAR (S.J.L.)
LINEA SISMICA: Lw 14
SECTOR : KM 24+750
ONDAS REGISTRADAS: S

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES S

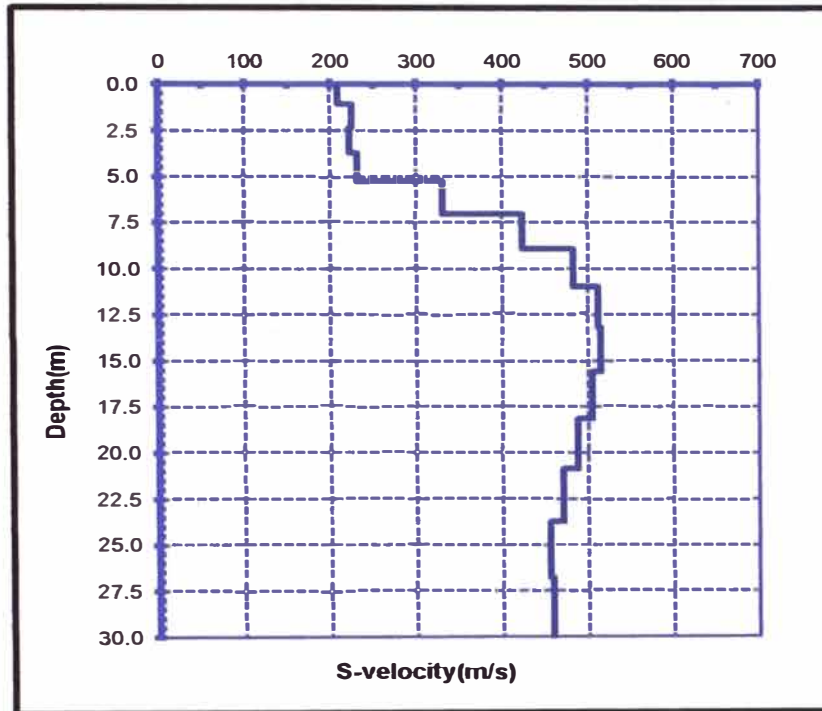


CURVA DE DISPERSION

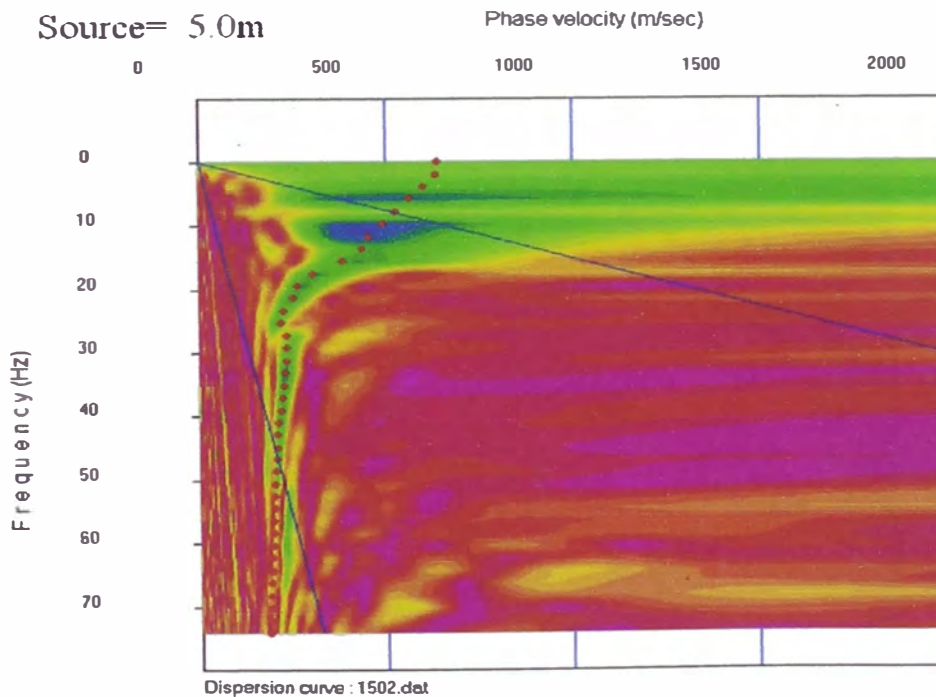


PROYECTO : SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO TRAMO
A.V. GRAU -BAYOVAR (S.J.L.)
LINEA SISMICA: Lw 15
SECTOR : KM 25+585
ONDAS REGISTRADAS: S

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES S

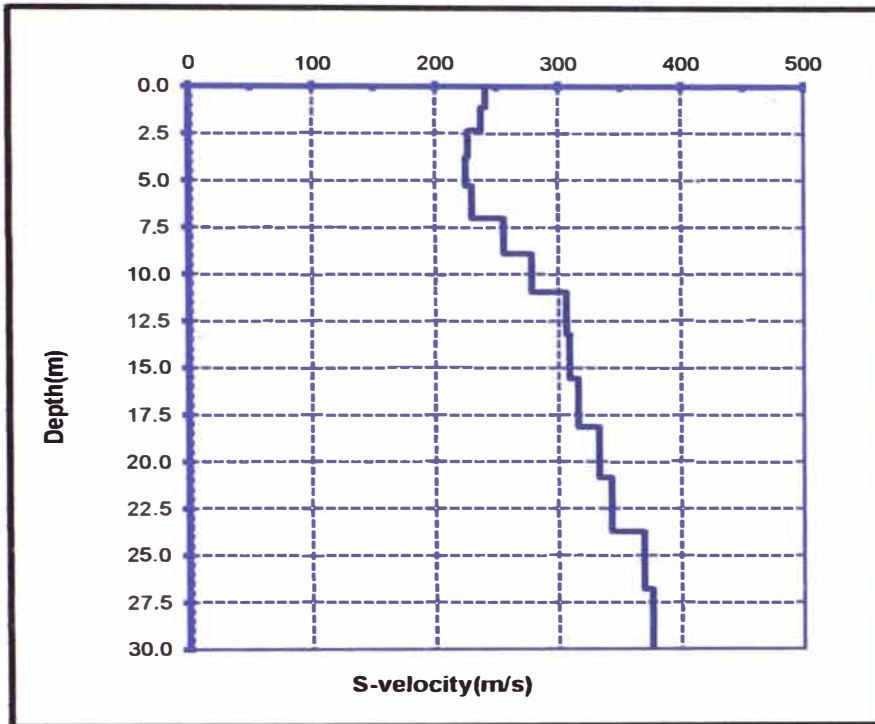


CURVA DE DISPERSION

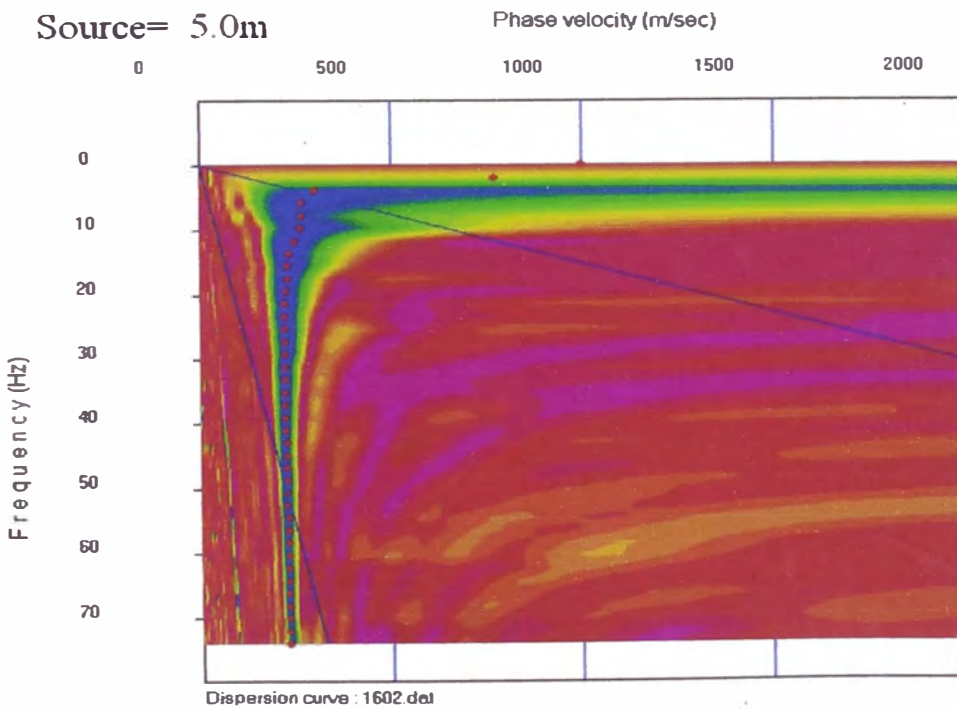


PROYECTO : SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO TRAMO
A.V. GRAU –BAYOVAR (S.J.L.)
LINEA SISMICA: Lw 16
SECTOR : KM 27+100
ONDAS REGISTRADAS: S

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES S

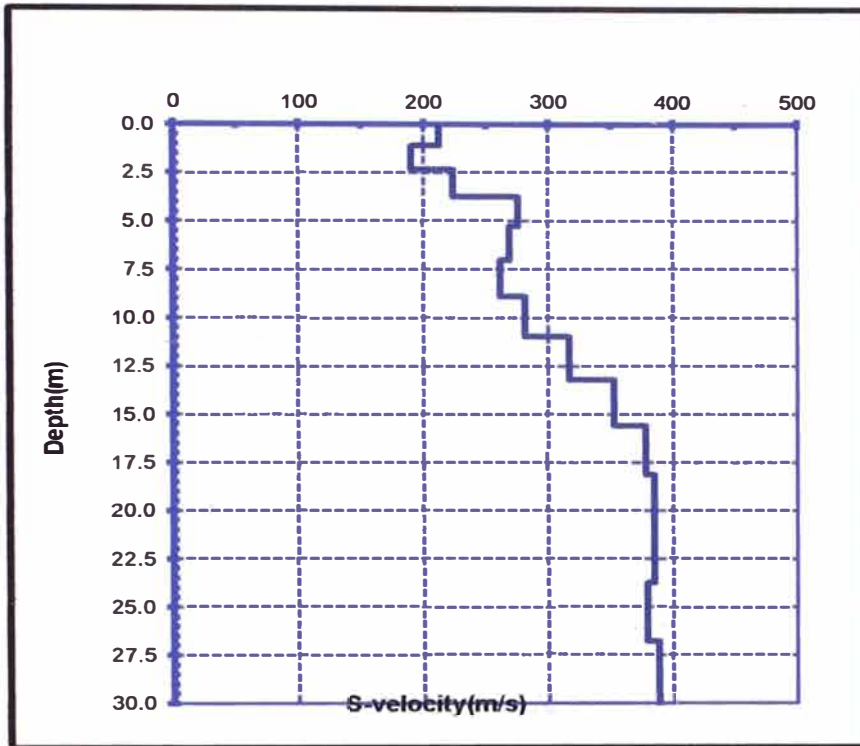


CURVA DE DISPERSION

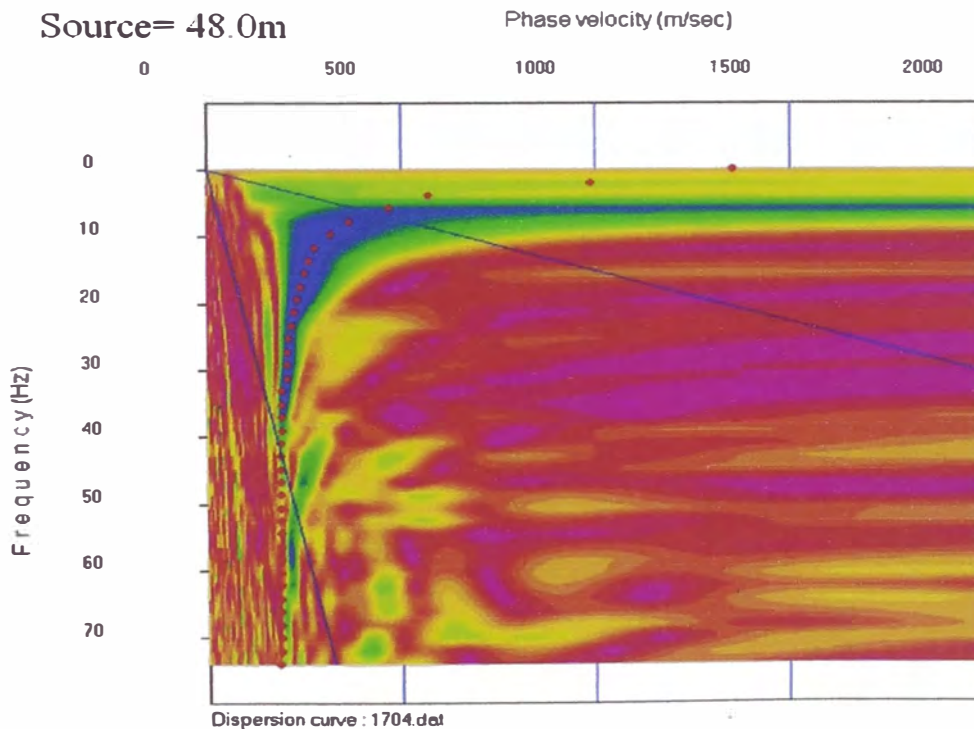


PROYECTO : SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO TRAMO
A.V. GRAU –BAYOVAR (S.J.L.)
LINEA SISMICA: Lw 17
SECTOR : KM 27+935
ONDAS REGISTRADAS: S

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES S

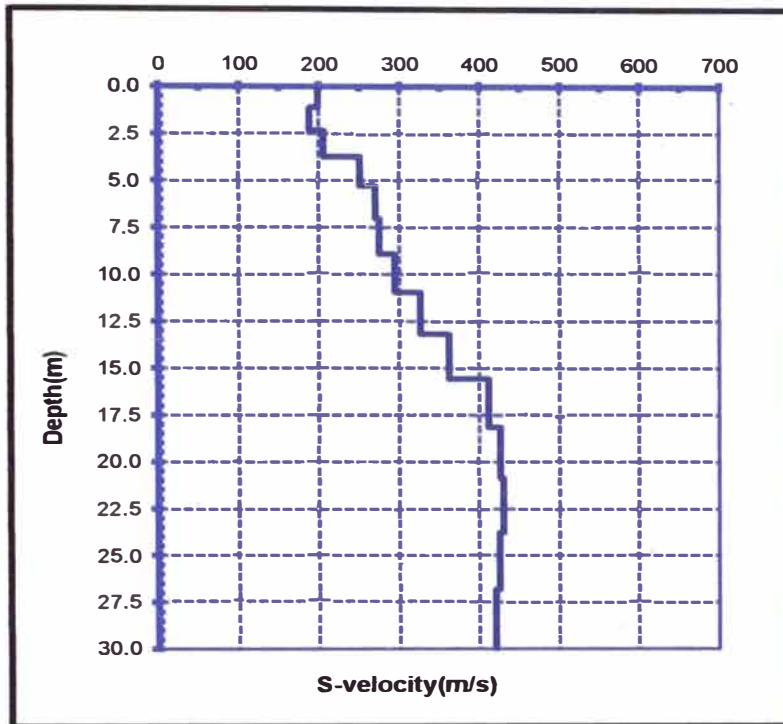


CURVA DE DISPERSION

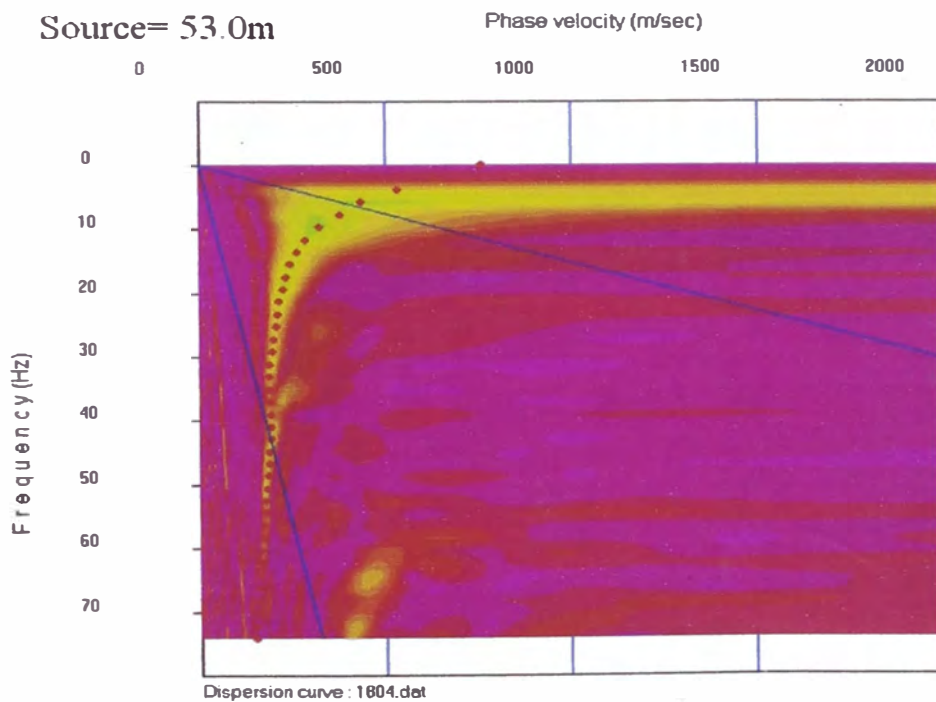


PROYECTO : SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO TRAMO
A.V. GRAU –BAYOVAR (S.J.L.)
LINEA SISMICA: Lw 18
SECTOR : KM 28+300
ONDAS REGISTRADAS: S

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES S

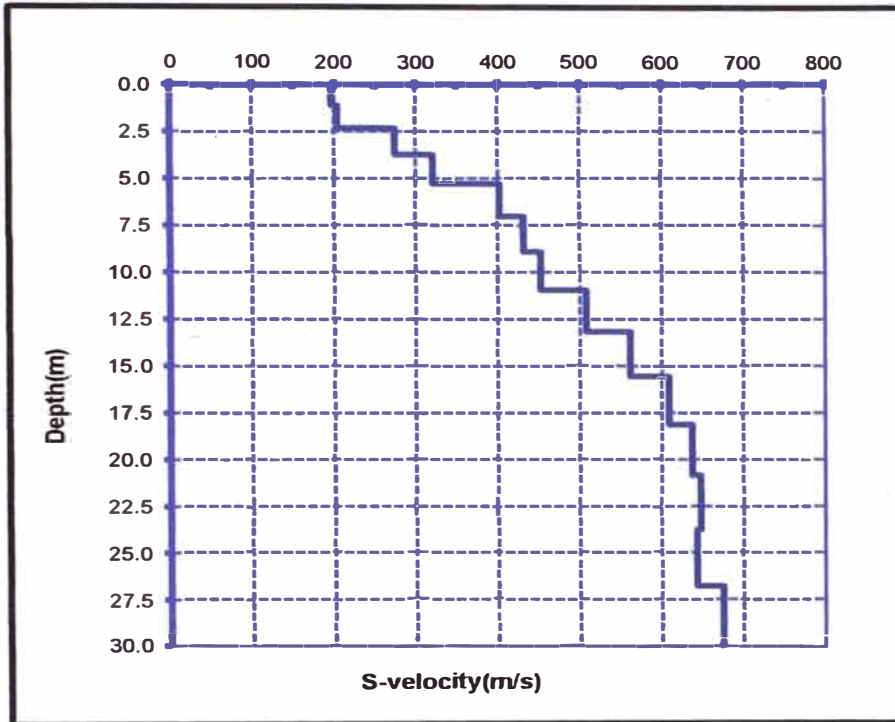


CURVA DE DISPERSION

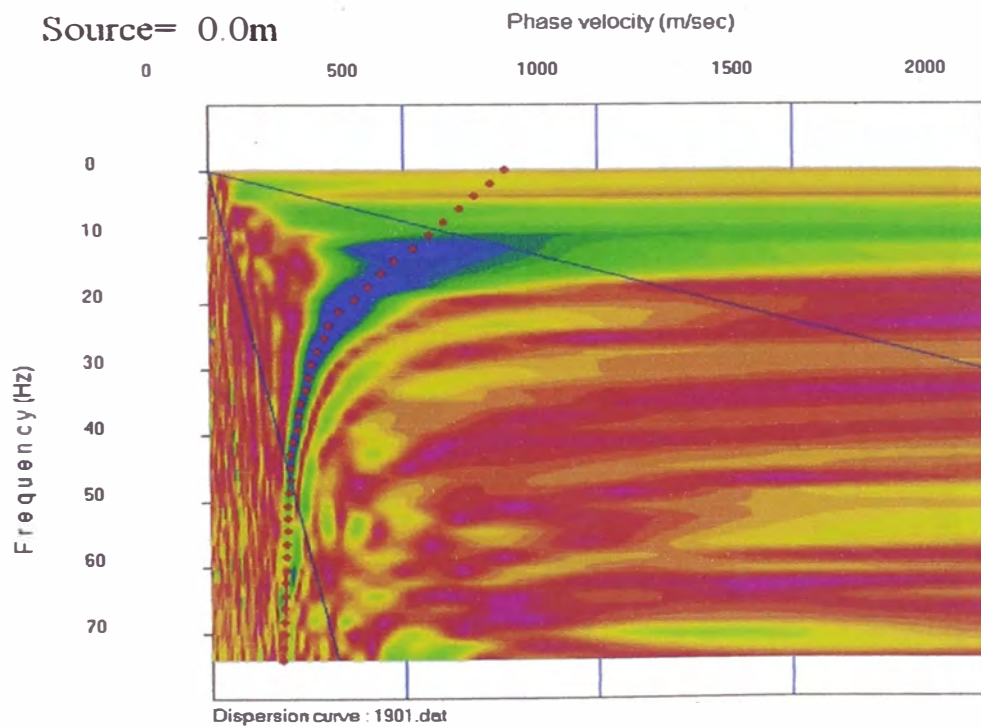


PROYECTO : SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO TRAMO
A.V. GRAU –BAYOVAR (S.J.L.)
LINEA SISMICA: Lw 19
SECTOR : KM 31+100
ONDAS REGISTRADAS: S

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES S

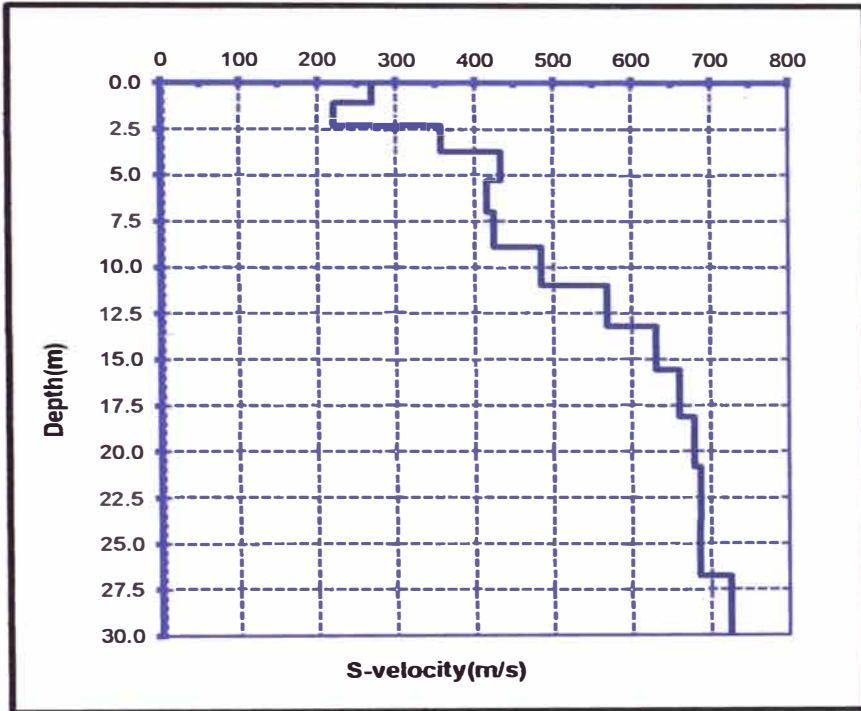


CURVA DE DISPERSION

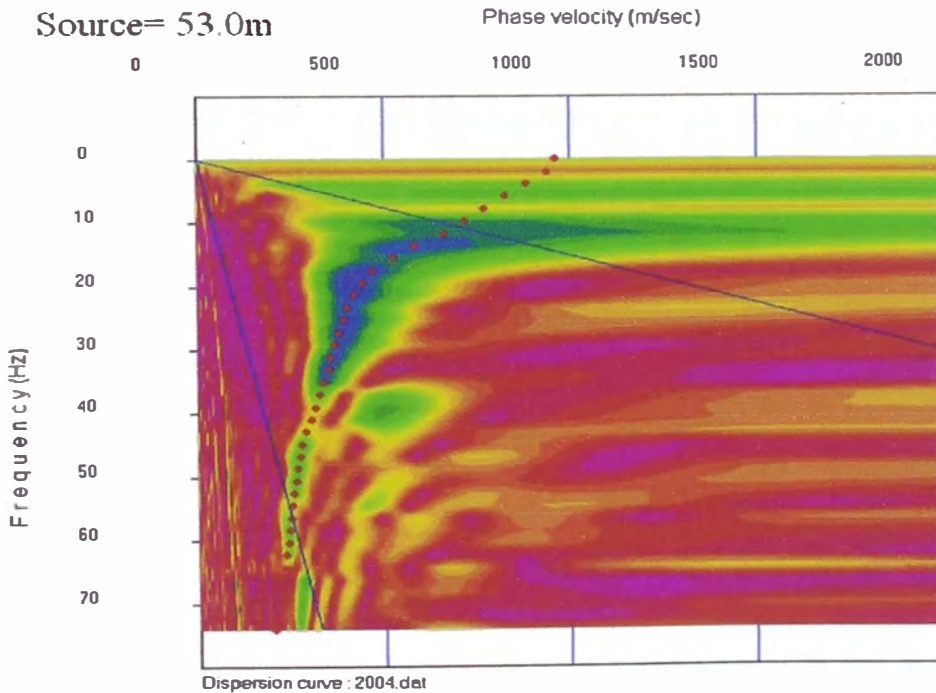


PROYECTO : SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO TRAMO
A.V. GRAU –BAYOVAR (S.J.L.)
LINEA SISMICA: Lw 20
SECTOR : KM 32+200
ONDAS REGISTRADAS: S

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES S



CURVA DE DISPERSION

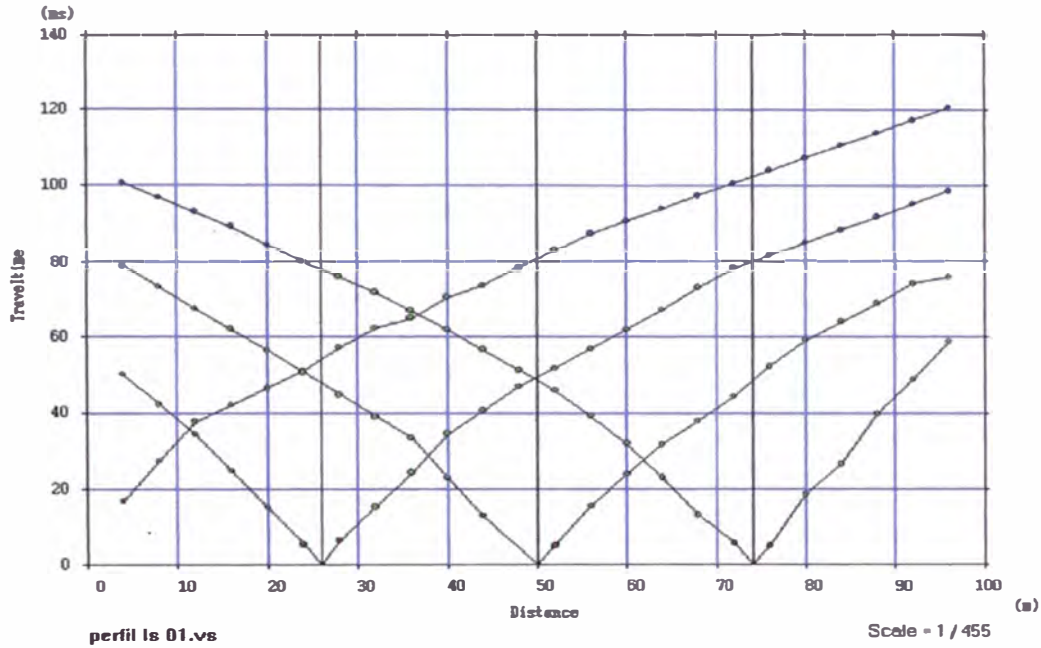


PROYECTO N° 2
ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACION DE 6
RESERVORIOS DEL PROYECTO DE MEJORAMIENTO SANITARIO DE
LAS ÁREAS MARGINALES DE LIMA

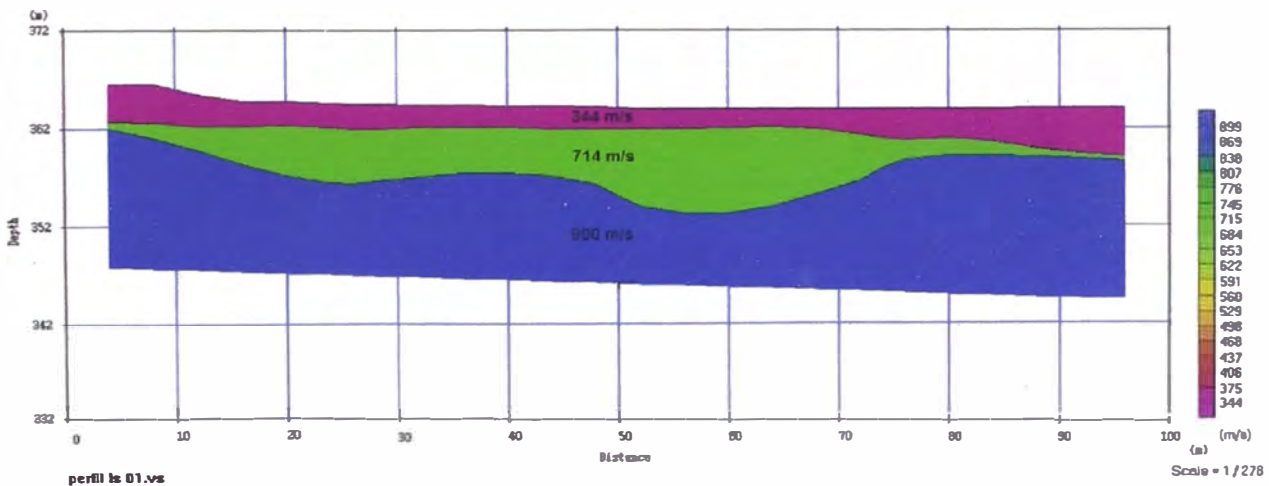
PROYECTO : "ESTUDIO GEOTÉCNICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DE 06 RESERVORIOS DE AGUA POTABLE, PARA EL PROYECTO MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS AREAS MARGINALES DE LIMA LOTES 1,2 y 3"

RESERVORIO: R1 – Jicamarca
LINEA SISMICA: Ls 01
ONDAS REGISTRADAS: P

DROMOCRONICA



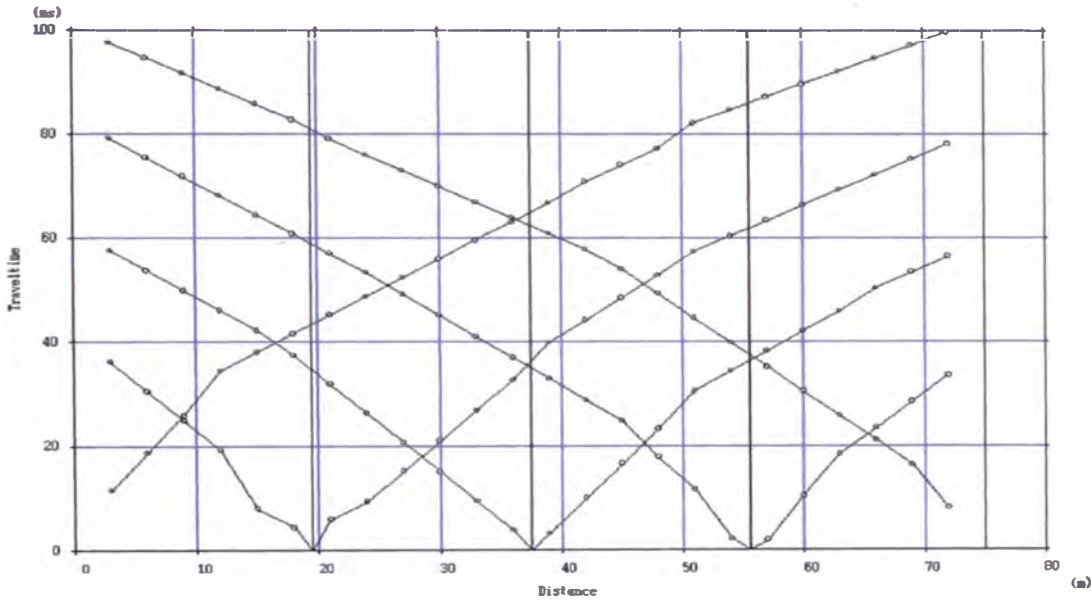
PERFIL SISMICO



PROYECTO : "ESTUDIO GEOTÉCNICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DE 06 RESERVORIOS DE AGUA POTABLE, PARA EL PROYECTO MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS AREAS MARGINALES DE LIMA LOTES 1,2 y 3"

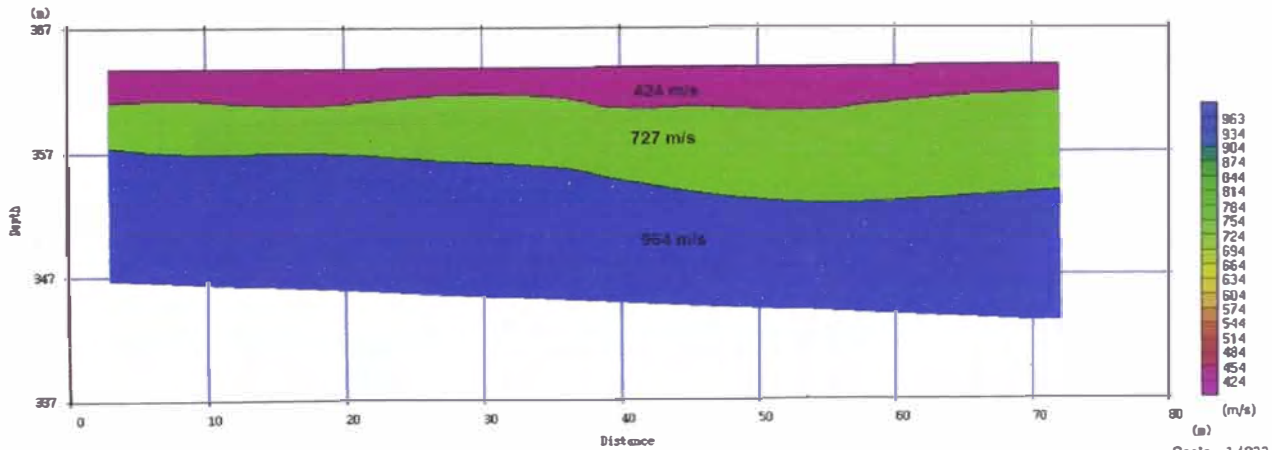
RESERVORIO: R1 – Jicamarca
LÍNEA SISMICA: Ls 02
ONDAS REGISTRADAS: P

DROMOCRONICA



Perfil Is 02.vs

PERFIL SISMICO



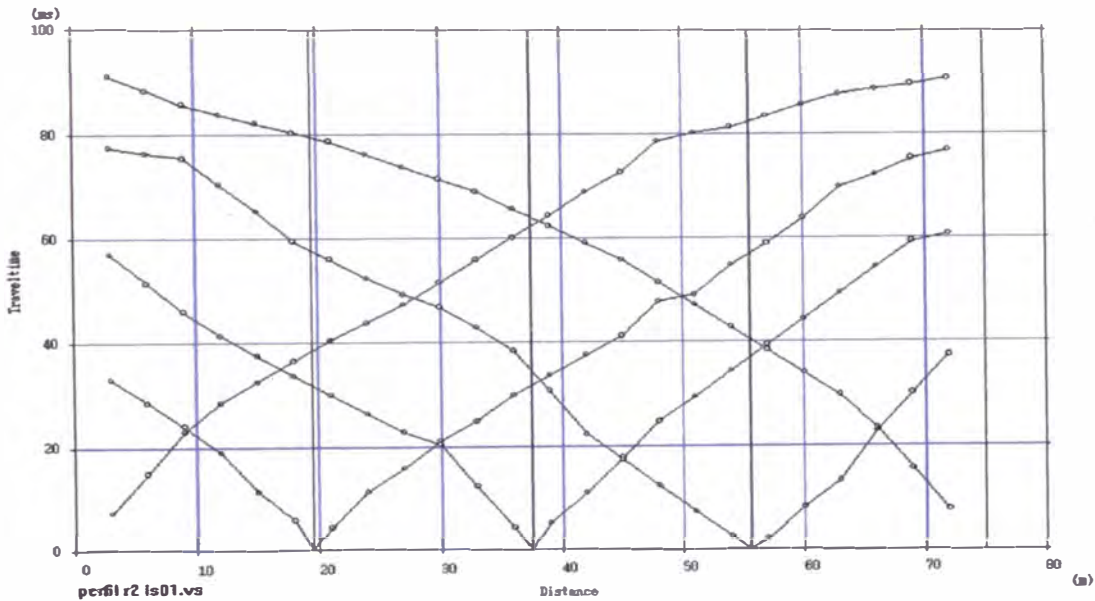
Perfil Is 02.vs

Scale = 1/233

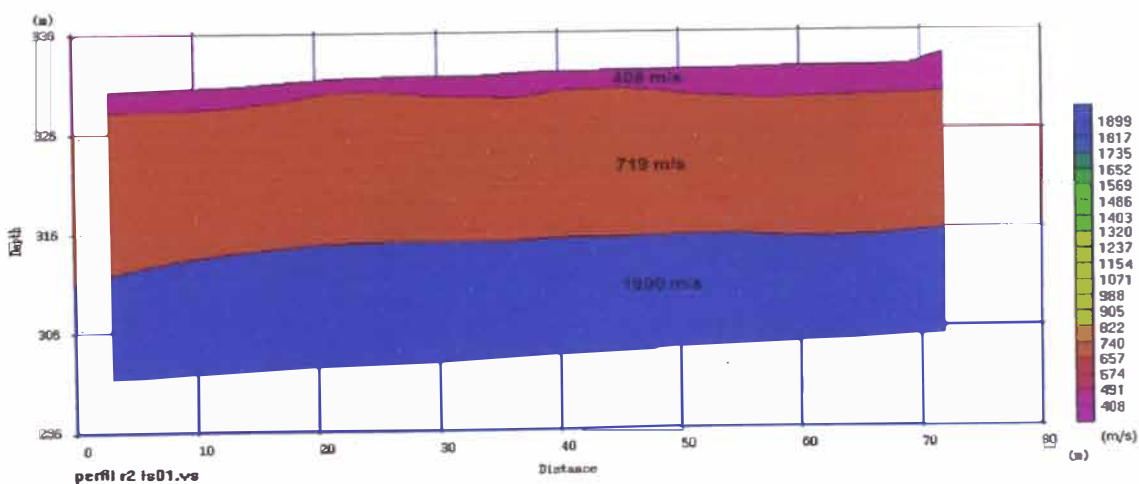
PROYECTO : "ESTUDIO GEOTÉCNICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DE 06 RESERVORIOS DE AGUA POTABLE, PARA EL PROYECTO MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS AREAS MARGINALES DE LIMA LOTES 1,2 y 3"

RESERVORIO: R2 - Canto Grande
 LINEA SISMICA: Ls 01
 ONDAS REGISTRADAS: P

DROMOCRONICA



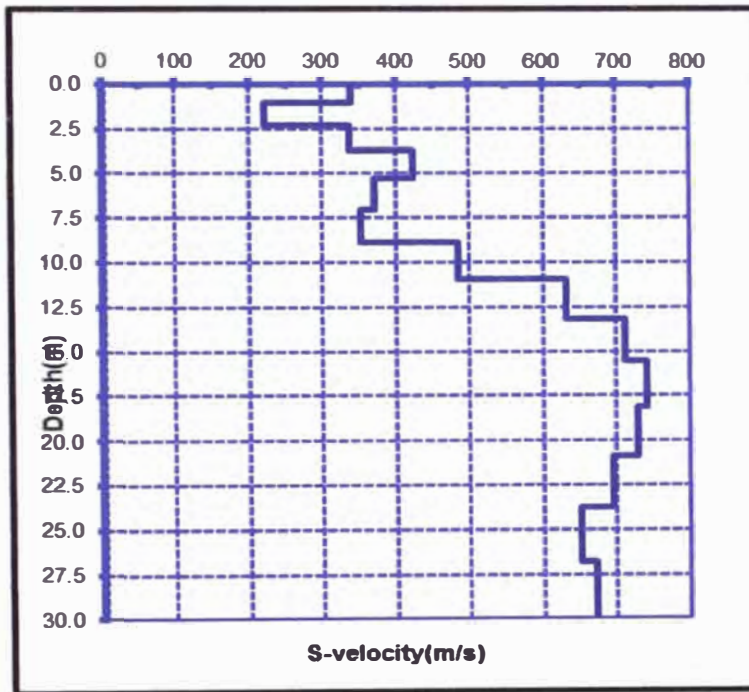
PERFIL SISMICO



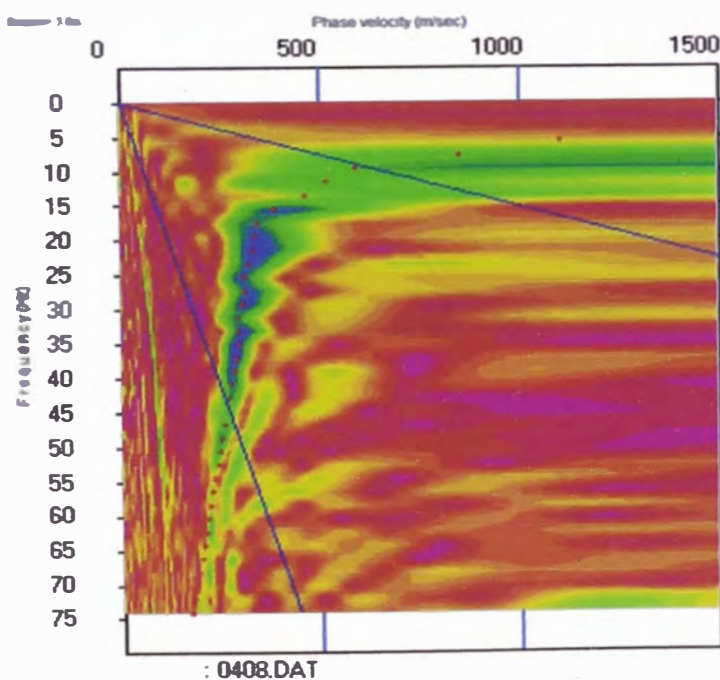
PROYECTO : "ESTUDIO GEOTÉCNICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DE 06
RESERVORIOS DE AGUA POTABLE, PARA EL PROYECTO
MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS AREAS MARGINALES DE
LIMA LOTES 1,2 y 3"

RESERVORIO: R2 – Canto Grande
LINEA SISMICA: Lw 03
ONDAS REGISTRADAS: S

VELOCIDAD "S" Vs PROFUNDIDAD



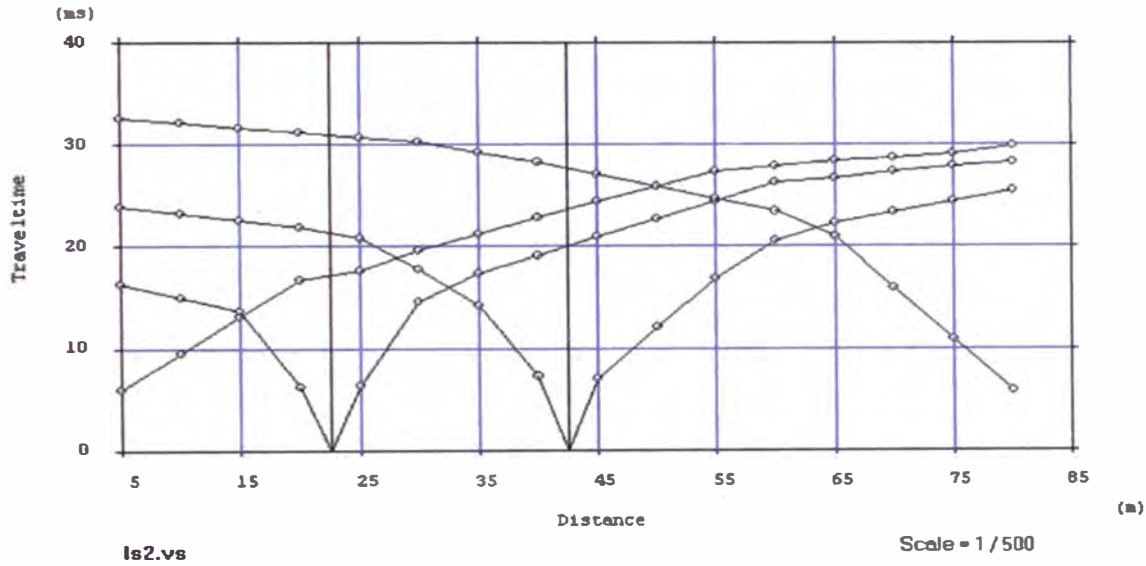
CURVA DE DISPERSION



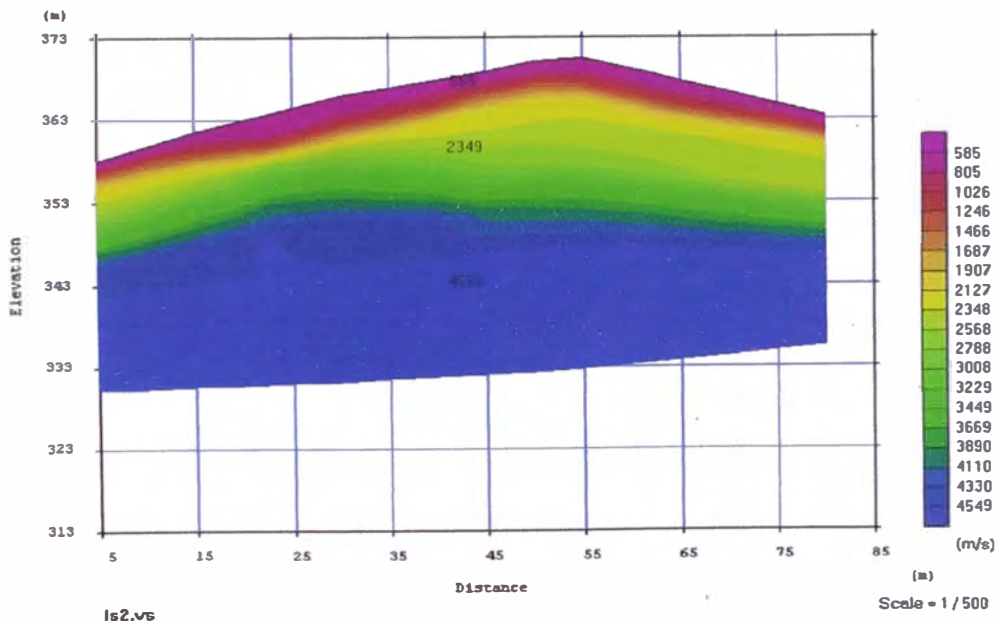
PROYECTO : "ESTUDIO GEOTÉCNICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DE 06 RESERVORIOS DE AGUA POTABLE, PARA EL PROYECTO MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS AREAS MARGINALES DE LIMA LOTES 1,2 y 3"

RESERVORIO: R3 - Collique
 LINEA SISMICA: Ls 02
 ONDAS REGISTRADAS: P

DROMOCRONICA



PERFIL SISMICO



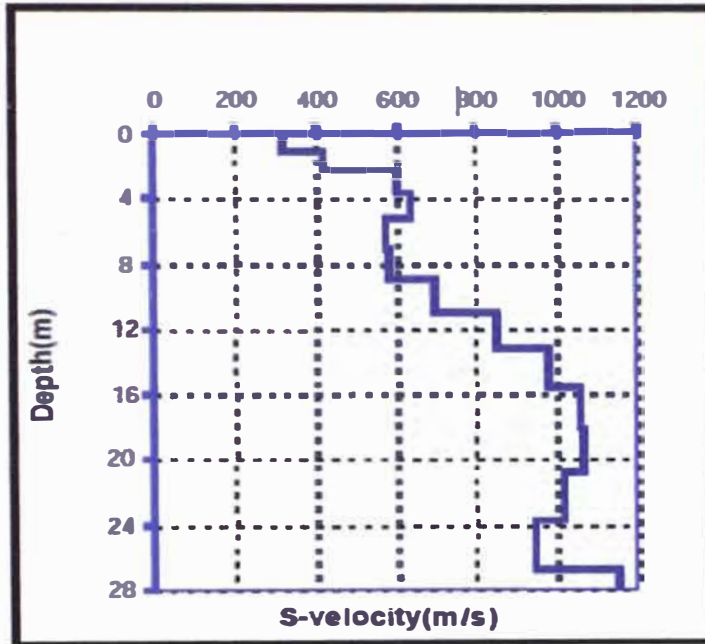
PROYECTO : "ESTUDIO GEOTÉCNICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DE 06 RESERVORIOS DE AGUA POTABLE, PARA EL PROYECTO MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS AREAS MARGINALES DE LIMA LOTES 1,2 y 3"

RESERVORIO: R3 - Collique

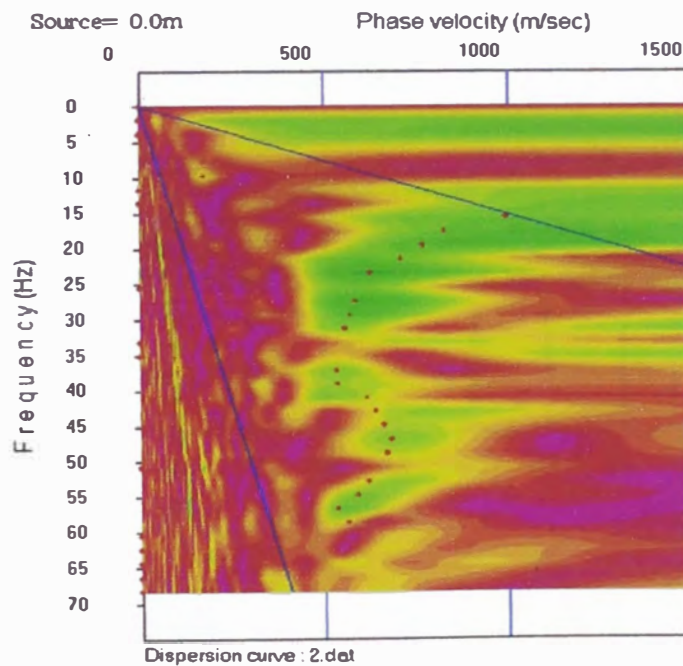
LINEA SISMICA: Ls 03

ONDAS REGISTRADAS: S

VELOCIDAD "S" Vs PROFUNDIDAD



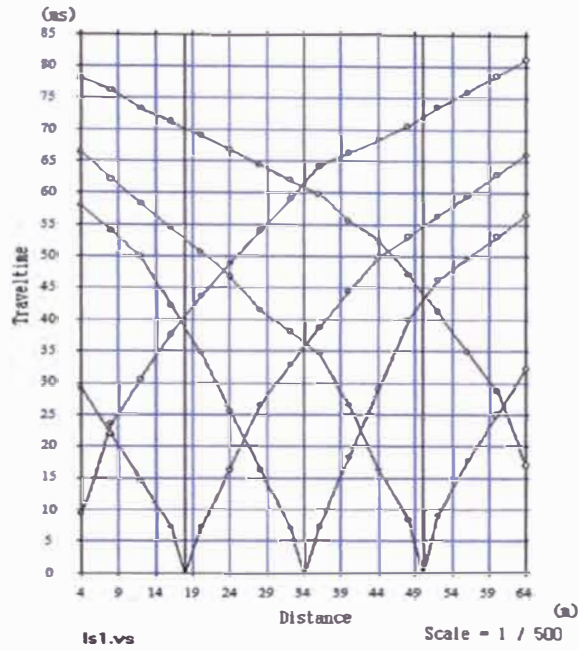
CURVA DE DISPERSION



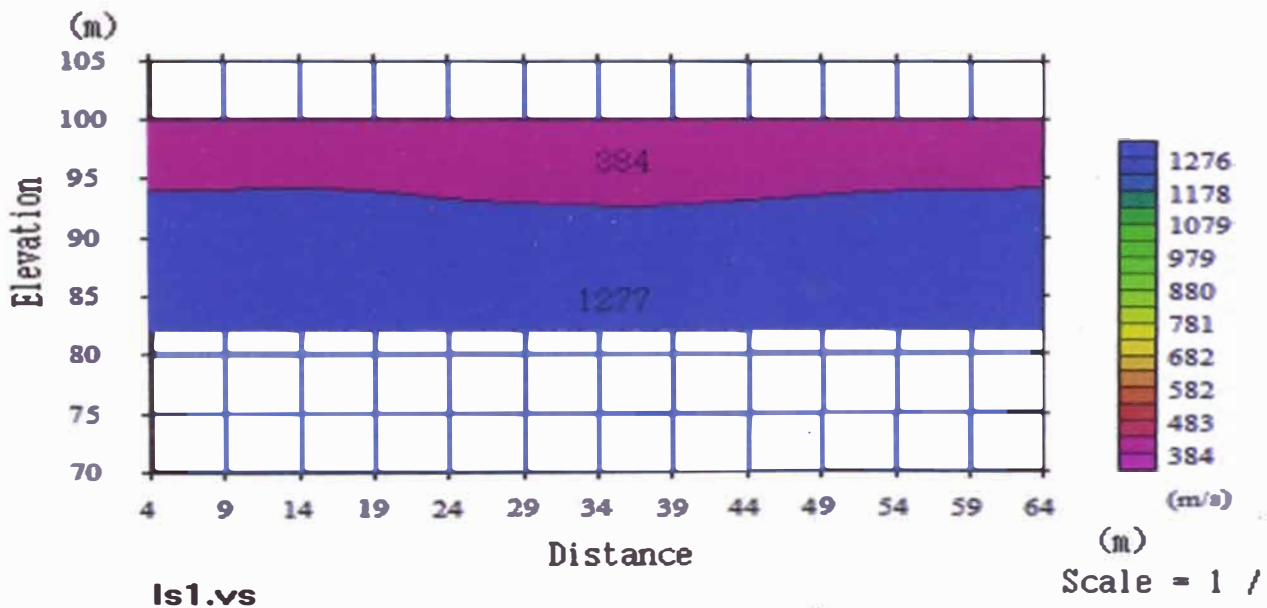
PROYECTO : "ESTUDIO GEOTÉCNICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DE 06 RESERVORIOS DE AGUA POTABLE, PARA EL PROYECTO MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS AREAS MARGINALES DE LIMA LOTES 1,2 y 3"

RESERVORIO: R4 – Hospital S. Bernales
LÍNEA SISMICA: Ls 01
ONDAS REGISTRADAS: P

DROMOCRONICA



PERFIL SISMICO



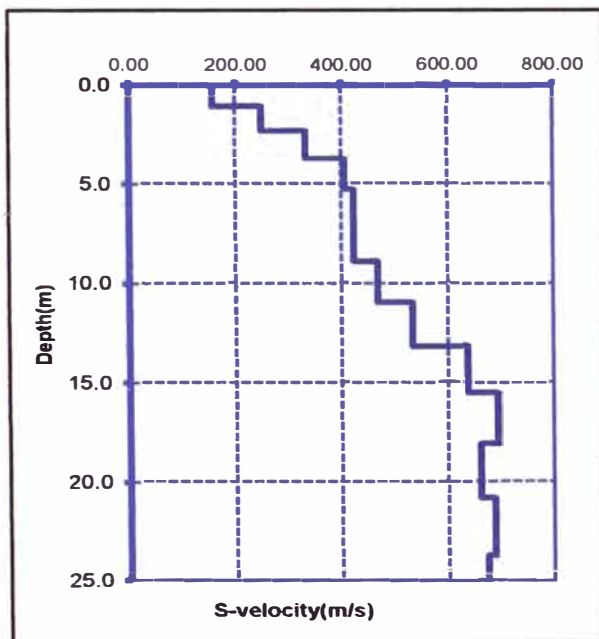
PROYECTO : "ESTUDIO GEOTÉCNICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DE 06 RESERVORIOS DE AGUA POTABLE, PARA EL PROYECTO MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS AREAS MARGINALES DE LIMA LOTES 1,2 y 3"

RESERVORIO: R4 – Hospital S. Bernales

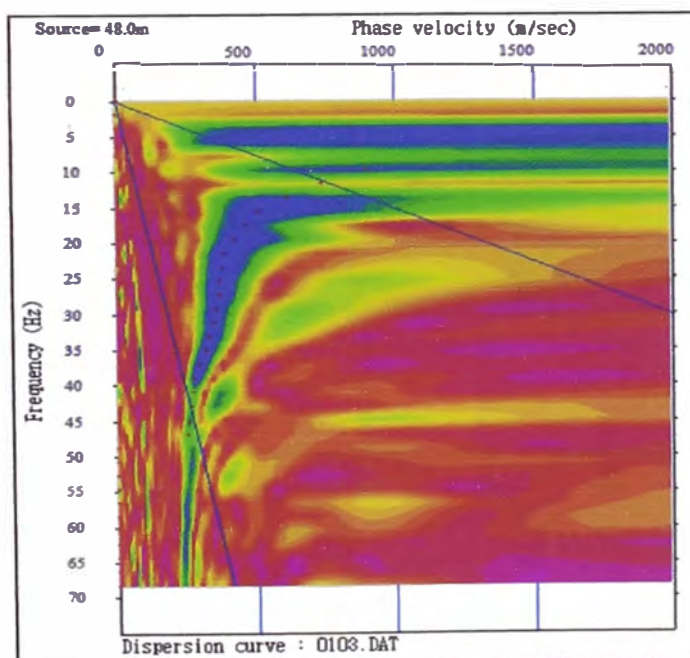
LINEA SISMICA: Lw 01

ONDAS REGISTRADAS: S

VELOCIDAD "S" Vs PROFUNDIDAD

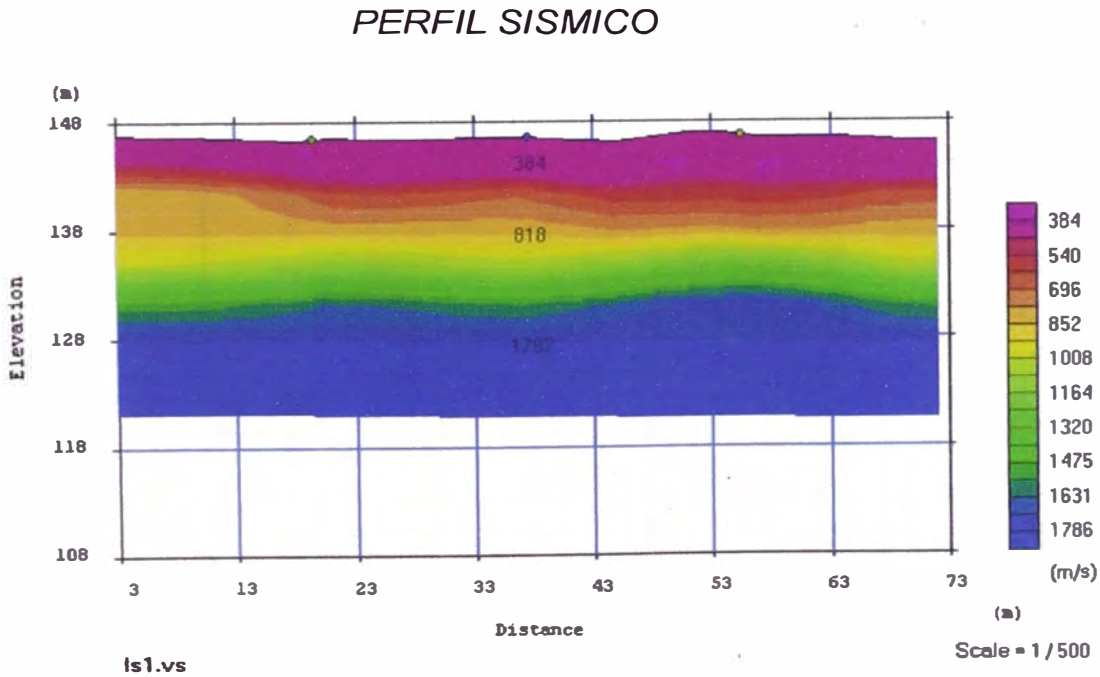
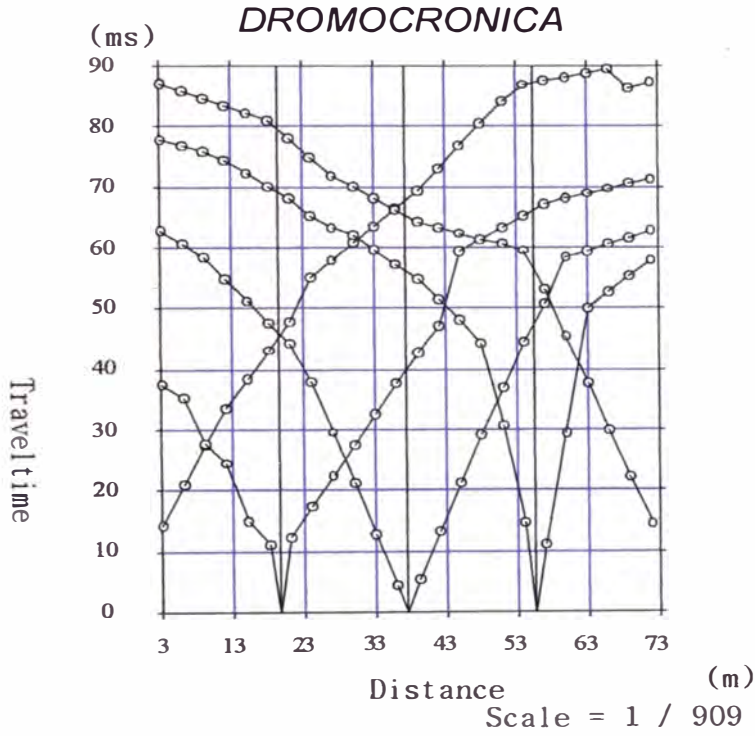


CURVA DE DISPERSION



PROYECTO: "ESTUDIO GEOTÉCNICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DE 06 RESERVORIOS DE AGUA POTABLE, PARA EL PROYECTO MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS AREAS MARGINALES DE LIMA LOTES 1,2 y 3"

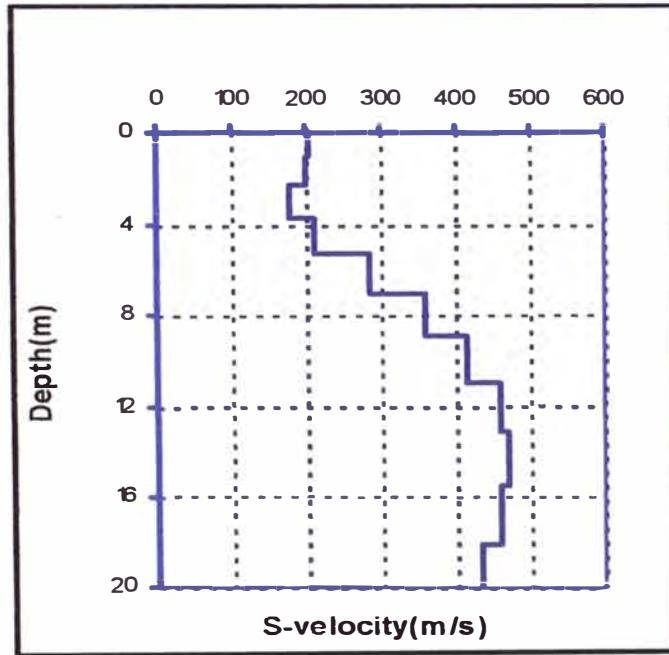
RESERVORIO: R4 – Parque Sinchi Roca
 LINEA SISMICA: Ls 01
 ONDAS REGISTRADAS: P



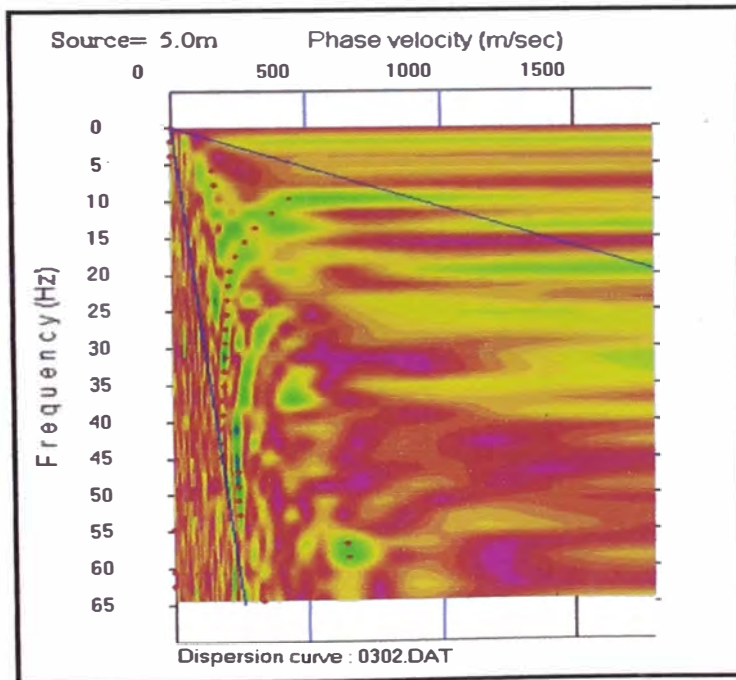
PROYECTO : "ESTUDIO GEOTÉCNICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DE 06
RESERVORIOS DE AGUA POTABLE, PARA EL PROYECTO
MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS AREAS MARGINALES DE
LIMA LOTES 1,2 y 3"

RESERVORIO: R4 – Parque Sinchi Roca
LINEA SISMICA: Ls 03
ONDAS REGISTRADAS: S

VELOCIDAD "S" Vs PROFUNDIDAD



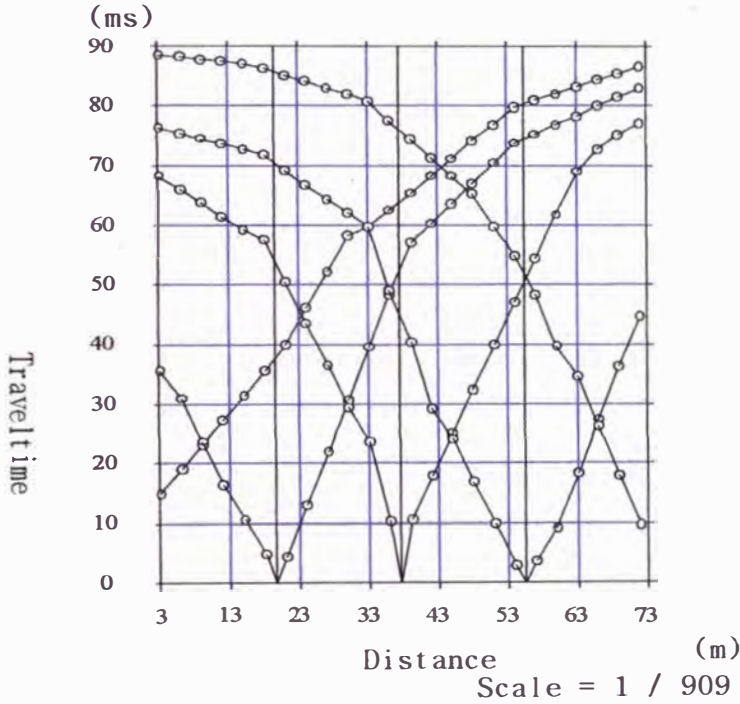
CURVA DE DISPERSION



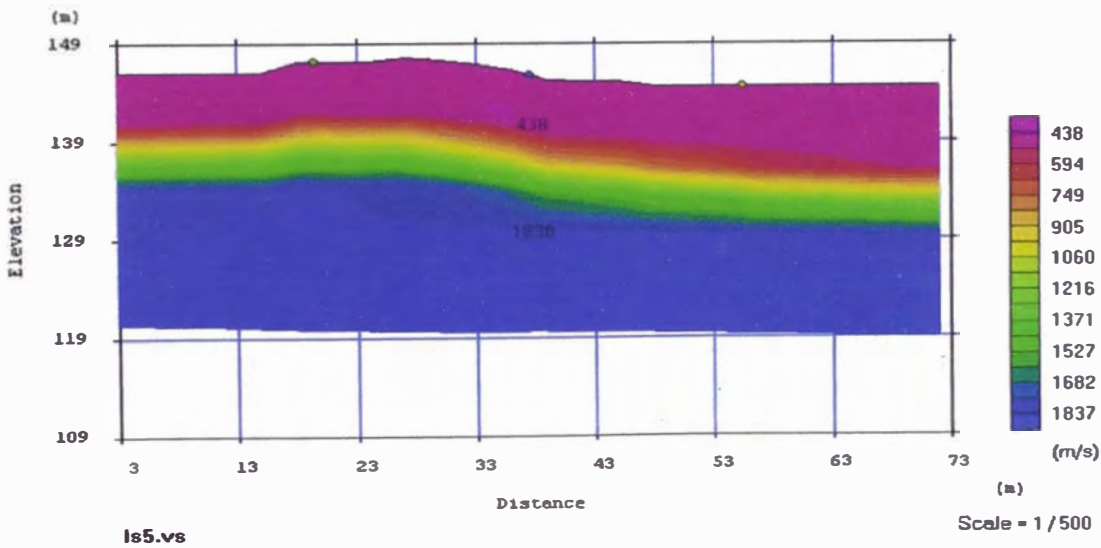
PROYECTO : "ESTUDIO GEOTÉCNICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DE 06 RESERVORIOS DE AGUA POTABLE, PARA EL PROYECTO MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS AREAS MARGINALES DE LIMA LOTES 1,2 y 3"

RESERVORIO: R4 – Parque Sinchi Roca
 LINEA SISMICA: Ls 05
 ONDAS REGISTRADAS: P

DROMOCRONICA



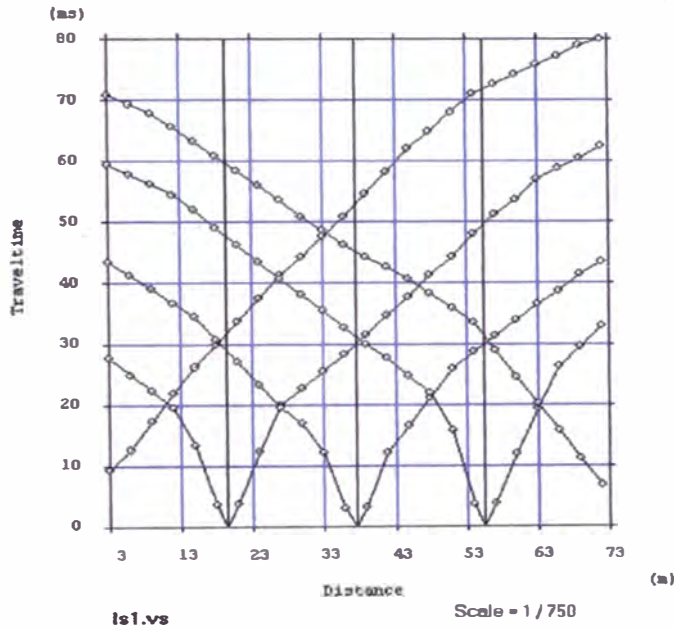
PERFIL SISMICO



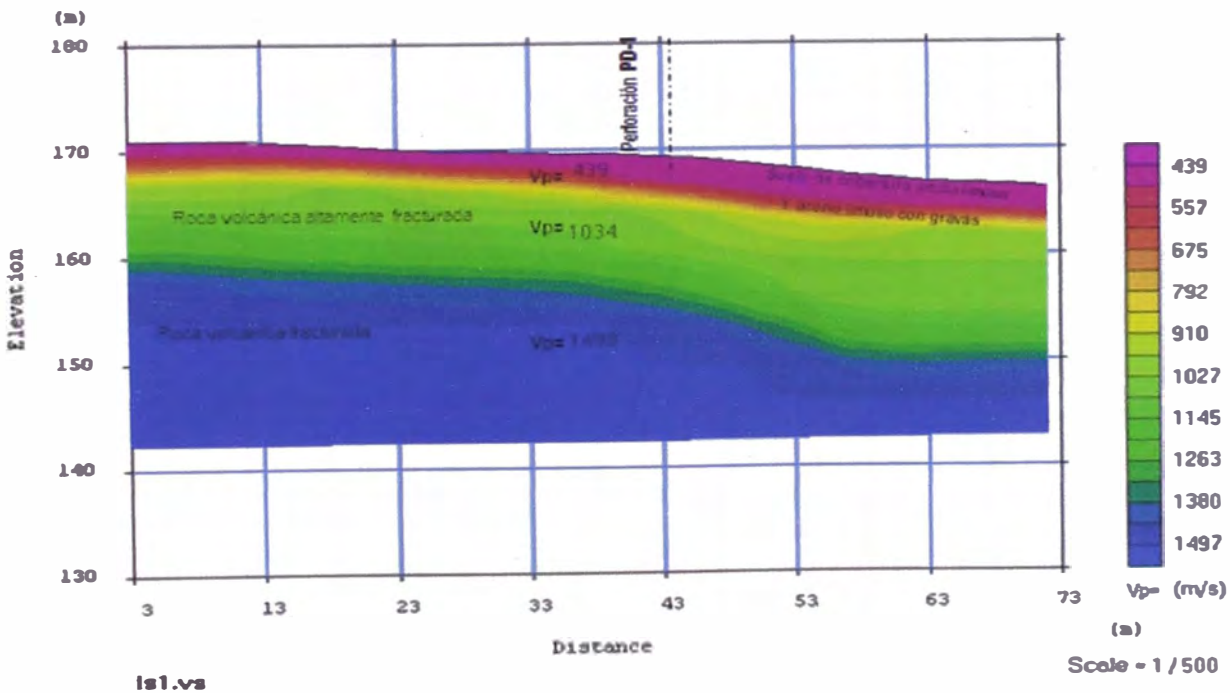
PROYECTO : "ESTUDIO GEOTÉCNICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DE 06 RESERVORIOS DE AGUA POTABLE, PARA EL PROYECTO MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS AREAS MARGINALES DE LIMA LOTES 1,2 y 3"

RESERVORIO: R5 - San Martín
 UBICACIÓN : Dist Puente Piedra
 LINEA SISMICA: Ls 01
 ONDAS REGISTRADAS: P

DROMOCRONICA



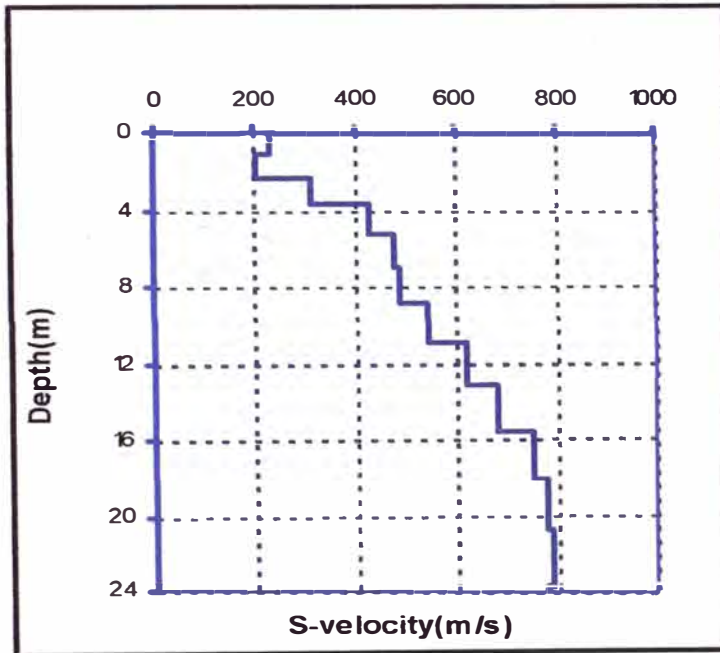
PERFIL SISMICO



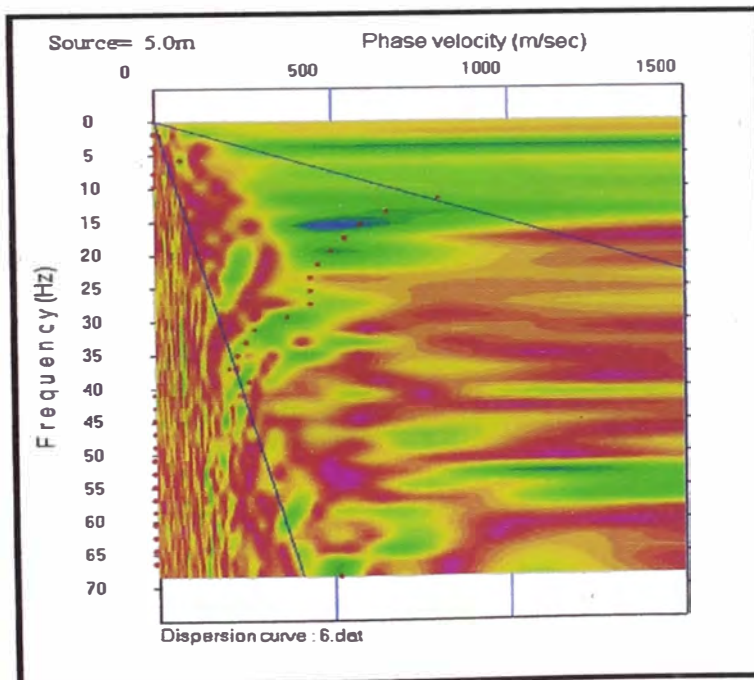
PROYECTO : "ESTUDIO GEOTÉCNICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DE 06
RESERVORIOS DE AGUA POTABLE, PARA EL PROYECTO
MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS AREAS MARGINALES DE
LIMA LOTES 1,2 y 3"

RESERVORIO: R5 - San Martín
UBICACIÓN : Dist Puente Piedra
LINEA SISMICA: Lw 03
ONDAS REGISTRADAS: S

VELOCIDAD "S" Vs PROFUNDIDAD



CURVA DE DISPERSION



**PROYECTO : "ESTUDIO GEOTÉCNICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DE 06
RESERVORIOS DE AGUA POTABLE, PARA EL PROYECTO
MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS AREAS MARGINALES DE
LIMA LOTES 1,2 y 3"**

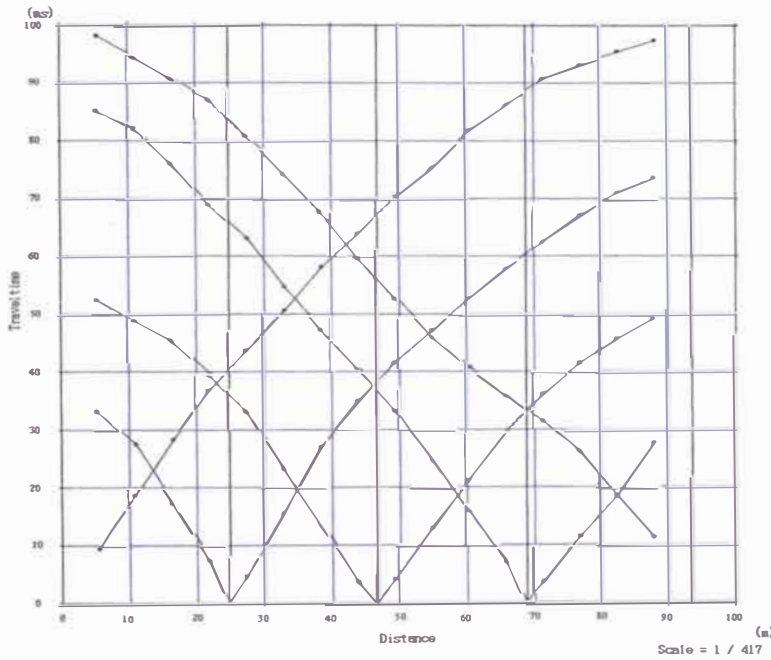
RESERVORIO: R6 – Túpac Amaru

UBICACIÓN : Dist. Comas

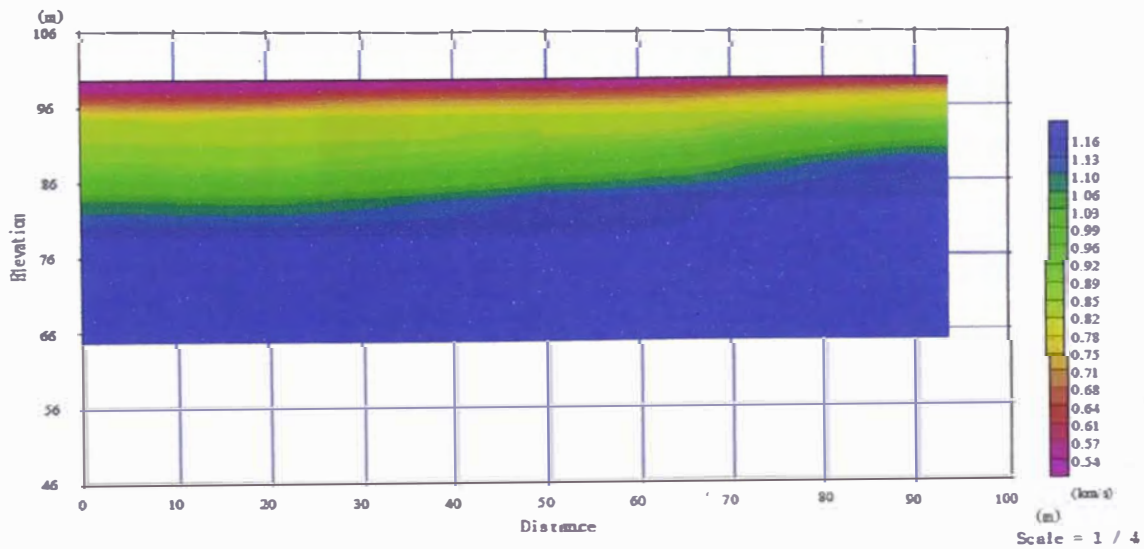
LÍNEA SÍSMICA: Ls 01

ONDAS REGISTRADAS: P

DROMOCRONICA



PERFIL SISMICO



**PROYECTO : "ESTUDIO GEOTÉCNICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DE 06
RESERVORIOS DE AGUA POTABLE, PARA EL PROYECTO
MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS AREAS MARGINALES DE
LIMA LOTES 1,2 y 3"**

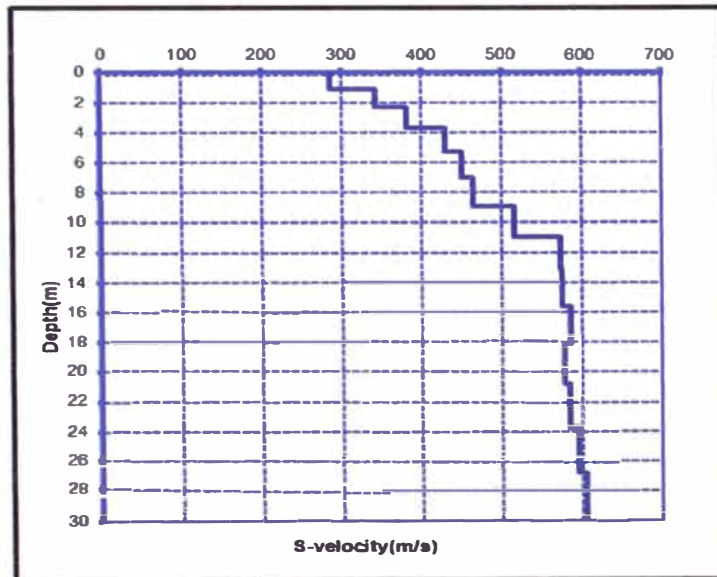
RESERVORIO: R6 – Túpac Amaru

UBICACIÓN : Dist. Comas

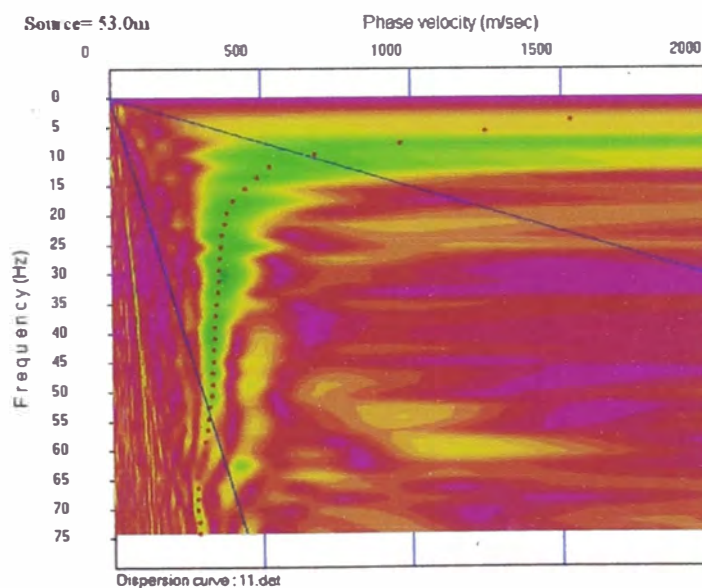
LINEA SISMICA: Ls 03

ONDAS REGISTRADAS: S

VELOCIDAD "S" Vs PROFUNDIDAD



CURVA DE DISPERSION

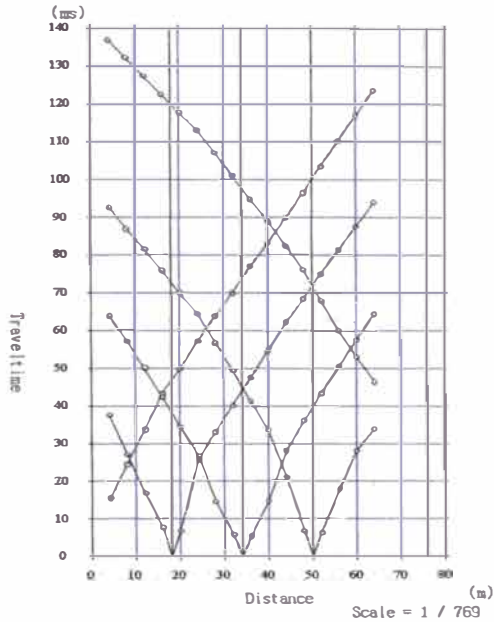


PROYECTO N° 3
ESTUDIO GEOFISICO DE REFRACCION SISMICA LOTE B-1 VILLA EL
SALVADOR

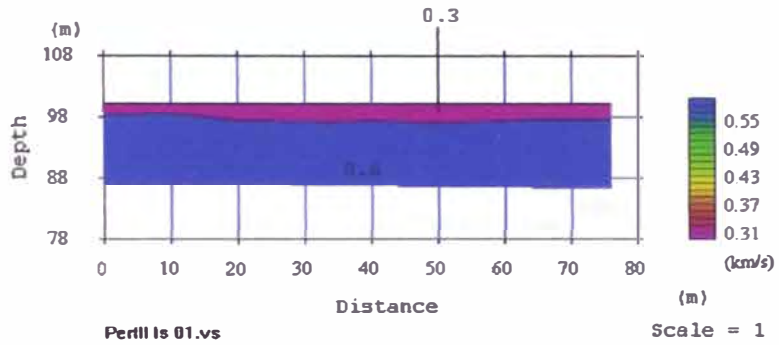
PROYECTO : Estudio de Suelos con Fines de Cimentación Lote B-1,
 Entre la Av. 1 de mayo y la Calle Algarrobos
SECTOR : Dist. Villa El Salvador, Dpto. Lima

LÍNEA SISMICA: Ls 01
ONDAS REGISTRADAS: P

DROMOCRÓNICA

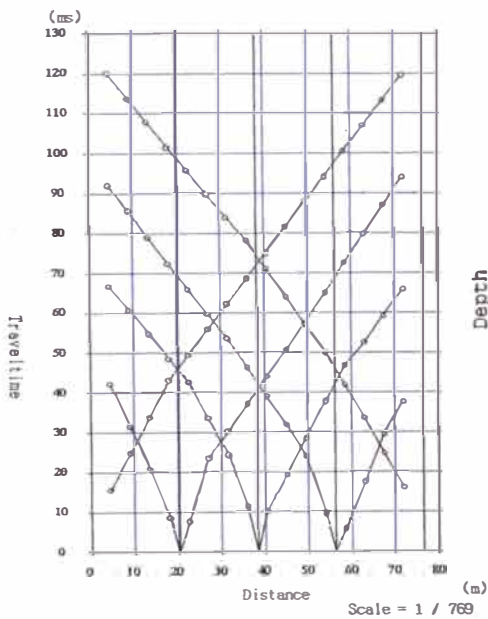


PERFIL SISMICO

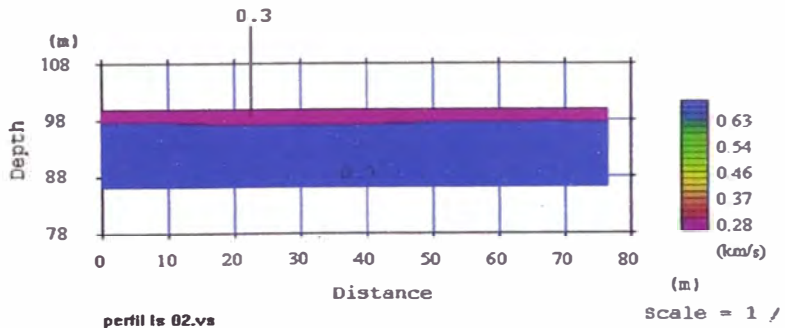


LÍNEA SISMICA: Ls 02
ONDAS REGISTRADAS: P

DROMOCRÓNICA

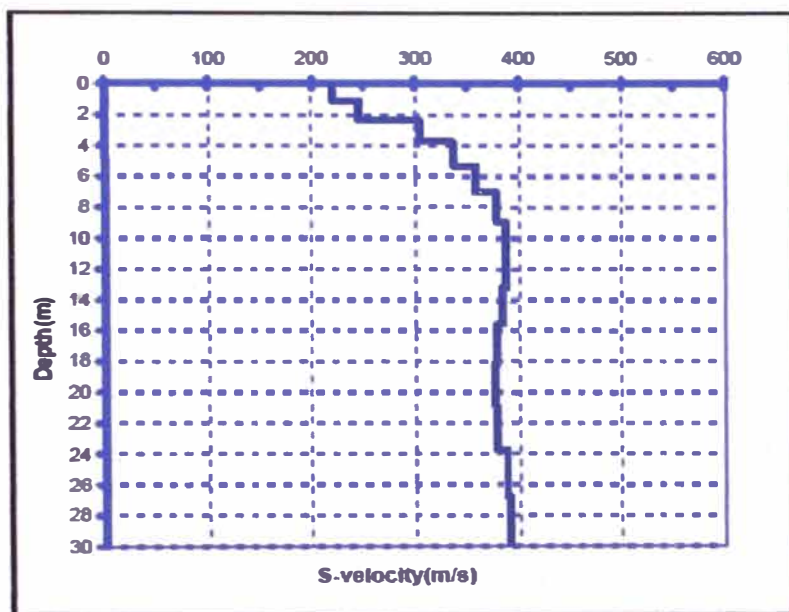


PERFIL SISMICO

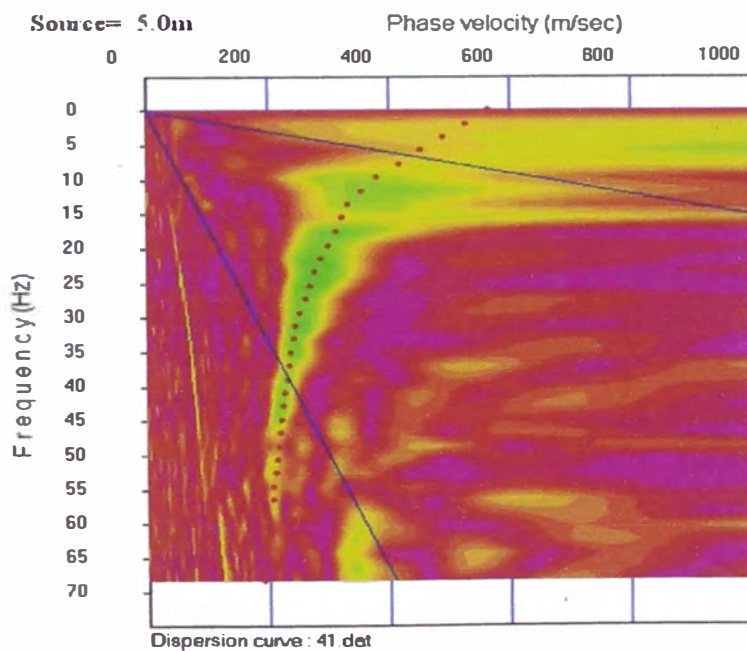


PROYECTO : Estudio de Suelos con Fines de Cimentación Lote B-1,
Entre la Av. 1 de mayo y la Calle Algarrobos
SECTOR : Dist. Villa El Salvador, Dpto. Lima
LINEA SISMICA: LW 01
ONDAS REGISTRADAS: S

VELOCIDAD "S" Vs PROFUNDIDAD



CURVA DE DISPERSION



PROYECTO N° 4
ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACION, PUENTE EN EL
INTERCAMBIO VIAL AL PUERTO SANTA SOFÍA

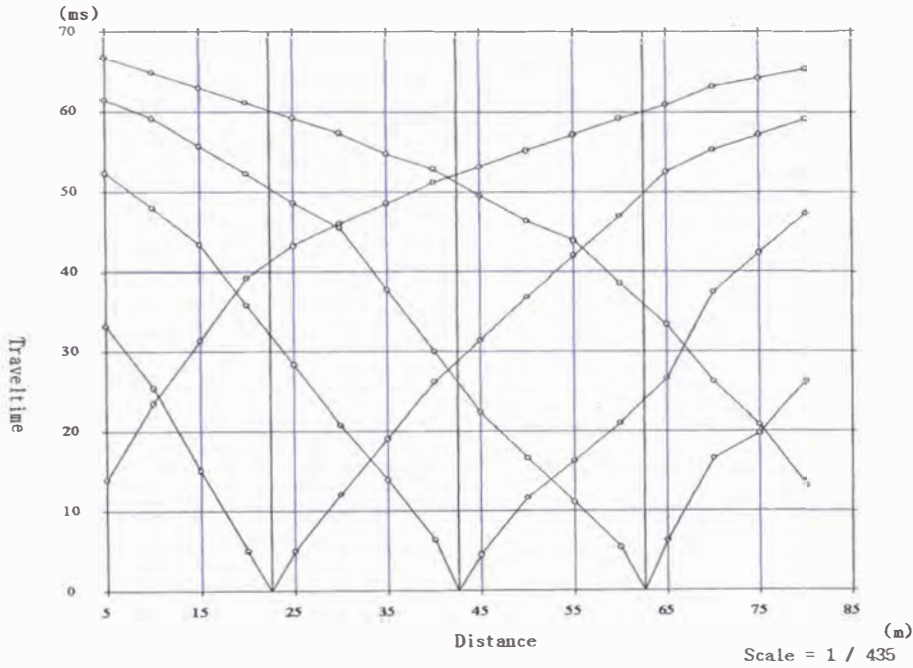
PROYECTO : ESTUDIO GEOTECNICO CON FINES DE CIMENTACION, PUENTE
 EN EL INTERCAMBIO VIAL AL PUERTO SANTA SOFIA"

SECTOR : Dist. Ancón, Dpto. Lima

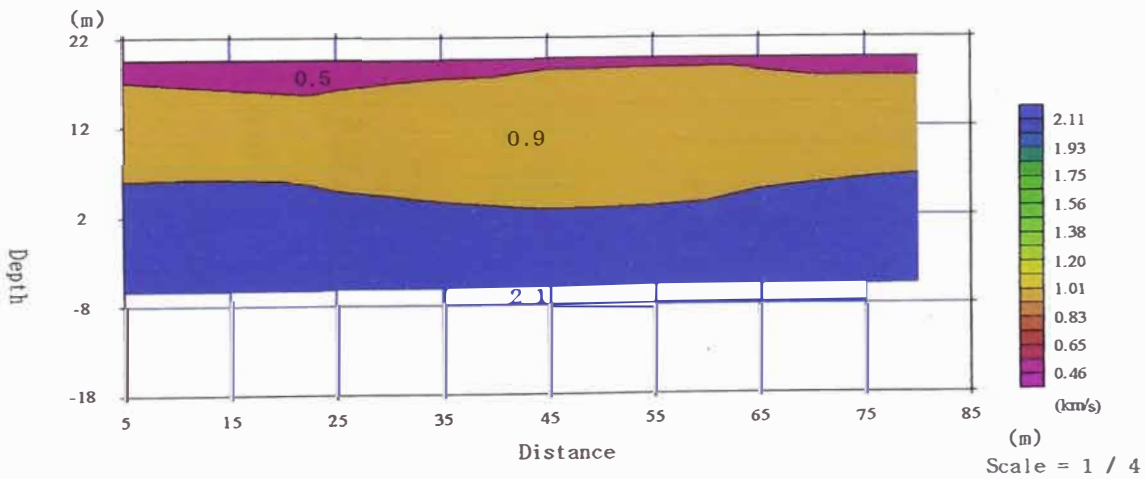
LÍNEA SISMICA: Ls 02

ONDAS REGISTRADAS: P

DROMOCRONICA

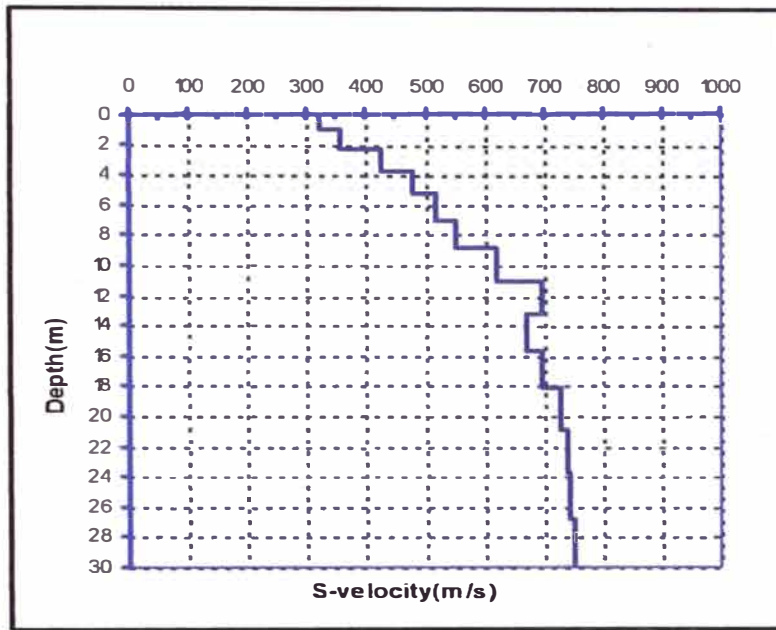


PERFIL SISMICO

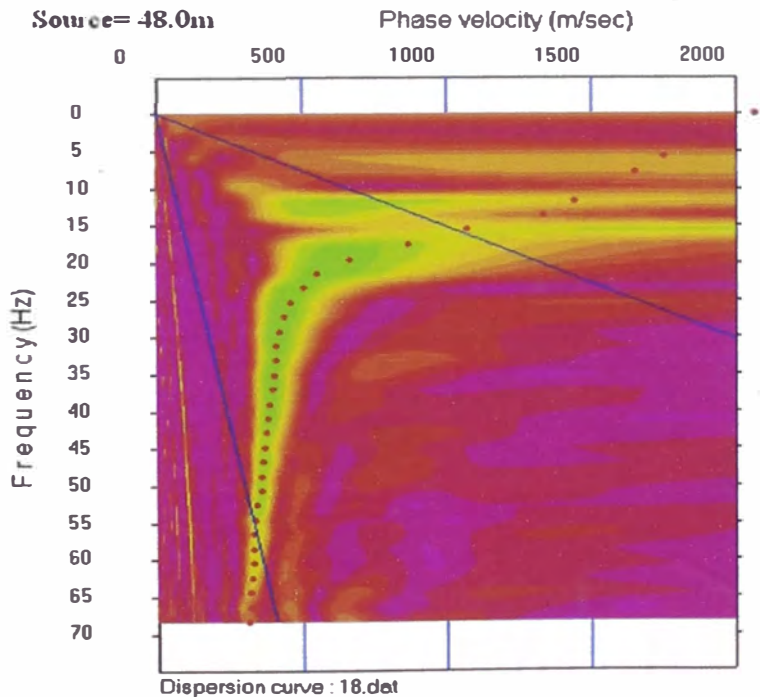


PROYECTO : ESTUDIO GEOTECNICO CON FINES DE CIMENTACION, PUENTE
EN EL INTERCAMBIO VIAL AL PUERTO SANTA SOFIA"
SECTOR : Dist. Ancón, Dpto. Lima
LINEA SISMICA: Lw 01
ONDAS REGISTRADAS: S

VELOCIDAD "S" Vs PROFUNDIDAD



CURVA DE DISPERSION



PROYECTO N° 5
ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DEL “LUGAR DE LA
MEMORIA

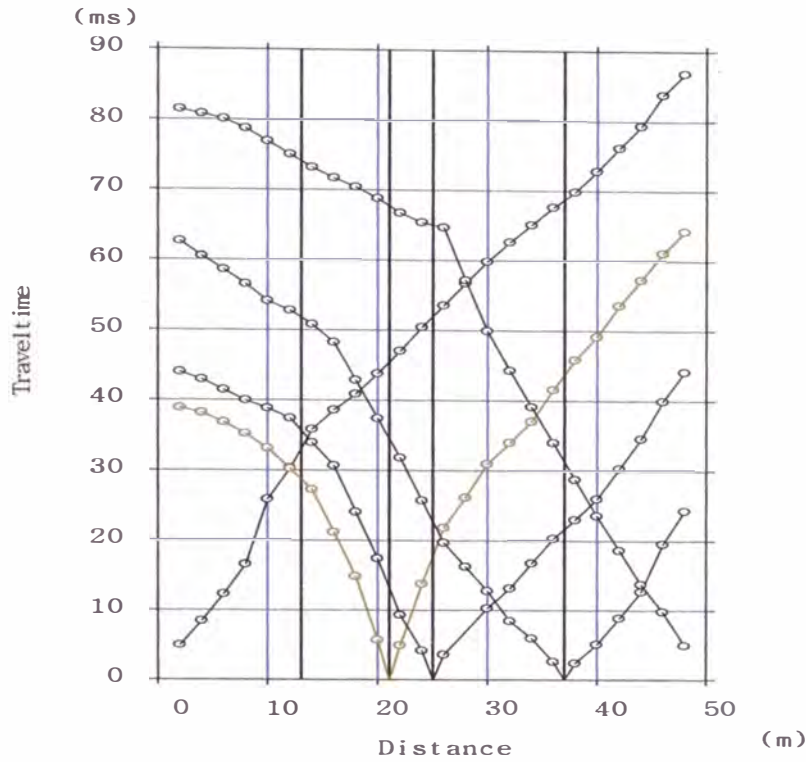
PROYECTO : ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DEL "LUGAR DE LA MEMORIA"

SECTOR : Dist. Miraflores, Dpto. Lima

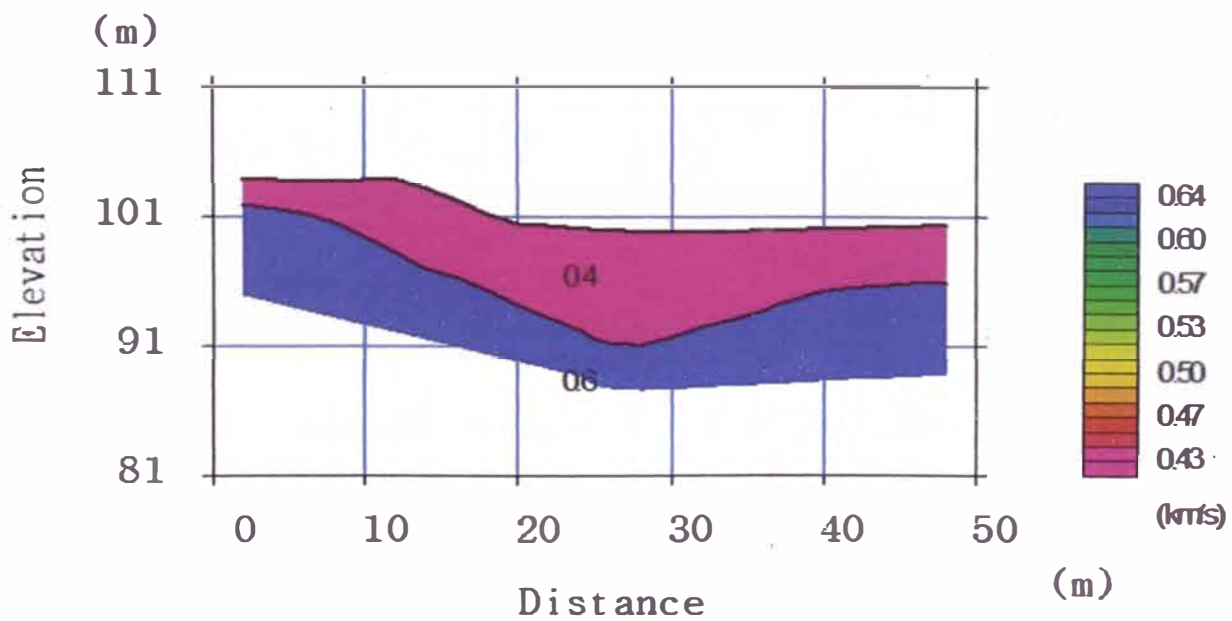
LÍNEA SÍSMICA: Ls 02

ONDAS REGISTRADAS: P

DROMOCRONICA

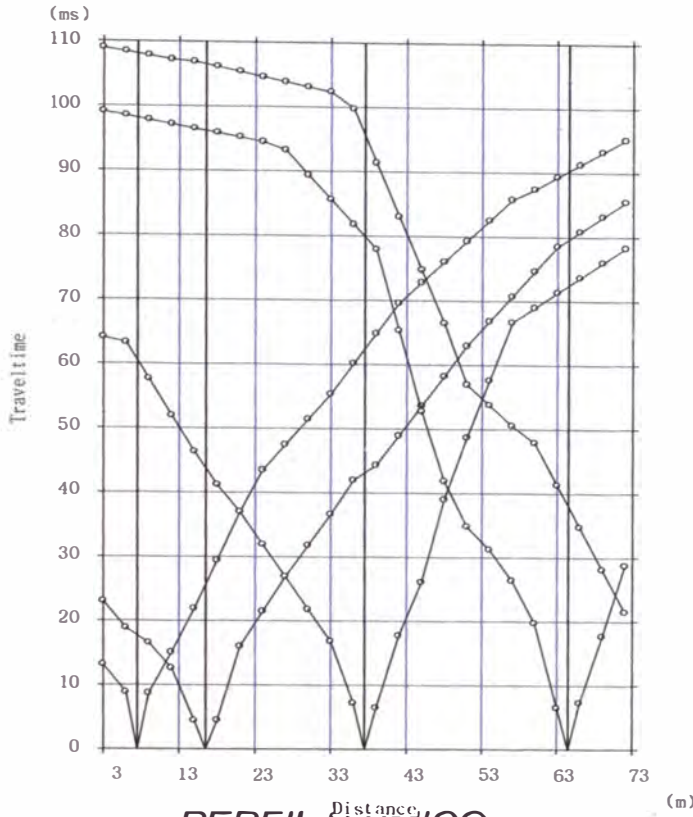


PERFIL SISMICO

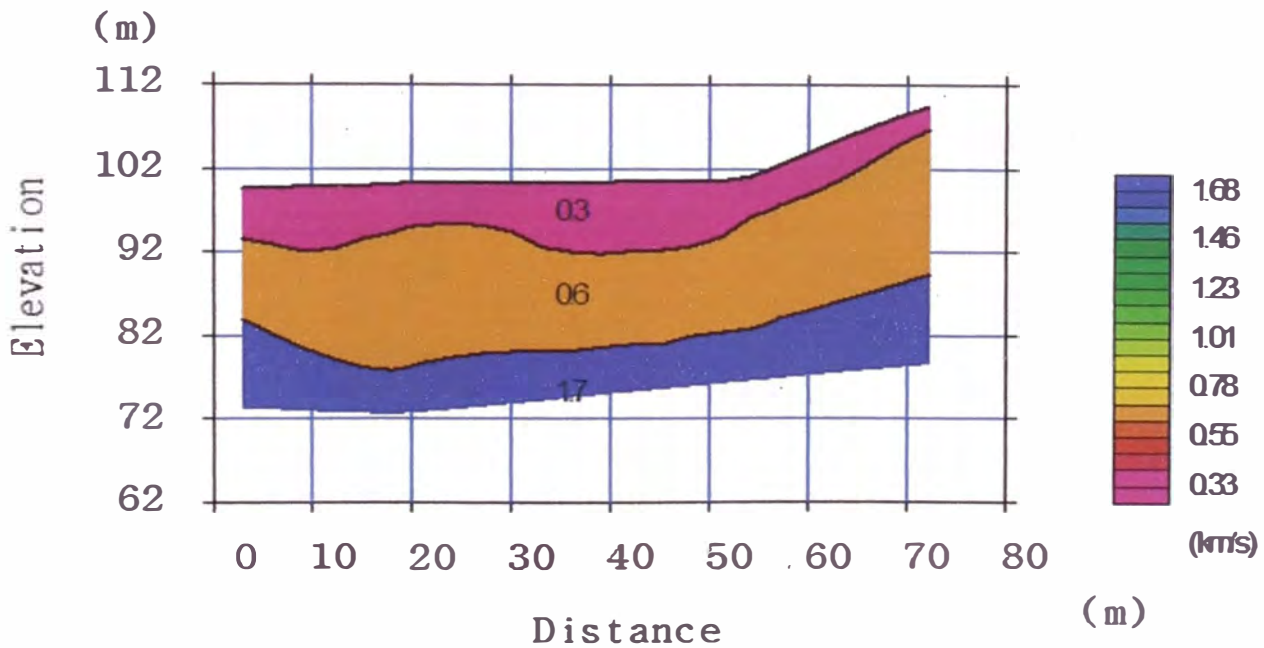


PROYECTO : ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DEL "LUGAR DE LA MEMORIA"
 SECTOR : Dist. Miraflores, Dpto. Lima
 LINEA SISMICA: Ls 06
 ONDAS REGISTRADAS: P

DROMOCRONICA



PERFIL SISMICO



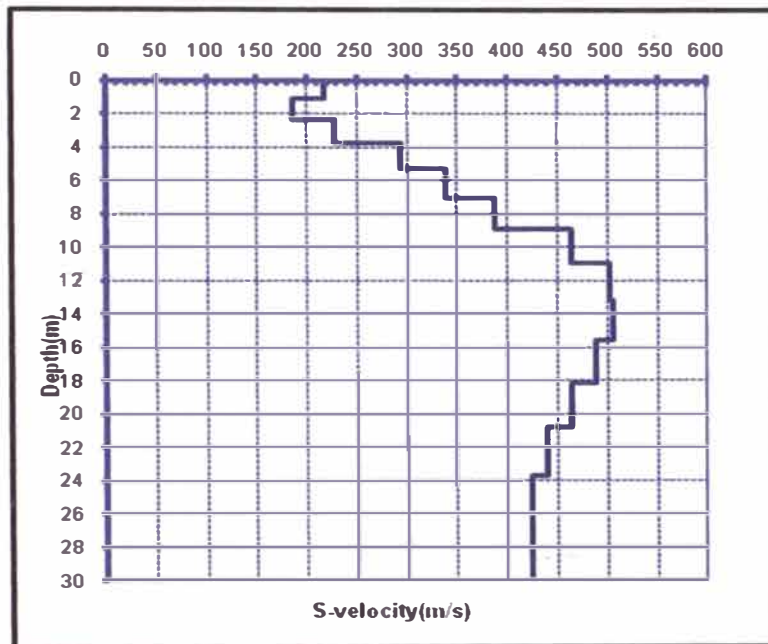
PROYECTO : ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DEL "LUGAR DE LA MEMORIA"

SECTOR : Dist. Miraflores, Dpto. Lima

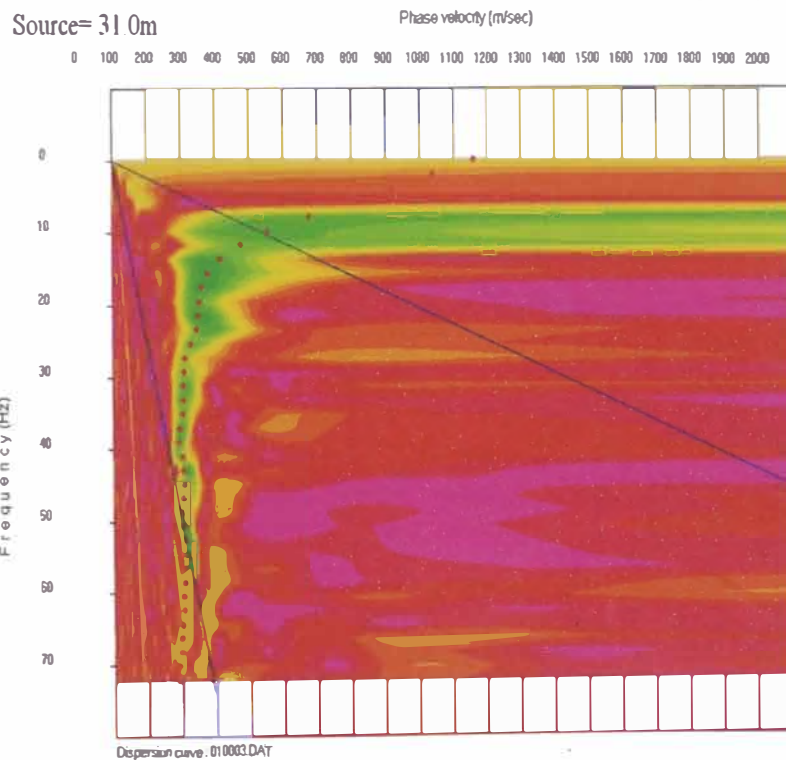
LÍNEA SISMICA: LW 01

ONDAS REGISTRADAS: S

VELOCIDAD "S" Vs PROFUNDIDAD

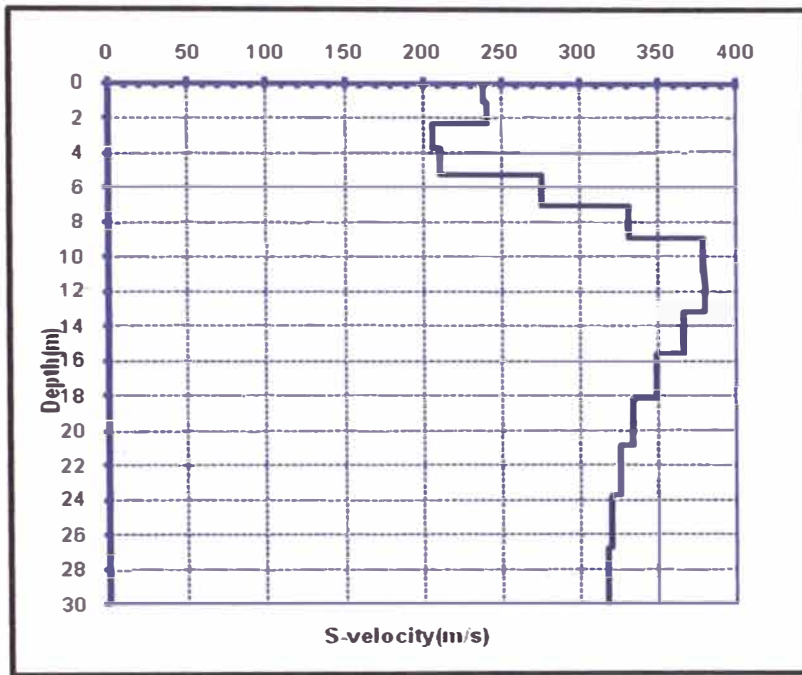


CURVA DE DISPERSION

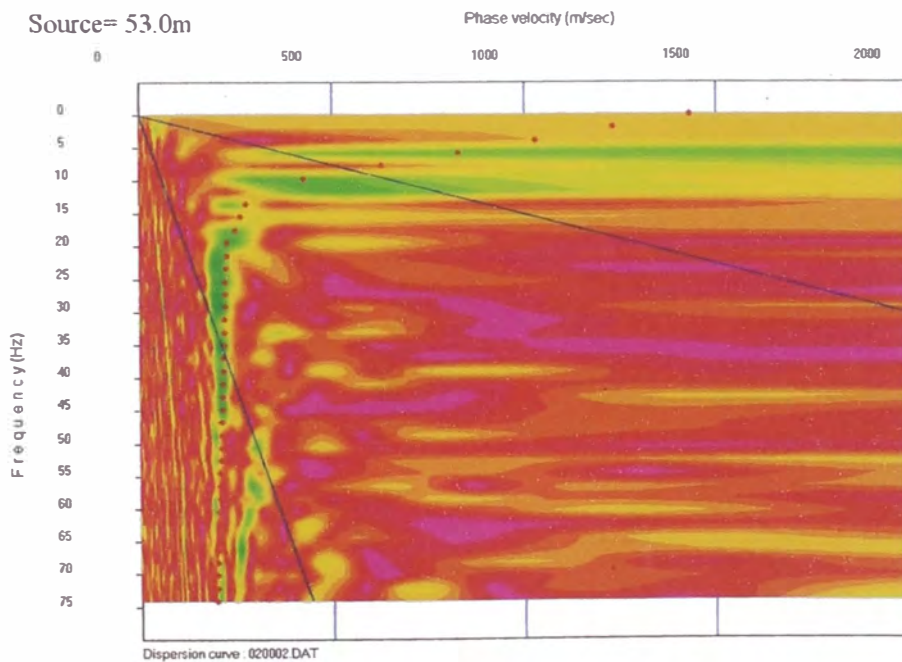


PROYECTO : ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DEL "LUGAR DE LA MEMORIA"
SECTOR : Dist. Miraflores, Dpto. Lima
LINEA SISMICA: LW 02
ONDAS REGISTRADAS: S

VELOCIDAD "S" Vs PROFUNDIDAD



CURVA DE DISPERSION



PROYECTO N° 6
ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA EL PROYECTO:
“AMPLIACION DEL PUENTE DEL EJERCITO Y ACCESOS”

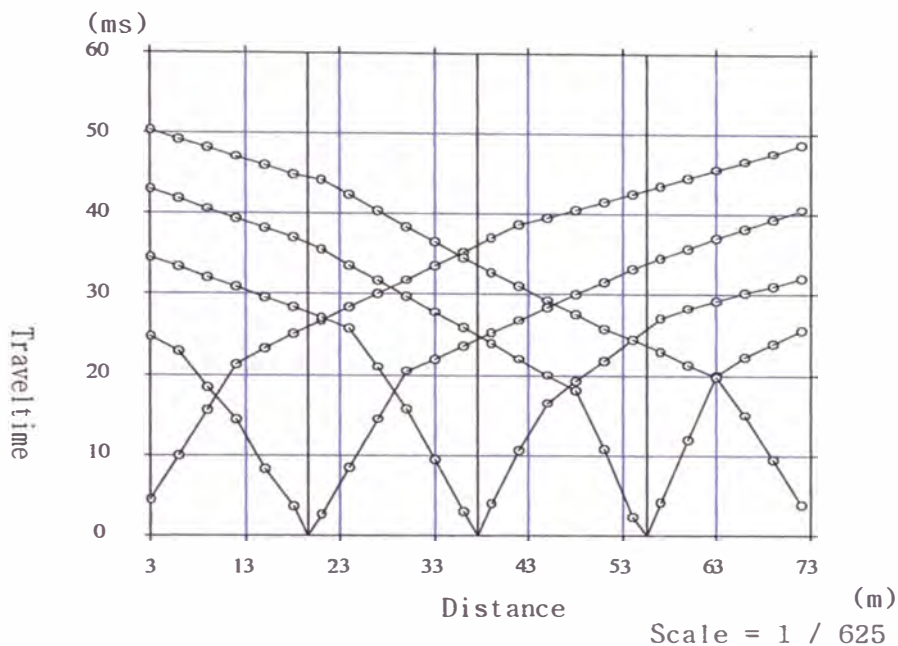
PROYECTO : ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA LA AMPLIACION DEL
 PUENTE DEL EJERCITO"

SECTOR : A.V. ALFONSO UGARTE – CAQUETA – LIMA CERCADO

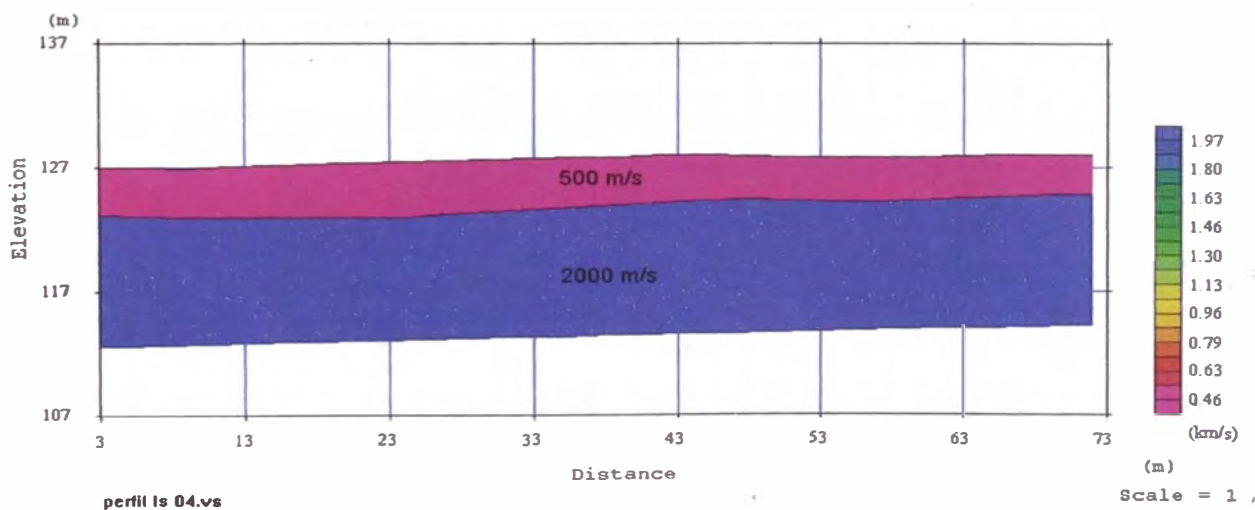
LINEA SISMICA: Ls 04

ONDAS REGISTRADAS: P

DROMOCRONICA



PERFIL SISMICO



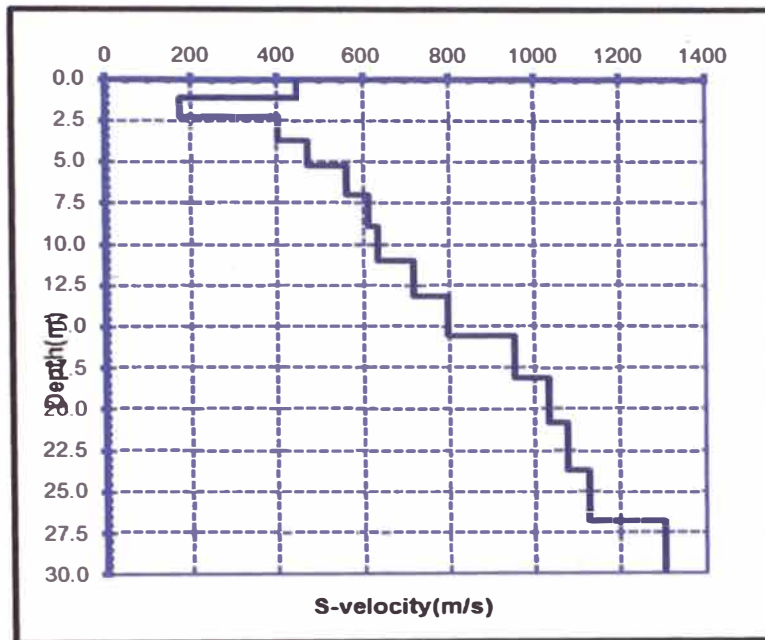
PROYECTO : ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA LA AMPLIACION DEL
PUENTE DEL EJERCITO"

SECTOR : A.V. ALFONSO UGARTE – CAQUETA – LIMA CERCADO

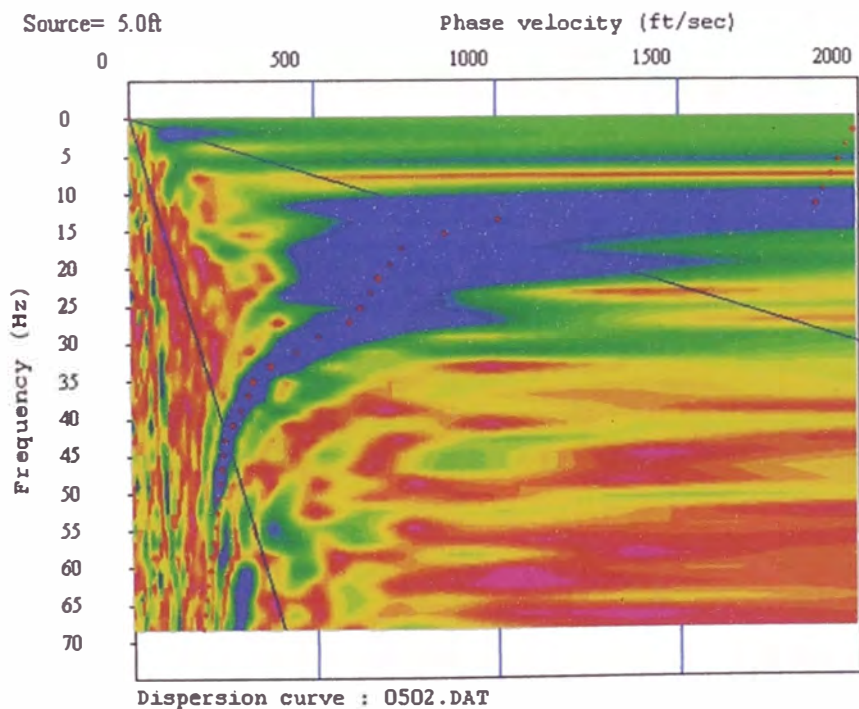
LINEA SISMICA: LS 05

ONDAS REGISTRADAS: S

VELOCIDAD "S" Vs PROFUNDIDAD



CURVA DE DISPERSION

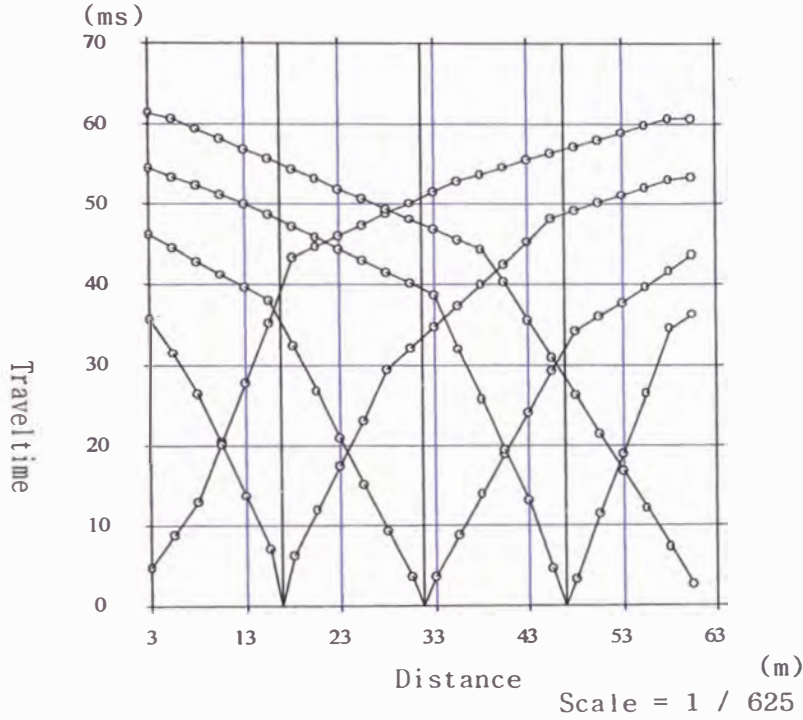


PROYECTO : ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA LA AMPLIACION DEL
 PUENTE DEL EJERCITO"

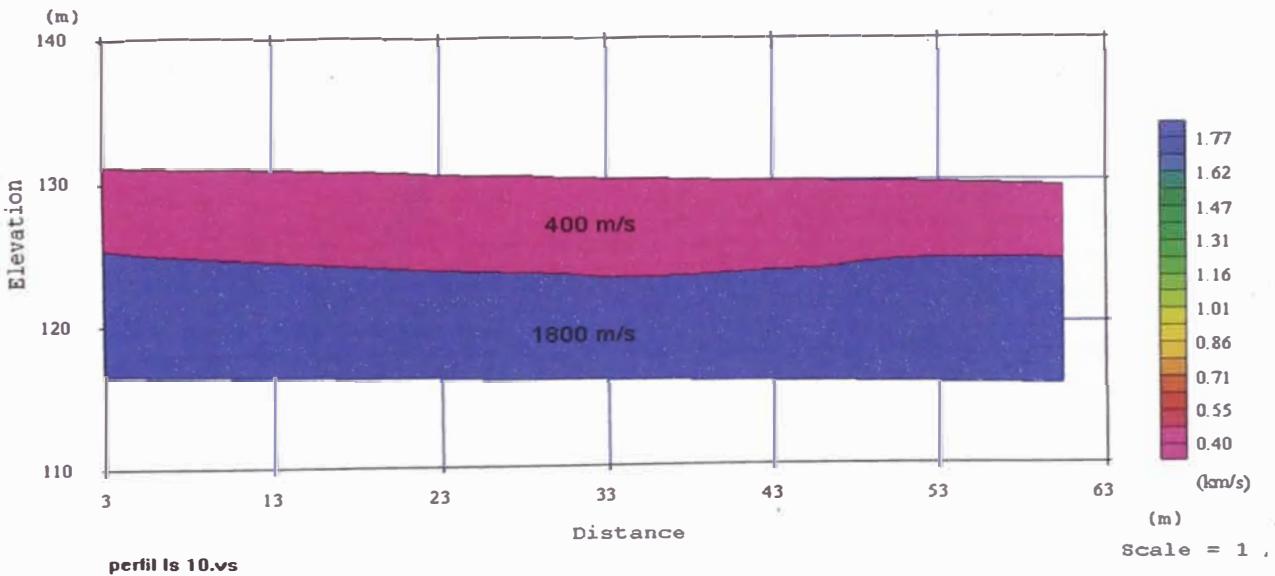
SECTOR : A.V. ALFONSO UGARTE – CAQUETA – LIMA CERCADO

LÍNEA SÍSMICA: Ls 10
 ONDAS REGISTRADAS: P

DROMOCRONICA



PERFIL SÍSMICO



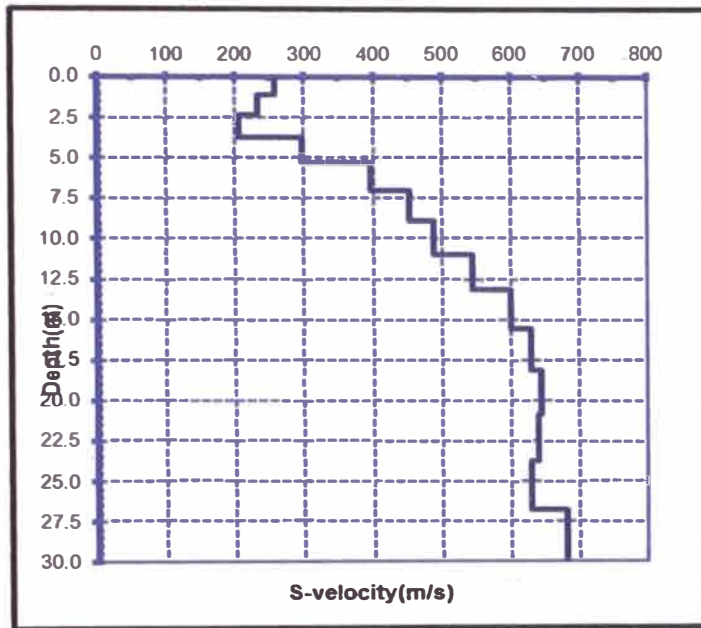
PROYECTO : ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA LA AMPLIACION DEL
PUENTE DEL EJERCITO"

SECTOR : A.V. ALFONSO UGARTE – CAQUETA – LIMA CERCADO

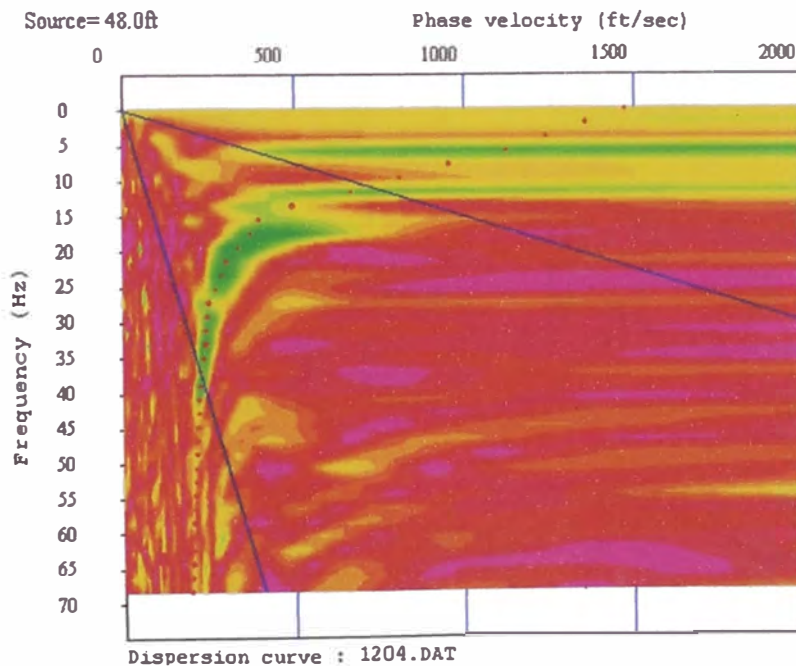
LINEA SIMICA: LS 12

ONDAS REGISTRADAS: S

VELOCIDAD "S" Vs PROFUNDIDAD



CURVA DE DISPERSION



PROYECTO N° 7
ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACION COLEGIO
ALEXANDER VON HUMBOLDT

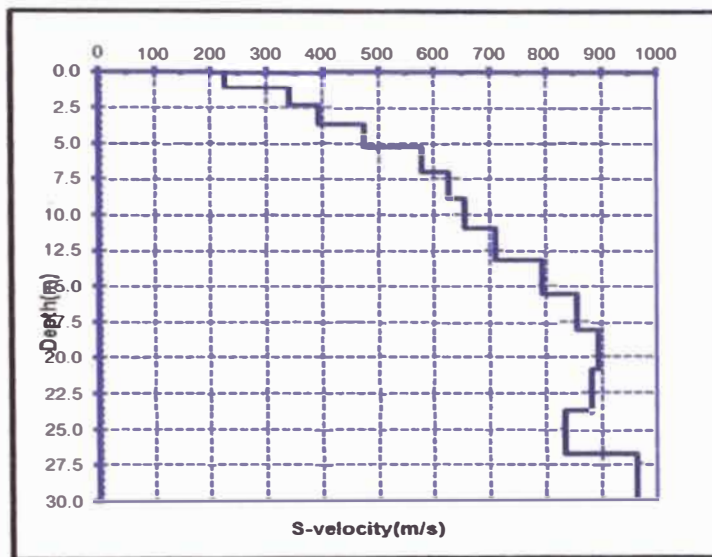
PROYECTO : ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACION COLEGIO
ALEXANDER VON HUMBOLDT

UBICACION : Colegio A. Von Humboldt, entre la Av. A. Benavides, T. Marsano y
la Calle M. Jara - Miraflores

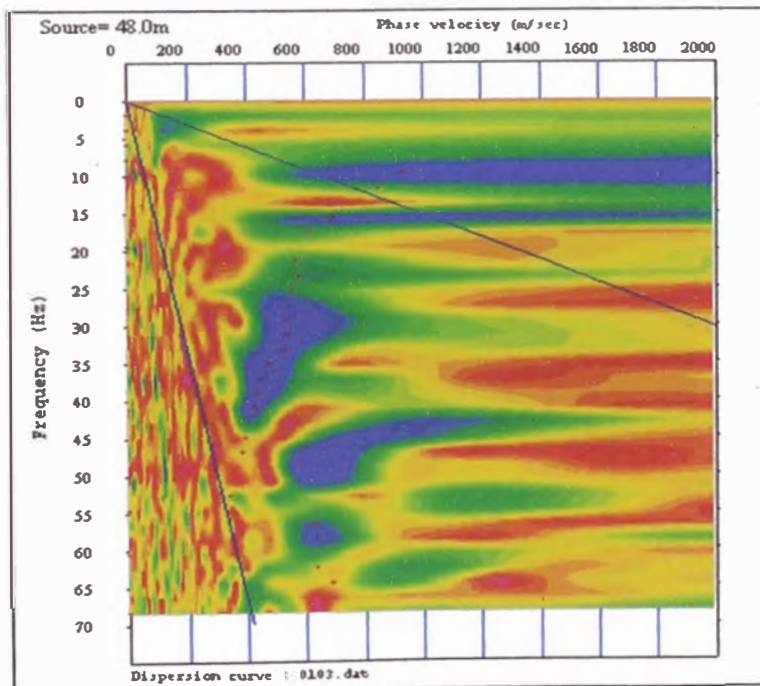
LINEA SISMICA: Lw 01

ONDAS REGISTRADAS: S

DROMOCRONICA



PERFIL SISMICO



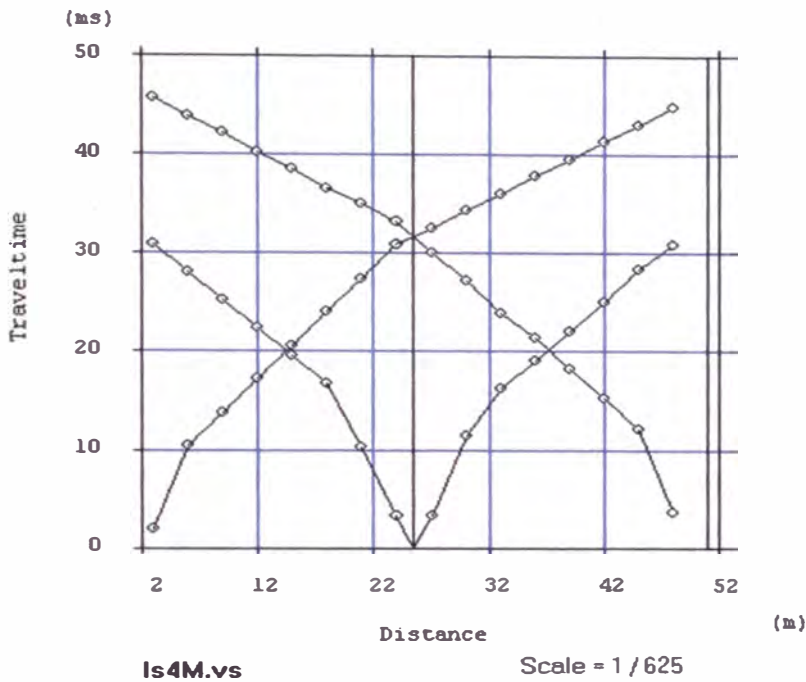
PROYECTO : ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACION COLEGIO ALEXANDER VON HUMBOLDT

UBICACION : Colegio A. Von Humboldt, entre la Av. A. Benavides, T. Marsano y la Calle M. Jara - Miraflores

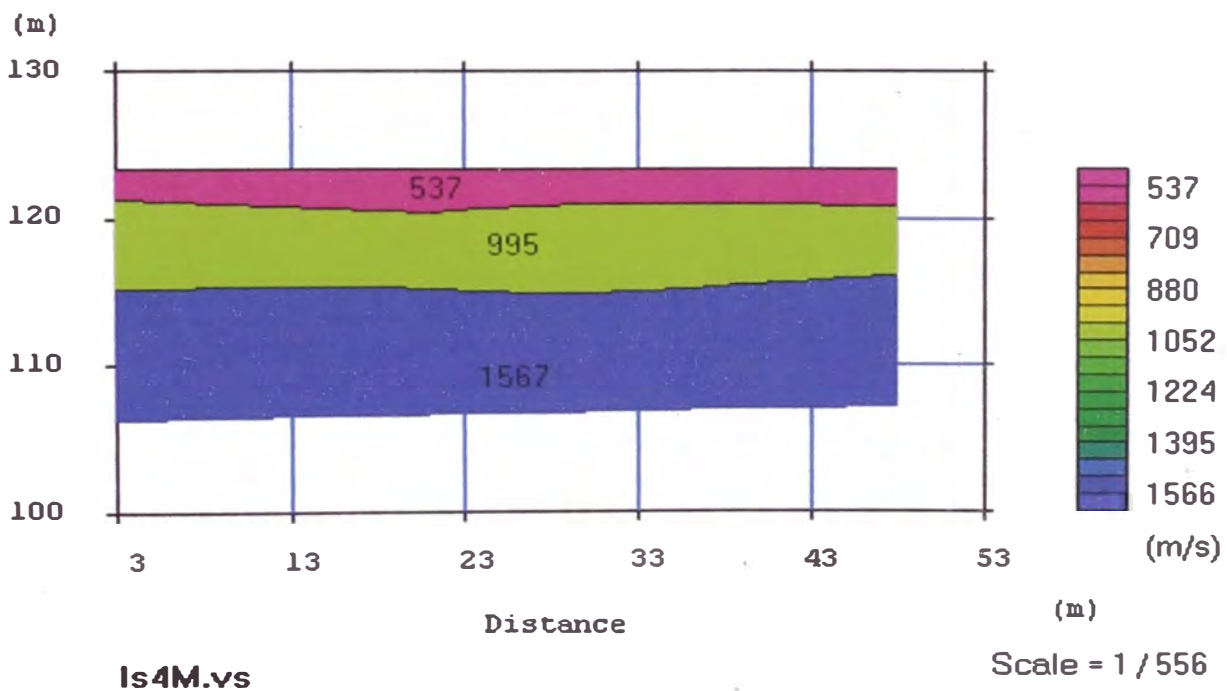
LINEA SISMICA: Ls 04

ONDAS REGISTRADAS: S

VELOCIDAD "S" Vs PROFUNDIDAD



CURVA DE DISPERSION



PROYECTO N° 8
ESTUDIO SUELOS Av. NESTOR GAMBETA - CALLAO, KILÓMETROS
20+200 A 21+300

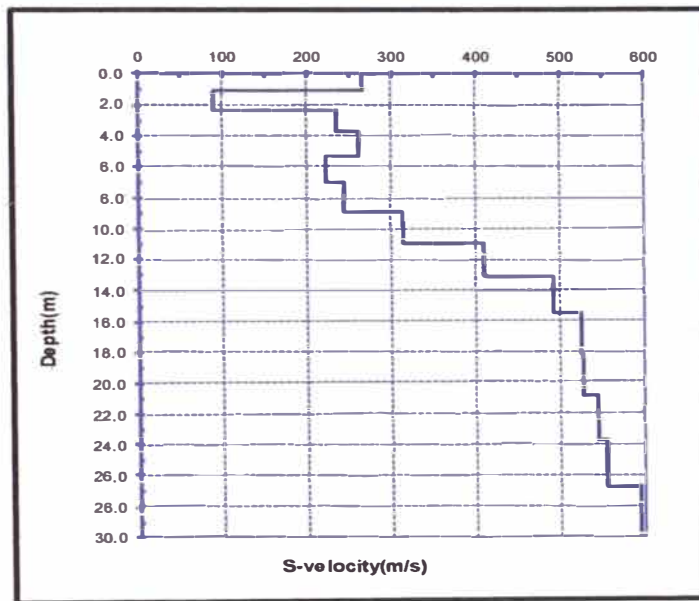
PROYECTO : ESTUDIO SUELOS Av. NESTOR GAMBETA - CALLAO, KILÓMETROS
20+200 A 21+300

UBICACION : Provincia Const. Del Callao

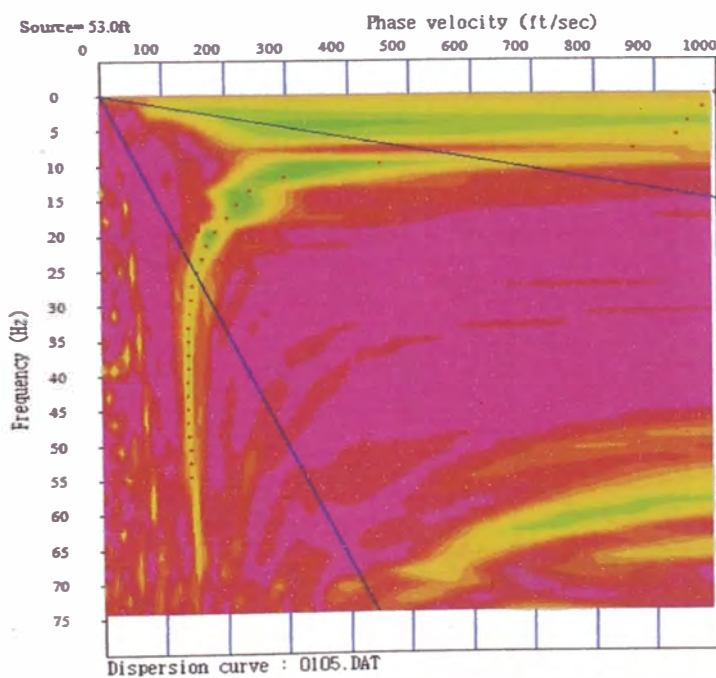
LÍNEA SISMICA: Lw 01

ONDAS REGISTRADAS: S

DROMOCRONICA



PERFIL SISMICO



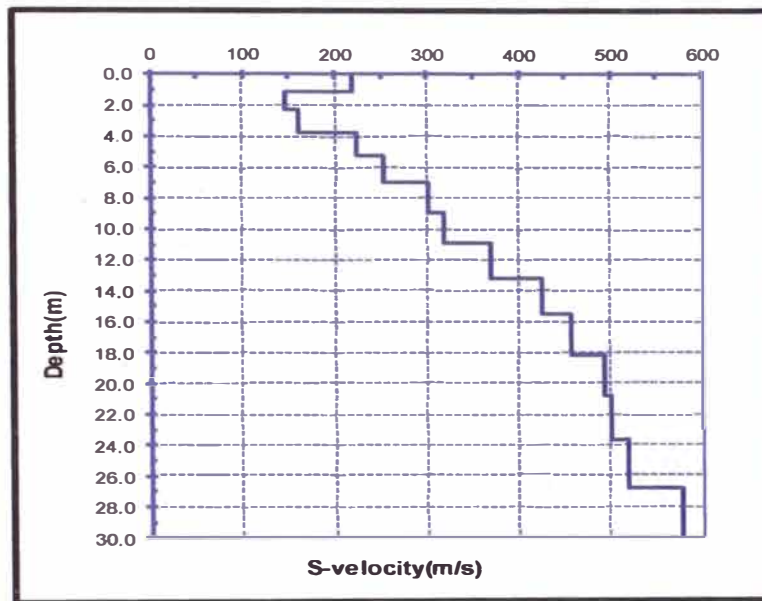
PROYECTO : ESTUDIO SUELOS Av. NESTOR GAMBETA - CALLAO, KILÓMETROS
20+200 A 21+300

UBICACION : Provincia Const. Del Callao

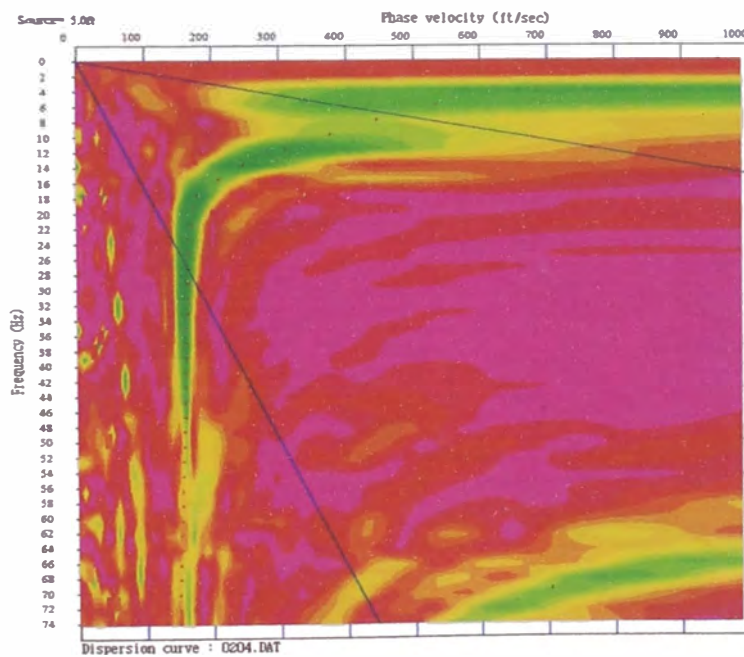
LINEA SISMICA: Lw 02

ONDAS REGISTRADAS: S

DROMOCRONICA



PERFIL SISMICO



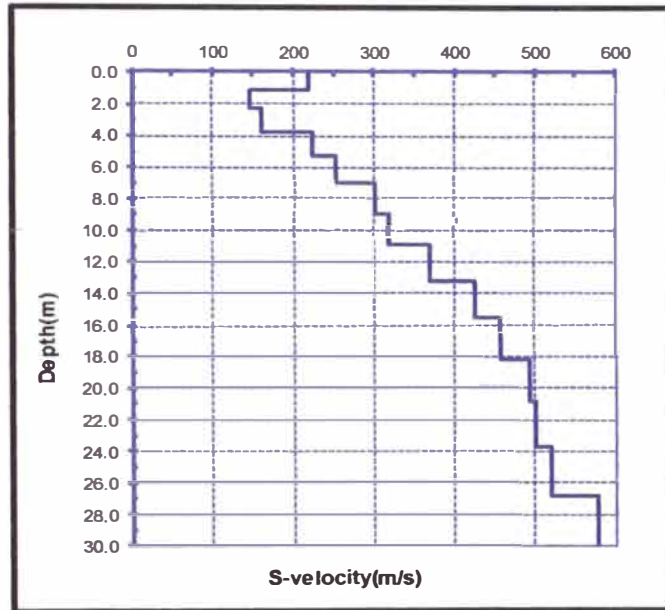
PROYECTO : ESTUDIO SUELOS Av. NESTOR GAMBETA - CALLAO, KILÓMETROS
20+200 A 21+300

UBICACION : Provincia Const. Del Callao

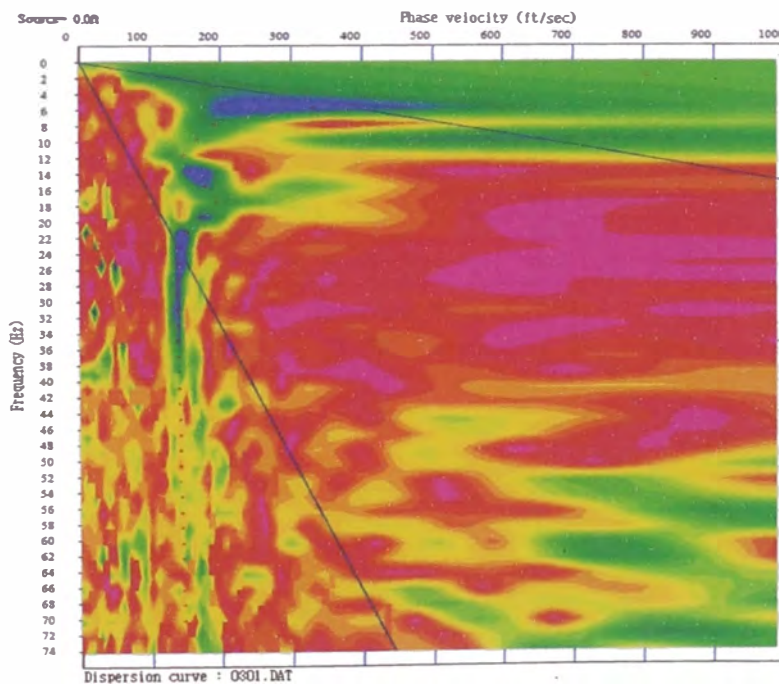
LÍNEA SISMICA: Lw 03

ONDAS REGISTRADAS: S

DROMOCRONICA



PERFIL SISMICO



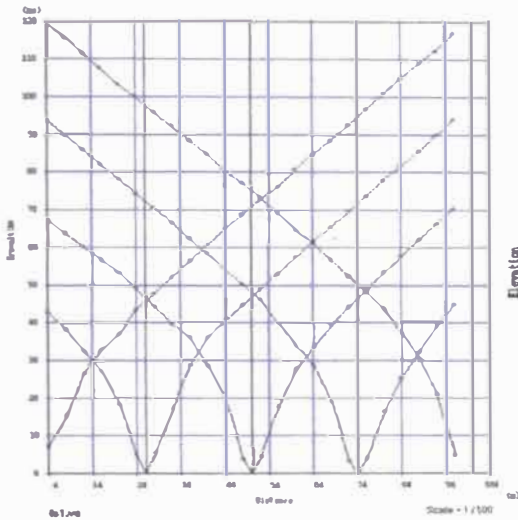
PROYECTO N° 9
“ESTUDIO COMPLEMENTARIO PARA LA EVALUACIÓN GEOTÉCNICA
DEL SUELO DE CIMENTACIÓN PARA LA AMPLIACIÓN DEL PATIO
TALLER DEL METRO DE LIMA - LÍNEA 01”

PROYECTO : "ESTUDIO COMPLEMENTARIO PARA LA EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUELO DE CIMENTACIÓN PARA LA AMPLIACIÓN DEL PATIO TALLER DEL METRO DE LIMA - LÍNEA 01"

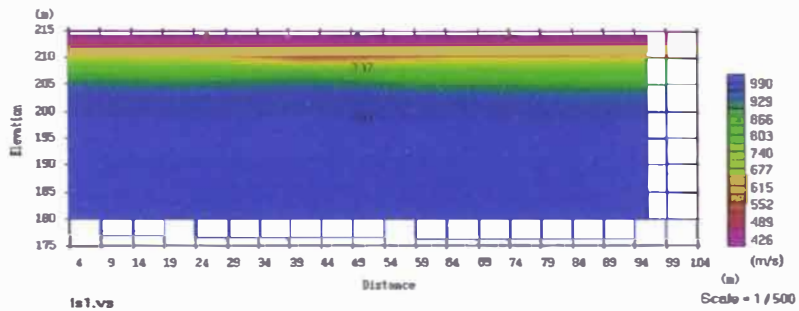
UBICACION : Dist. Villa El Salvador. Prov. de Lima

LINEA SISMICA: Ls 01
 ONDAS REGISTRADAS: P

DROMOCRONICA

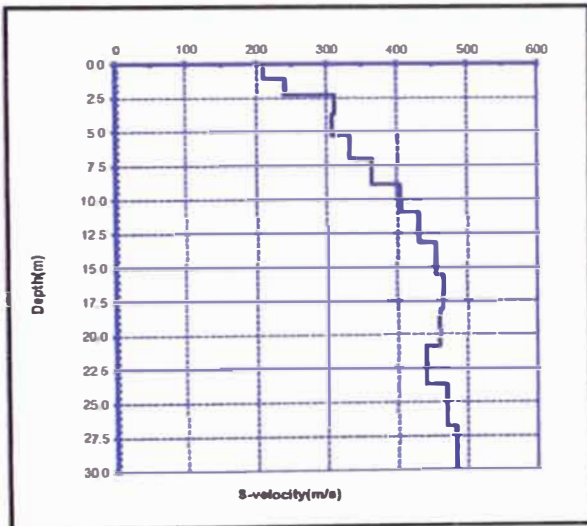


PERFIL SISMICO

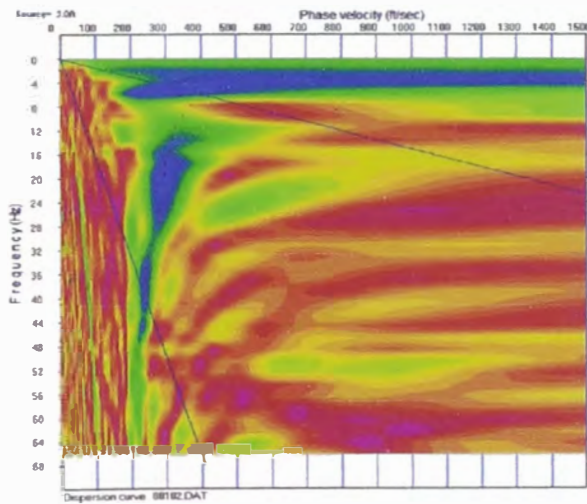


LINEA SISMICA: Lw 01
 ONDAS REGISTRADAS: S

VELOCIDAD "S" Vs PROFUNDIDAD



CURVA DE DISPERSION



ANEXO III
CARACTERIZACION DINAMICA

PROYECTO N° 1
ESTUDIO GEOFISICO, SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE
MASIVO TRAMO A.V. GRAU –BAYOVAR (S.J.L.)

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: "SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO LINEA 1, TRAMO TRAMO GRAU - BAYOVAR (S.J.L.)"

UBICACIÓN: KM 24 + 400 - S.J DE LURIGANCHO
LINEA: LW-01

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	203	0.00529
2.3	1.2	162	0.00761
3.7	1.4	246	0.00569
5.3	1.6	309	0.00506
7.0	1.7	388	0.00446
8.9	1.9	431	0.00439
11.0	2.1	469	0.00439
13.2	2.2	510	0.00436
15.6	2.4	549	0.00435
18.1	2.6	576	0.00444
20.9	2.7	582	0.00468
23.7	2.9	567	0.00509
26.8	3.0	541	0.00564
30.0	3.2	619	0.00520

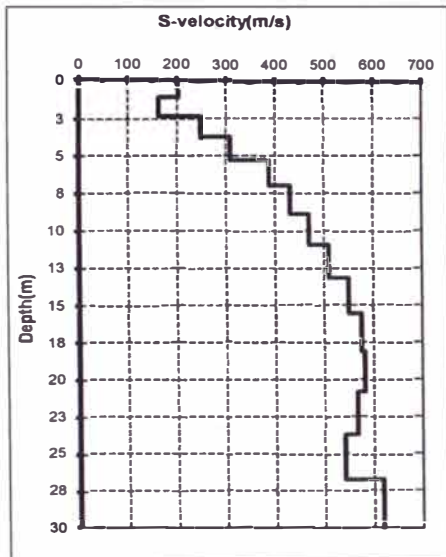
Ecuación de Ponderación

$$V_{s30} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

$$T_s = \frac{4 H}{V_{s30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderacion de Vs30

h0= 0.00
H= 30.00
Σhi= 30.00
Σhi/vi= 0.0706552
Vs30(m/s)= 425
Ts= 0.28

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 425 =>

SITE CLASS "C"

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: "SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO LINEA 1, TRAMO GRAU - BAYOVAR (S.J.L.)"

UBICACIÓN: KM 26+ 750 - S.J DE LURIGANCHO

LINEA: LW-02

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	172	0.00621
2.3	1.2	255	0.00485
3.7	1.4	180	0.00779
5.3	1.6	214	0.00732
7.0	1.7	242	0.00716
8.9	1.9	265	0.00715
11.0	2.1	303	0.00679
13.2	2.2	345	0.00644
15.6	2.4	386	0.00619
18.1	2.6	413	0.00619
20.9	2.7	426	0.00639
23.7	2.9	411	0.00702
26.8	3.0	396	0.00771
30.0	3.2	470	0.00684

Ecuación de Ponderación

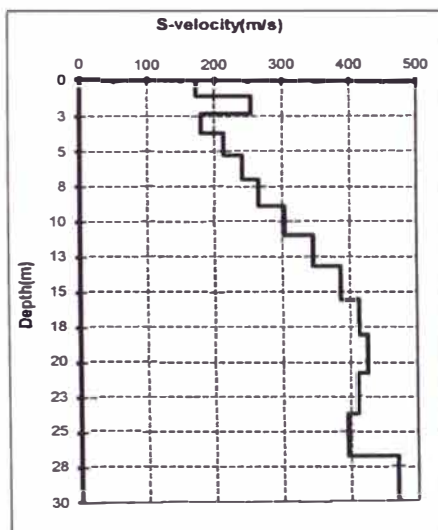
$$V_{s30} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

$$T_s = \frac{4 H}{V_{s30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda

Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00

H= 30.00

∑hi= 30.00

∑hi/vi= 0.0940493

Vs30(m/s)= 319

Ts= 0.38

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 319 =>

SITE CLASS "D"

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: "SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO LINEA 1, TRAMO
GRAU - BAYOVAR (S.J.L.)"
UBICACIÓN: KM 27 + 500 - S.J DE LURIGANCHO
LINEA: LW-03

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	155	0.00692
2.3	1.2	176	0.00702
3.7	1.4	207	0.00676
5.3	1.6	210	0.00745
7.0	1.7	227	0.00762
8.9	1.9	249	0.00760
11.0	2.1	272	0.00759
13.2	2.2	295	0.00755
15.6	2.4	315	0.00760
18.1	2.6	328	0.00778
20.9	2.7	332	0.00819
23.7	2.9	322	0.00895
26.8	3.0	304	0.01004
30.0	3.2	359	0.00894

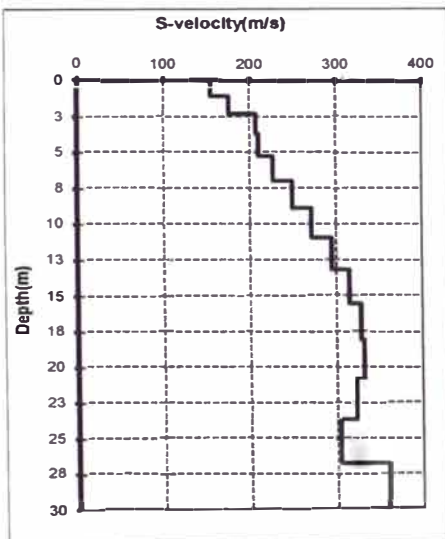
Ecuación de Ponderación

$$V_{s30} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

$$T_s = \frac{4 H}{V_{s30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
Ts : Periodo fundamental
de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
H= 30.00
 $\sum h_i = 30.00$
 $\sum \frac{h_i}{v_i} = 0.1100225$
Vs30(m/s) = 273
Ts = 0.44

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 273 =>

SITE CLASS "D"

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: "SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO LINEA 1, TRAMO
 GRAU - BAYOVAR (S.J.L.)"
 UBICACIÓN: KM 30 + 070 - S.J DE LURIGANCHO
 LINEA: LW-04

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	182	0.00590
2.3	1.2	196	0.00631
3.7	1.4	299	0.00468
5.3	1.6	374	0.00419
7.0	1.7	391	0.00443
8.9	1.9	403	0.00471
11.0	2.1	441	0.00467
13.2	2.2	498	0.00447
15.6	2.4	553	0.00432
18.1	2.6	591	0.00432
20.9	2.7	600	0.00454
23.7	2.9	578	0.00499
26.8	3.0	588	0.00519
30.0	3.2	627	0.00513

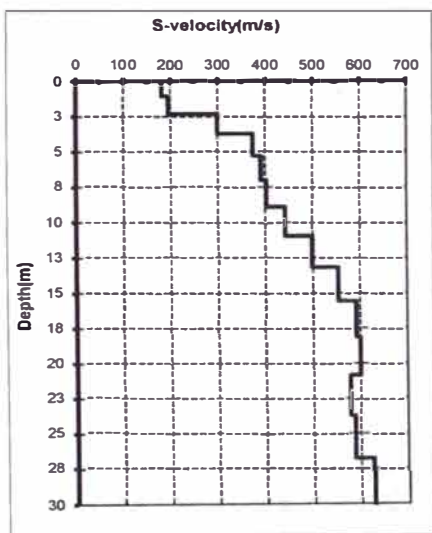
Ecuación de Ponderación

$$V_{s30} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

$$T_s = \frac{4 H}{V_{s30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
 Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
 H= 30.00
 $\sum h_i = 30.00$
 $\sum h_i/v_i = 0.0678429$
Vs30(m/s)= 442
Ts= 0.27

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 442 => **SITE CLASS "C"**

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: "SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO LINEA 1, TRAMO
GRAU - BAYOVAR (S.J.L.)"
UBICACIÓN: KM 26 + 240 - S.J DE LURIGANCHO
LINEA: LW-05

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	181	0.00592
2.3	1.2	166	0.00746
3.7	1.4	282	0.00497
5.3	1.6	329	0.00476
7.0	1.7	357	0.00485
8.9	1.9	375	0.00505
11.0	2.1	409	0.00504
13.2	2.2	453	0.00491
15.6	2.4	495	0.00483
18.1	2.6	526	0.00486
20.9	2.7	536	0.00507
23.7	2.9	520	0.00555
26.8	3.0	538	0.00567
30.0	3.2	591	0.00544

Ecuación de Ponderación

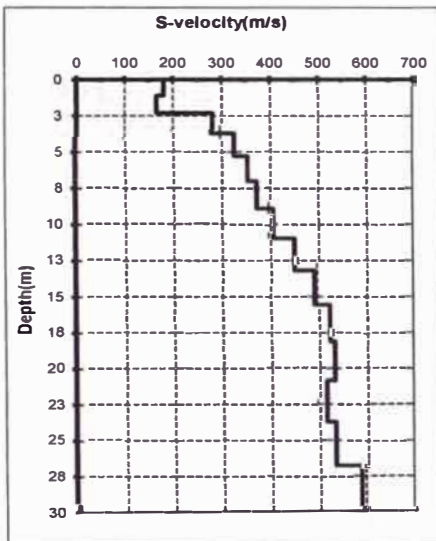
$$Vs_{30} = \frac{H}{\sum \frac{hi}{Vsi}}$$

$$Ts = \frac{4 H}{Vs_{30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"

Ponderación de Vs30



h0= 0.00
hf= 30.00
Σhi= 30.00
Σhi/vi= 0.0743869
Vs30(m/s)= 403
Ts= 0.30

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 403 =>

SITE CLASS "C"

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: "SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO LINEA 1, TRAMO
GRAU - BAYOVAR (S.J.L.)"
UBICACIÓN: KM 26 + 450 - S.J DE LURIGANCHO
LINEA: LW-06

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	215	0.00498
2.3	1.2	197	0.00626
3.7	1.4	237	0.00590
5.3	1.6	272	0.00575
7.0	1.7	303	0.00571
8.9	1.9	346	0.00549
11.0	2.1	386	0.00534
13.2	2.2	421	0.00529
15.6	2.4	447	0.00535
18.1	2.6	461	0.00554
20.9	2.7	460	0.00591
23.7	2.9	442	0.00652
26.8	3.0	456	0.00668
30.0	3.2	529	0.00607

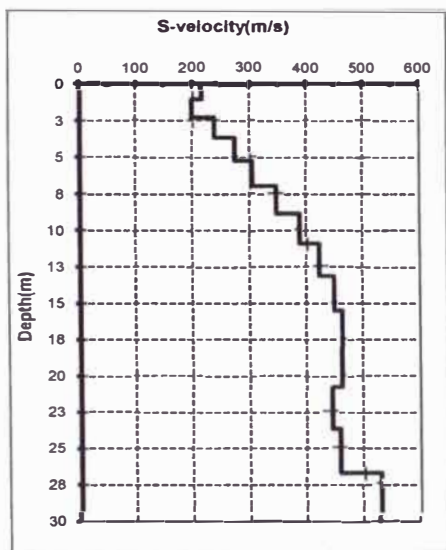
Ecuación de Ponderación

$$Vs_{30} = \frac{H}{\sum \frac{hi}{Vsi}}$$

$$Ts = \frac{4 H}{Vs_{30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
Ts : Periodo fundamental
de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
H= 30.00
Σhi= 30.00
Σhi/vi= 0.0807975
Vs30(m/s)= 371
Ts= 0.32

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

Vs30(m/s) = 371 =>

SITE CLASS "C"

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: "SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO LINEA 1, TRAMO
 GRAU - BAYOVAR (S.J.L.)"
 UBICACIÓN: KM 28 + 130 - S.J DE LURIGANCHO
 LINEA: LW-07

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	221	0.00484
2.3	1.2	201	0.00615
3.7	1.4	238	0.00589
5.3	1.6	258	0.00607
7.0	1.7	264	0.00655
8.9	1.9	283	0.00670
11.0	2.1	316	0.00653
13.2	2.2	353	0.00631
15.6	2.4	385	0.00621
18.1	2.6	411	0.00622
20.9	2.7	419	0.00649
23.7	2.9	409	0.00705
26.8	3.0	425	0.00717
30.0	3.2	461	0.00697

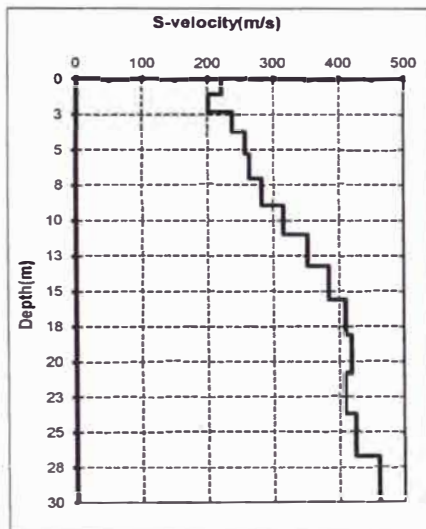
Ecuación de Ponderación

$$V_{S30} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

$$T_s = \frac{4 H}{V_{S30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
 Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
 H= 30.00
 $\sum h_i = 30.00$
 $\sum h_i/v_i = 0.0891616$
Vs30(m/s)= 336
Ts= 0.36

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

COMO VS30(m/s) = 336 => **SITE CLASS "D"**

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: "SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO LINEA 1, TRAMO
GRAU - BAYOVAR (S.J.L.)"
UBICACIÓN: KM 28 + 600 - S.J DE LURIGANCHO
LINEA: LW-08

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	189	0.00568
2.3	1.2	225	0.00551
3.7	1.4	297	0.00472
5.3	1.6	294	0.00533
7.0	1.7	295	0.00586
8.9	1.9	315	0.00602
11.0	2.1	344	0.00599
13.2	2.2	410	0.00543
15.6	2.4	435	0.00550
18.1	2.6	451	0.00566
20.9	2.7	455	0.00598
23.7	2.9	443	0.00652
26.8	3.0	454	0.00672
30.0	3.2	490	0.00656

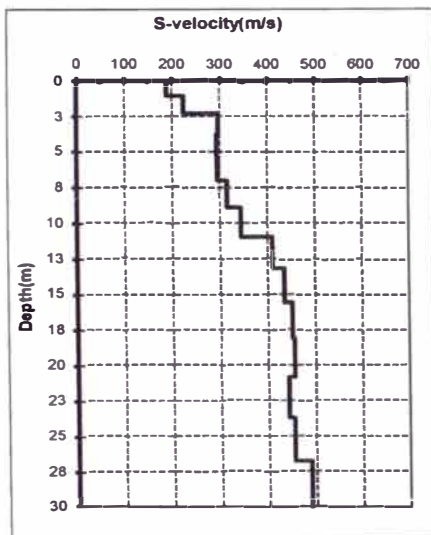
Ecuación de Ponderación

$$V_{S30} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

$$T_s = \frac{4 H}{V_{S30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
Ts : Periodo fundamental
de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0=	0.00
H=	30.00
∑hi=	30.00
∑hi/vi=	0.0814624
Vs30(m/s)=	368
Ts=	0.33

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

COMO VS30(m/s) = 368 => **SITE CLASS "C"**

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: "SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO LINEA 1, TRAMO
GRAU - BAYOVAR (S.J.L.)"
UBICACIÓN: KM 29 + 400 - S.J DE LURIGANCHO
LINEA: LW-09

Profundidad (m)	hi(m)	Velocidad S (m/s)	hi/Vsi
h _i	hi(m)	V _{si}	hi/V _{si}
1.1	1.1	205	0.00523
2.3	1.2	179	0.00692
3.7	1.4	240	0.00584
5.3	1.6	260	0.00603
7.0	1.7	328	0.00528
8.9	1.9	342	0.00554
11.0	2.1	391	0.00527
13.2	2.2	409	0.00544
15.6	2.4	439	0.00545
18.1	2.6	460	0.00556
20.9	2.7	467	0.00582
23.7	2.9	455	0.00634
26.8	3.0	472	0.00646
30.0	3.2	535	0.00601

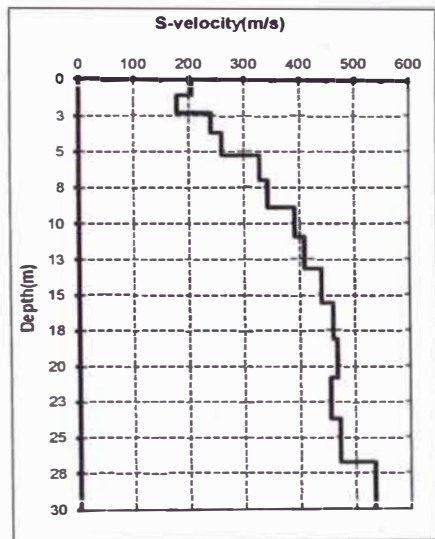
Ecuación de Ponderación

$$V_{s30} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

$$T_s = \frac{4 H}{V_{s30}}$$

V_s : Velocidad promedio de onda
T_s : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h₀= 0.00
H= 30.00
Σh_i= 30.00
Σh_i/v_i= 0.0811889
Vs30(m/s)= 370
Ts= 0.32

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 370 =>

SITE CLASS "C"

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: "SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO LINEA 1, TRAMO GRAU - BAYOVAR (S.J.L.)"

UBICACIÓN: KM 33 + 300 - S.J DE LURIGANCHO
LINEA: LW-10

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	240	0.00446
2.3	1.2	224	0.00551
3.7	1.4	352	0.00398
5.3	1.6	421	0.00372
7.0	1.7	437	0.00396
8.9	1.9	474	0.00400
11.0	2.1	552	0.00373
13.2	2.2	646	0.00344
15.6	2.4	721	0.00332
18.1	2.6	746	0.00343
20.9	2.7	737	0.00369
23.7	2.9	690	0.00418
26.8	3.0	739	0.00413
30.0	3.2	726	0.00443

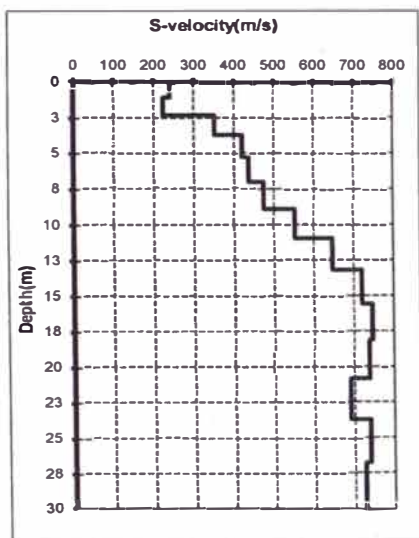
Ecuación de Ponderación

$$Vs_{30} = \frac{H}{\sum \frac{hi}{Vsi}}$$

$$Ts = \frac{4 H}{Vs_{30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
H= 30.00
Σhi= 30.00
Σhi/vi= 0.0559730
Vs30(m/s)= 536
Ts= 0.22

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 536 =>

SITE CLASS "C"

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: "SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO LINEA 1, TRAMO

GRAU - BAYOVAR (S.J.L.)"

UBICACIÓN: KM 21+700

LINEA: LW-11

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	314	0.00341
2.3	1.2	302	0.00410
3.7	1.4	429	0.00327
5.3	1.6	530	0.00295
7.0	1.7	583	0.00297
8.9	1.9	563	0.00337
11.0	2.1	538	0.00383
13.2	2.2	565	0.00394
15.6	2.4	654	0.00365
18.1	2.6	747	0.00342
20.9	2.7	798	0.00341
23.7	2.9	826	0.00349
26.8	3.0	829	0.00368
30.0	3.2	842	0.00382

Ecuación de Ponderación

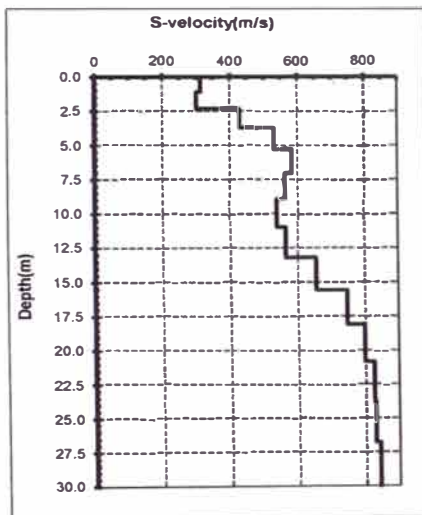
$$Vs_{30} = \frac{H}{\sum \frac{hi}{Vsi}}$$

$$Ts = \frac{4 H}{Vs_{30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda

Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0=	0.00
hf=	30.00
∑hi=	30.00
∑hi/vi=	0.0492999
Vs30(m/s)=	609
Ts=	0.20

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

Vs30(m/s) = 609 => **SITE CLASS "C"**

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: "SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO LINEA 1, TRAMO
 GRAU - BAYOVAR (S.J.L.)"

UBICACIÓN: KM 22+250

LINEA: LW-12

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	415	0.00258
2.3	1.2	408	0.00303
3.7	1.4	436	0.00322
5.3	1.6	472	0.00332
7.0	1.7	497	0.00349
8.9	1.9	548	0.00346
11.0	2.1	596	0.00346
13.2	2.2	638	0.00349
15.6	2.4	661	0.00361
18.1	2.6	675	0.00378
20.9	2.7	681	0.00399
23.7	2.9	696	0.00414
26.8	3.0	707	0.00431
30.0	3.2	729	0.00441

Ecuación de Ponderación

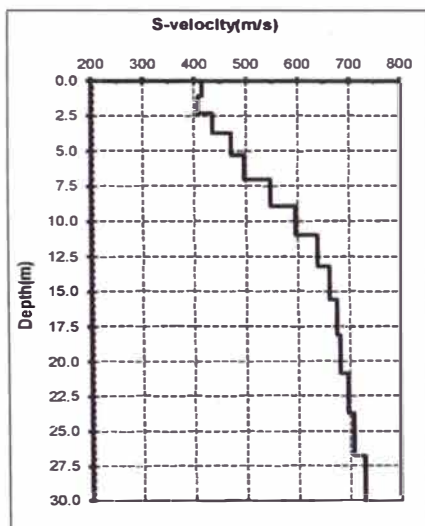
$$V_{s30} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

$$T_s = \frac{4 H}{V_{s30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda

Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
 H= 30.00
 $\sum h_i = 30.00$
 $\sum h_i/v_i = 0.0502949$
Vs30(m/s)= 596
Ts= 0.20

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30 = 596

=>

SITE CLASS "C"

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: "SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO LINEA 1, TRAMO

GRAU - BAYOVAR (S.J.L.)"

UBICACIÓN: KM 23+035

LINEA: LW-13

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	303	0.00353
2.3	1.2	297	0.00417
3.7	1.4	270	0.00520
5.3	1.6	299	0.00524
7.0	1.7	316	0.00548
8.9	1.9	333	0.00569
11.0	2.1	373	0.00552
13.2	2.2	414	0.00537
15.6	2.4	462	0.00517
18.1	2.6	484	0.00528
20.9	2.7	487	0.00559
23.7	2.9	478	0.00603
26.8	3.0	464	0.00657
30.0	3.2	492	0.00654

Ecuación de Ponderación

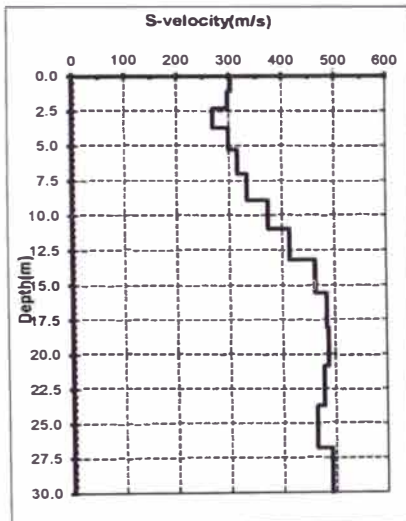
$$V_{S30} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

$$T_s = \frac{4 H}{V_{S30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda

Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
 H= 30.00
 Σhi= 30.00
 Σhi/vi= 0.0753728
Vs30(m/s)= 398
Ts= 0.30

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 398

=>

SITE CLASS "C"

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: "SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO LINEA 1, TRAMO
 GRAU - BAYOVAR (S.J.L.)"
 UBICACIÓN: KM 24+750
 LINEA: LW-14

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	187	0.00572
2.3	1.2	165	0.00747
3.7	1.4	289	0.00485
5.3	1.6	354	0.00443
7.0	1.7	359	0.00482
8.9	1.9	362	0.00524
11.0	2.1	404	0.00510
13.2	2.2	489	0.00455
15.6	2.4	579	0.00413
18.1	2.6	626	0.00408
20.9	2.7	642	0.00424
23.7	2.9	634	0.00455
26.8	3.0	612	0.00498
30.0	3.2	654	0.00491

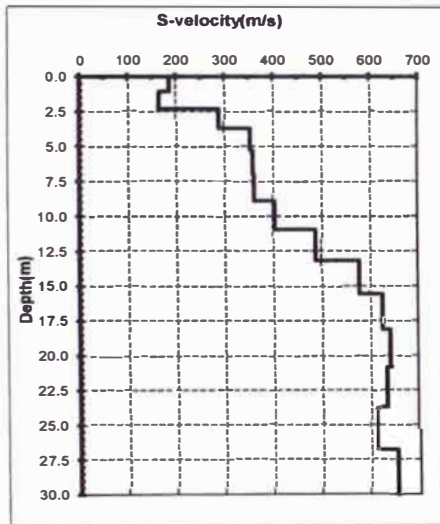
Ecuación de Ponderación

$$V_{S30} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

$$T_s = \frac{4 H}{V_{S30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
 Ts : Periodo fundamental
 de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
 H= 30.00
 $\sum h_i = 30.00$
 $\sum h_i/v_i = 0.0690729$
Vs30(m/s) = 434
Ts = 0.28

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

Vs30(m/s) = 434 => SITE CLASS "C"

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: "SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO LINEA 1, TRAMO

GRAU - BAYOVAR (S.J.L.)"

UBICACIÓN: KM 25+585

LÍNEA: LW-15

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	208	0.00514
2.3	1.2	225	0.00549
3.7	1.4	222	0.00630
5.3	1.6	231	0.00678
7.0	1.7	331	0.00524
8.9	1.9	423	0.00448
11.0	2.1	483	0.00427
13.2	2.2	511	0.00435
15.6	2.4	515	0.00465
18.1	2.6	504	0.00507
20.9	2.7	487	0.00558
23.7	2.9	470	0.00614
26.8	3.0	455	0.00671
30.0	3.2	459	0.00701

Ecuación de Ponderación

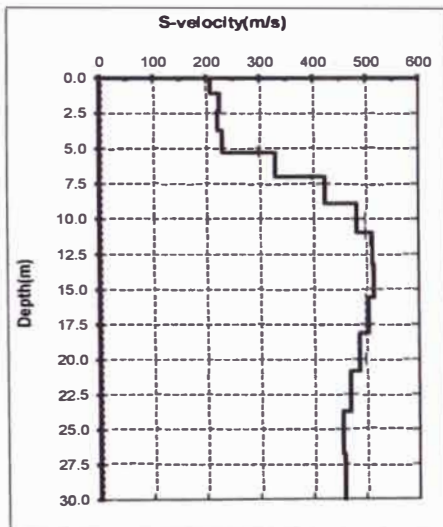
$$V_{s30} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

$$T_s = \frac{4 H}{V_{s30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda

Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
 H= 30.00
 Σhi= 30.00
 Σhi/vi= 0.0771906
Vs30(m/s)= 389
Ts= 0.31

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 389 => **SITE CLASS "C"**

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: "SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO LINEA 1, TRAMO
GRAU - BAYOVAR (S.J.L.)"
UBICACIÓN: KM 27+100
LINEA: LW-16

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	229	0.00468
2.3	1.2	237	0.00521
3.7	1.4	226	0.00619
5.3	1.6	224	0.00698
7.0	1.7	229	0.00755
8.9	1.9	255	0.00743
11.0	2.1	278	0.00741
13.2	2.2	306	0.00726
15.6	2.4	309	0.00773
18.1	2.6	316	0.00809
20.9	2.7	333	0.00817
23.7	2.9	343	0.00842
26.8	3.0	369	0.00826
30.0	3.2	376	0.00855

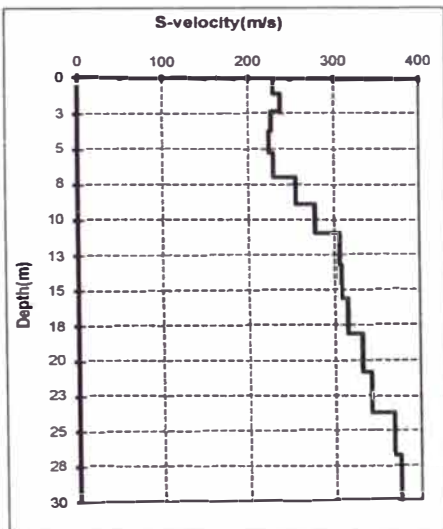
Ecuación de Ponderación

$$V_{S_{30}} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

$$T_s = \frac{4 H}{V_{S_{30}}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
Ts : Periodo fundamental
de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
H= 30.00
Σhi= 30.00
Σhi/vi= 0.1019267
Vs30(m/s)= 294
Ts= 0.41

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30 = 294 => SITE CLASS "D"

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: "SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO LINEA 1, TRAMO

GRAU - BAYOVAR (S.J.L.)"

UBICACIÓN: KM 27+935

LINEA: LW-17

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	212	0.00505
2.3	1.2	190	0.00649
3.7	1.4	223	0.00627
5.3	1.6	275	0.00569
7.0	1.7	269	0.00643
8.9	1.9	261	0.00726
11.0	2.1	281	0.00733
13.2	2.2	317	0.00703
15.6	2.4	353	0.00678
18.1	2.6	378	0.00676
20.9	2.7	384	0.00707
23.7	2.9	385	0.00750
26.8	3.0	379	0.00805
30.0	3.2	389	0.00827

Ecuación de Ponderación

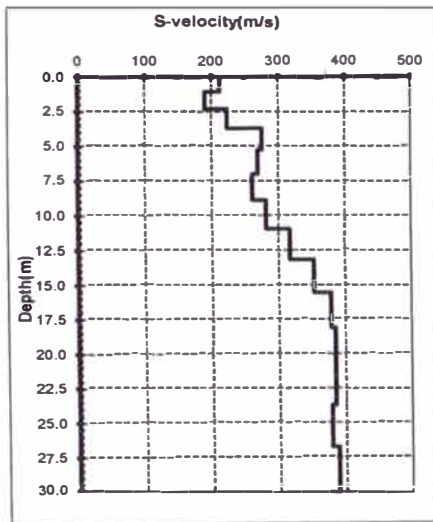
$$Vs_{30} = \frac{H}{\sum \frac{hi}{Vsi}}$$

$$Ts = \frac{4 H}{Vs_{30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda

Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
 H= 30.00
 Σhi= 30.00
 Σhi/vi= 0.0959780
Vs30(m/s)= 313
Ts= 0.38

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30 = 313 => SITE CLASS "D"

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: "SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO LINEA 1, TRAMO
GRAU - BAYOVAR (S.J.L.)"
UBICACIÓN: KM 28+300
LINEA: LW-18

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	198	0.00540
2.3	1.2	188	0.00657
3.7	1.4	205	0.00682
5.3	1.6	251	0.00625
7.0	1.7	270	0.00641
8.9	1.9	275	0.00689
11.0	2.1	295	0.00699
13.2	2.2	326	0.00682
15.6	2.4	362	0.00661
18.1	2.6	411	0.00622
20.9	2.7	426	0.00638
23.7	2.9	430	0.00671
26.8	3.0	425	0.00718
30.0	3.2	420	0.00765

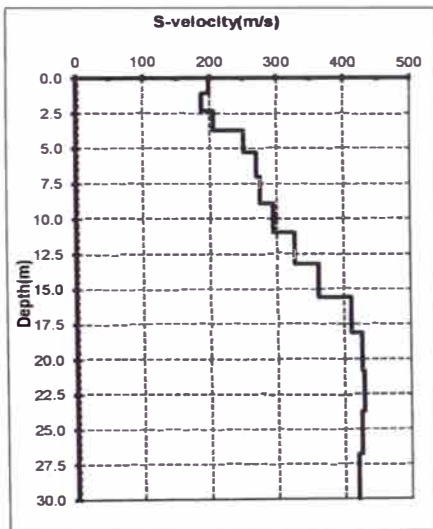
Ecuación de Ponderación

$$Vs_{30} = \frac{H}{\sum \frac{hi}{Vsi}}$$

$$Ts = \frac{4 H}{Vs_{30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

$$Vs_{30} = \frac{\sum hi}{\sum \frac{hi}{Vsi}}$$

h0= 0.00
H= 30.00
Σhi= 30.00
Σhi/vi= 0.0929214
Vs30(m/s)= 323
Ts= 0.37

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

Vs30(m/s) = 323 => SITE CLASS "D"

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: "SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO LINEA 1, TRAMO
 GRAU - BAYOVAR (S.J.L.)"
 UBICACIÓN: KM 31+100
 LINEA: LW-19

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	196	0.00546
2.3	1.2	204	0.00606
3.7	1.4	274	0.00511
5.3	1.6	321	0.00488
7.0	1.7	402	0.00431
8.9	1.9	431	0.00440
11.0	2.1	451	0.00457
13.2	2.2	507	0.00439
15.6	2.4	562	0.00426
18.1	2.6	609	0.00420
20.9	2.7	637	0.00427
23.7	2.9	647	0.00446
26.8	3.0	643	0.00474
30.0	3.2	674	0.00477

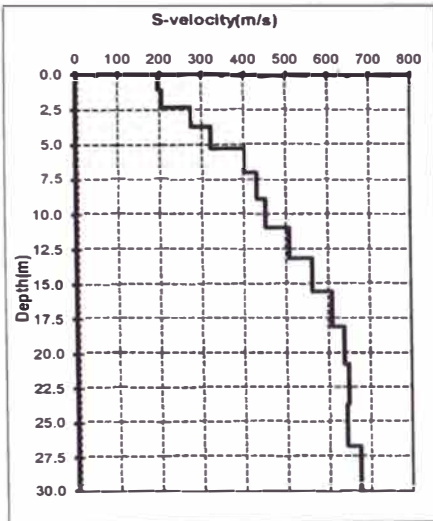
Ecuación de Ponderación

$$Vs_{30} = \frac{H}{\sum \frac{hi}{Vsi}}$$

$$Ts = \frac{4 H}{Vs_{30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
 Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
 H= 30.00
 $\sum hi = 30.00$
 $\sum hi/vi = 0.0658567$
Vs30(m/s) = 456
Ts = 0.26

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 456 . => SITE CLASS "C"

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: "SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO LINEA 1, TRAMO

GRAU - BAYOVAR (S.J.L.)"

UBICACIÓN: KM 32+200

LINEA: LW-20

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	269	0.00398
2.3	1.2	221	0.00560
3.7	1.4	357	0.00393
5.3	1.6	433	0.00361
7.0	1.7	415	0.00417
8.9	1.9	424	0.00448
11.0	2.1	484	0.00426
13.2	2.2	568	0.00392
15.6	2.4	631	0.00379
18.1	2.6	660	0.00387
20.9	2.7	679	0.00401
23.7	2.9	686	0.00420
26.8	3.0	686	0.00445
30.0	3.2	725	0.00443

Ecuación de Ponderación

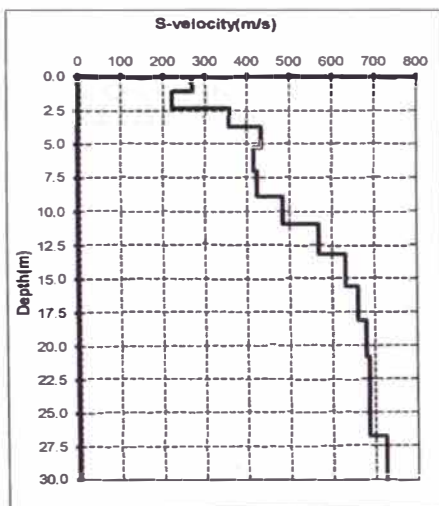
$$Vs_{30} = \frac{H}{\sum \frac{hi}{Vsi}}$$

$$Ts = \frac{4 H}{Vs_{30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda

Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
 H= 30.00
 Σhi= 30.00
 Σhi/vi= 0.0586928
Vs30(m/s)= 511
Ts= 0.23

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 511 => SITE CLASS "C"

PROYECTO N° 2
ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACION DE 6
RESERVORIOS DEL PROYECTO DE MEJORAMIENTO SANITARIO DE
LAS ÁREAS MARGINALES DE LIMA

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO GEOTECNICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DE 6 RESERVORIOS DEL PROYECTO DE MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS AREAS MARGINALES DE LIMA

UBICACIÓN: Reservoirio N°2 - Dist. San Juan de Lurigancho, Prov. de Lima
LINEA: LW-03

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	339	0.00316
2.3	1.2	221	0.00560
3.7	1.4	338	0.00415
5.3	1.6	423	0.00370
7.0	1.7	370	0.00468
8.9	1.9	352	0.00538
11.0	2.1	485	0.00425
13.2	2.2	631	0.00353
15.6	2.4	711	0.00336
18.1	2.6	742	0.00344
20.9	2.7	730	0.00373
23.7	2.9	694	0.00415
26.8	3.0	650	0.00469
30.0	3.2	672	0.00479

Ecuación de Ponderación

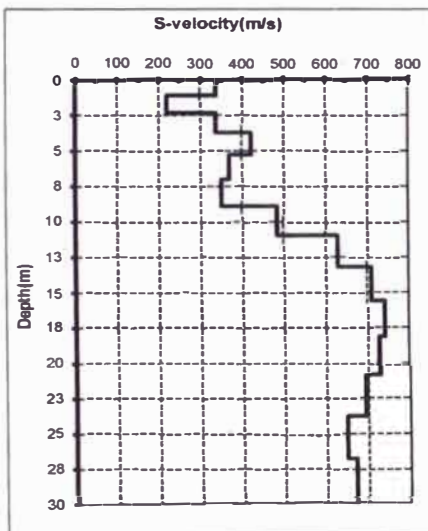
$$V_{S30} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

$$T_s = \frac{4H}{V_{S30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda

Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0=	0.00
H=	30.00
∑hi=	30.00
∑hi/vi=	0.0586086
Vs30(m/s)=	512
Ts=	0.23

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

Vs30 (m/s)=

512

SITE CLASS "C"

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO GEOTECNICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DE 6 RESERVORIOS DEL
PROYECTO DE MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS AREAS MARGINALES DE LIMA

UBICACIÓN: Reservoirio Nº2 - Dist. San Juan de Lurigancho, Prov. de Lima

LÍNEA: LW-04

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	270	0.00397
2.3	1.2	223	0.00554
3.7	1.4	288	0.00487
5.3	1.6	313	0.00500
7.0	1.7	332	0.00521
8.9	1.9	411	0.00462
11.0	2.1	526	0.00392
13.2	2.2	592	0.00376
15.6	2.4	625	0.00382
18.1	2.6	622	0.00411
20.9	2.7	599	0.00454
23.7	2.9	567	0.00509
26.8	3.0	536	0.00569
30.0	3.2	548	0.00587

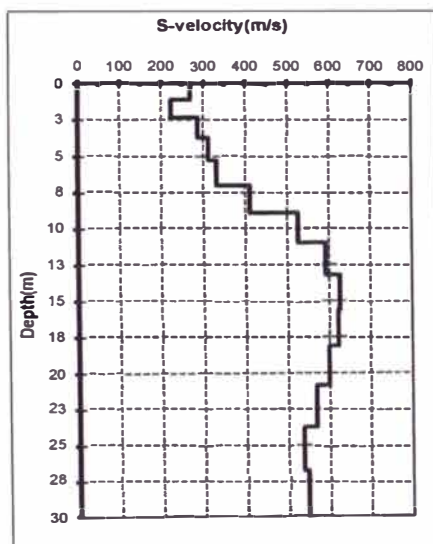
Ecuación de Ponderación

$$V_{S30} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

$$T_s = \frac{4H}{V_{S30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
Ts : Periodo fundamental
de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

$h_0 = 0.00$
 $H = 30.00$
 $\sum h_i = 30.00$
 $\sum h_i/v_i = 0.0660025$
 $V_{s30}(m/s) = 455$
 $T_s = 0.26$

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

Vs30= 455

SITE CLASS "C"

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO GEOTECNICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DE 6 RESERVORIOS DEL
PROYECTO DE MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS AREAS MARGINALES DE LIMA

UBICACIÓN: Reservoirio N°3 Collique - Dist. Comas, Prov. de Lima

LINEA: LW-01

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	324	0.00331
2.3	1.2	420	0.00294
3.7	1.4	603	0.00232
5.3	1.6	636	0.00246
7.0	1.7	576	0.00300
8.9	1.9	585	0.00324
11.0	2.1	694	0.00297
13.2	2.2	849	0.00262
15.6	2.4	978	0.00244
18.1	2.6	1059	0.00241
20.9	2.7	1068	0.00255
23.7	2.9	1022	0.00282
26.8	3.0	949	0.00321
30.0	3.2	1150	0.00279

Ecuación de Ponderación

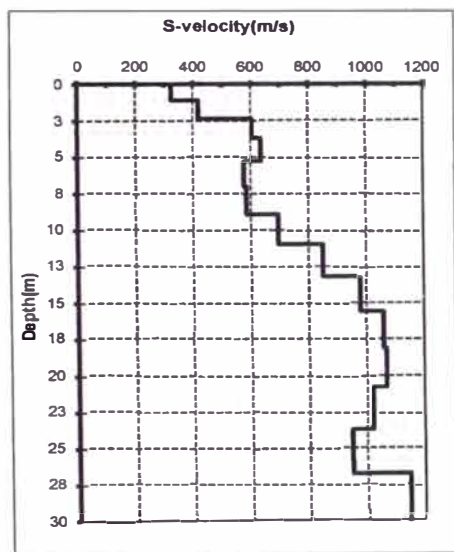
$$Vs_{30} = \frac{H}{\sum \frac{hi}{Vsi}}$$

$$Ts = \frac{4 H}{Vs_{30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda

Ts : Periodo fundamental
de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00

H= 30.00

∑hi= 30.00

∑hi/vi= 0.0391070

Vs30(m/s)= 767

Ts= 0.16

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 767 => **SITE CLASS "B"**

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO GEOTECNICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DE 6 RESERVORIOS DEL
PROYECTO DE MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS AREAS MARGINALES DE LIMA
UBICACIÓN: Reservorio N°4 Hospital S. Bernales - Dist. Comas, Prov. de Lima
LINEA: LW-01

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	158	0.00678
2.3	1.2	250	0.00494
3.7	1.4	333	0.00420
5.3	1.6	406	0.00386
7.0	1.7	423	0.00409
8.9	1.9	424	0.00448
11.0	2.1	468	0.00441
13.2	2.2	534	0.00417
15.6	2.4	638	0.00374
18.1	2.6	694	0.00368
20.9	2.7	735	0.00370
23.7	2.9	764	0.00378
26.8	3.0	749	0.00407
30.0	3.2	872	0.00369

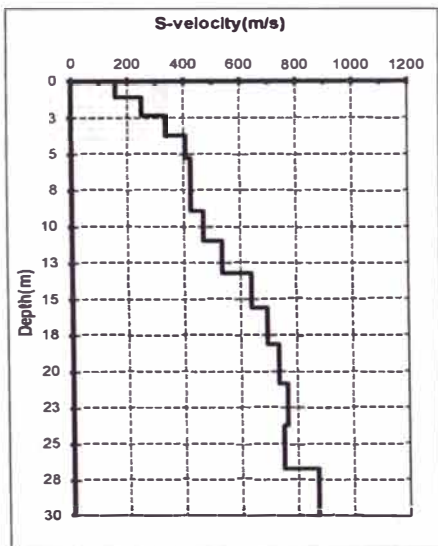
Ecuación de Ponderación

$$V_{s30} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

$$T_s = \frac{4 H}{V_{s30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
H= 30.00
Σhi= 30.00
Σhi/vi= 0.0595762
Vs30(m/s)= 504
Ts= 0.24

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 504 **SITE CLASS "C"**

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO GEOTECNICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DE 6 RESERVORIOS DEL
PROYECTO DE MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS AREAS MARGINALES DE LIMA

UBICACIÓN: Reservoirio N°4 Parque Sinchi Roca- Dist. Comas, Prov. de Lima

LÍNEA: LW-03

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	205	0.00522
2.3	1.2	200	0.00617
3.7	1.4	178	0.00789
5.3	1.6	209	0.00748
7.0	1.7	284	0.00609
8.9	1.9	361	0.00526
11.0	2.1	415	0.00497
13.2	2.2	458	0.00486
15.6	2.4	471	0.00508
18.1	2.6	460	0.00555
20.9	2.7	433	0.00628
23.7	2.9	394	0.00732
26.8	3.0	358	0.00852
30.0	3.2	403	0.00797

Ecuación de Ponderación

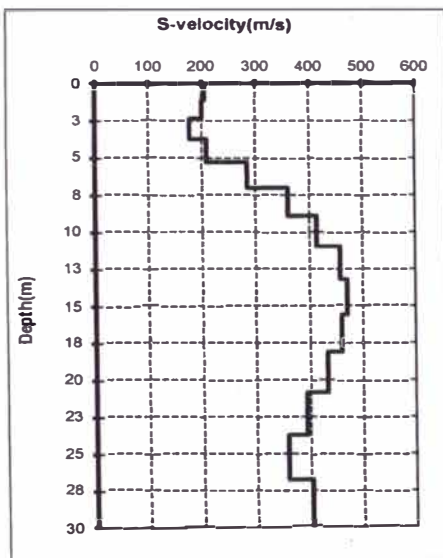
$$V_{s30} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

$$T_s = \frac{4H}{V_{s30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda

Ts : Periodo fundamental
de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00

H= 30.00

$\sum h_i = 30.00$

$\sum h_i/v_i = 0.0886465$

Vs30(m/s)= 338

Ts= 0.35

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30 (m/s) = 338 =>

SITE CLASS "D"

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO GEOTECNICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DE 6 RESERVORIOS DEL
 PROYECTO DE MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS AREAS MARGINALES DE LIMA
 UBICACIÓN: Reservoirio Nº5 San Martin - Dist. Puente Piedra, Prov. de Lima
 LINEA: LW-03

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	230	0.00466
2.3	1.2	201	0.00614
3.7	1.4	314	0.00446
5.3	1.6	429	0.00365
7.0	1.7	479	0.00361
8.9	1.9	487	0.00389
11.0	2.1	546	0.00377
13.2	2.2	623	0.00357
15.6	2.4	683	0.00350
18.1	2.6	750	0.00341
20.9	2.7	782	0.00348
23.7	2.9	791	0.00365
26.8	3.0	779	0.00391
30.0	3.2	872	0.00369

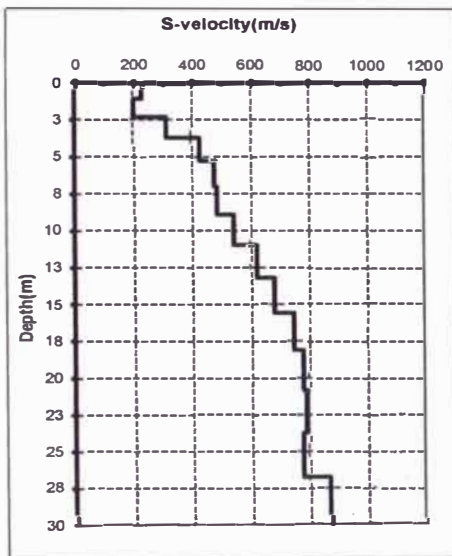
Ecuación de Ponderación

$$Vs_{30} = \frac{H}{\sum \frac{hi}{Vsi}}$$

$$Ts = \frac{4 H}{Vs_{30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
 Ts : Periodo fundamental
 de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0=	0.00
H=	30.00
∑hi=	30.00
∑hi/vi=	0.0553819
Vs30(m/s)=	542
Ts=	0.22

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 542 => **SITE CLASS "C"**

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO GEOTECNICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DE 6 RESERVORIOS DEL PROYECTO DE MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS AREAS MARGINALES DE LIMA
UBICACIÓN: Reservoirio N°6 Tupac Amaru - Dist. Comas, Prov. de Lima
LINEA: LW-01

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	287	0.00374
2.3	1.2	342	0.00362
3.7	1.4	381	0.00367
5.3	1.6	430	0.00364
7.0	1.7	451	0.00384
8.9	1.9	464	0.00409
11.0	2.1	517	0.00399
13.2	2.2	573	0.00388
15.6	2.4	575	0.00416
18.1	2.6	586	0.00436
20.9	2.7	578	0.00471
23.7	2.9	585	0.00493
26.8	3.0	596	0.00512
30.0	3.2	604	0.00532

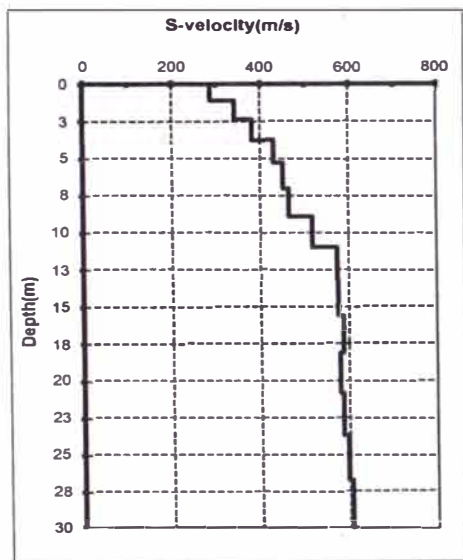
Ecuación de Ponderación

$$V_{s30} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

$$T_s = \frac{4 H}{V_{s30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
H= 30.00
Σhi= 30.00
Σhi/vi= 0.0590592
Vs30(m/s)= 508
Ts= 0.24

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30 (m/s) = 508 => **SITE CLASS "C"**

PROYECTO N° 3
ESTUDIO GEOFISICO DE REFRACCION SISMICA LOTE B-1 VILLA EL
SALVADOR

PROYECTO: ESTUDIO GEOFISICO DE REFRACCION SISMICA LOTE B-1 VILLA EL SALVADOR

UBICACIÓN: Dist. Villa El Salvador, Prov. Lima

LINEA: Lw 01

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	220	0.00487
2.3	1.2	272	0.00454
3.7	1.4	304	0.00461
5.3	1.6	337	0.00465
7.0	1.7	358	0.00483
8.9	1.9	379	0.00501
11.0	2.1	387	0.00532
13.2	2.2	388	0.00574
15.6	2.4	384	0.00623
18.1	2.6	379	0.00674
20.9	2.7	377	0.00722
23.7	2.9	378	0.00764
26.8	3.0	388	0.00786
30.0	3.2	391	0.00822

Ecuación de Ponderación

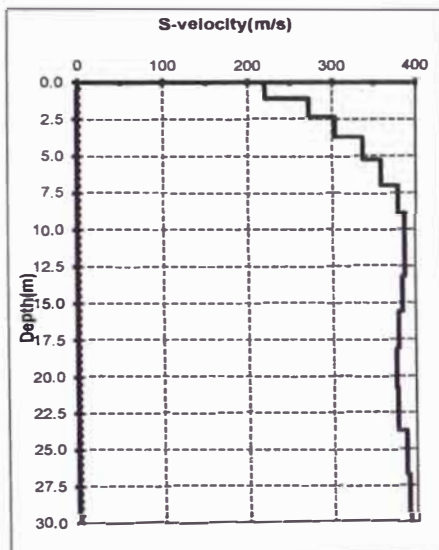
$$V_{s30} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

$$T_s = \frac{4 H}{V_{s30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda

Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0=	0.00
H=	30.00
∑hi=	30.00
∑hi/vi=	0.0834710
Vs30(m/s)=	359
Ts=	0.33

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 359

=> SITE CLASS "D"

PROYECTO: ESTUDIO GEOFISICO DE REFRACCION SISMICA LOTE B-1 VILLA EL SALVADOR
UBICACIÓN: Dist. Villa El Salvador, Prov. Lima
LINEA: Lw 02

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	237	0.00452
2.3	1.2	269	0.00459
3.7	1.4	301	0.00465
5.3	1.6	315	0.00498
7.0	1.7	336	0.00516
8.9	1.9	341	0.00556
11.0	2.1	334	0.00617
13.2	2.2	333	0.00667
15.6	2.4	330	0.00724
18.1	2.6	331	0.00772
20.9	2.7	342	0.00796
23.7	2.9	350	0.00824
26.8	3.0	350	0.00872
30.0	3.2	344	0.00933

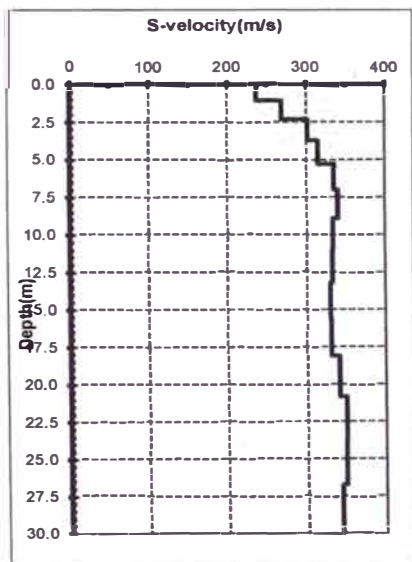
Ecuación de Ponderación

$$Vs_{30} = \frac{H}{\sum \frac{hi}{Vsi}}$$

$$Ts = \frac{4 H}{Vs_{30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
Ts : Periodo fundamental
de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
 H= 30.00
 $\sum hi = 30.00$
 $\sum hi/vi = 0.0915085$
Vs30(m/s) = 328
Ts = 0.37

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30 = 328 => **SITE CLASS "D"**

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO GEOFISICO DE REFRACCION SIMICA LOTE B-1 VILLA EL SALVADOR
 UBICACIÓN: Dist. Villa El Salvador, Prov. Lima
 LINEA: Lw 03

Profundidad (m)	hi(m)	Velocidad S (m/s)	hi/Vsi
1.1	1.1	214	0.00500
2.3	1.2	268	0.00461
3.7	1.4	279	0.00502
5.3	1.6	330	0.00474
7.0	1.7	350	0.00494
8.9	1.9	368	0.00516
11.0	2.1	396	0.00521
13.2	2.2	400	0.00556
15.6	2.4	390	0.00613
18.1	2.6	385	0.00664
20.9	2.7	386	0.00705
23.7	2.9	386	0.00748
26.8	3.0	386	0.00790
30.0	3.2	392	0.00820

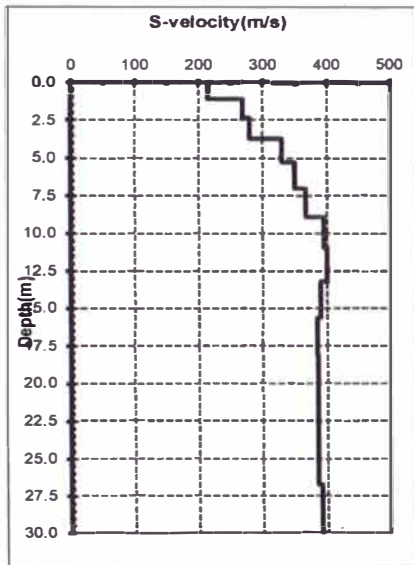
Ecuación de Ponderación

$$Vs_{30} = \frac{H}{\sum \frac{hi}{Vsi}}$$

$$Ts = \frac{4H}{Vs_{30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
 Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
 H= 30.00
 Σhi= 30.00
 Σhi/vi= 0.0836346
Vs30(m/s)= 359
Ts= 0.33

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s)= 359 => **SITE CLASS "C"**

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO GEOFISICO DE REFRACCION SISMICA LOTE B-1 VILLA EL SALVADOR
UBICACIÓN: Dist. Villa El Salvador, Prov. Lima
LINEA: Lw 04

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	194	0.00551
2.3	1.2	259	0.00477
3.7	1.4	286	0.00490
5.3	1.6	309	0.00507
7.0	1.7	307	0.00564
8.9	1.9	310	0.00612
11.0	2.1	321	0.00642
13.2	2.2	329	0.00677
15.6	2.4	324	0.00738
18.1	2.6	317	0.00805
20.9	2.7	307	0.00886
23.7	2.9	316	0.00914
26.8	3.0	319	0.00957
30.0	3.2	322	0.00997

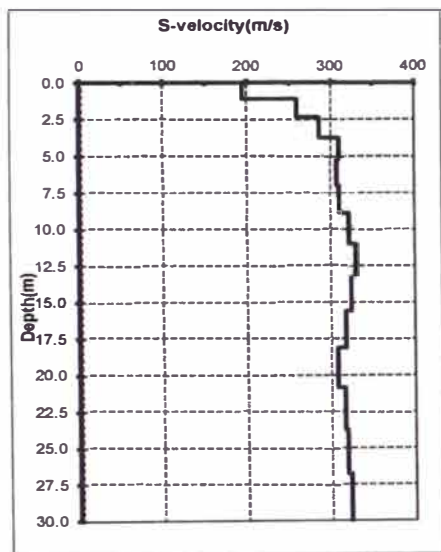
Ecuación de Ponderación

$$Vs_{30} = \frac{H}{\sum \frac{hi}{Vsi}}$$

$$Ts = \frac{4 H}{Vs_{30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
H= 30.00
Σhi= 30.00
Σhi/vi= 0.0981685
Vs30(m/s)= 306
Ts= 0.39

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

Vs30(m/s) = 306 => SITE CLASS "D"

PROYECTO N° 4
ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACION, PUENTE EN EL
INTERCAMBIO VIAL AL PUERTO SANTA SOFÍA

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO GEOTECNICO CON FINES DE CIMENTACION, PUENTE EN EL
INTERCAMBIO VIAL PUERTO SANTA SOFIA"

UBICACIÓN: Dist. Ancón, Prov. Lima

LINEA: Lw 01

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	323	0.00332
2.3	1.2	357	0.00347
3.7	1.4	425	0.00330
5.3	1.6	477	0.00328
7.0	1.7	518	0.00334
8.9	1.9	553	0.00343
11.0	2.1	666	0.00310
13.2	2.2	696	0.00320
15.6	2.4	670	0.00357
18.1	2.6	699	0.00366
20.9	2.7	728	0.00374
23.7	2.9	741	0.00389
26.8	3.0	742	0.00411
30.0	3.2	751	0.00428

Ecuación de Ponderación

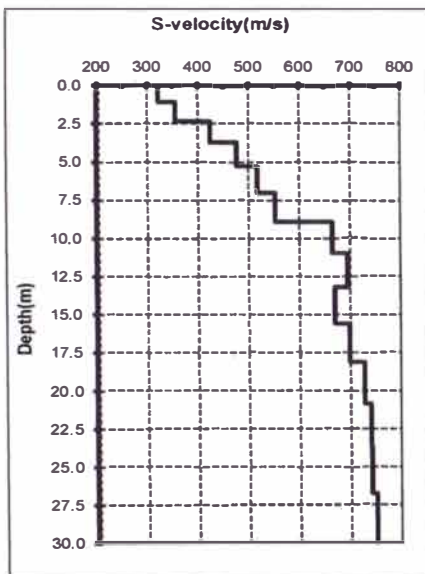
$$V_{s30} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

$$T_s = \frac{4H}{V_{s30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda

Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0=	0.00
H=	30.00
∑hi=	30.00
∑hi/vi=	0.0496674
Vs30(m/s)=	604
Ts=	0.20

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 604 => **SITE CLASS "C"**

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO GEOTECNICO CON FINES DE CIMENTACION, PUEBLO EN EL INTERCAMBIO VIAL PUERTO SANTA SOFIA"

UBICACIÓN: Dist. Ancón, Prov. Lima

LÍNEA: Lw 02

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	254	0.00421
2.3	1.2	296	0.00418
3.7	1.4	369	0.00380
5.3	1.6	421	0.00372
7.0	1.7	481	0.00360
8.9	1.9	525	0.00361
11.0	2.1	561	0.00368
13.2	2.2	553	0.00402
15.6	2.4	585	0.00408
18.1	2.6	610	0.00419
20.9	2.7	645	0.00422
23.7	2.9	667	0.00432
26.8	3.0	678	0.00450
30.0	3.2	701	0.00459

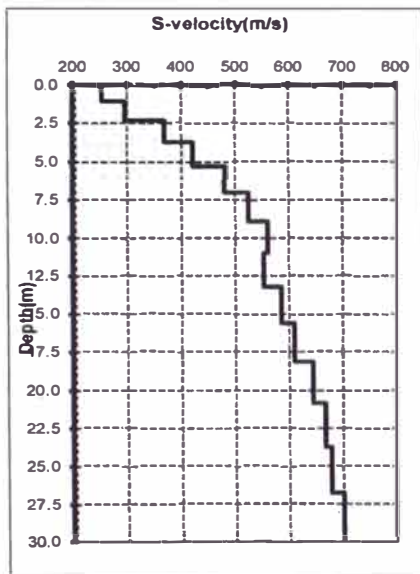
Ecuación de Ponderación

$$Vs_{30} = \frac{H}{\sum \frac{hi}{Vsi}}$$

$$Ts = \frac{4H}{Vs_{30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0=	0.00
H=	30.00
∑hi=	30.00
∑hi/vi=	0.0567189
Vs30(m/s)=	529
Ts=	0.23

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

Vs30(m/s) = 529 ⇒ SITE CLASS "C"

PROYECTO N° 5
ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DEL “LUGAR DE
LA MEMORIA”

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DEL "LUGAR DE LA MEMORIA"
 UBICACIÓN: Dist. Miraflores, Prov. Lima
 LINEA: Lw 01

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	217	0.00494
2.3	1.2	186	0.00664
3.7	1.4	227	0.00617
5.3	1.6	293	0.00534
7.0	1.7	339	0.00510
8.9	1.9	387	0.00489
11.0	2.1	463	0.00445
13.2	2.2	502	0.00443
15.6	2.4	505	0.00473
18.1	2.6	488	0.00524
20.9	2.7	463	0.00587
23.7	2.9	440	0.00655
26.8	3.0	424	0.00719
30.0	3.2	423	0.00759

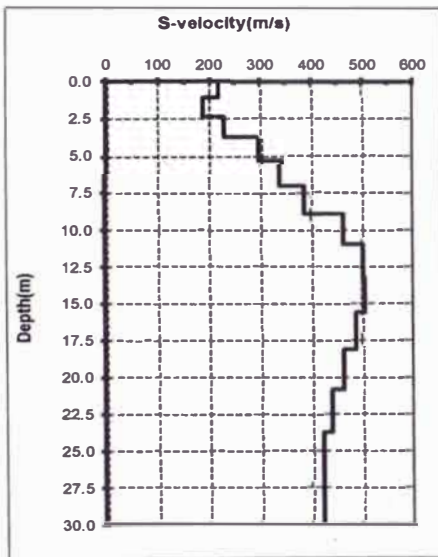
Ecuación de Ponderación

$$Vs_{30} = \frac{H}{\sum \frac{hi}{Vsi}}$$

$$Ts = \frac{4 H}{Vs_{30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
 Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
 H= 30.00
 $\sum hi = 30.00$
 $\sum hi/vi = 0.0791445$
Vs30(m/s) = 379
Ts = 0.32

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 379 => **SITE CLASS "C"**

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DEL "LUGAR DE LA MEMORIA"
 UBICACIÓN: Dist. Miraflores, Prov. Lima
 LINEA: Lw 02

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	239	0.00448
2.3	1.2	241	0.00514
3.7	1.4	206	0.00680
5.3	1.6	211	0.00741
7.0	1.7	275	0.00628
8.9	1.9	331	0.00572
11.0	2.1	379	0.00544
13.2	2.2	379	0.00587
15.6	2.4	366	0.00652
18.1	2.6	349	0.00733
20.9	2.7	334	0.00814
23.7	2.9	325	0.00888
26.8	3.0	320	0.00953
30.0	3.2	317	0.01013

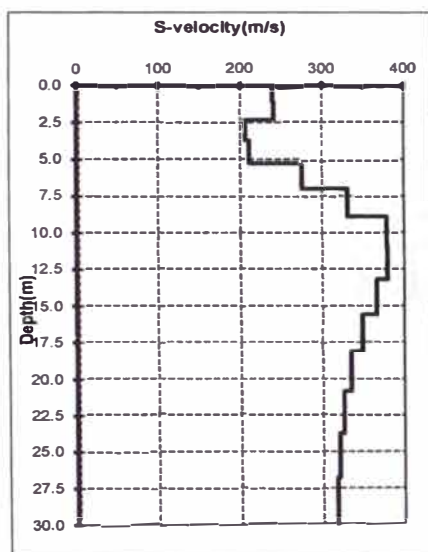
Ecuación de Ponderación

$$Vs_{30} = \frac{H}{\sum \frac{hi}{Vsi}}$$

$$Ts = \frac{4 H}{Vs_{30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
 Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderacion de Vs30

h0= 0.00
 H= 30.00
 $\sum hi = 30.00$
 $\sum hi/vi = 0.0976707$
Vs30(m/s) = 307
Ts = 0.39

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 307 => **SITE CLASS "D"**

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DEL "LUGAR DE LA MEMORIA"
UBICACIÓN: Dist. Miraflores, Prov. Lima
LINEA: Lw 03

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	193	0.00554
2.3	1.2	225	0.00549
3.7	1.4	227	0.00616
5.3	1.6	195	0.00801
7.0	1.7	257	0.00674
8.9	1.9	341	0.00556
11.0	2.1	369	0.00558
13.2	2.2	360	0.00618
15.6	2.4	336	0.00712
18.1	2.6	314	0.00815
20.9	2.7	300	0.00908
23.7	2.9	291	0.00990
26.8	3.0	288	0.01057
30.0	3.2	288	0.01118

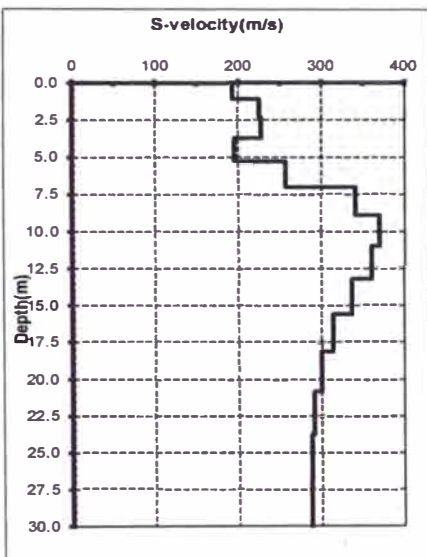
Ecuación de Ponderación

$$V_{s30} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

$$T_s = \frac{4 H}{V_{s30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
H= 30.00
Σhi= 30.00
Σhi/vi= 0.1052488
Vs30(m/s)= 285
Ts= 0.42

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s)= 285 => **SITE CLASS "D"**

PROYECTO N° 6
ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA EL PROYECTO:
“AMPLIACION DEL PUENTE DEL EJERCITO Y ACCESOS”

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA EL PROYECTO AMPLIACION DEL PUENTE DEL EJERCITO Y ACCESOS

UBICACIÓN: Puente El Ejercito, Distrito de Rimac-Lima, Prov. Lima
LINEA: Lw 2

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	476	0.00225
2.3	1.2	111	0.01114
3.7	1.4	318	0.00440
5.3	1.6	309	0.00507
7.0	1.7	296	0.00584
8.9	1.9	373	0.00508
11.0	2.1	587	0.00351
13.2	2.2	705	0.00315
15.6	2.4	780	0.00307
18.1	2.6	802	0.00319
20.9	2.7	775	0.00351
23.7	2.9	777	0.00371
26.8	3.0	749	0.00407
30.0	3.2	773	0.00416

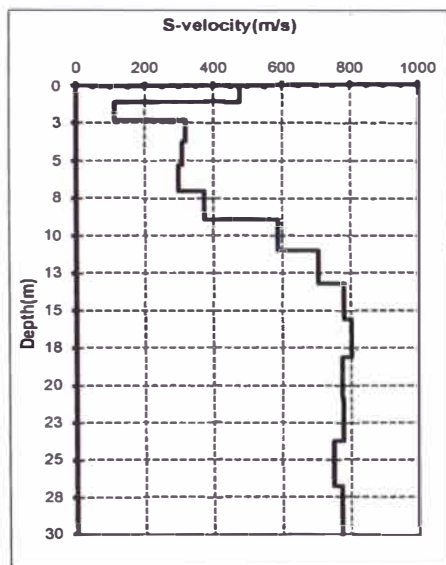
Ecuación de Ponderación

$$V_{s30} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

$$T_s = \frac{4H}{V_{s30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
H= 30.00
 $\sum h_i = 30.00$
 $\sum h_i/v_i = 0.0621439$
Vs30(m/s)= 483
Ts= 0.25

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 483 => **SITE CLASS "C"**

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA EL PROYECTO AMPLIACION DEL
 PUENTE DEL EJERCITO Y ACCESOS

UBICACIÓN: Puente El Ejercito, Distrito de Rimac-Lima, Prov. Lima
 LINEA: Lw 05

Profundidad (m)	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	446	0.00240
2.3	1.2	174	0.00709
3.7	1.4	402	0.00349
5.3	1.6	472	0.00332
7.0	1.7	561	0.00308
8.9	1.9	611	0.00310
11.0	2.1	634	0.00325
13.2	2.2	719	0.00310
15.6	2.4	796	0.00300
18.1	2.6	952	0.00268
20.9	2.7	1031	0.00264
23.7	2.9	1076	0.00268
26.8	3.0	1126	0.00271
30.0	3.2	1305	0.00246

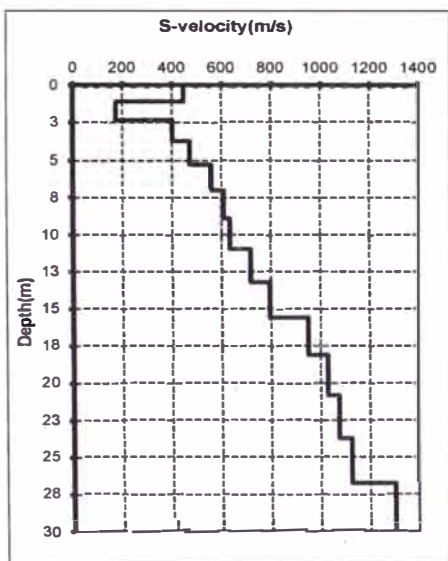
Ecuación de Ponderación

$$Vs_{30} = \frac{H}{\sum \frac{hi}{Vsi}}$$

$$Ts = \frac{4H}{Vs_{30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
 Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
 H= 30.00
 $\sum hi = 30.00$
 $\sum hi/vi = 0.0450067$
Vs30(m/s) = 667
Ts = 0.18

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 667 => **SITE CLASS "C"**

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA EL PROYECTO AMPLIACION DEL
PUENTE DEL EJERCITO Y ACCESOS

UBICACIÓN: Puente El Ejercito, Distrito de Rimac-Lima, Prov. Lima
LINEA: Lw 07

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	375	0.00286
2.3	1.2	218	0.00568
3.7	1.4	362	0.00387
5.3	1.6	571	0.00274
7.0	1.7	626	0.00276
8.9	1.9	607	0.00312
11.0	2.1	632	0.00326
13.2	2.2	742	0.00300
15.6	2.4	882	0.00271
18.1	2.6	959	0.00266
20.9	2.7	995	0.00273
23.7	2.9	989	0.00292
26.8	3.0	963	0.00317
30.0	3.2	1033	0.00311

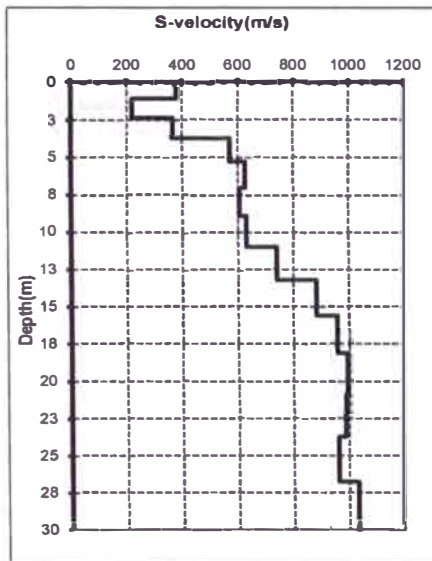
Ecuación de Ponderación

$$V_{S30} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

$$T_s = \frac{4 H}{V_{S30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
Ts : Periodo fundamental
de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
H= 30.00
 $\sum h_i = 30.00$
 $\sum h_i/v_i = 0.0445993$
Vs30(m/s)= 673
Ts= 0.18

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 673 .=> **SITE CLASS "C"**

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS
PROYECTO: ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA EL PROYECTO AMPLIACION DEL
PUENTE DEL EJERCITO Y ACCESOS
UBICACIÓN: Puente El Ejercito, Distrito de Rimac-Lima, Prov. Lima
LINEA: Lw 08

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	427	0.00251
2.3	1.2	297	0.00417
3.7	1.4	426	0.00329
5.3	1.6	615	0.00255
7.0	1.7	627	0.00276
8.9	1.9	636	0.00298
11.0	2.1	716	0.00288
13.2	2.2	827	0.00269
15.6	2.4	928	0.00258
18.1	2.6	973	0.00263
20.9	2.7	988	0.00275
23.7	2.9	976	0.00296
26.8	3.0	952	0.00320
30.0	3.2	1020	0.00315

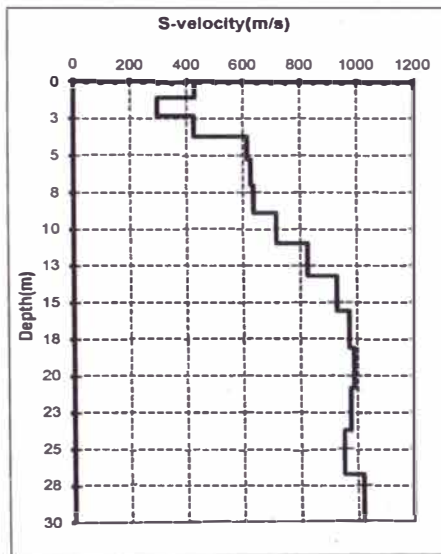
Ecuación de Ponderación

$$V_{S_{30}} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

$$T_s = \frac{4 H}{V_{S_{30}}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
H= 30.00
Σhi= 30.00
Σhi/vi= 0.0410853
Vs30(m/s)= 730
Ts= 0.16

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 730 => SITE CLASS "C"

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA EL PROYECTO AMPLIACION DEL
 PUENTE DEL EJERCITO Y ACCESOS

UBICACIÓN: Puente El Ejercito, Distrito de Rimac-Lima, Prov. Lima
 LINEA: Lw 09

Profundidad (m)	hi(m)	Velocidad S (m/s)	hi/Vsi
1.1	1.1	436	0.00246
2.3	1.2	319	0.00387
3.7	1.4	372	0.00377
5.3	1.6	638	0.00246
7.0	1.7	718	0.00241
8.9	1.9	716	0.00265
11.0	2.1	740	0.00278
13.2	2.2	826	0.00269
15.6	2.4	912	0.00262
18.1	2.6	971	0.00263
20.9	2.7	1007	0.00270
23.7	2.9	1007	0.00287
26.8	3.0	995	0.00307
30.0	3.2	1124	0.00286

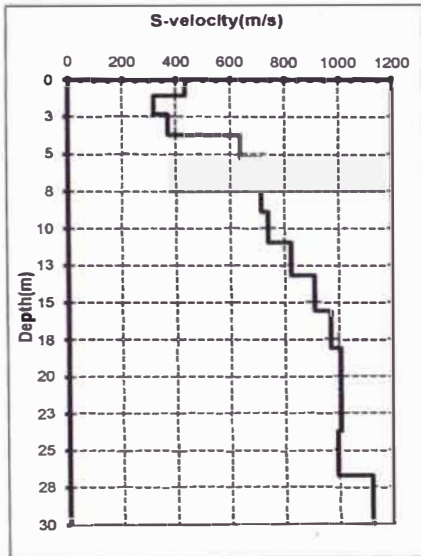
Ecuación de Ponderación

$$V_{S30} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

$$T_s = \frac{4 H}{V_{S30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
 Ts : Periodo fundamental
 de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
 H= 30.00
 $\sum h_i = 30.00$
 $\sum h_i/v_i = 0.0398322$
Vs30(m/s) = 753
Ts = 0.16

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 753 => **SITE CLASS "C"**

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA EL PROYECTO: AMPLIACION DEL
 PUENTE DEL EJERCITO Y ACCESOS

UBICACIÓN: Puente El Ejercito, Distrito de Rimac-Lima, Prov. Lima
 LINEA: Lw 12

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	258	0.00415
2.3	1.2	233	0.00532
3.7	1.4	205	0.00684
5.3	1.6	298	0.00526
7.0	1.7	397	0.00436
8.9	1.9	453	0.00419
11.0	2.1	488	0.00422
13.2	2.2	545	0.00408
15.6	2.4	600	0.00398
18.1	2.6	628	0.00407
20.9	2.7	643	0.00423
23.7	2.9	639	0.00451
26.8	3.0	629	0.00485
30.0	3.2	682	0.00472

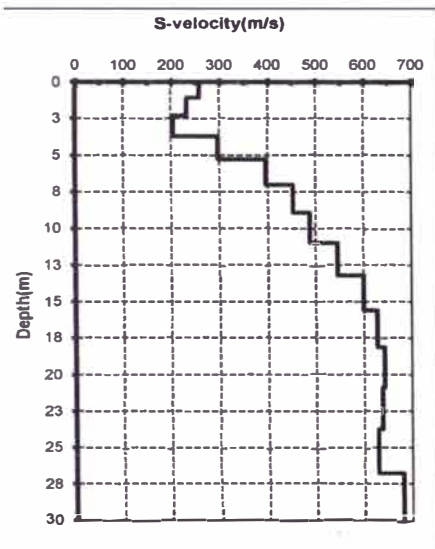
Ecuación de Ponderación

$$Vs_{30} = \frac{H}{\sum \frac{hi}{Vsi}}$$

$$Ts = \frac{4H}{Vs_{30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
 Ts : Periodo fundamental
 de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
 H= 30.00
 $\sum hi = 30.00$
 $\sum hi/vi = 0.0647810$
Vs30(m/s) = 463
Ts = 0.26

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 463 => SITE CLASS "C"

PROYECTO N° 7
ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACION COLEGIO
ALEXANDER VON HUMBOLDT

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACION COLEGIO ALEXANDER VON HUMBOLDT

UBICACIÓN: Dist. Miraflores, Prov. Lima
LINEA: Lw-01

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	225	0.00476
2.3	1.2	341	0.00362
3.7	1.4	394	0.00356
5.3	1.6	476	0.00329
7.0	1.7	578	0.00299
8.9	1.9	627	0.00302
11.0	2.1	654	0.00315
13.2	2.2	709	0.00314
15.6	2.4	793	0.00301
18.1	2.6	857	0.00298
20.9	2.7	895	0.00304
23.7	2.9	882	0.00327
26.8	3.0	835	0.00365
30.0	3.2	965	0.00333

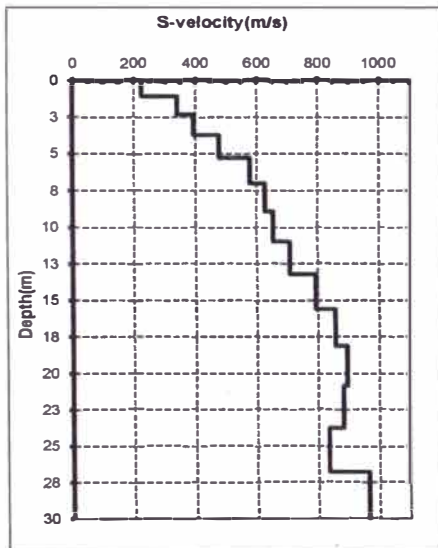
Ecuación de Ponderación

$$Vs_{30} = \frac{H}{\sum \frac{hi}{Vsi}}$$

$$Ts = \frac{4 H}{Vs_{30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
 Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
 H= 30.00
 $\sum hi = 30.00$
 $\sum hi/vi = 0.0468317$
Vs30(m/s) = 641
Ts = 0.19

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

Vs30(m/s) = 641 => SITE CLASS "C"

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACION COLEGIO ALEXANDER VON HUMBOLDT

UBICACIÓN: Dist. Miraflores, Prov. Lima

LÍNEA: Lw-02

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	225	0.00476
2.3	1.2	332	0.00373
3.7	1.4	411	0.00341
5.3	1.6	490	0.00320
7.0	1.7	524	0.00330
8.9	1.9	545	0.00348
11.0	2.1	586	0.00352
13.2	2.2	651	0.00342
15.6	2.4	707	0.00338
18.1	2.6	744	0.00343
20.9	2.7	748	0.00364
23.7	2.9	726	0.00398
26.8	3.0	683	0.00446
30.0	3.2	881	0.00365

Ecuación de Ponderación

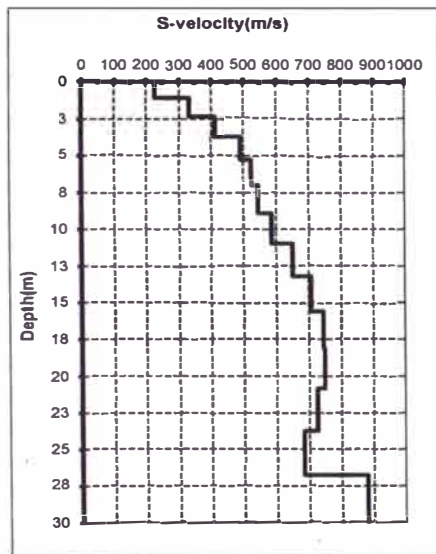
$$V_{s30} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

$$T_s = \frac{4H}{V_{s30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda

Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
 H= 30.00
 Σhi= 30.00
 Σhi/vi= 0.0513372
Vs30(m/s)= 584
 Ts= 0.21

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 584 => SITE CLASS "C"

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACION COLEGIO ALEXANDER VON HUMBOLDT

UBICACIÓN: Dist. Miraflores, Prov. Lima
LINEA: Lw-03

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	262	0.00409
2.3	1.2	329	0.00376
3.7	1.4	385	0.00364
5.3	1.6	449	0.00349
7.0	1.7	510	0.00339
8.9	1.9	561	0.00338
11.0	2.1	606	0.00340
13.2	2.2	662	0.00336
15.6	2.4	722	0.00331
18.1	2.6	754	0.00339
20.9	2.7	760	0.00358
23.7	2.9	765	0.00377
26.8	3.0	741	0.00412
30.0	3.2	918	0.00350

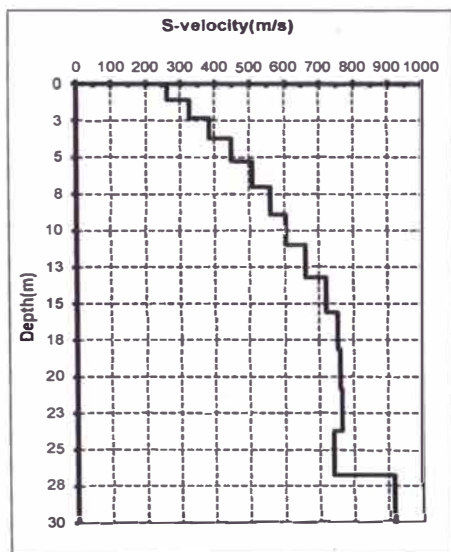
Ecuación de Ponderación

$$V_{s30} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

$$T_s = \frac{4 H}{V_{s30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
 Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0=	0.00
H=	30.00
∑hi=	30.00
∑hi/vi=	0.0501855
Vs30(m/s)=	598
Ts=	0.20

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 598 => SITE CLASS "C"

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACION COLEGIO ALEXANDER VON HUMBOLDT

UBICACIÓN: Dist. Miraflores, Prov. Lima

LÍNEA: Lw-05

Profundidad (m)	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
		354	0.00302
	1.2	401	0.00308
	1.4	617	0.00227
	1.6	702	0.00223
	1.7	662	0.00261
8.9	1.9	680	0.00279
11.0	2.1	766	0.00269
13.2	2.2	843	0.00264
15.6	2.4	873	0.00274
18.1	2.6	861	0.00297
20.9	2.7	828	0.00329
23.7	2.9	785	0.00367
26.8	3.0	744	0.00410
30.0	3.2	867	0.00371

Ecuación de Ponderación

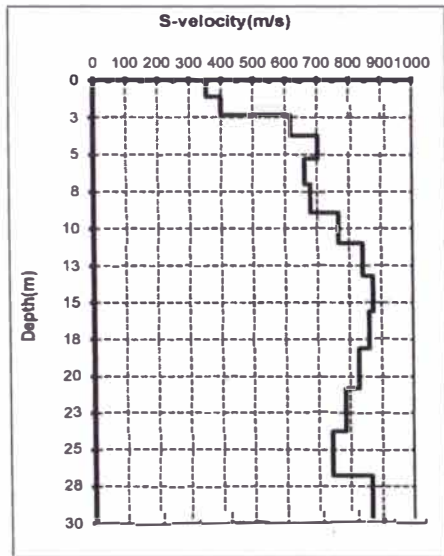
$$Vs_{30} = \frac{H}{\sum \frac{hi}{Vsi}}$$

$$Ts = \frac{4H}{Vs_{30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda

Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
 H= 30.00
 Σhi= 30.00
 Σhi/vi= 0.0418044
Vs30(m/s)= 718
Ts= 0.17

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 718 => SITE CLASS "C"

PROYECTO N° 8
ESTUDIO SUELOS Av. NESTOR GAMBETA - CALLAO, KILÓMETROS
20+200 A 21+300

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO SUELOS Av. NESTOR GAMBETTA - CALLAO, KILOMETROS 20+200 A 21+300
 UBICACIÓN: Av Nestor Gambetta, Prov. Constitucional del Callao
 LINEA: LW-01

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	266	0.00403
2.3	1.2	90	0.01377
3.7	1.4	236	0.00594
5.3	1.6	261	0.00601
7.0	1.7	222	0.00780
8.9	1.9	244	0.00776
11.0	2.1	314	0.00657
13.2	2.2	409	0.00544
15.6	2.4	493	0.00485
18.1	2.6	525	0.00486
20.9	2.7	528	0.00515
23.7	2.9	545	0.00530
26.8	3.0	555	0.00549
30.0	3.2	594	0.00541

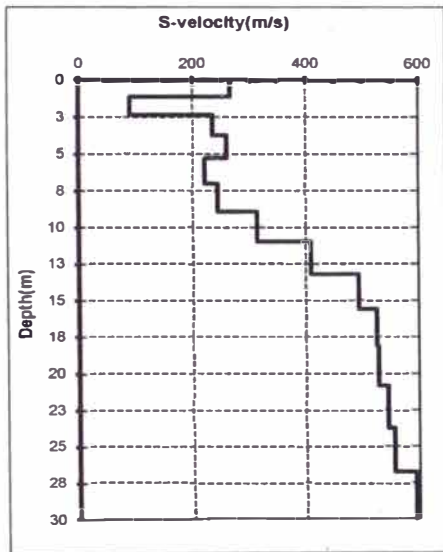
Ecuación de Ponderación

$$Vs_{30} = \frac{H}{\sum \frac{hi}{Vsi}}$$

$$Ts = \frac{4 H}{Vs_{30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
 Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
 H= 30.00
 Σhi= 30.00
 Σhi/vi= 0.0883701
Vs30(m/s)= 339
Ts= 0.35

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 339 => SITE CLASS "D"

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO SUELOS Av. NESTOR GAMBETA - CALLAO, KILÓMETROS 20+200 A 21+300
 UBICACIÓN: Av Nestor Gambeta, Prov. Constitucional del Callao
 LINEA: LW-02

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	219	0.00489
2.3	1.2	147	0.00842
3.7	1.4	162	0.00867
5.3	1.6	223	0.00703
7.0	1.7	254	0.00681
8.9	1.9	301	0.00629
11.0	2.1	318	0.00648
13.2	2.2	370	0.00601
15.6	2.4	426	0.00561
18.1	2.6	456	0.00560
20.9	2.7	494	0.00551
23.7	2.9	500	0.00577
26.8	3.0	519	0.00588
30.0	3.2	578	0.00557

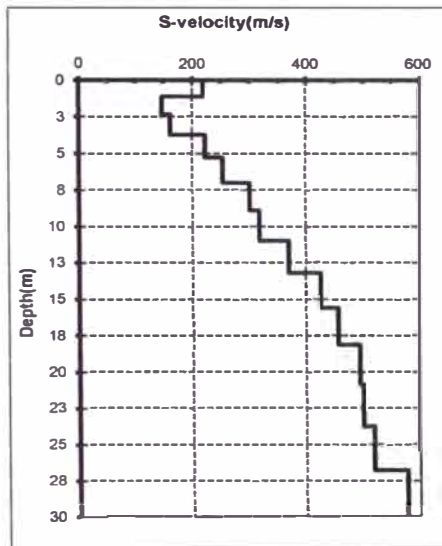
Ecuación de Ponderación

$$Vs_{30} = \frac{H}{\sum \frac{hi}{Vsi}}$$

$$Ts = \frac{4 H}{Vs_{30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
 Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
 H= 30.00
 Σhi= 30.00
 Σhi/vi= 0.0885298
Vs30(m/s)= 339
Ts= 0.35

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 339 => SITE CLASS "D"

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO SUELOS Av. NESTOR GAMBETA - CALLAO, KILÓMETROS 20+200 A 21+300
 UBICACIÓN: Av Nestor Gambeta, Prov. Constitucional del Callao
 LINEA: LW-03

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	154	0.00698
2.3	1.2	153	0.00810
3.7	1.4	123	0.01140
5.3	1.6	157	0.00999
7.0	1.7	202	0.00859
8.9	1.9	219	0.00865
11.0	2.1	230	0.00894
13.2	2.2	249	0.00892
15.6	2.4	265	0.00902
18.1	2.6	277	0.00922
20.9	2.7	288	0.00946
23.7	2.9	309	0.00933
26.8	3.0	311	0.00980
30.0	3.2	354	0.00909

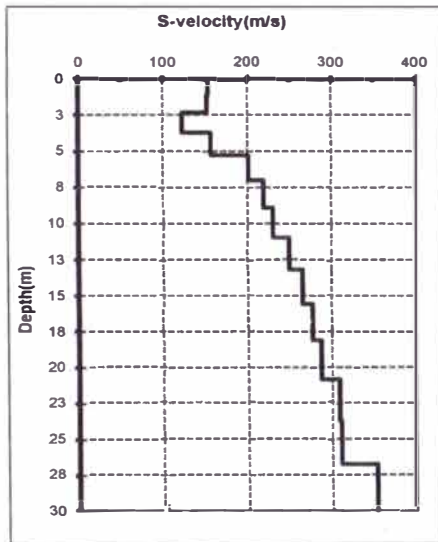
Ecuación de Ponderación

$$V_{s30} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

$$T_s = \frac{4 H}{V_{s30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
 Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
 H= 30.00
 Σhi= 30.00
 Σhi/vi= 0.1274896
Vs30(m/s)= 235
Ts= 0.51

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 235 => SITE CLASS "D"

PROYECTO N° 9
ENSAYOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y MASW PARA EL
PROYECTO: "ESTUDIO COMPLEMENTARIO PARA LA EVALUACIÓN
GEOTÉCNICA DEL SUELO DE CIMENTACIÓN PARA LA AMPLIACIÓN
DEL PATIO TALLER DEL METRO DE LIMA - LÍNEA 01"

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: "Estudio Complementario para la Evaluación Geotécnica del Suelo de Cimentación para la Ampliación del Patio Taller del Metro de Lima - Línea 01"

UBICACIÓN: Dist. Villa El Salvador, Prov. Lima

LÍNEA: LW-01

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	208.9	0.00513
2.3	1.2	240.0	0.00515
3.7	1.4	312.1	0.00449
5.3	1.6	307.9	0.00509
7.0	1.7	330.6	0.00524
8.9	1.9	364.5	0.00520
11.0	2.1	403.6	0.00511
13.2	2.2	428.6	0.00519
15.6	2.4	453.1	0.00527
18.1	2.6	464.2	0.00550
20.9	2.7	459.5	0.00592
23.7	2.9	440.0	0.00656
26.8	3.0	468.9	0.00650
30.0	3.2	482.1	0.00667

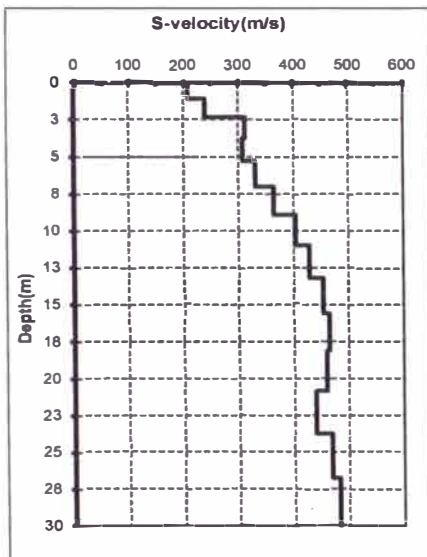
Ecuación de Ponderación

$$V_{s30} = \frac{H}{\sum \frac{hi}{Vsi}}$$

$$Ts = \frac{4H}{V_{s30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0=	0.00
H=	30.00
∑hi=	30.00
∑hi/vi=	0.0770136
Vs30(m/s)=	390
Ts=	0.31

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 390 => SITE CLASS "C"

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: "Estudio Complementario para la Evaluación Geotécnica del Suelo de Cimentación para la Ampliación del Patio Taller del Metro de Lima - Línea 01"

UBICACIÓN: Dist. Villa El Salvador, Prov. Lima

LÍNEA: LW-02

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	226.0	0.00474
2.3	1.2	228.9	0.00540
3.7	1.4	314.7	0.00445
5.3	1.6	346.2	0.00452
7.0	1.7	322.4	0.00537
8.9	1.9	332.1	0.00571
11.0	2.1	377.1	0.00546
13.2	2.2	430.1	0.00517
15.6	2.4	468.3	0.00510
18.1	2.6	485.5	0.00526
20.9	2.7	505.3	0.00538
23.7	2.9	492.9	0.00585
26.8	3.0	487.9	0.00625
30.0	3.2	494.3	0.00650

Ecuación de Ponderación

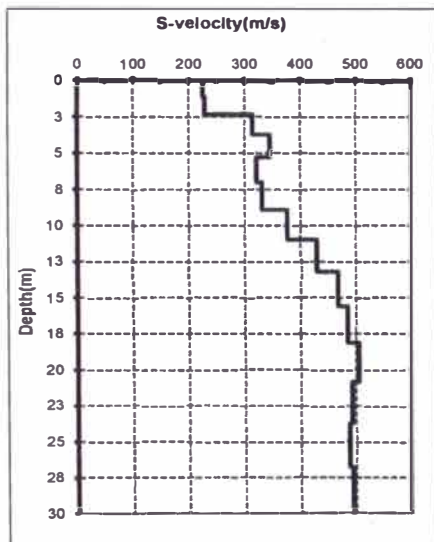
$$V_{S30} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

$$T_s = \frac{4 H}{V_{S30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda

Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0=	0.00
H=	30.00
∑hi=	30.00
∑hi/vi=	0.0751852
Vs30(m/s)=	399
Ts=	0.30

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 399 => SITE CLASS "C"

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: "Estudio Complementario para la Evaluación Geotécnica del Suelo de Cimentación para la Ampliación del Patio Taller del Metro de Lima - Línea 01"

UBICACIÓN: Dist. Villa El Salvador, Prov. Lima

LÍNEA: LW-03

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	173.5	0.00618
2.3	1.2	202.6	0.00610
3.7	1.4	280.5	0.00499
5.3	1.6	278.3	0.00563
7.0	1.7	269.4	0.00642
8.9	1.9	316.8	0.00598
11.0	2.1	390.5	0.00528
13.2	2.2	454.7	0.00489
15.6	2.4	492.2	0.00486
18.1	2.6	484.9	0.00527
20.9	2.7	466.9	0.00582
23.7	2.9	466.9	0.00618
26.8	3.0	452.0	0.00675
30.0	3.2	463.6	0.00693
30.0	0.0	463.9	0.00000

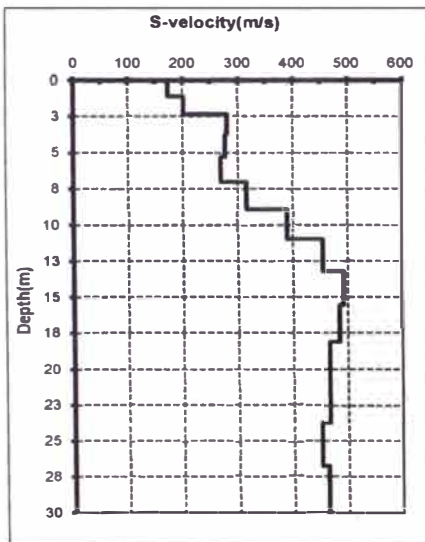
Ecuación de Ponderación

$$V_{s30} = \frac{H}{\sum \frac{hi}{Vsi}}$$

$$Ts = \frac{4H}{Vs_{30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda
 Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
 H= 30.00
 $\sum hi = 30.00$
 $\sum hi/vi = 0.0812831$
Vs30(m/s) = 369
Ts = 0.33

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 369 => SITE CLASS "C"

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: "Estudio Complementario para la Evaluación Geotécnica del Suelo de Cimentación para la Ampliación del Patio Taller del Metro de Lima - Línea 01"

UBICACIÓN: Dist. Villa El Salvador, Prov. Lima

LÍNEA: LW-04

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	169.9	0.00631
2.3	1.2	223.1	0.00554
3.7	1.4	241.3	0.00581
5.3	1.6	277.8	0.00564
7.0	1.7	316.0	0.00548
8.9	1.9	362.5	0.00523
11.0	2.1	396.9	0.00519
13.2	2.2	432.9	0.00514
15.6	2.4	458.7	0.00521
18.1	2.6	459.1	0.00557
20.9	2.7	441.9	0.00615
23.7	2.9	455.5	0.00633
26.8	3.0	443.3	0.00688
30.0	3.2	460.0	0.00699

Ecuación de Ponderación

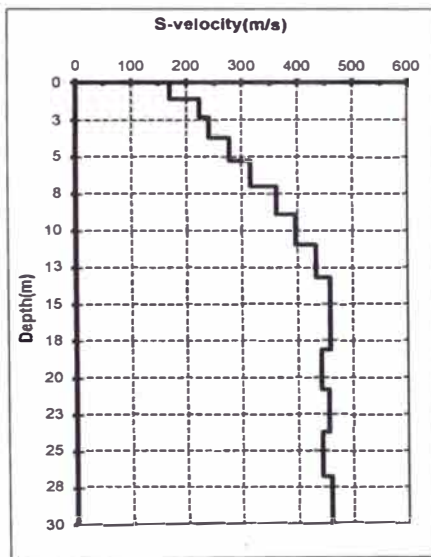
$$V_{s30} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

$$T_s = \frac{4H}{V_{s30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda

Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
 H= 30.00
 $\sum h_i = 30.00$
 $\sum h_i/v_i = 0.0814615$
Vs30(m/s)= 368
Ts= 0.33

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 368 => **SITE CLASS "C"**

CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS SUELOS

PROYECTO: "Estudio Complementario para la Evaluación Geotécnica del Suelo de Cimentación para la Ampliación del Patio Taller del Metro de Lima - Línea 01"

UBICACIÓN: Dist. Villa El Salvador, Prov. Lima

LÍNEA: LW-05

Profundidad (m) h	hi(m)	Velocidad S (m/s) Vsi	hi/Vsi
1.1	1.1	201.4	0.00532
2.3	1.2	213.2	0.00580
3.7	1.4	257.5	0.00544
5.3	1.6	309.5	0.00506
7.0	1.7	326.8	0.00530
8.9	1.9	338.7	0.00560
11.0	2.1	376.0	0.00548
13.2	2.2	423.5	0.00525
15.6	2.4	453.7	0.00527
18.1	2.6	464.0	0.00551
20.9	2.7	448.4	0.00607
23.7	2.9	460.6	0.00626
26.8	3.0	447.2	0.00682
30.0	3.2	447.9	0.00718

Ecuación de Ponderación

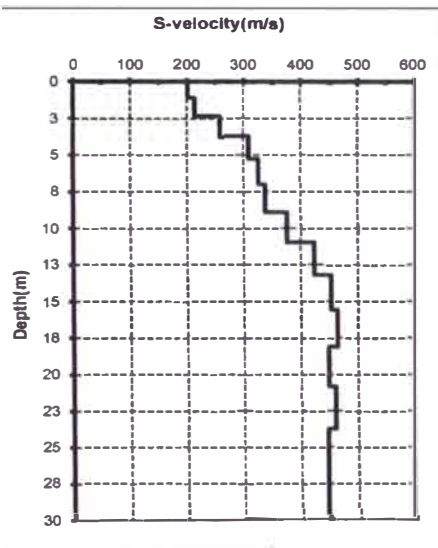
$$V_{s30} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

$$T_s = \frac{4 H}{V_{s30}}$$

Vs : Velocidad promedio de onda

Ts : Periodo fundamental de vibración del suelo

Distribución de Velocidades "S"



Ponderación de Vs30

h0= 0.00
 H= 30.00
 Σhi= 30.00
 Σhi/vi= 0.0803442
Vs30(m/s)= 373
Ts= 0.32

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 366
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

VS30(m/s) = 373 => SITE CLASS "C"

ANEXO IV PARAMETROS DINAMICOS

PROYECTO N° 2
ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACION DE 6
RESERVORIOS DEL PROYECTO DE MEJORAMIENTO SANITARIO DE
LAS ÁREAS MARGINALES DE LIMA

PARAMETROS DINAMICOS

PROYECTO : ESTUDIO GEOTECNICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DE 6 RESERVORIOS DEL PROYECTO DE MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS AREAS MARGINALES DE LIMA

RESERVORIO: R1 - Jicamarca

LUGAR : Dist.Chosica, Prov. Lima

LÍNEA SISMICA: Ls 01, Lw 03

VELOCIDAD DE ONDAS(Vp, Vs)

Profundidad (m)	Vp (m/seg)	Vs (m/seg)
0.0-4.0	420	220
4.0-16.0	830	400
16.0-25.0	1350	510

$$\mu = \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{2[(V_p/V_s)^2 - 1]}$$

$$E_d = 2(1 + \mu)G$$

$$G_d = \rho V_s^2$$

ρ = Densidad de suelo

μ = Relación de Poisson

E_d = Módulo de Young (Dinámico)

G_d = Módulo de Corte (Dinámico)

CALCULO DE PARAMETROS DINAMICOS

Profundidad (m)	Densidad Tn/m ³	Relacion de Poisson (u)	Modulo de Corte Gd (kg/cm ²)	Modulo de Young E _d (kg/cm ²)	Modulo de Young E _s (Ton/m ²)
0.0-4.0	1.75	0.31	864	246	246
4.0-16.0	1.80	0.35	2939	880	880
16.0-25.0	1.90	0.42	5043	1428	1428

* Densidad estimadas

Es: Modulo de Young estático

PARAMETROS DINAMICOS

PROYECTO : ESTUDIO GEOTECNICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DE 6 RESERVORIOS DEL PROYECTO DE MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS AREAS MARGINALES DE LIMA

RESERVORIO: R2 - Canto Grande

LUGAR : Dist.S. Juan de Lurigancho, Prov. Lima

LINEA SISMICA: Ls 01, Lw 03

VELOCIDAD DE ONDAS(Vp, Vs)

Profundidad (m)	Vp (m/seg)	Vs (m/seg)
0.0-5.0	460	250
5.0-16.0	800	400
16.0-25.0	1800	680

$$\mu = \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{2[(V_p/V_s)^2 - 1]}$$

$$E_d = 2(1 + \mu)G$$

$$G_d = \rho V_s^2$$

ρ = Densidad de suelo

μ = Relación de Poisson

E_d = Módulo de Young (Dinámico)

G_d = Módulo de Corte (Dinámico)

CALCULO DE PARAMETROS DINAMICOS

Profundidad (m)	Densidad Tn/m3	Relacion de Poisson (u)	Modulo de Corte Gd (kg/cm2)	Modulo de Young E _d (kg/cm2)	Modulo de Young E _s (Ton/m2)
0.0-5.0	1.75	0.31	1029	270	270
5.0-16.0	1.8	0.33	3102	827	827
16.0-25.0	2.1	0.42	9909	2808	2808

* Densidad estimadas

Es: Modulo de Young estático

PARAMETROS DINAMICOS

PROYECTO : ESTUDIO GEOTECNICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DE 6 RESERVORIOS DEL PROYECTO DE MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS AREAS MARGINALES DE LIMA

RESERVORIO: R3 - Collique

LUGAR : Dist. Comas, Prov. Lima

LINEA SISMICA: Ls 01, Lw 03

VELOCIDAD DE ONDAS(Vp, Vs)

Profundidad (m)	Vp (m/seg)	Vs (m/seg)
0.0-3.0	585	300
3.0-13.0	2000	700
13.0-25.0	3900	1100

$$\mu = \frac{(Vp/Vs)^2 - 2}{2[(Vp/Vs)^2 - 1]}$$

$$Ed = 2(1 + \mu)G$$

$$Gd = \rho Vs^2$$

ρ = Densidad de suelo

μ = Relación de Poisson

Ed = Módulo de Young (Dinámico)

Gd = Módulo de Corte (Dinámico)

CALCULO DE PARAMETROS DINAMICOS

Profundidad (m)	Densidad Tn/m3	Relacion de Poisson (u)	Modulo de Corte Gd (kg/cm2)	Modulo de Young Ed (kg/cm2)	Modulo de Young Es (Ton/m2)
0.0-3.0	2	0.32	1837	485	485
3.0-13.0	2.4	0.43	12000	3432	3432
13.0-25.0	2.6	0.46	32102	9353	9353

* Densidad estimadas

Es: Modulo de Young estático

PARAMETROS DINAMICOS

PROYECTO : ESTUDIO GEOTECNICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DE 6 RESERVORIOS DEL PROYECTO DE MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS AREAS MARGINALES DE LIMA

RESERVORIO: R4 - Hospital Sergio Bernales

LUGAR : Dist. Comas, Prov. Lima

LINEA SISMICA: Ls 03, Lw 01

VELOCIDAD DE ONDAS(Vp, Vs)

Profundidad (m)	Vp (m/seg)	Vs (m/seg)
0.5 - 5.0	400	250
5.0 - 12.0	750	400
12.0 - 20.0	1300	550

$$\mu = \frac{(Vp/Vs)^2 - 2}{2[(Vp/Vs)^2 - 1]}$$

$$Ed = 2(1 + \mu)G$$

$$Gd = \rho Vs^2$$

ρ = Densidad de suelo

μ = Relación de Poisson

Ed = Módulo de Young (Dinámico)

Gd = Módulo de Corte (Dinámico)

CALCULO DE PARAMETROS DINAMICOS

Profundidad (m)	Densidad Tn/m3	Relacion de Poisson (u)	Modulo de Corte Gd (kg/cm2)	Modulo de Young Ed (kg/cm2)	Modulo de Young Es (Ton/m2)
0.5 - 5.0	1.7	0.18	1084	2558	2558
5.0 - 12.0	1.9	0.3	3102	8073	8073
12.0 - 20.0	2.1	0.39	6482	18033	18033

* Densidad estimada

Es: Modulo de Young estático

PARAMETROS DINAMICOS

PROYECTO : ESTUDIO GEOTECNICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DE 6 RESERVORIOS DEL PROYECTO DE MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS AREAS MARGINALES DE LIMA

RESERVORIO: R4 - Parque Sinchi Roca

LUGAR : Dist. Comas, Prov. Lima

LÍNEA SISMICA: Ls 03, Lw 01

VELOCIDAD DE ONDAS(Vp, Vs)

Profundidad (m)	Vp (m/seg)	Vs (m/seg)
2.00 -4.0	380	200
4.00 - 10.0	800	350
10.0 - 20.0	1700	470

$$\mu = \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{2[(V_p/V_s)^2 - 1]}$$

$$E_d = 2(1 + \mu)G$$

$$G_d = \rho V_s^2$$

ρ = Densidad de suelo

μ = Relación de Poisson

E_d = Módulo de Young (Dinámico)

G_d = Módulo de Corte (Dinámico)

CALCULO DE PARAMETROS DINAMICOS

Profundidad (m)	Densidad Tn/m3	Relacion de Poisson (u)	Modulo de Corte Gd (kg/cm2)	Modulo de Young E _d (kg/cm2)	Modulo de Young E _s (Ton/m2)
2.00 -4.0	1.6	0.31	653	171	171
4.00 - 10.0	1.8	0.38	2250	622	622
10.0 - 20.0	2	0.46	4395	1282	1282

* Densidad estimada

Es: Modulo de Young estático

PARAMETROS DINAMICOS

PROYECTO : ESTUDIO GEOTECNICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DE 6 RESERVORIOS DEL PROYECTO DE MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS AREAS MARGINALES DE LIMA

RESERVORIO: R5 San Martin

LUGAR : Dist. Comas, Prov. Lima

LINEA SISMICA: Ls 03, Ls 01

VELOCIDAD DE ONDAS(Vp, Vs)

Profundidad (m)	Vp (m/seg)	Vs (m/seg)
0.00 -4.5	450	220
4.5 -11 .0	1000	450
11.0 - 25.0	1500	600

$$\mu = \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{2[(V_p/V_s)^2 - 1]}$$

$$E_d = 2(1 + \mu)G$$

$$G_d = \rho V_s^2$$

ρ = Densidad de suelo

μ = Relación de Poisson

E_d = Módulo de Young (Dinámico)

G_d = Módulo de Corte (Dinámico)

CALCULO DE PARAMETROS DINAMICOS

Profundidad (m)	Densidad Tn/m3	Relacion de Poisson (u)	Modulo de Corte Gd (kg/cm2)	Modulo de Young E _d (kg/cm2)	Modulo de Young E _s (Ton/m2)
0.00 -4.5	1.8	0.34	889	239	239
4.5 -11 .0	2.5	0.37	5166	1419	1419
11.0 - 25.0	2.6	0.4	9551	2683	2683

* Densidad estimada

Es: Modulo de Young estático

PARAMETROS DINAMICOS

PROYECTO : ESTUDIO GEOTECNICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DE 6 RESERVORIOS DEL PROYECTO DE MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS AREAS MARGINALES DE LIMA

RESERVORIO: R6 Tupac Amaru

LUGAR : Dist. Comas, Prov. Lima

LINEA SISMICA: Ls 03, Ls 01

VELOCIDAD DE ONDAS(Vp, Vs)

Profundidad (m)	Vp (m/seg)	Vs (m/seg)
0.0 - 1.0	500	280
1.0 - 4.0	750	350
4.0 - 12.0	800	460
12.0 - 30.0	1100	570

$$\mu = \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{2[(V_p/V_s)^2 - 1]}$$

$$E_d = 2(1 + \mu)G$$

$$G_d = \rho V_s^2$$

ρ = Densidad de suelo

μ = Relación de Poisson

E_d = Módulo de Young (Dinámico)

G_d = Módulo de Corte (Dinámico)

CALCULO DE PARAMETROS DINAMICOS

Profundidad (m)	Densidad Tn/m3	Relacion de Poisson (u)	Modulo de Corte Gd (kg/cm2)	Modulo de Young E _d (kg/cm2)	Modulo de Young E _s (Ton/m2)
0.0 - 1.0	1.8	0.27	1440.00	3662.10	3662
1.0 - 4.0	1.9	0.36	2375.00	6463.78	6464
4.0 - 12.0	2	0.25	4318.37	10822.13	10822
12.0 - 30.0	2	0.32	6630.61	17457.89	17458

* Densidad estimada

Es: Modulo de Young estático

PROYECTO N° 4
ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACION, PUENTE EN EL
INTERCAMBIO VIAL AL PUERTO SANTA SOFÍA

PARAMETROS DINAMICOS

PROYECTO : ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACION, PUENTE EN EL INTERCAMBIO VIAL AL PUERTO SANTA SOFÍA
LUGAR : Dist. Ancon, Prov. Lima
LINEA SISMICA: Ls 02, Lw 01

VELOCIDAD DE ONDAS(Vp, Vs)

Profundidad (m)	Vp (m/seg)	Vs (m/seg)
0.00 - 2.00	500	300
2.00 - 12.20	900	400
12.20 - 25.0	2100	680

$$\mu = \frac{(Vp/Vs)^2 - 2}{2[(Vp/Vs)^2 - 1]}$$

$$Ed = 2(1 + \mu)G$$

$$Gd = \rho Vs^2$$

ρ = Densidad de suelo

μ = Relación de Poisson

Ed = Módulo de Young (Dinámico)

Gd = Módulo de Corte (Dinámico)

CALCULO DE PARAMETROS DINAMICOS

Profundidad (m)	Densidad Tn/m3	Relacion de Poisson (u)	Modulo de Corte Gd (kg/cm2)	Modulo de Young Ed (kg/cm2)	Modulo de Young Es (Ton/m2)
0.00 - 2.00	1.9	0.22	1699	4141	4141
2.00 - 12.20	2.0	0.38	3265	8992	8992
12.20 - 25.0	2.0	0.44	9437	27205	27205

* Densidad estimada

Es: Modulo de Young estático

PROYECTO Nº 6
ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA EL PROYECTO:
“AMPLIACION DEL PUENTE DEL EJERCITO Y ACCESOS”

PARAMETROS DINAMICOS

PROYECTO : "ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA LA AMPLIACION DEL
PUENTE DEL EJERCITO"

LUGAR : A.V. ALFONSO UGARTE - CAQUETA - LIMA CERCADO

LINEA SISMICA: Ls 02

VELOCIDAD DE ONDAS(Vp, Vs)

Profundidad (m)	Vp (m/seg)	Vs (m/seg)
0.00 - 6.50	300	190
6.50 - 20.0	2300	600

$$\mu = \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{2[(V_p/V_s)^2 - 1]}$$

$$E_d = 2(1 + \mu)G$$

$$G_d = \rho V_s^2$$

ρ = Densidad de suelo

μ = Relación de Poisson

E_d = Módulo de Young (Dinámico)

G_d = Módulo de Corte (Dinámico)

CALCULO DE PARAMETROS DINAMICOS

Profundidad (m)	Densidad Tn/m3	Relacion de Poisson (u)	Modulo de Corte Gd (kg/cm2)	Modulo de Young E _d (kg/cm2)	Modulo de Young E _s (Ton/m2)
0.00 - 6.50	1.5	0.17	553	1288	1288
6.50 - 20.0	2.1	0.46	7824	22902	22902

* Densidad estimada

Es: Modulo de Young estático

PARAMETROS DINAMICOS

PROYECTO : "ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA LA AMPLIACION DEL
PUENTE DEL EJERCITO"

LUGAR : A.V. ALFONSO UGARTE - CAQUETA - LIMA CERCADO

LINEA SISMICA: Ls 05

VELOCIDAD DE ONDAS (Vp, Vs)

Profundidad (m)	Vp (m/seg)	Vs (m/seg)
0.00 - 3.5	500	240
3.5 - 20.0	2000	550

$$\mu = \frac{(Vp/Vs)^2 - 2}{2[(Vp/Vs)^2 - 1]}$$

$$Ed = 2(1 + \mu)G$$

$$Gd = \rho Vs^2$$

ρ = Densidad de suelo

μ = Relación de Poisson

Ed = Módulo de Young (Dinámico)

Gd = Módulo de Corte (Dinámico)

CALCULO DE PARAMETROS DINAMICOS

Profundidad (m)	Densidad Tn/m3	Relacion de Poisson (u)	Modulo de Corte Gd (kg/cm2)	Modulo de Young Ed (kg/cm2)	Modulo de Young Es (Ton/m2)
0.00 - 3.5	1.8	0.35	1070	2889	2889
3.5 - 20.0	2.1	0.46	6482	18916	18916

* Densidad estimada

Es: Modulo de Young estático

PARAMETROS DINAMICOS

PROYECTO : "ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA LA AMPLIACION DEL
 PUENTE DEL EJERCITO"

LUGAR : A.V. ALFONSO UGARTE - CAQUETA - LIMA CERCADO

LINEA SISMICA: Ls 07

VELOCIDAD DE ONDAS(Vp, Vs)

Profundidad (m)	Vp (m/seg)	Vs (m/seg)
0.00 - 4.0	500	250
4.0 - 20.0	1700	600

$$\mu = \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{2[(V_p/V_s)^2 - 1]}$$

$$E_d = 2(1 + \mu)G$$

$$G_d = \rho V_s^2$$

ρ = Densidad de suelo

μ = Relación de Poisson

E_d = Módulo de Young (Dinámico)

G_d = Módulo de Corte (Dinámico)

CALCULO DE PARAMETROS DINAMICOS

Profundidad (m)	Densidad Tn/m3	Relacion de Poisson (u)	Modulo de Corte Gd (kg/cm2)	Modulo de Young E _d (kg/cm2)	Modulo de Young E _s (Ton/m2)
0.00 - 4.0	1.7	0.33	1084	2891	2891.
4.0 - 20.0	2.1	0.43	7714	22045	22045

* Densidad estimada

Es: Modulo de Young estático

PARAMETROS DINAMICOS

PROYECTO : "ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA LA AMPLIACION DEL
 PUENTE DEL EJERCITO"

LUGAR : A.V. ALFONSO UGARTE - CAQUETA - LIMA CERCADO

LINEA SISMICA: Ls 12

VELOCIDAD DE ONDAS(Vp, Vs)

Profundidad (m)	Vp (m/seg)	Vs (m/seg)
0.00 - 7.0	400	220
7.0 - 20.0	1900	500

$$\mu = \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{2[(V_p/V_s)^2 - 1]}$$

$$E_d = 2(1 + \mu)G$$

$$G_d = \rho V_s^2$$

ρ = Densidad de suelo

μ = Relación de Poisson

E_d = Módulo de Young (Dinámico)

G_d = Módulo de Corte (Dinámico)

CALCULO DE PARAMETROS DINAMICOS

Profundidad (m)	Densidad Tn/m3	Relacion de Poisson (u)	Modulo de Corte Gd (kg/cm2)	Modulo de Young E _d (kg/cm2)	Modulo de Young E _s (Ton/m2)
0.00 - 7.0	1.4	0.28	691	1774	1774
7.0 - 20.0	2.1	0.46	5357	15673	15673

* Densidad estimada

Es: Modulo de Young estático

PROYECTO N° 7
ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACION COLEGIO
ALEXANDER VON HUMBOLDT

PARAMETROS DINAMICOS

PROYECTO : "Estudio de Mecanica de Suelos con Fines de Cimentacion del Complejo Polideportivo del colegio Alexander Von Humboldt"

LUGAR : Dist. Miraflores, Prov. Lima

LINEA SISMICA: Ls 01, Ls 04

VELOCIDAD DE ONDAS(Vp, Vs)

Profundidad (m)	Vp (m/seg)	Vs (m/seg)
1.00 -3.00	530	285
3.00 - 12.0	998	520
12.0 - 20.0	1600	750

$$\mu = \frac{(Vp/Vs)^2 - 2}{2[(Vp/Vs)^2 - 1]}$$

$$Ed = 2(1 + \mu)G$$

$$Gd = \rho Vs^2$$

ρ = Densidad de suelo

μ = Relación de Poisson

Ed = Módulo de Young (Dinámico)

Gd = Módulo de Corte (Dinámico)

CALCULO DE PARAMETROS DINAMICOS

Profundidad (m)	Densidad Tn/m3	Relacion de Poisson (u)	Modulo de Corte Gd (kg/cm2)	Modulo de Young Ed (kg/cm2)	Modulo de Young Es (Ton/m2)
1.00 -3.00	1.8	0.30	1450	3761	3761
3.00 - 12.0	1.9	0.31	5242	13774	13774
12.0 - 20.0	2.0	0.36	11480	31206	31206

* Densidad estimada

Es: Modulo de Young estático

PROYECTO N° 9
ENSAYOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y MASW PARA EL
PROYECTO: "ESTUDIO COMPLEMENTARIO PARA LA EVALUACIÓN
GEOTÉCNICA DEL SUELO DE CIMENTACIÓN PARA LA AMPLIACIÓN
DEL PATIO TALLER DEL METRO DE LIMA - LÍNEA 01"

PARAMETROS DINAMICOS

PROYECTO: "Estudio Complementario para la Evaluación Geotécnica del Suelo de Cimentación para la Ampliación del Patio Taller del Metro de Lima - Línea 01"

UBICACIÓN: Dist. Villa El Salvador

SECTOR DE ESTUDIO: Patio de Maniobras

LÍNEA: LW-1

Profundidad (m) h	Velocidad P (m/s) V _{pi}	Velocidad S (m/s) V _{si}	Densidad (tn/m ³) ρ*	Relacion de Poisson u	Modulo de Corte (kg/cm ²) G _d	Modulo de Young (kg/cm ²) E _d
0.0	450.0	208.9	1.5	0.4	668.0	1820.6
1.1	450.0	240.0	1.6	0.3	940.1	2446.9
2.3	500.0	312.1	1.6	0.2	1590.2	3755.7
3.7	500.0	307.9	1.7	0.2	1644.7	3929.3
5.3	600.0	330.6	1.7	0.3	1895.9	4861.2
7.0	740.0	364.5	1.7	0.3	2304.2	6174.7
8.9	800.0	403.6	1.7	0.3	2825.1	7511.1
11.0	950.0	428.6	1.8	0.4	3374.6	9261.2
13.2	950.0	453.1	1.8	0.4	3771.5	10203.7
15.6	950.0	464.2	1.8	0.3	3958.0	10632.5
18.1	980.0	459.5	1.8	0.4	3877.5	10540.0
20.9	980.0	440.0	1.8	0.4	3555.8	9769.7
23.7	980.0	468.9	1.8	0.4	4038.8	10917.1
26.8	980.0	482.1	1.8	0.3	4268.4	11442.7
30.0	980.0	483.5	1.9	0.3	4412.3	11817.8

(*) ρ estimado

$$\mu = \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{2[(V_p/V_s)^2 - 1]}$$

$$E_d = 2(1 + \mu)G$$

$$G_d = \rho V_s^2$$

ρ = Densidad de suelo

μ = Relación de Poisson

E_d = Módulo de Young (Dinámico)

G_d = Módulo de Corte (Dinámico)

PARAMETROS DINAMICOS

PROYECTO: "Estudio Complementario para la Evaluación Geotécnica del Suelo de Cimentación para la Ampliación del Patio Taller del Metro de Lima - Línea 01"
UBICACIÓN: Dist. Villa El Salvador
SECTOR DE ESTUDIO: Patio de Maniobras
LINEA: LW-2

Profundidad (m) h	Velocidad P (m/s) V _{pi}	Velocidad S (m/s) V _{si}	Densidad (tn/m ³) ρ*	Relacion de Poisson u	Modulo de Corte (kg/cm ²) G _d	Modulo de Young (kg/cm ²) E _d
0.0	426.0	226.0	1.5	0.3	781.8	2039.2
1.1	430.0	228.9	1.6	0.3	855.1	2227.4
2.3	500.0	314.7	1.6	0.2	1616.9	3790.0
3.7	510.0	346.2	1.7	0.1	2079.0	4460.5
5.3	600.0	322.4	1.7	0.3	1803.6	4678.3
7.0	740.0	332.1	1.7	0.4	1913.7	5258.4
8.9	800.0	377.1	1.7	0.4	2466.7	6695.4
11.0	950.0	430.1	1.8	0.4	3398.1	9318.0
13.2	950.0	458.9	1.8	0.3	3868.3	10427.4
15.6	950.0	485.5	1.8	0.3	4329.4	11457.8
18.1	980.0	476.7	1.8	0.3	4174.6	11229.6
20.9	980.0	492.9	1.8	0.3	4461.7	11874.6
23.7	980.0	487.9	1.8	0.3	4371.7	11674.7
26.8	980.0	494.3	1.8	0.3	4487.3	11930.9
30.0	980.0	497.7	1.9	0.3	4675.9	12402.6

(*) ρ estimado

$$\mu = \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{2[(V_p/V_s)^2 - 1]}$$

$$E_d = 2(1 + \mu)G$$

$$G_d = \rho V_s^2$$

ρ = Densidad de suelo

μ = Relación de Poisson

E_d = Módulo de Young (Dinámico)

G_d = Módulo de Corte (Dinámico)

PARAMETROS DINAMICOS

PROYECTO: "Estudio Complementario para la Evaluación Geotécnica del Suelo de
 Cimentación para la Ampliación del Patio Taller del Metro de Lima - Línea 01"
 UBICACIÓN: Dist. Villa El Salvador
 SECTOR DE ESTUDIO: Patio de Maniobras
 LINEA: LW-3

Profundidad (m) h	Velocidad P (m/s) V _{pi}	Velocidad S (m/s) V _{si}	Densidad (tn/m ³) ρ*	Relacion de Poisson u	Modulo de Corte (kg/cm ²) G _d	Modulo de Young (kg/cm ²) E _d
0.0	426.0	173.5	1.5	0.4	460.7	1290.6
1.1	430.0	202.6	1.6	0.4	670.3	1819.6
2.3	500.0	280.5	1.6	0.3	1285.0	3264.6
3.7	510.0	278.3	1.7	0.3	1343.9	3461.6
5.3	600.0	269.4	1.7	0.4	1259.0	3459.1
7.0	740.0	316.8	1.7	0.4	1740.5	4831.1
8.9	800.0	390.5	1.7	0.3	2645.3	7108.4
11.0	950.0	405.1	1.8	0.4	3014.0	8372.3
13.2	950.0	438.5	1.8	0.4	3531.4	9638.1
15.6	950.0	427.5	1.8	0.4	3356.7	9217.8
18.1	980.0	432.6	1.8	0.4	3437.2	9479.7
20.9	980.0	438.5	1.8	0.4	3531.3	9710.0
23.7	980.0	439.4	1.8	0.4	3545.6	9744.8
26.8	980.0	463.6	1.8	0.4	3948.0	10705.7
30.0	980.0	463.9	1.9	0.4	4063.0	11015.5

(*) ρ estimado

$$\mu = \frac{(V_p / V_s)^2 - 2}{2[(V_p / V_s)^2 - 1]}$$

$$E_d = 2(1 + \mu)G$$

$$G_d = \rho V_s^2$$

ρ = Densidad de suelo

μ = Relación de Poisson

E_d = Módulo de Young (Dinámico)

G_d = Módulo de Corte (Dinámico)

PARAMETROS DINAMICOS

PROYECTO: "Estudio Complementario para la Evaluación Geotécnica del Suelo de Cimentación para la Ampliación del Patio Taller del Metro de Lima - Línea 01"

UBICACIÓN: Dist. Villa El Salvador

SECTOR DE ESTUDIO: Patio de Maniobras

LÍNEA: LW-4

Profundidad (m) h	Velocidad P (m/s) V _{pi}	Velocidad S (m/s) V _{si}	Densidad (tn/m ³) ρ*	Relacion de Poisson u	Modulo de Corte (kg/cm ²) G _d	Modulo de Young (kg/cm ²) E _d
0.0	426.0	170	1.5	0.4	442	1242
1.1	430.0	219	1.6	0.3	781	2070
2.3	500.0	241	1.6	0.3	950	2563
3.7	510.0	272	1.7	0.3	1287	3347
5.3	600.0	316.0	1.7	0.3	1732.7	4532.8
7.0	740.0	355.3	1.7	0.4	2190.4	5914.8
8.9	800.0	389.1	1.7	0.3	2626.8	7066.2
11.0	950.0	416.3	1.8	0.4	3182.5	8791.3
13.2	950.0	432.7	1.8	0.4	3439.3	9417.5
15.6	950.0	433.1	1.8	0.4	3444.9	9431.0
18.1	980.0	416.9	1.8	0.4	3192.5	8872.0
20.9	980.0	424.6	1.8	0.4	3311.5	9169.3
23.7	980.0	418.9	1.8	0.4	3222.5	8947.3
26.8	980.0	436.2	1.8	0.4	3494.3	9619.7
30.0	980.0	437.1	1.9	0.4	3606.6	9924.3

(*) ρ estimado

$$\mu = \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{2[(V_p/V_s)^2 - 1]}$$

$$E_d = 2(1 + \mu)G$$

$$G_d = \rho V_s^2$$

ρ = Densidad de suelo

μ = Relación de Poisson

E_d = Módulo de Young (Dinámico)

G_d = Módulo de Corte (Dinámico)

PARAMETROS DINAMICOS

PROYECTO: "Estudio Complementario para la Evaluación Geotécnica del Suelo de
Cimentación para la Ampliación del Patio Taller del Metro de Lima - Línea 01"

UBICACIÓN: Dist. Villa El Salvador

SECTOR DE ESTUDIO: Patio de Maniobras

LÍNEA: LW-5

Profundidad (m) h	Velocidad P (m/s) V _{pi}	Velocidad S (m/s) V _{si}	Densidad (tn/m ³) ρ*	Relacion de Poisson u	Modulo de Corte (kg/cm ²) G	Modulo de Young (kg/cm ²) E
0.0	426.0	201	1.5	0.4	621	1683
1.1	430.0	213	1.6	0.3	742	1985
2.3	500.0	257	1.6	0.3	1082	2857
3.7	510.0	310	1.7	0.2	1662	4017
5.3	600.0	326.8	1.7	0.3	1852.6	4776.4
7.0	740.0	338.7	1.7	0.4	1989.6	5441.8
8.9	800.0	376.0	1.7	0.4	2452.5	6662.1
11.0	950.0	423.5	1.8	0.4	3294.5	9066.2
13.2	950.0	453.7	1.8	0.4	3780.2	10223.9
15.6	950.0	464.0	1.8	0.3	3954.9	10625.4
18.1	980.0	448.4	1.8	0.4	3693.5	10102.2
20.9	980.0	460.6	1.8	0.4	3897.2	10586.5
23.7	980.0	447.2	1.8	0.4	3672.7	10052.4
26.8	980.0	447.9	1.8	0.4	3684.7	10081.3
30.0	980.0	448.0	1.9	0.4	3788.7	10365.3

(*) ρ estimado

$$\mu = \frac{(V_p / V_s)^2 - 2}{2[(V_p / V_s)^2 - 1]}$$

$$E_d = 2(1 + \mu)G$$

$$G_d = \rho V_s^2$$

ρ = Densidad de suelo

μ = Relación de Poisson

E_d = Módulo de Young (Dinámico)

G_d = Módulo de Corte (Dinámico)

ANEXO V
PANEL FOTOGRAFICO

1. ESTUDIO GEOFISICO, SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSPORTE MASIVO TRAMO A.V. GRAU –BAYOVAR (S.J.L.)



Foto N°1: Línea sísmica Lw 01(km 24+400), registro de ondas “S” Av
Próceres de la Independencia, San Juan de Lurigancho



Foto N°2: Línea sísmica Lw 12(km 22+250), registro de ondas “S”. El
Agustino



Foto N°3: Línea sísmica Lw 20(km 32+200), registro de ondas "S". Av. Wiese. San Juan de Lurigancho.

2. PROYECTO N°2: ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACION DE 6 RESERVORIOS DEL PROYECTO DE MEJORAMIENTO SANITARIO DE LAS ÁREAS MARGINALES DE LIMA



Foto N°4: Reservorio R1 – Jicamarca. Ls 02, instalación de la línea sísmica y ejecución del ensayo



Foto N°5: Reservorio R2 Canto Grande. Ls 01, instalación de la línea sísmica



Foto N°6: Reservorio R3 Collique. Línea sísmica Ls 02



Foto N°7: Reservorio R4 Comas Bajo (Hospital S. Bernales), líneas Ls 02 y Ls 03 para el registro de ondas P



Foto N°8: Reservorio R4 Comas Bajo (Parque Sinchi Roca), líneas Ls 03 y Ls 04



Foto N°9: Reservorio R5 San Martin, vista panorámica de la zona de estudio

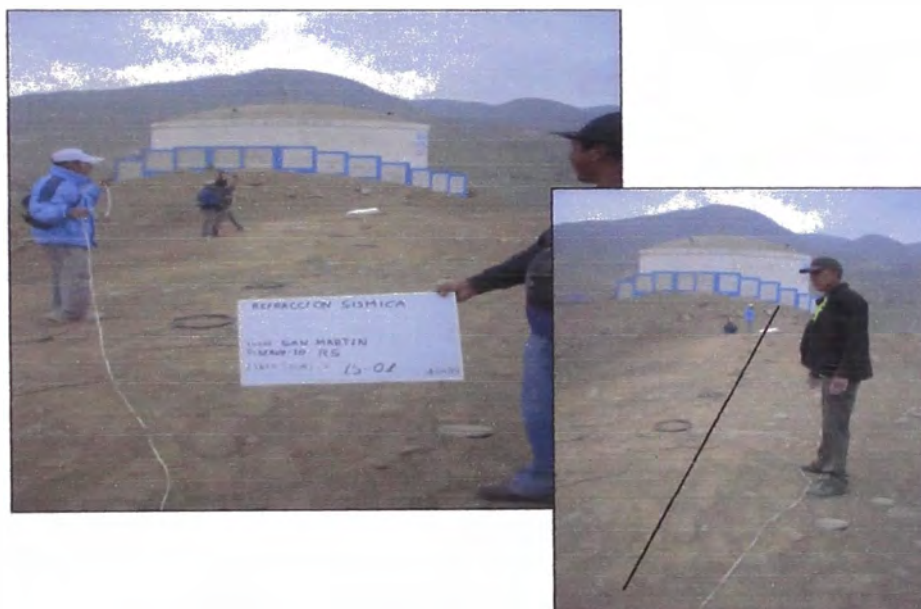


Foto N°10: Reservorio R5 San Martin, línea sísmica Ls 01



Foto N°11: Reservoirio R6 Túpac Amaru. Línea sísmica LS 02

3. PROYECTO N°3: ESTUDIO GEOFISICO DE REFRACCION SISMICA
LOTE B-1 VILLA EL SALVADOR



Foto N°12: Líneas sísmicas Ls 03A y Ls 03B

4. PROYECTO N°4: ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACION, PUEBLO EN EL INTERCAMBIO VIAL AL PUERTO SANTA SOFÍA



Foto N°13: Línea sísmica Ls 01, registro de ondas P

5. PROYECTO N°5: ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACIÓN DEL "LUGAR DE LA MEMORIA"

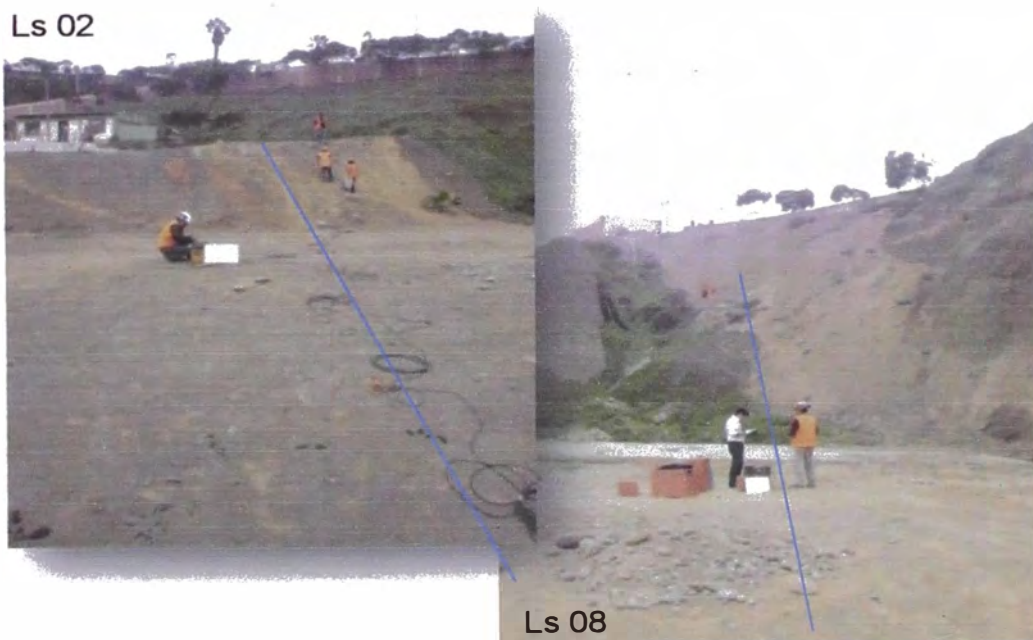


Foto N°14: Línea sísmica Ls 02 y Ls 08

6. PROYECTO N°6: ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA EL PROYECTO: "AMPLIACION DEL PUENTE DEL EJERCITO Y ACCESOS"



Foto N°15: Instalación de líneas sísmicas Ls 07 y Ls 08

7. PROYECTO N°7: ESTUDIO GEOFISICO CON FINES DE CIMENTACION COLEGIO ALEXANDER VON HUMBOLDT



Foto N°16: Líneas sísmicas Lw 02 y Lw 03, registro de ondas ondas "S"

8. PROYECTO N°8: ESTUDIO SUELOS Av. NESTOR GAMBETA - CALLAO, KILÓMETROS 20+200 A 21+300

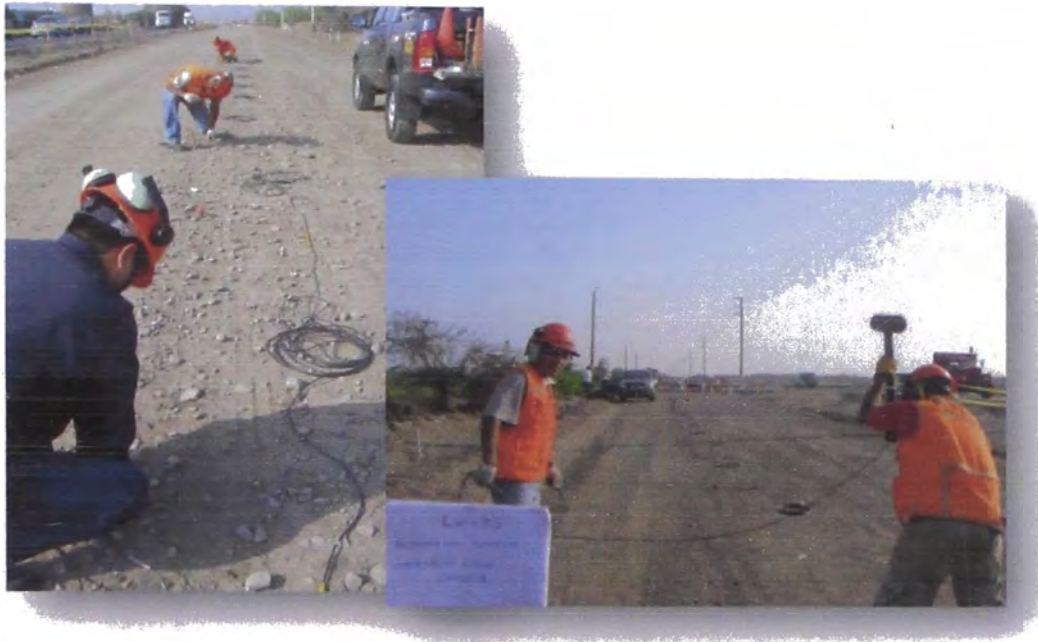
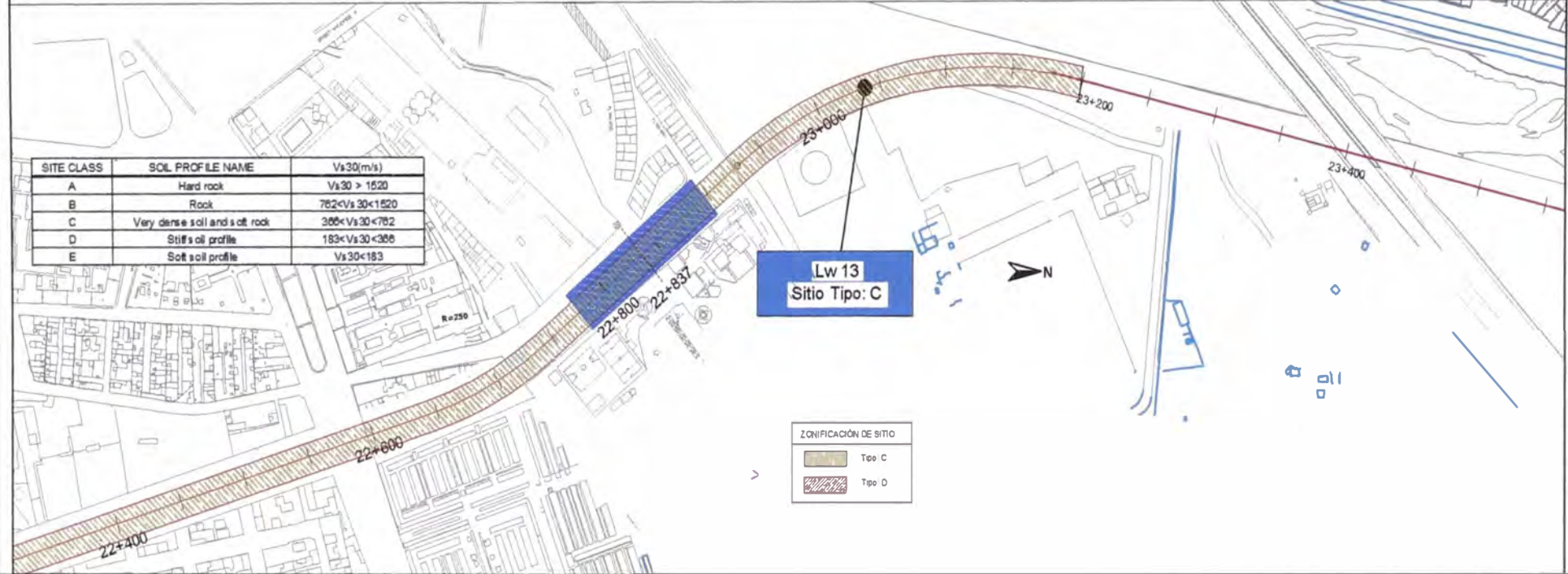
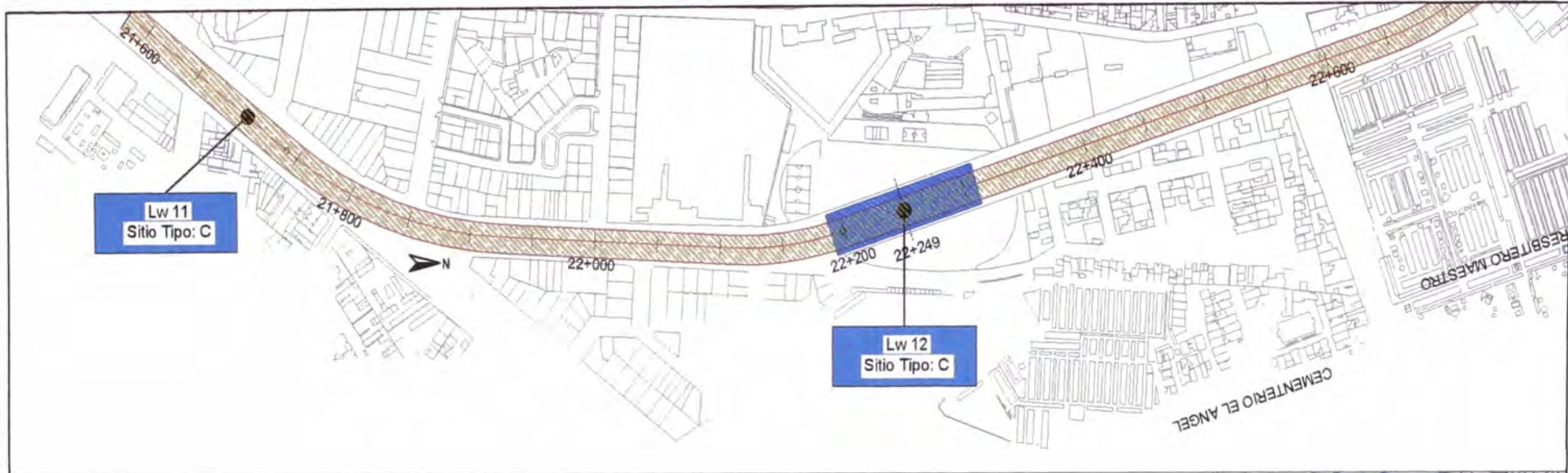


Foto N°17: Líneas sísmicas Ls 02 y Ls 03

9. PROYECTO N°9: ENSAYOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y MASW PARA EL PROYECTO: "ESTUDIO COMPLEMENTARIO PARA LA EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUELO DE CIMENTACIÓN PARA LA AMPLIACIÓN DEL PATIO TALLER DEL METRO DE LIMA - LÍNEA 01"




Foto N°18: Tendido de líneas sísmicas Lw 02 y Lw 04



SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs30(m/s)
A	Hard rock	Vs30 > 1520
B	Rock	762 < Vs30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	306 < Vs30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs30 < 306
E	Soft soil profile	Vs30 < 183

ZONIFICACIÓN DE SITIO	
	Tipo C
	Tipo D



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

REV. N°	FECHA	DEBUJO	REVISADO	APROVADO
I	Ba-12	Bach. Miguel E. Quispe P.	Dr. Jorge Alva H.	Dr. Jorge Alva H.

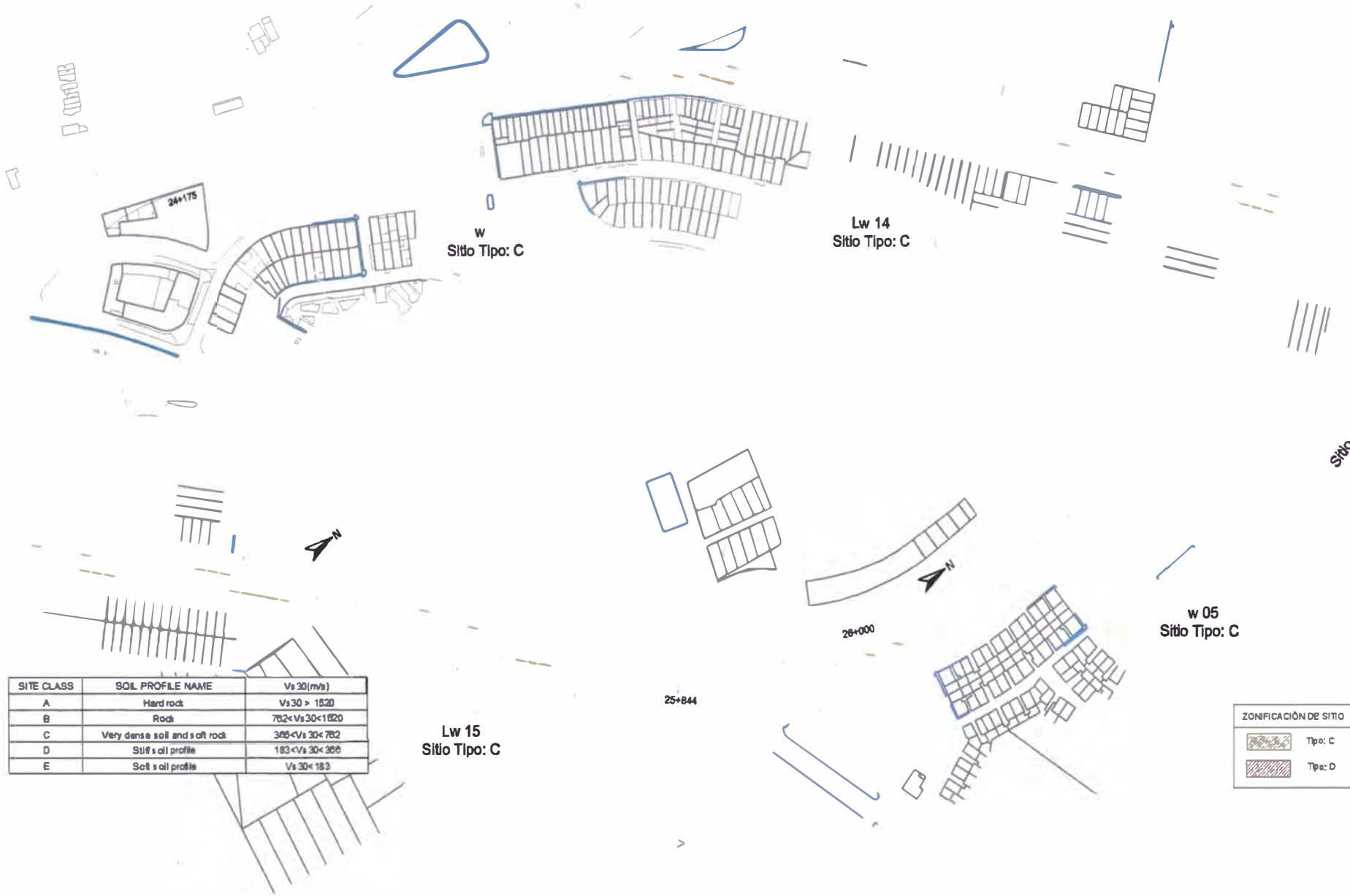
PROYECTO: EXPLORACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE METODOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y MASW 1D EN PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA

PLANO: SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO
Ubicación de líneas sísmicas Lw 11, Lw 12 y Lw 13

UBICACION: DISTRITO EL AGUSTINO, PROVINCIA DE LIMA

PLANO N°: PP-01A



SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	Vs 30(m/s)
A	Hard rock	Vs 30 > 1520
B	Rock	762 < Vs 30 < 1520
C	Very dense soil and soft rock	366 < Vs 30 < 762
D	Stiff soil profile	183 < Vs 30 < 366
E	Soft soil profile	Vs 30 < 183

ZONIFICACIÓN DE SITIO	
	Tipo: C
	Tipo: D



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

REV# 1 FECHA Ea-12 DIBUJO Bach. Miguel E. Quiaspe P. REVISADO Dr. Jorge Alva H. APROVADO Dr. Jorge Alva H.

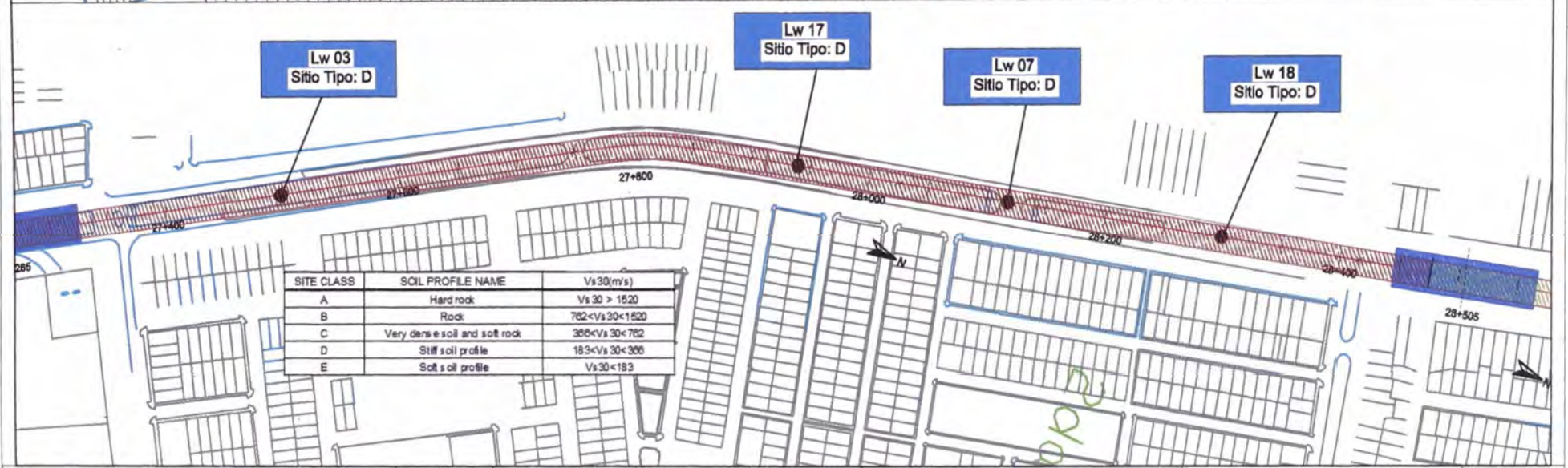
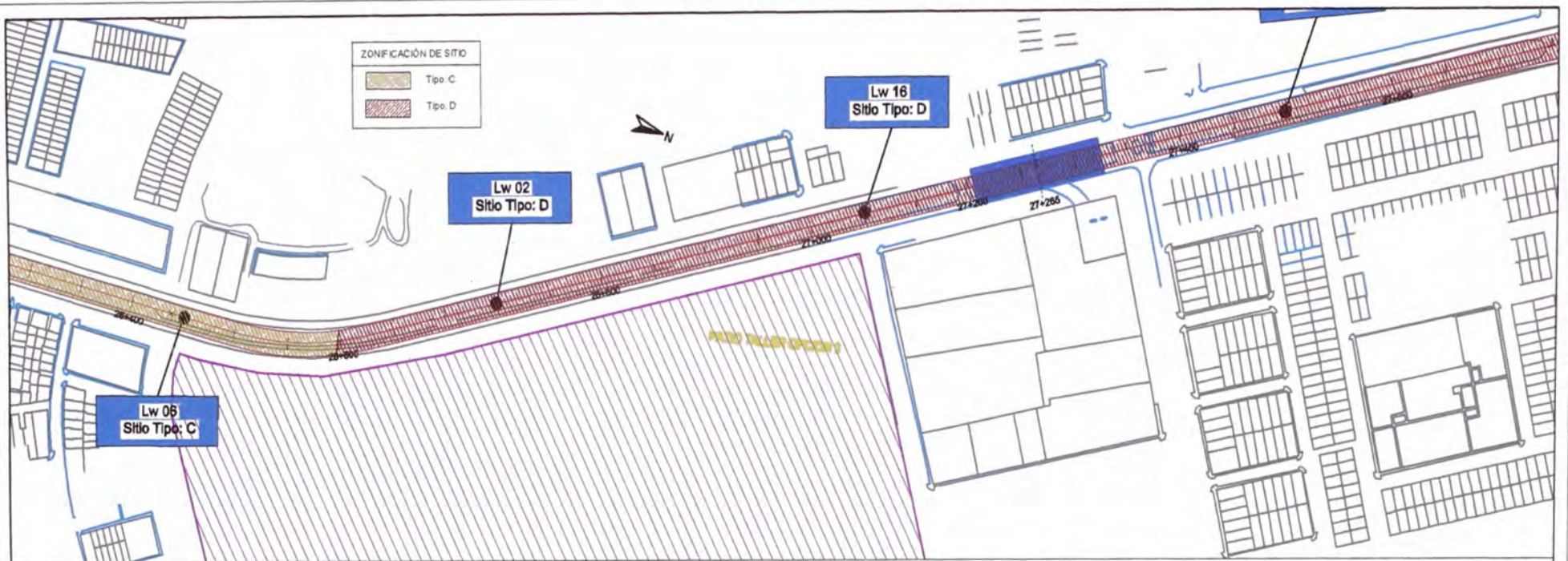
PROYECTO: EXPLORACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE METODOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y MASW 1D EN PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL


PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA

PLANO: SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO
Ubicación de líneas sísmicas
Lw 01, Lw 14, Lw 15 Y Lw 05

UBICACION: DIST. S. J. DE LURIGANCHO, PROVINCIA DE LIMA

PLANO N°: PP-01B



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	REV. Nº	FECHA	DIBUJO	REVISADO	APROVADO	PROYECTO EXPLORACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE METODOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y MASW 1D EN PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA	PLANO: SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO Ubicación de líneas sísmicas Lw 06, Lw 02, Lw 18, Lw 03, Lw 17, Lw 07 y Lw 18 UBICACION: DIST. S.J. DE LURIGANCHO, PROVINCIA DE LIMA	PLANO Nº: PP-01C
	I	En-12	Bach. Miguel E. Quispe P.	Dr. Jorge Alva H.	Dr. Jorge Alva H.			



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

REV. N°	FECHA	DIBUJO	REVISADO	APROVADO
1	Ed-12	Bach. Miguel E. Quispe P.	Dr. Jorge Alva H.	Dr. Jorge Alva H.

PROYECTO:
EXPLORACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE METODOS DE
REFRACCIÓN SISMICA Y MASW 1D EN PROYECTOS
DE INGENIERIA CIVIL


PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA

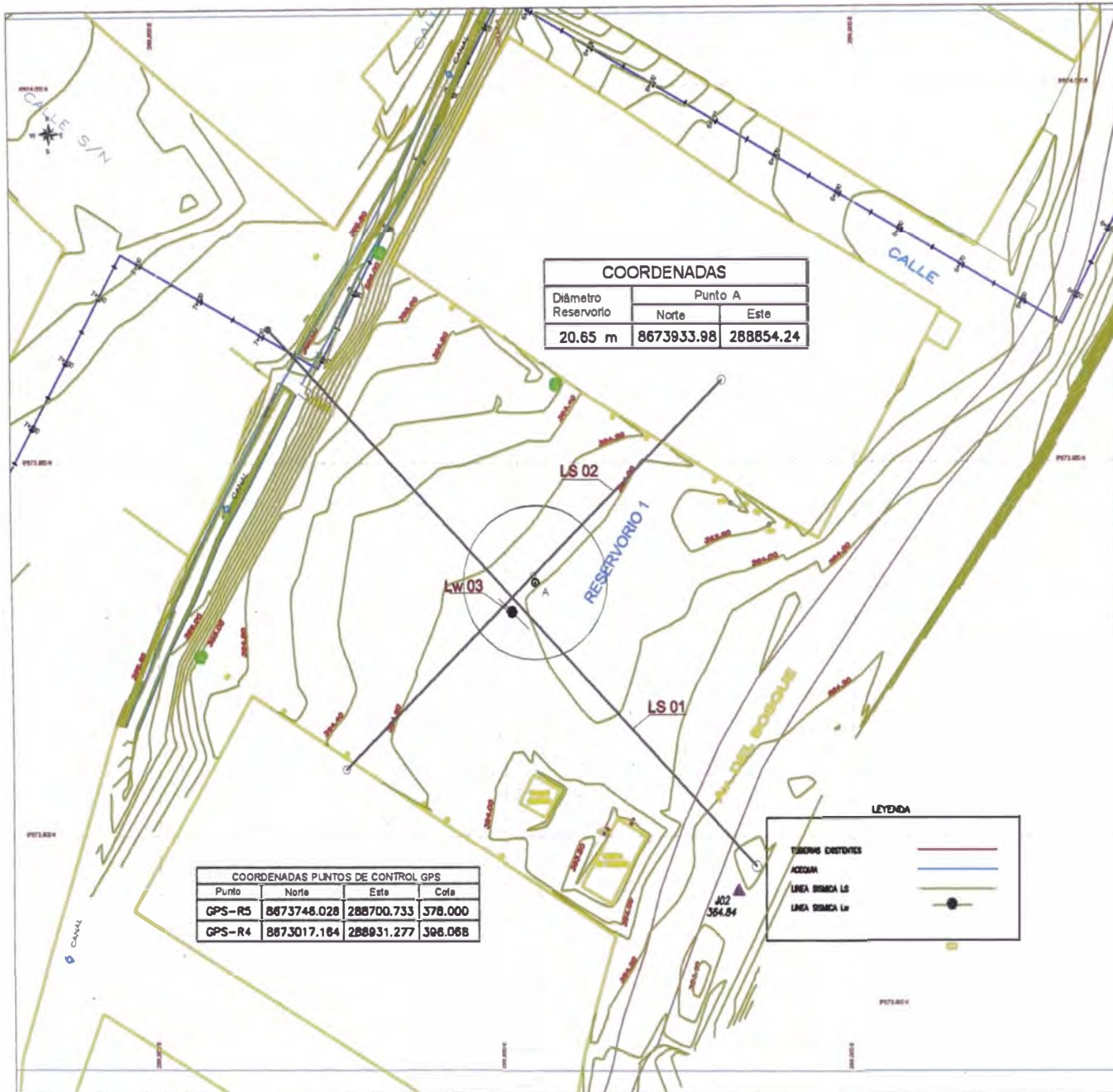
PLANO: SISTEMA ELECTRICO DE
TRANSPORTE MASIVO
Ubicación de líneas sísmicas Lw 08,
Lw 09 y Lw 14

UBICACION:
DIST. S.J. DE LURIGANCHO, PROVINCIA DE LIMA

PLANO N°:
PP-01D



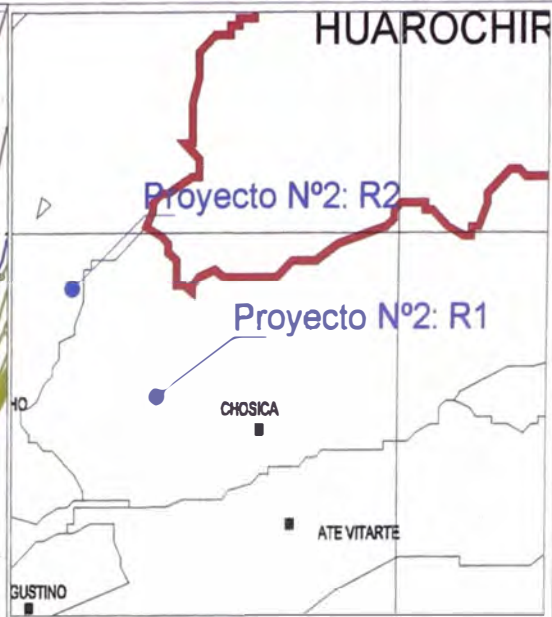
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	REV. N°	FECHA	DIBUJO	REVISADO	APROVADO	PROYECTO: EXPLORACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE METODOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y MASW 1D EN PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA	PLANO: SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO Ubicación de líneas sísmicas Lw 19, Lw 20 y Lw 10 UBICACION: DIST. S.J. DE LURIGANCHO, PROVINCIA DE LIMA	PLANO N°: PP-01E
	1	En-12	Bach. Miguel E. Quiaspe P.	Dr. Jorge Alva H.	Dr. Jorge Alva H.			



COORDENADAS		
Diámetro Reservoirio	Punto A	
	Norte	Este
20.65 m	8673933.98	288854.24

COORDENADAS PUNTOS DE CONTROL GPS			
Punto	Norte	Este	Cota
GPS-R5	8673748.028	288700.733	378.000
GPS-R4	8673017.164	288931.277	398.068

LEYENDA	
LINEAS EXISTENTES	
ACCION	
LINEA SIMICA LS	
LINEA SIMICA LW	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

REV N°	FECHA	DIBUJO	REVISADO	APROVADO
1	En-12	Bach. Miguel E. Quispe P.	Dr. Jorge Alva H.	Dr. Jorge Alva H.

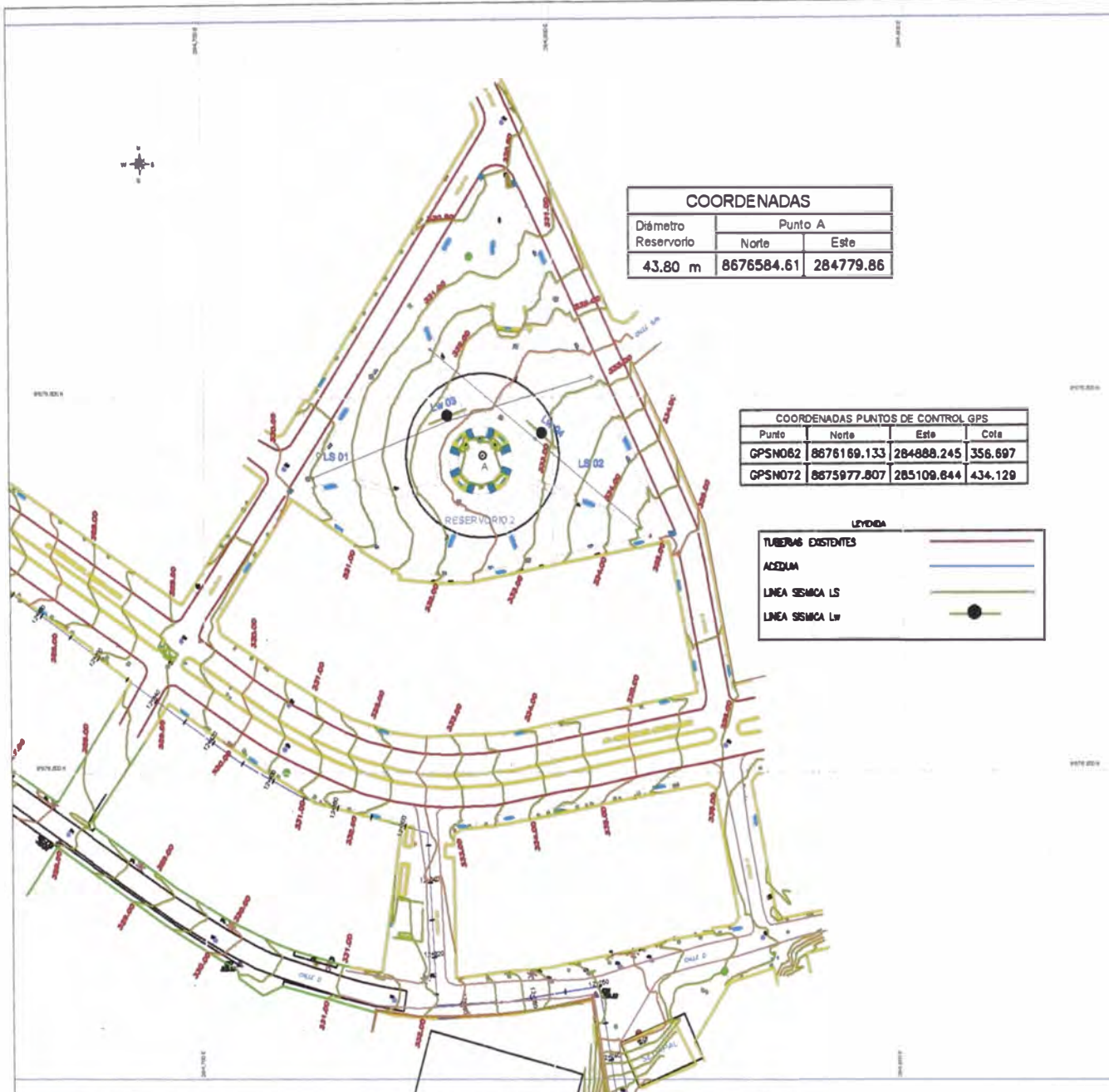
PROYECTO:
EXPLORACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE METODOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y MASW 10 EN PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA

PLANO:
UBICACION RESERVORIO R1-JICAMARCA Y LINEAS SIMICAS

UBICACION:
DISTRITO DE CHOSICA, PROVINCIA DE LIMA

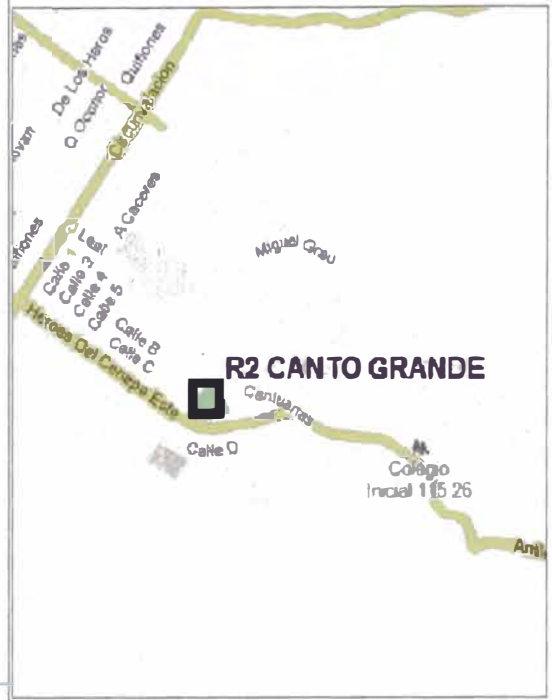
PLANO N°:
PP-02A



COORDENADAS		
Diámetro Reservorio	Punto A	
	Norte	Este
43.80 m	8676584.61	284779.86

COORDENADAS PUNTOS DE CONTROL GPS			
Punto	Norte	Este	Cota
GPSN062	8676169.133	284888.245	356.697
GPSN072	8675977.807	285109.644	434.129

LEYENDA	
TUBERIAS EXISTENTES	
ACEDUM	
LINIA SISMICA LS	
LINIA SISMICA Lw	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

REV Nº	FECHA	DIBUJO	REVISADO	APROVADO
1	En-12	Bsch. Miguel E. Quispe P.	Dr. Jorge Alva H.	Dr. Jorge Alva H.

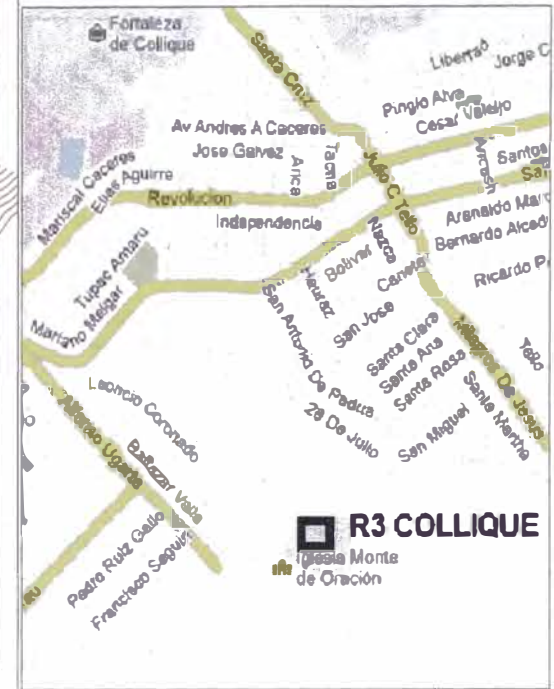
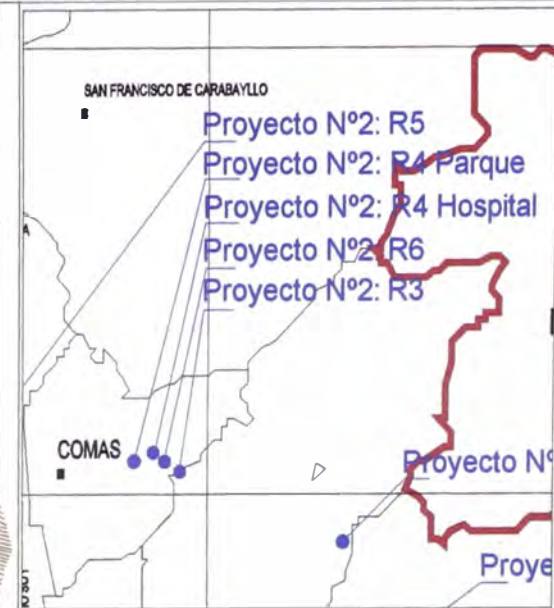
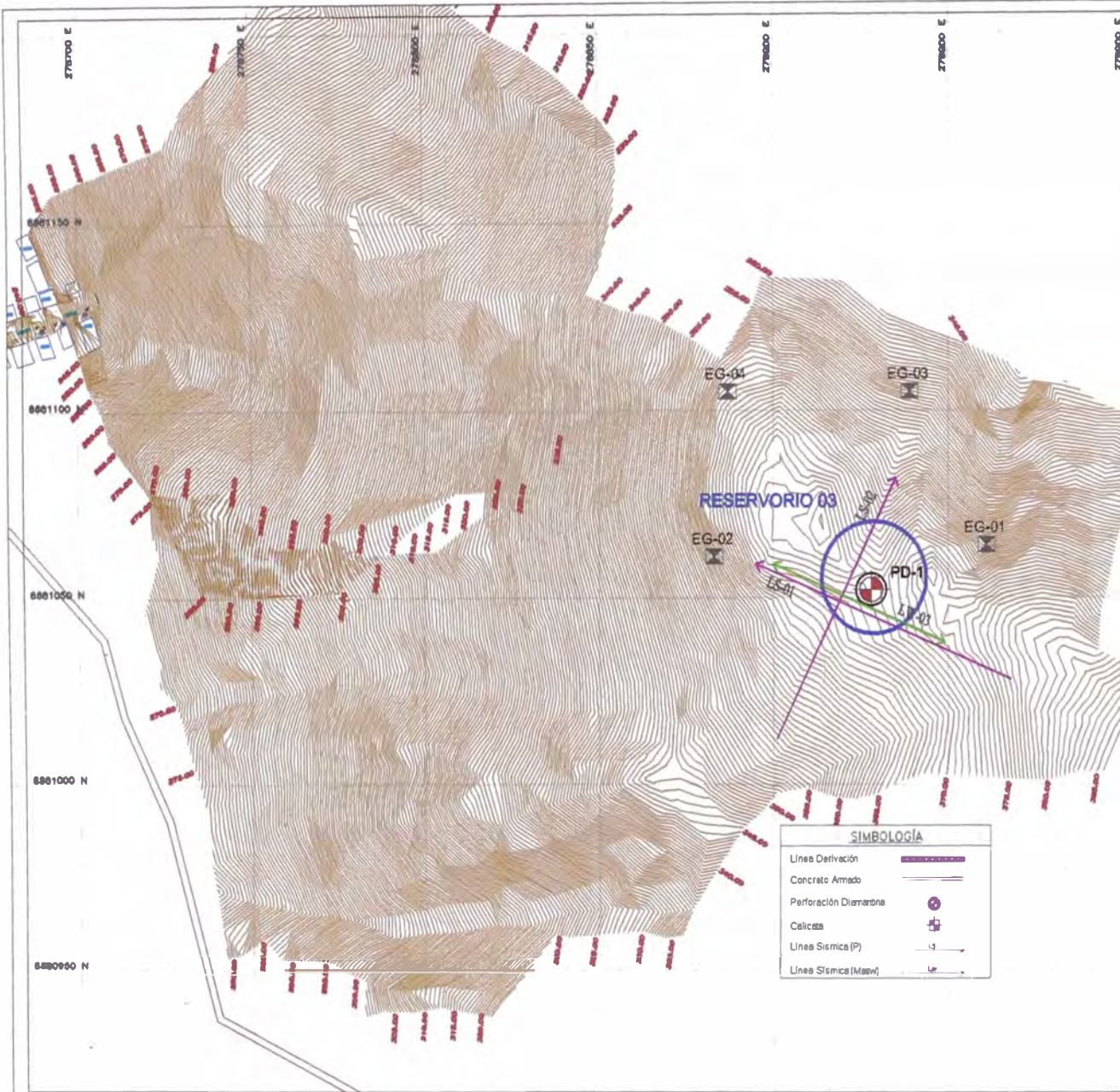
PROYECTO:
EXPLORACIÓN GEOPÍSICA MEDIANTE METODOS DE REPRACIÓN SISMICA Y MASW 1D EN PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

UBICACION:
PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA

PLANO:
UBICACION RESERVOIRIO R2 - CANTO GRANDE Y LINEAS SISMICAS

UBICACION:
DIST. SAN JUAN DE LURIGANCHO, PROV. DE LIMA

PLANO Nº:
PP-02B



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

REV N°	FECHA	DIBUJO	REVISADO	APROVADO
1	Ea-12	Bch. Miguel E. Quispe P.	Dr. Jorge Alva E.	Dr. Jorge Alva E.

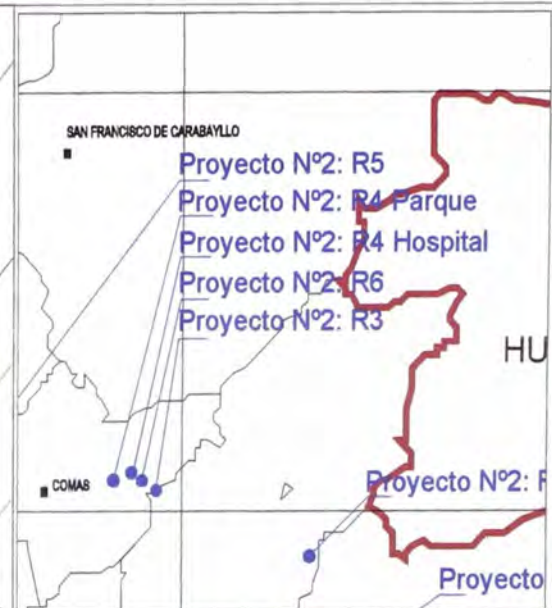
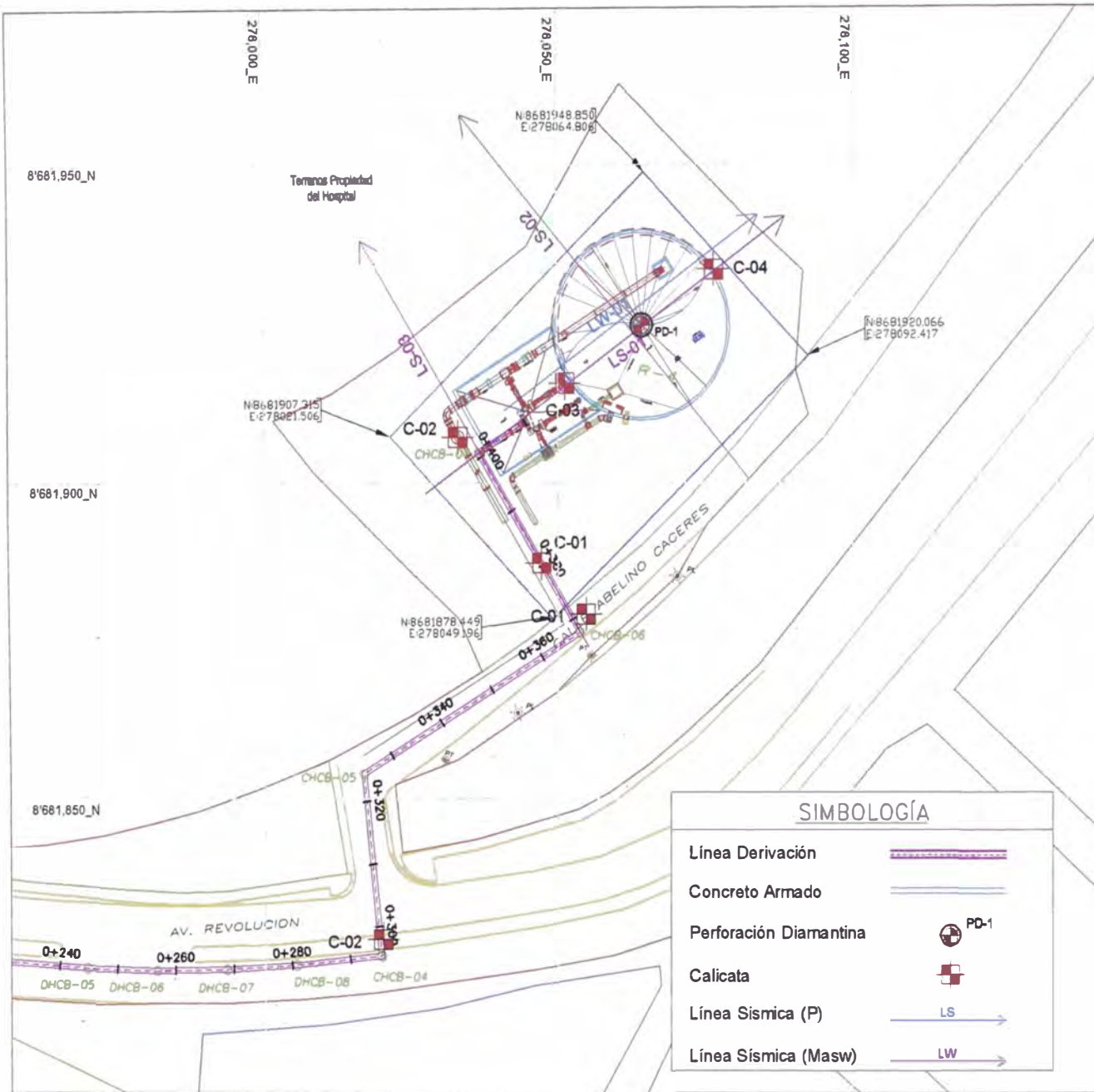
PROYECTO:
EXPLORACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE METODOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y MASW 1D EN PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA

PLANO:
UBICACION RESERVORIO R3 - COLLIQUE Y LINEAS SISMICAS

UBICACION:
DISTRITO DE COMAS, PROVINCIA DE LIMA

PLANO N°:
PP-02C



SIMBOLOGÍA	
Línea Derivación	
Concreto Armado	
Perforación Diamantina	
Calicata	
Línea Sísmica (P)	
Línea Sísmica (Masw)	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

REV N°	FECHA	DIBUJO	REVISADO	APROVADO
1	En-12	Bach. Miguel E. Quispe P.	Dr. Jorge Alva H.	Dr. Jorge Alva H.

PROYECTO:
EXPLORACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE METODOS DE REPRACCIÓN SÍSMICA Y MASW 1D EN PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

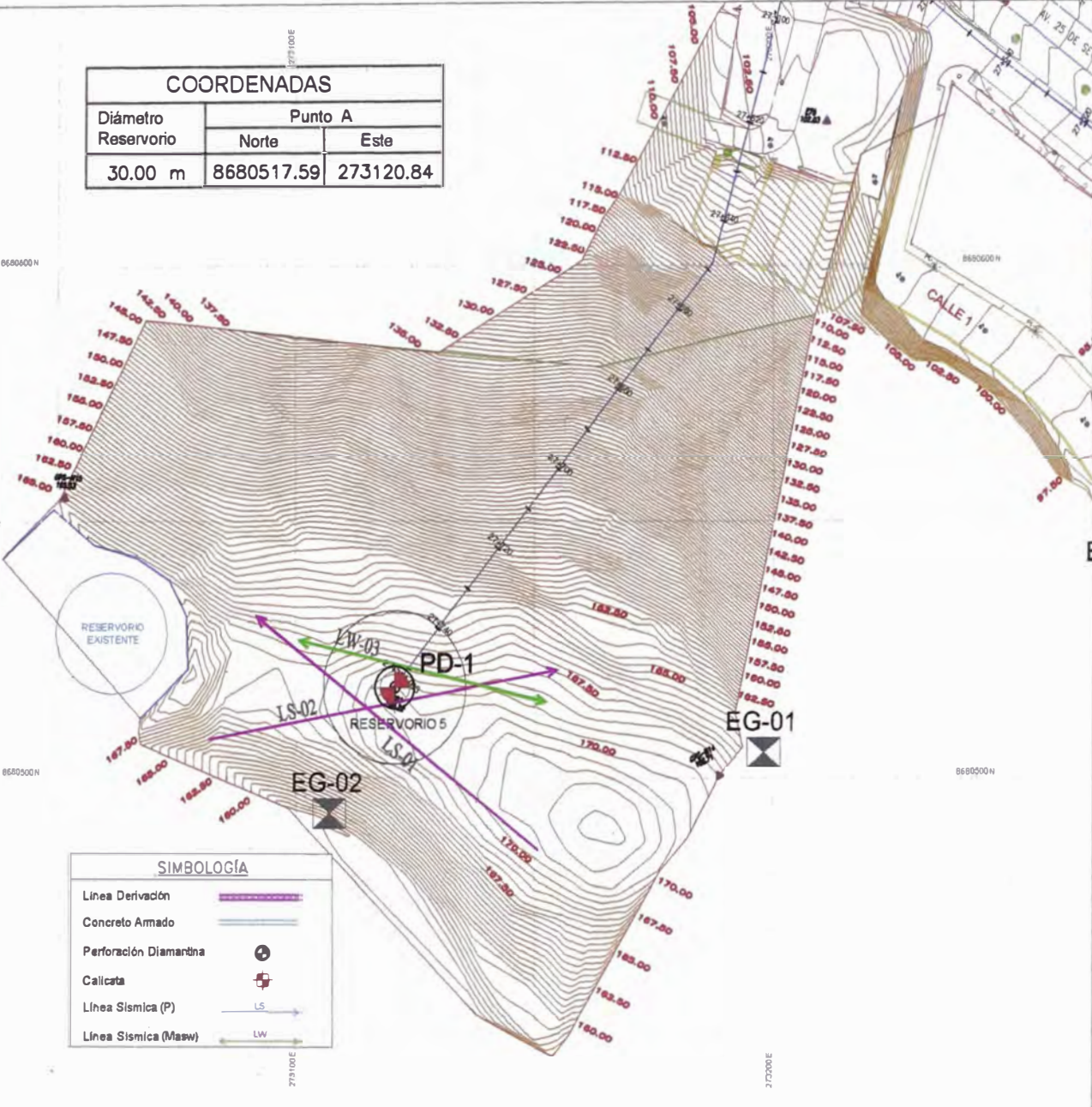
PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA

PLANO:
UBICACION RESERVOIRIO R4 (HOSPITAL S.B.) Y LINEAS SISMICAS COMAS BAJO

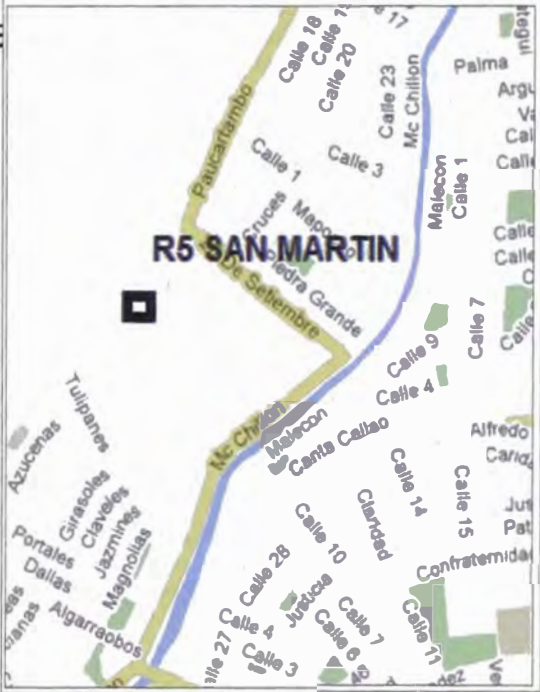
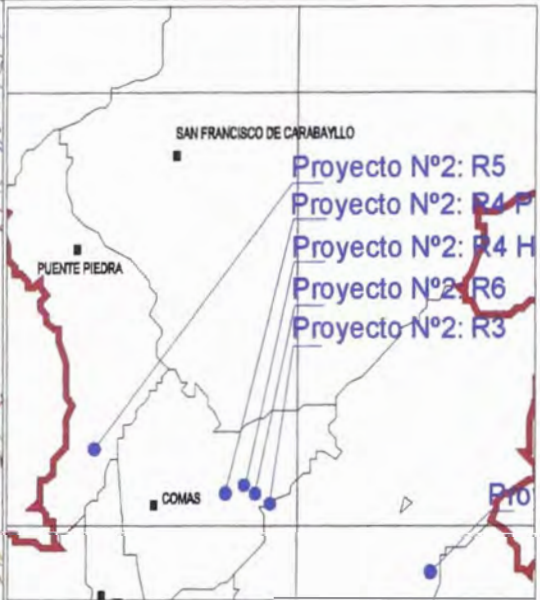
UBICACION:
DISTRITO DE COMAS, PROVINCIA DE LIMA

PLANO N°:
PP-02D-1

COORDENADAS		
Diámetro Reservoirio	Punto A	
	Norte	Este
30.00 m	8680517.59	273120.84



SIMBOLOGÍA	
Línea Derivación	
Concreto Armado	
Perforación Diamantina	
Calicata	
Línea Sísmica (P)	
Línea Sísmica (Masw)	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

REV N°	FECHA	DIJUNO	REVISADO	APROVADO
1	En-12	Bach. Miguel E. Quijpe P.	Dr. Jorge Alva H.	Dr. Jorge Alva H.

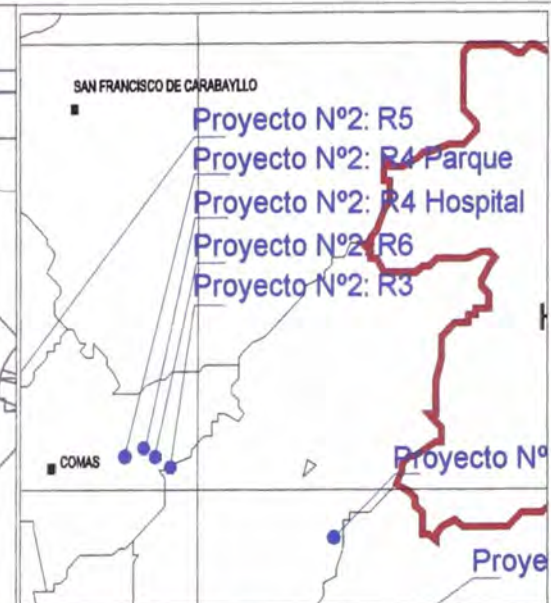
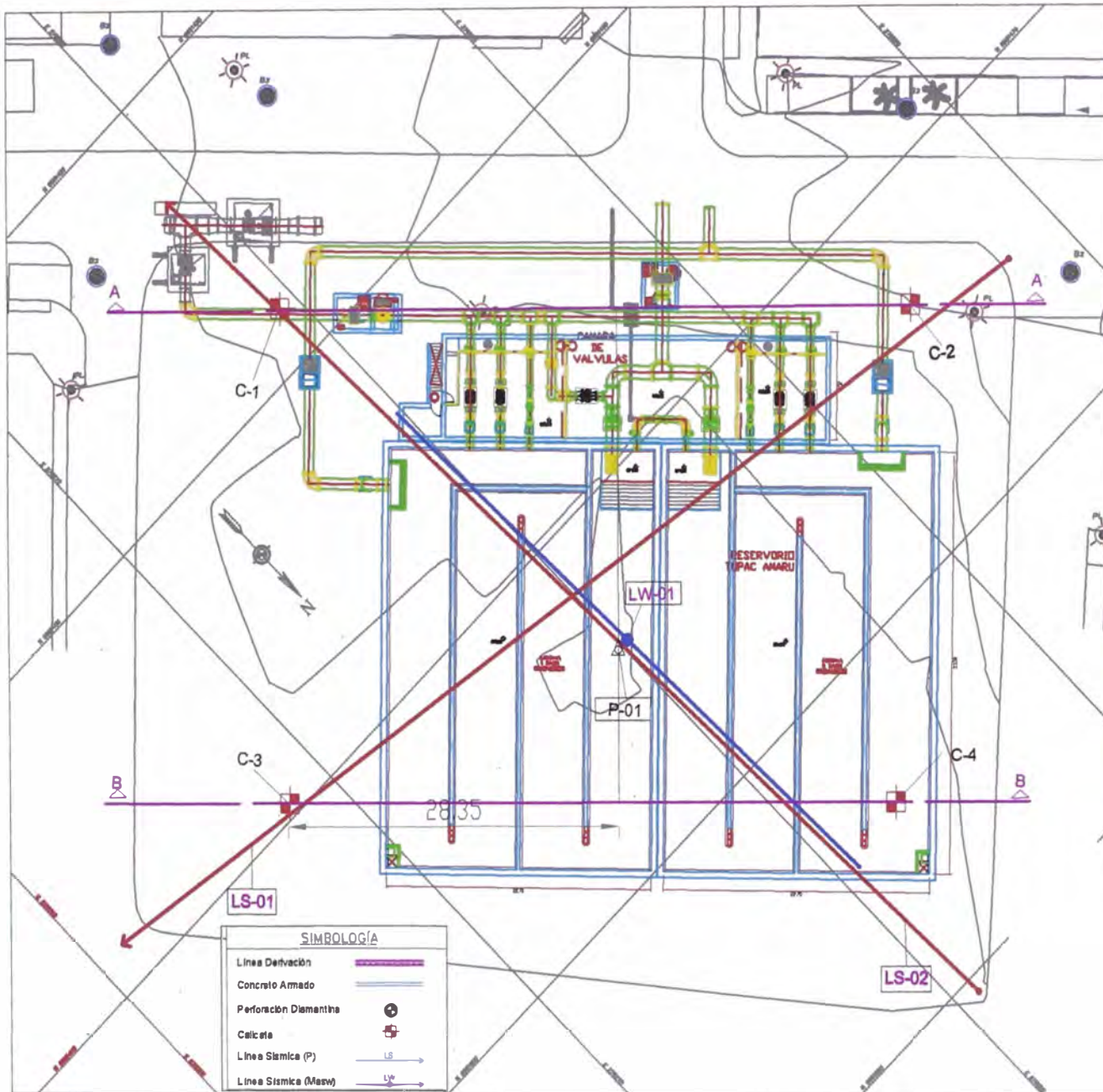
PROYECTO:
EXPLORACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE METODOS DE
REPRACION SISMICA Y MASW 1D EN PROYECTOS
DE INGENIERIA CIVIL

PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA

PLANO:
**UBICACION RESERVOIRIO R5
SAN MARTIN
Y LINEAS SISMICAS**

UBICACION:
DISTRITO DE PUENTE PIEDRA, PROVINCIA DE LIMA

PLANO N°:
PP-02E



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

REV N°	FECHA	DIBUJO	REVISADO	APROVADO
1	En-12	Bach. Miguel E. Quispe P.	Dr. Jorge Alva E.	Dr. Jorge Alva E.

PROYECTO:
EXPLORACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE METODOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y MASW 1D EN PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

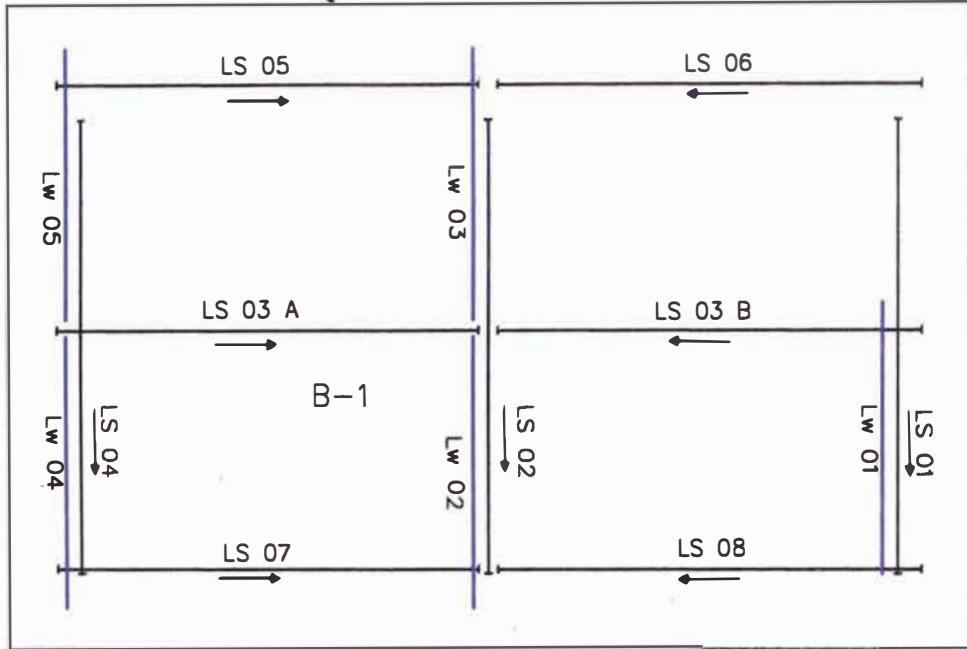
PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA

PLANO:
UBICACION RESERVOIR R6 TUPAC AMARU Y LINEAS SISMICAS

UBICACION:
DISTRITO DE CHOSICA, PROVINCIA DE LIMA

PLANO N°:
PP-02F

ALAMBRADA



Av. 1ero De Mayo

A-3

Av. Los Algarrobos

E-3

LEYENDA

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	LÍNEA SÍSMICA ONDAS P
	LÍNEA SÍSMICA ONDAS S



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

REV N°	FECHA	DBUJO	REVISADO	APROVADO
1	En-12	Bach. Miguel E. Quiupe P.	Dr. Jorge Alva H.	Dr. Jorge Alva H.

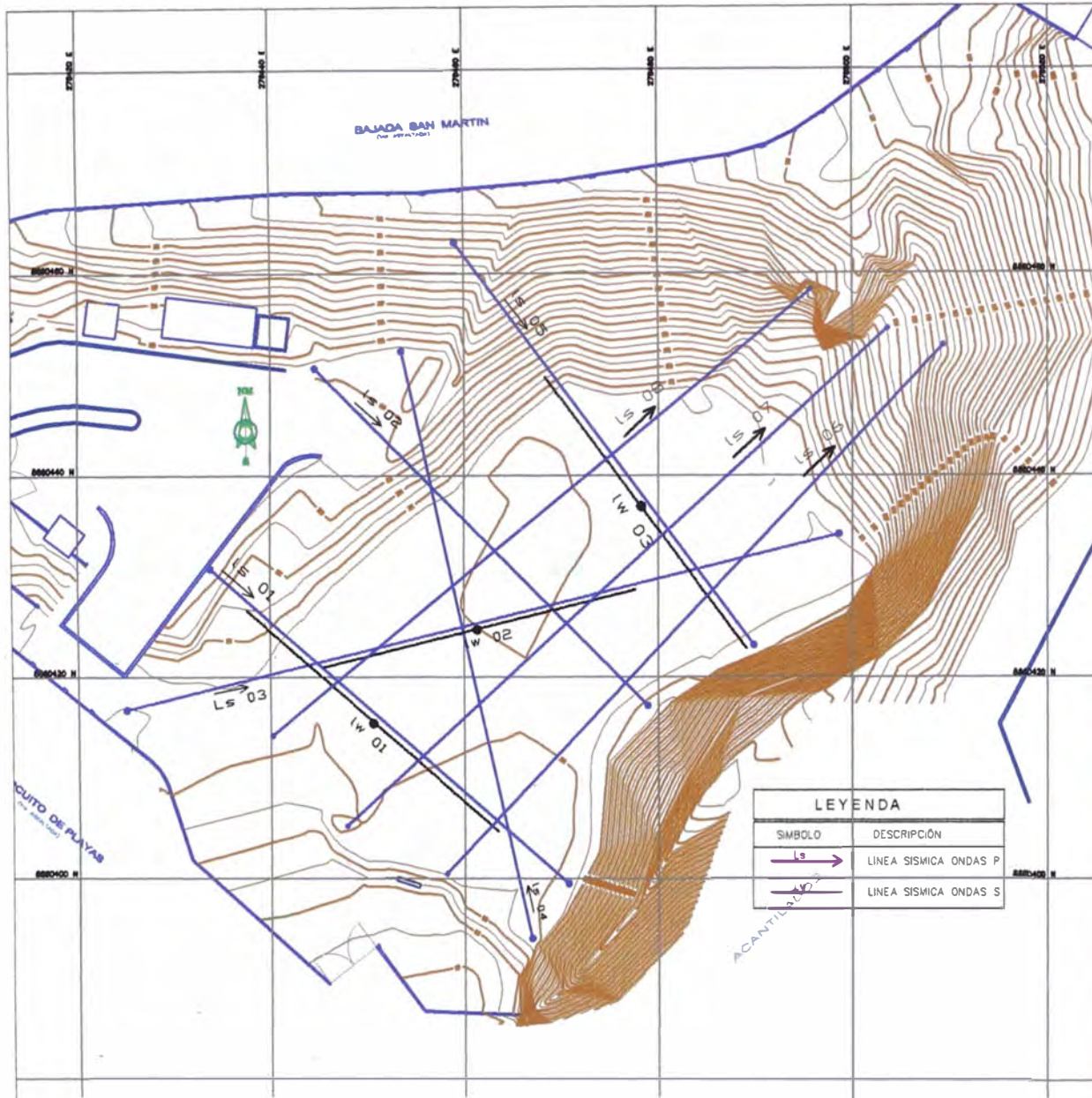
PROYECTO:
EXPLORACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE METODOS DE
REFRACCIÓN SÍSMICA Y MASW 1D EN PROYECTOS
DE INGENIERIA CIVIL

PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA

PLANO:
**UBICACION LOTE B-1 VILLA
EL SALVADOR Y LINEAS
SÍSMICAS**

UBICACION:
DIST. VILLA EL SALVADOR, PROVINCIA DE LIMA

PLANO N°:
PP-03



LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	LINEA SISMICA ONDAS P
	LINEA SISMICA ONDAS S



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

REV Nº	FECHA	DIBUJO	REVISADO	APROVADO
1	En-12	Bach. Miguel E. Quiapo P.	Dr. Jorge Alva R.	Dr. Jorge Alva E.

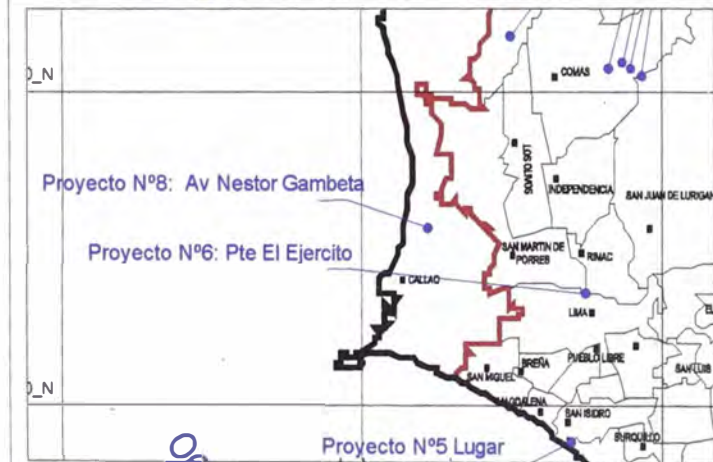
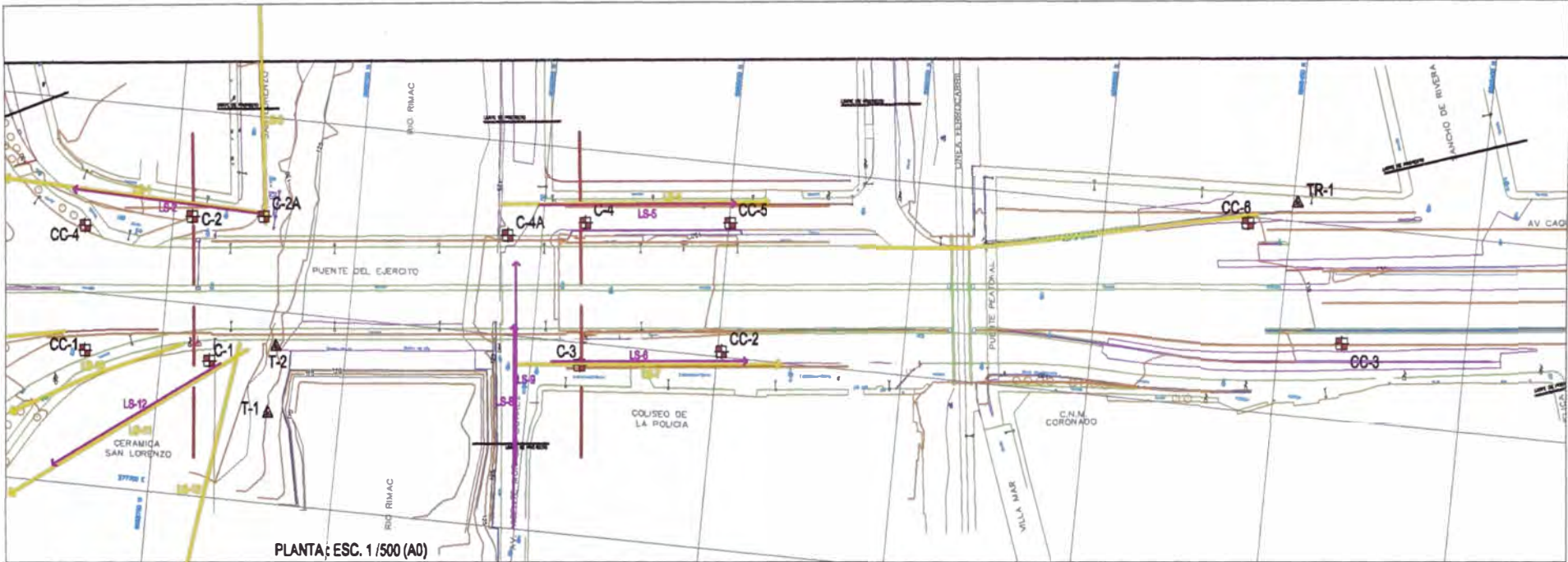
PROYECTO:
EXPLORACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE METODOS DE REFRACCIÓN SISMICA Y MASW 1D EN PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA

PLANO:
UBICACION DE LUGAR DE LA MEMORIA Y LINEAS SISMICAS

UBICACION.
DIST. MIRAFLORES, PROVINCIA DE LIMA

PLANO Nº:
PP-05



LEYENDA

Calicata	■
Trinchera	▲
Línea sísmica (P)	—
Línea sísmica (S)	—



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

REV. N°	FECHA	DIBUJO	REVISADO	APROVADO
1	Ea-12	Bach. Miguel E. Quispe P.	Dr. Jorge Alva H.	Dr. Jorge Alva H.

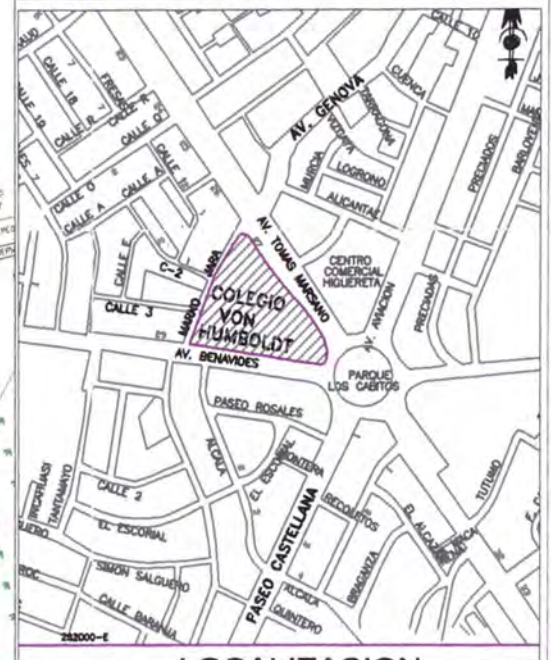
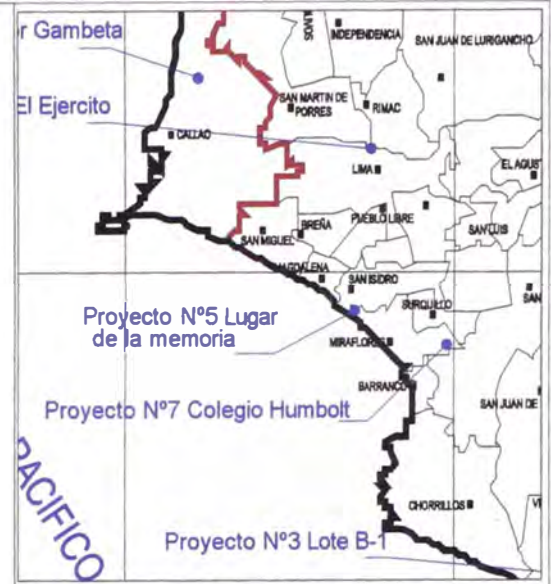
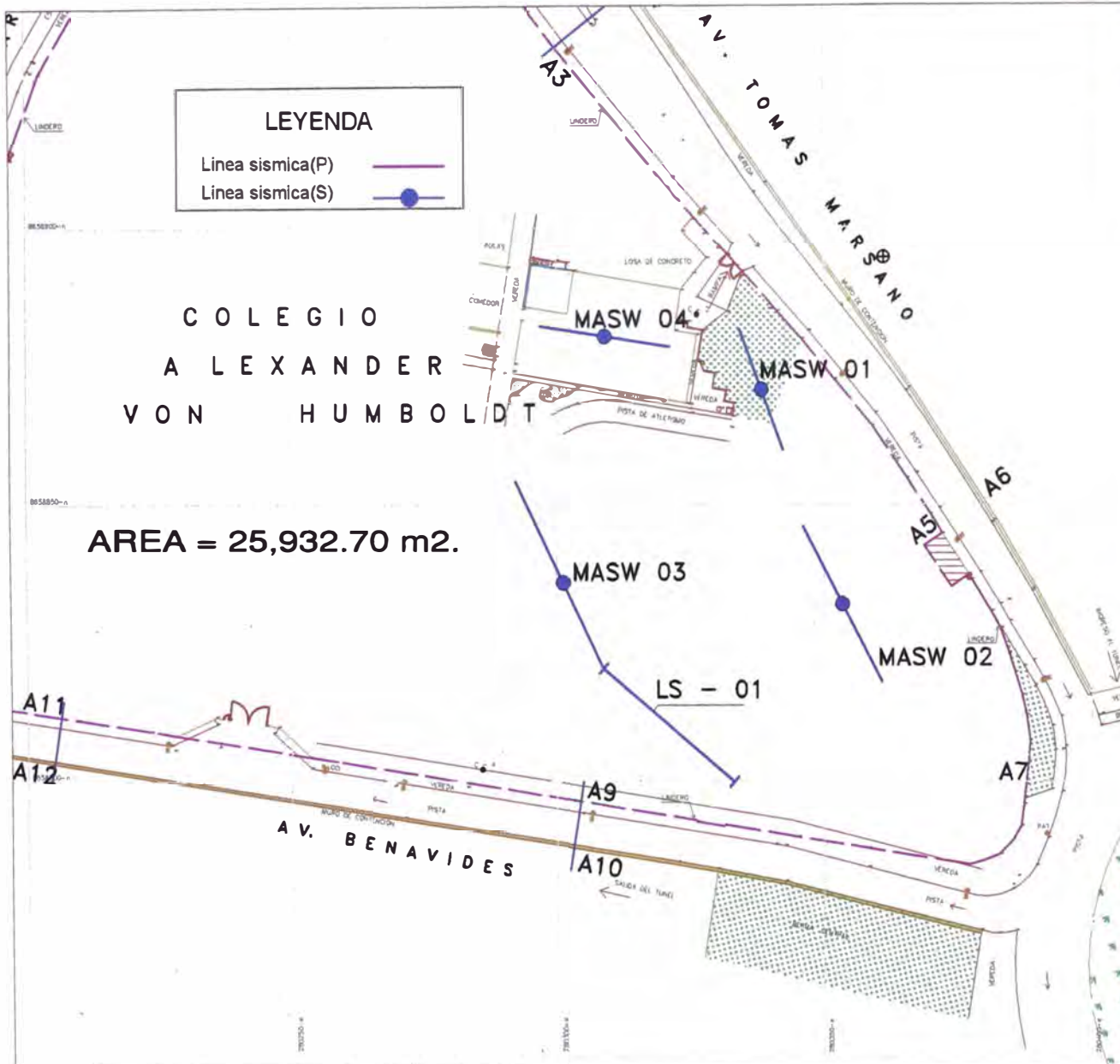
PROYECTO:
EXPLORACIÓN GEOPÍSICA MEDIANTE METODOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y MASW 1D EN PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL.

PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA

PLANO: UBICACION DEL ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA EL PROYECTO.
"AMPLIACION DEL PUNTE DEL EJERCITO Y ACCESOS" Y DE LINEAS SISMICAS EJECUTADAS

UBICACION:
DIST. LIMA CERCADO, RIMAC, PROVINCIA DE LIMA

PLANO N°:
PP-06



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

REV Nº	FECHA	DIBUJO	REVISADO	APROVADO
1	En-12	Bach. Miguel E. Quispe P.	Dr. Jorge Alva H.	Dr. Jorge Alva H.

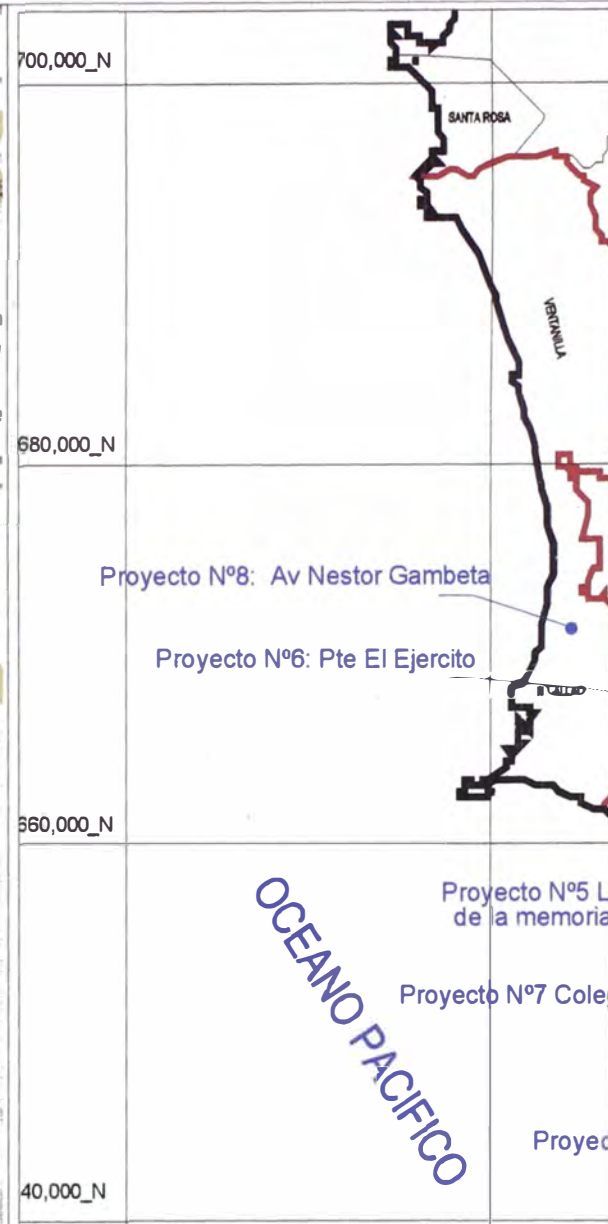
PROYECTO:
EXPLORACIÓN GEOPÍSICA MEDIANTE METODOS DE
REFRACCIÓN SÍSMICA Y MASW 1D EN PROYECTOS
DE INGENIERIA CIVIL

PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA

PLANO:
**UBICACION COLEGIO VON
HUMBOLDT Y LINEAS
SISMICAS**

UBICACION:
DISTRITO DE MIRAFLORES, PROVINCIA DE LIMA

PLANO Nº:
PP-07



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

REV/º	FECHA	DIBUJO	REVISADO	APROVADO
I	En-12	Bach. Miguel E. Quispe P.	Dr. Jorge Alva B.	Dr. Jorge Alva B.

PROYECTO:
EXPLORACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE METODOS DE REPRACION SISMICA Y MASW 1D EN PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA

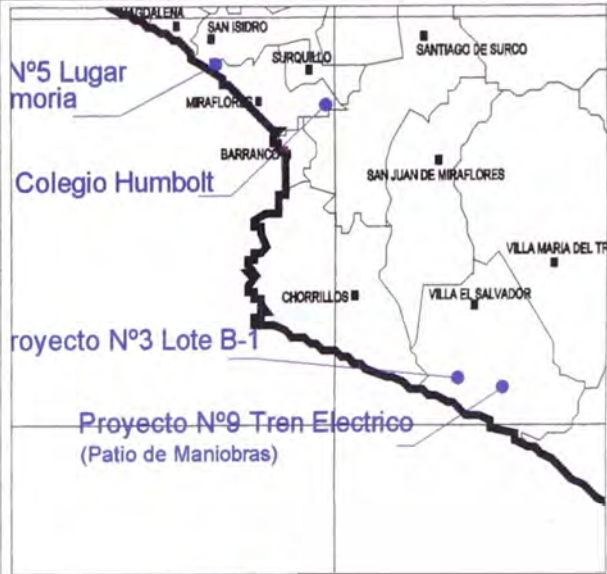
PLANO:
ESTUDIO SUELOS Av. NESTOR GAMBETA - CALLAO, Km 20+200 A km 21+300

UBICACION:
PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO

PLANO Nº:
PP-08



LEYENDA GEOFISICA	
	ESAYOS MASW Le-01
	ENSAYO DE REFRACCION SISMICA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

REV Nº	FECHA	DIBUJO	REVISADO	APROVADO
I	En-12	Bach. Miguel E. Quispe P.	Dr. Jorge Alva B.	Dr. Jorge Alva B.

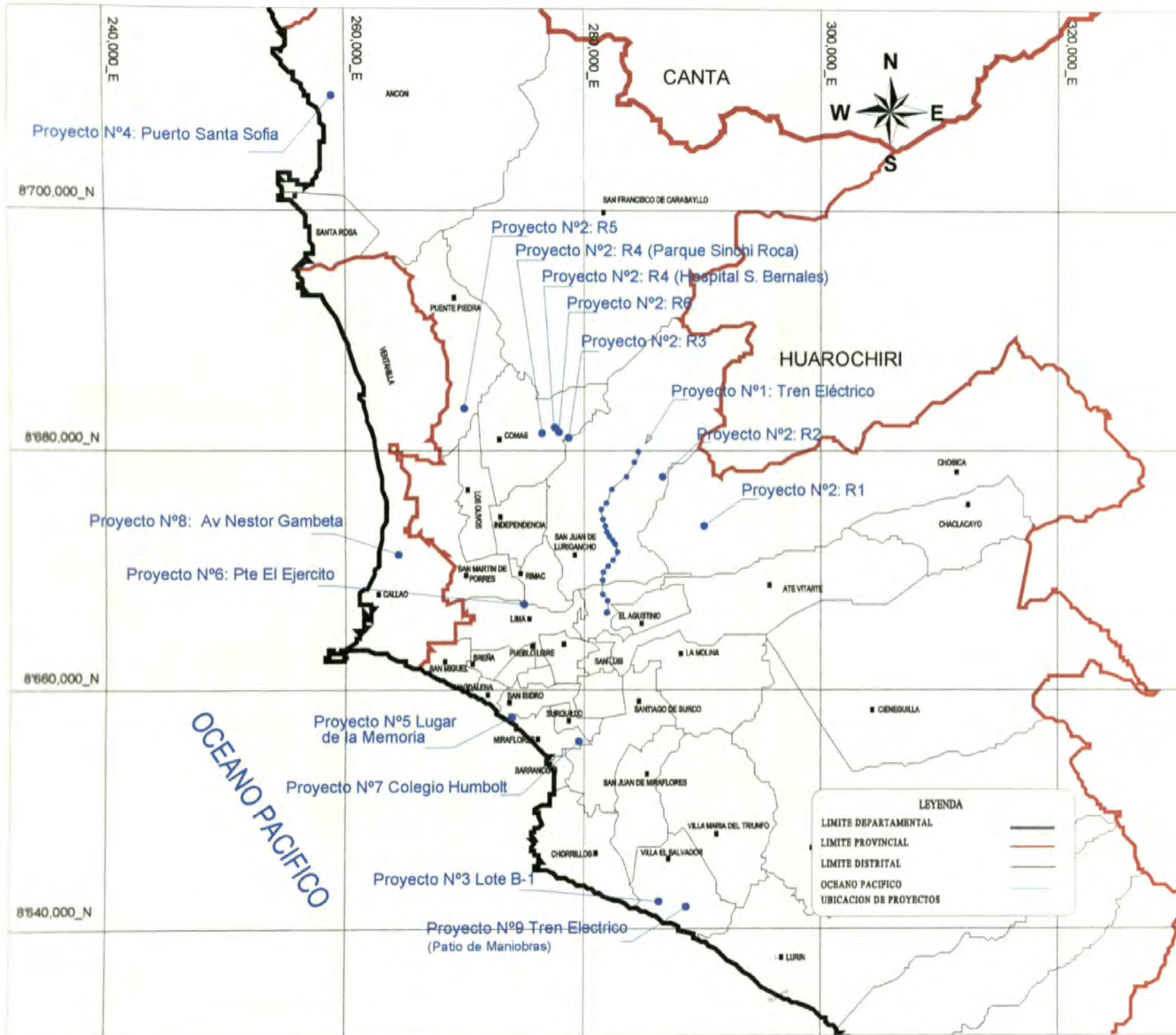
PROYECTO:
EXPLORACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE METODOS DE REFRACCIÓN SISMICA Y MASW 1D EN PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA

PLANO:
UBICACION DEL PROYECTO Nº9, AMPLIACION DE PATIO TALLER DEL METRO DE LIMA - LINEA 01

UBICACION:
DIST. VILLA EL SALVADOR, PROVINCIA DE LIMA

PLANO Nº:
PP-09



LEYENDA

- LIMITE DEPARTAMENTAL ———
- LIMITE PROVINCIAL ———
- LIMITE DISTRITAL ———
- OCEANO PACIFICO ———
- UBICACION DE PROYECTOS ———



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

REV N°	FECHA	DIBUJO	REVISADO	APROVADO
1	En-12	Bach. Miguel E. Quispe P.	Dr. Jorge Alva H.	Dr. Jorge Alva H.

PROYECTO:
EXPLORACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE METODOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y MASW 1D EN PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

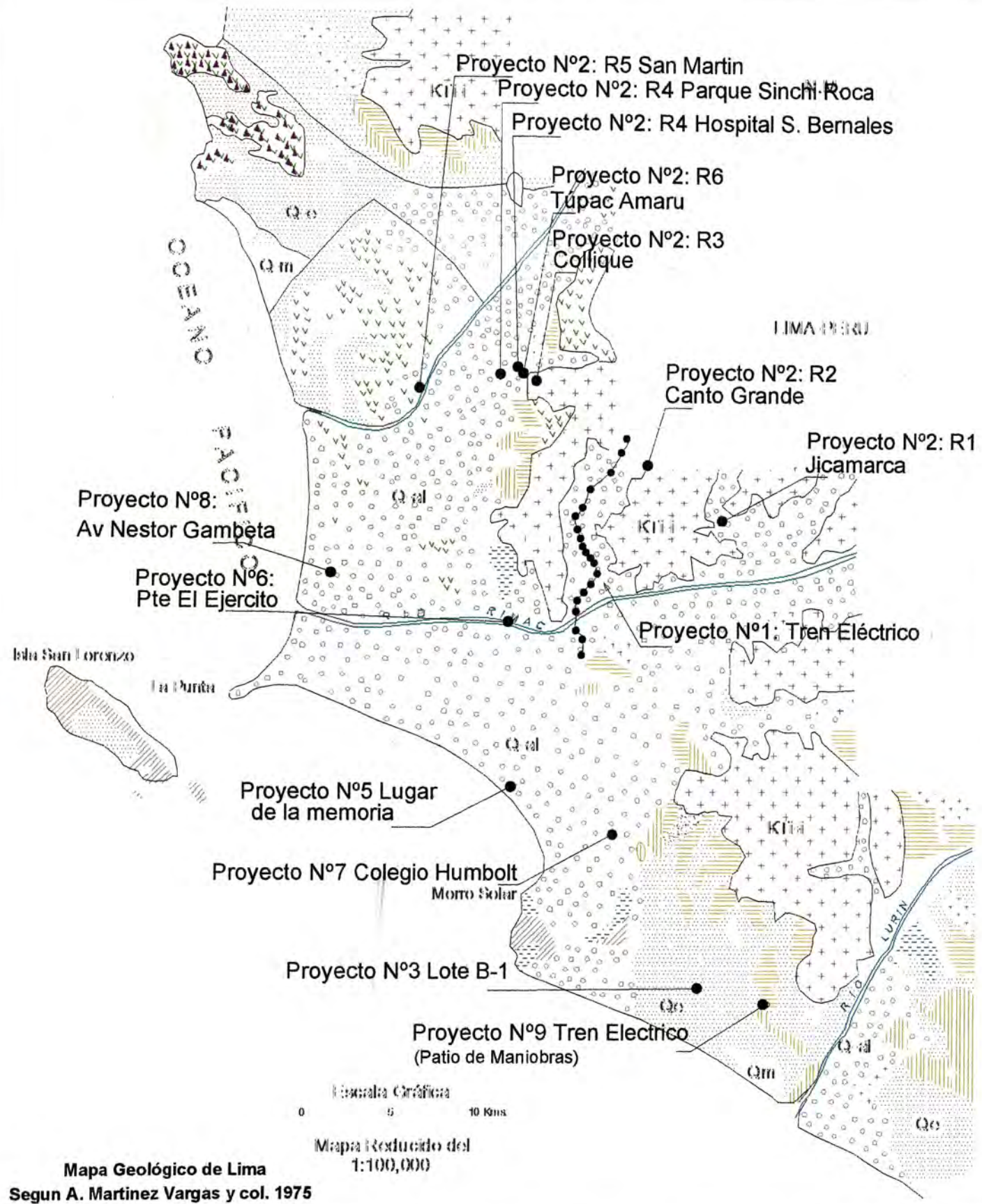
UBICACION:
PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO E LIMA

PLANO

UBICACION DE PROYECTOS

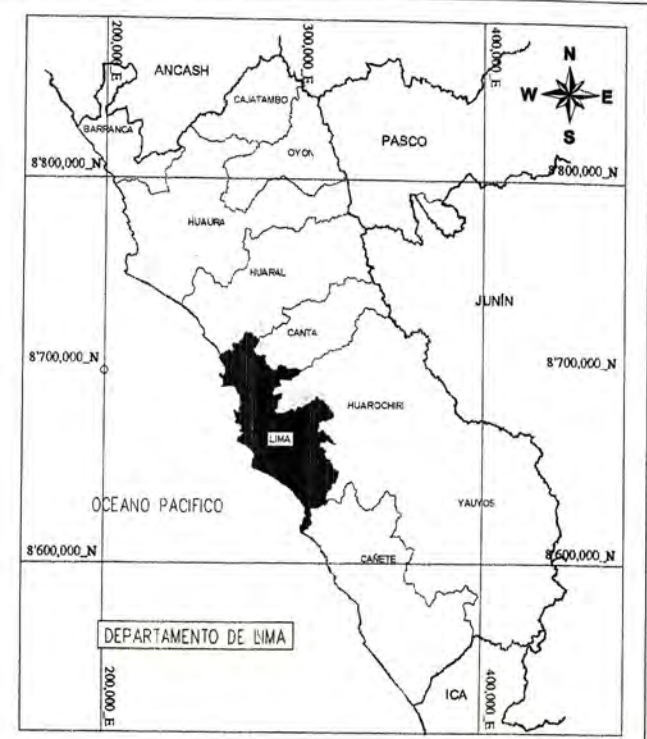
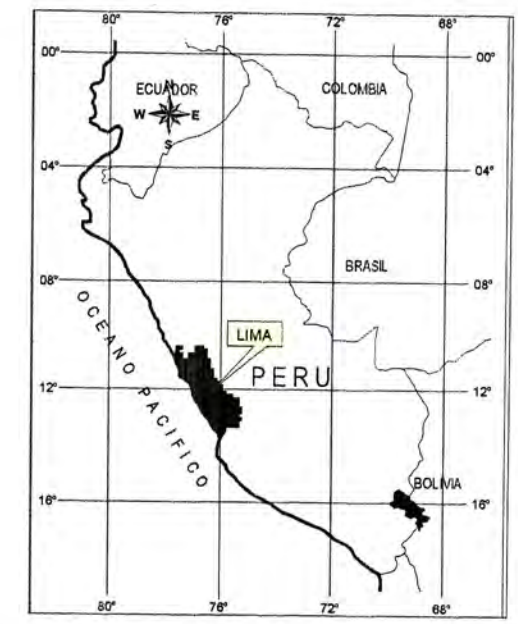
PLANO N°

PE-01



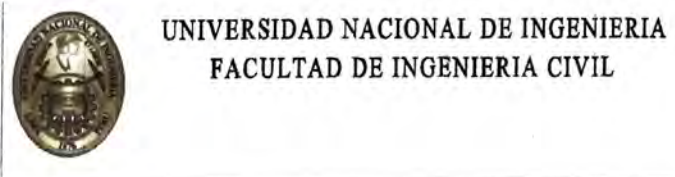
Mapa Geológico de Lima
Segun A. Martinez Vargas y col. 1975

Escala Gráfica
0 5 10 Kms.
Mapa Reducido del
1:100,000



LEYENDA

CUATERNARIO		Qe	Depósitos eólicos
		Qm	Depósitos marinos
		Q-al	Depósitos aluviales
		KTI-i	Rocas intrusivas { Granito, Granodiorita, Diorita, etc.
		Fm.	Piedras gordas
CRETACEO		Fm.	Atocongo y facies metamórficas.
		Fm.	Pamplona
		Fm.	Marcavilca
		Fm.	Herradura
		Fm.	Salto de Fraile
JURASICO		Fm.	Puente Piedra



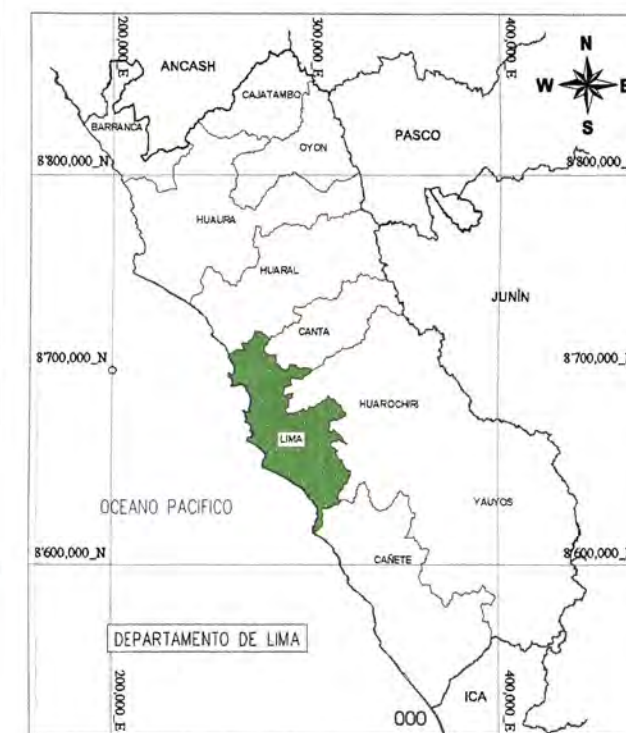
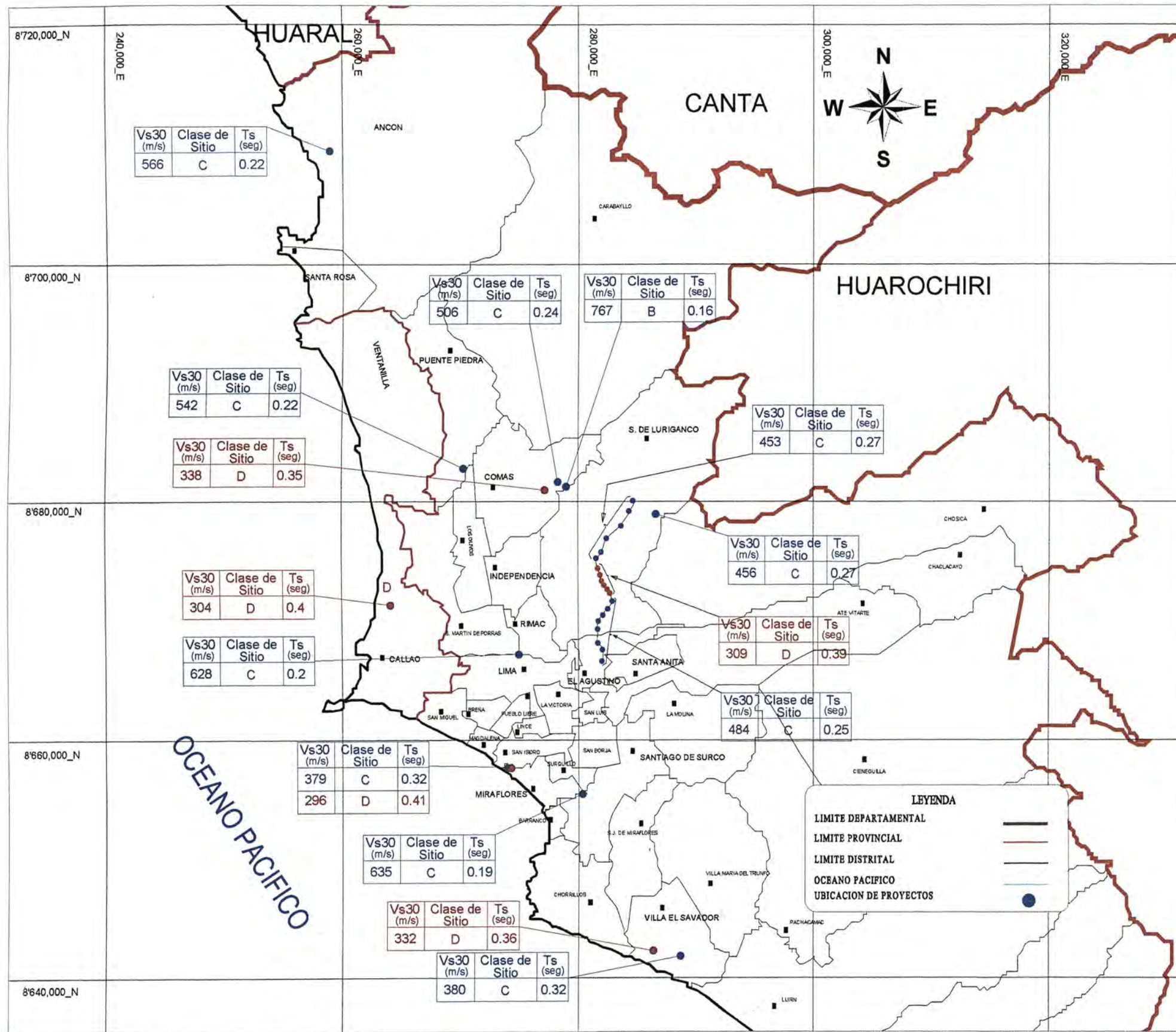
REV. Nº	FECHA	DIBUJO	REVISADO	APROVADO
1	En-12	Bach. Miguel E. Quispe P.	Dr. Jorge Alva H.	Dr. Jorge Alva H.

PROYECTO:
EXPLORACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE METODOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y MASW 1D EN PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

UBICACION:
PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA

PLANO:
Mapa Geológico de Lima y Ubicación de Proyectos

PLANO Nº:
PE-02



Obs: Los valores de Vs30 y Ts en los cuadros son valores promedios por cada zona con similar clase de sitio



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

REV.N°	FECHA	DIBUJO	REVISADO	APROVADO
1	En-12	Bach. Miguel E. Quispe P.	Dr. Jorge Alva H.	Dr. Jorge Alva H.

PROYECTO:
EXPLORACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE METODOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y MASW 1D EN PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

UBICACION:
PROVINCIA DE LIMA, DEPARTAMENTO DE LIMA

PLANO:

UBICACION DE Vs30 y Ts POR CADA PROYECTO

PLANO N°:

PE-03