



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Análisis de productividad de la línea de refracción sísmica para la optimización del estudio de mecánica de suelos en Villa El Salvador, Lima – 2018”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

Jesús Zacarias Macedo Zegarra

ASESOR:

Mg. Rodolfo Ricardo Marquina Callacna

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Administración y seguridad en la construcción

LIMA – PERÚ

2018



ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS


Código : FO6-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

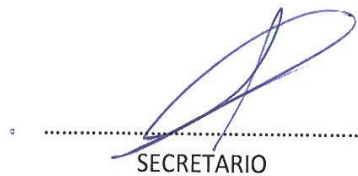
El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don **JESUS ZACARIAS MACEDO ZEGARRA** cuyo título es:

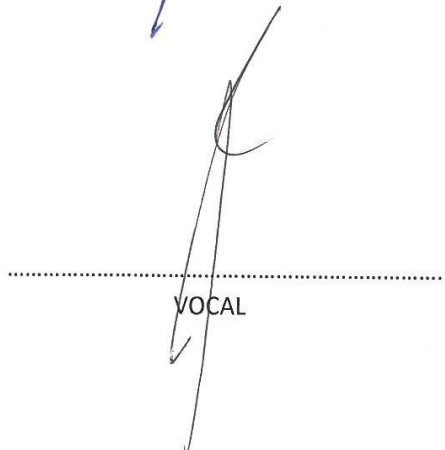
“ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD DE LA LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS EN VILLA EL SALVADOR, LIMA – 2018”

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: (número) (letras).

Lima 07 de Julio del 2018


.....
PRESIDENTE


.....
SECRETARIO


.....
VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	--------	---------------------------------

DEDICATORIA

A mis padres, por ser un apoyo en todo momento, y por enseñarme a luchar persiguiendo mis metas.

A mi familia por estar siempre presente brindándome su ayuda para salir adelante.

AGRADECIMIENTO

Primero dar gracias a Dios, por permitirme lograr mis metas y darme fuerzas para no rendirme.

A mis padres, **Teobaldo Macedo y Esther Zegarra**, por ser ejemplo de superación y fortaleza.

A los ingenieros **Gerardo Cancho Zuñiga y Rodolfo Marquina Callacna** por el apoyo y las enseñanzas para desarrollar esta tesis.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Jesus Zacarias Macedo Zegarra con DNI N°76386691, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico profesional de Ingeniera Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se muestra en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento y omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 07 de Julio del 2018



Jesus Zacarias Macedo Zegarra

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada: “Análisis de productividad de la línea de refracción sísmica para la optimización del estudio de mecánica de suelos en Villa El Salvador, Lima – 2018”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero civil.

Autor: Jesus Zacarias Macedo Zegarra

ÍNDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	4
PRESENTACIÓN	5
RESUMEN.....	14
ABSTRACT	15
I. INTRODUCCIÓN.....	17
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA:.....	18
1.2 TRABAJOS PREVIOS:.....	20
1.2.1 ANTECEDENTES NACIONALES	20
1.2.2 ANTECEDENTES INTERNACIONALES:.....	21
1.3 TEORIA RELACIONADA CON EL TEMA:	23
1.3.1 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS:	23
1.3.1.1 TIPOS DE INVESTIGACIÓN DE CAMPO:.....	24
1.3.1.1.1 ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT):	26
1.3.1.1.1.1 PARÁMETRO “N ₃₀ ”.....	27
1.3.1.1.2 MÉTODO DE EXPLORACIÓN POR CALICATAS:	27
1.3.1.1.3 MÉTODO DE EXPLORACIÓN POR PERFORACIÓN:	29
1.3.1.2 PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN:.....	30
1.3.1.2.1 PROFUNDIAD DE INVESTIGACIÓN:.....	30
1.3.1.2.2 CANTIDAD DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN:.....	33
1.3.1.2.3 UBICACIÓN DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN:	34
1.3.1.3 TIPOS DE MUESTRAS	34
1.3.1.3.1 MUESTRAS ALTERADAS:	34

1.3.1.3.2 MUESTRAS INALTERADAS:.....	35
1.3.1.4 ENSAYOS DE LABORATORIO	35
1.3.1.4.1 RESISTENCIA AL CORTE (τ).....	35
1.3.1.4.2 COHESIÓN (c').....	36
1.3.1.4.3 ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (ϕ).....	37
1.3.2 MÉTODOS GEOFÍSICOS	37
1.3.3 MÉTODOS SÍSMICOS:.....	38
1.3.3.1 ONDAS:.....	38
1.3.3.1.1 ONDAS PRIMARIAS O DE COMPRESIÓN (ONDAS P).....	39
1.3.3.1.2 ONDAS SECUNDARIAS O DE CORTE (ONDAS S)	39
1.3.3.1.3 PRINCIPIO DE HUYGENS:.....	39
1.3.3.1.4 PRINCIPIO DE FERMAT.....	39
1.3.3.2 REFRACCIÓN SÍSMICA	40
1.3.3.2.1 GEOFONOS.....	41
1.3.3.3 MASW	42
1.3.4 CORRELACIONES.....	42
1.3.5 ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD	43
1.3.5.1 EFICIENCIA	44
1.3.5.2 ANÁLISIS DE TIEMPO DE TRABAJO:	44
1.3.5.3 ANÁLISIS ECONÓMICO	45
1.3.5.4 CALIDAD DE DATOS OBTENIDOS:.....	46
1.3.5.4.1 PERFIL ESTRATIGRÁFICO:.....	47
1.3.5.4.2 MÓDULO DE YOUNG:.....	47
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	48
1.4.1 PROBLEMA GENERAL:.....	48
1.4.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS:	48
1.5 JUSTIFICACIÓN:	49

1.5.1 POR EL BENEFICIO:	49
1.5.2 POR SU VIABILIDAD:	49
1.6 HIPOTESIS:	50
1.6.1 HIPOTESIS GENERAL:	50
1.6.2 HIPOTESIS ESPECÍFICAS:.....	50
1.7 OBJETIVOS:	50
1.7.1 OBJETIVO GENERAL:.....	50
1.7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	51
II. MÉTODO.....	52
2.1 TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:	53
2.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN:	53
2.1.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN:	53
2.1.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:.....	54
2.2 VARIABLES:.....	54
2.2.1 VARIABLE INDEPENDIENTE:	54
2.2.2 VARIABLE DEPENDIENTE:.....	54
2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA:.....	55
2.3.1 POBLACIÓN:.....	55
2.3.2 MUESTRA:	55
2.3.3 UNIDAD DE MUESTRA:	55
2.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES:	55
2.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD:.....	56
2.5.1 INSTRUMENTO:	56
2.5.2 VALIDÉZ:.....	56
2.5.3 CONFIABILIDAD:	57
2.6 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS:.....	57

2.7 ASPECTOS ÉTICOS:.....	57
III. ANÁLISIS DE RESULTADOS	58
3.1 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	59
3.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	59
3.2.1 TRABAJOS DE CAMPO.....	59
3.2.1.1 ANÁLISIS DE REGISTROS	63
3.2.1.2 PROCESAMIENTO DE DATOS	63
3.2.2 ESTUDIO REALIZADO POR LA EMPRESA MYM CONSULTORES	64
3.2.2.1 ENSAYOS DE CAMPO	66
3.2.2.2 ENSAYOS DE LABORATORIO	68
3.2.3 RESULTADOS	69
3.2.3.1 NÚMERO DE GOLPES DEL ENSAYO “SPT”	69
3.2.3.2 REFRACCIÓN SÍSMICA	69
3.2.3.3 MAS W	71
3.2.3.4 ENSAYOS DE LABORATORIO	75
3.2.3.4.1 ENSAYO DE CLASIFICACIÓN SUCS	75
3.2.3.4.2 ENSAYOS DE CORTE DIRECTO.....	78
3.3 TABULACIÓN DE LOS DATOS ENCONTRADOS	78
3.4 CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS GEOFÍSICOS Y GEOTÉCNICOS	80
3.4.1 DETERMINACIÓN DE LA COHESIÓN (C') EN FUNCIÓN DE V_p y V_s	80
3.4.2 DETERMINACIÓN DE FRICCIÓN INTERNA (ϕ) EN FUNCIÓN DE V_p y V_s	81
3.4.3 DETERMINACIÓN DE N30 SPT EN FUNCIÓN DE V_p	83
3.5 ANÁLISIS ECONÓMICO ENTRE MÉTODOS.....	84
3.5.1 ANÁLISIS DE COSTOS DEL ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA	84
3.5.2 ANÁLISIS DE COSTOS DEL ENSAYO DE PERFORACIÓN	85
3.5.3 RESULTADO DEL ANÁLISIS DE COSTOS.....	85
3.6 ANÁLISIS DE TIEMPO.....	86

3.6.1 ANÁLISIS DE TIEMPO DE LA LÍNEA DE REFRACCIÓN.....	86
3.6.1 ANÁLISIS DE TIEMPO DE LA CALICATAS Y PERFORACIONES	87
3.7 IMPACTO AMBIENTAL	90
3.7.1 CARACTERÍSTICAS CUANTITATIVAS.....	95
3.7.2 ELIMINACIÓN DE MATERIAL	97
IV. DISCUSIÓN	100
V. CONCLUSIÓN	103
VI. RECOMENDACIONES	106
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
VIII. ANEXOS	113
ANEXO N°01: MATRÍZ DE CONSISTENCIA.....	114
ANEXO N°02: CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	116
ANEXO N°03: VALIDACIÓN DE ESTUDIO DE SUELOS.....	118
ANEXO N°04: INFORME DE ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS	119
ANEXO N°05: CALIBRACIÓN EQUIPO CORTE DIRECTO	134
ANEXO N°06 CALIBRACIÓN DE EQUIPO GEOFÍSICO	138
ANEXO N°07 PLANO GENERAL.....	140
ANEXO N°08 PANEL FOTOGRÁFICO.....	141

LISTA DE FIGURAS

FIGURA N°1: ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR	27
FIGURA N°2: CALICATA EXCAVADA DE FORMA MANUAL	29
FIGURA N° 3: PERFORACIÓN ROTATIVA.....	30
FIGURA N° 4: PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN.....	32
FIGURA N° 5: PROFUNDIDAD DE ANÁLISIS (P) EN CIMENTACIONES PROFUNDAS.....	33
FIGURA N°6: PARTÍCULAS ANGULARES Y PARTÍCULAS REDONDEADAS	37
FIGURA N° 7: LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA	41
FIGURA N° 8: MODELO DE PERFIL ESTRATIGRÁFICO.....	47
FIGURA N°9: ZONA DE ESTUDIO	59
FIGURA N°10: UBICACIÓN DE LAS LRS EJECUTADAS.....	60
FIGURA N°11: CONEXIÓN DE CABLES DE GEOFONOS Y DISPARADOR CONECTADOS	61
FIGURA N°12: GOLPES CON COMBA DE 20 LIBRAS.....	62
FIGURA N°13: REGISTRO Y PROCESAMIENTO DE DATA	62
FIGURA N°14: VISTA DE REGISTRO DE REFRACCIÓN SÍSMICA.....	63
FIGURA N°15: VISTA DE CURVAS DROMOCRÓNICAS	64
FIGURA N°16: UBICACIÓN DE SONDAJES	65
FIGURA N°17: PERFORACIÓN ROTATIVA.....	65
FIGURA N°18: UBICACIÓN DE ENSAYOS SPT	67
FIGURA N°19: UBICACIÓN DE CALICATAS	68
FIGURA N°20: PERFIL SÍSMICO LRS-01	69
FIGURA N°21: PERFIL SÍSMICO LRS-02	70
FIGURA N°22: PERFIL SÍSMICO LRS-03	71
FIGURA N°23: PERFIL MASW MSW-01	72
FIGURA N°24: PERFIL MASW MSW-02	73

FIGURA N°25: PERFIL MASW MSW-03	74
FIGURA N°26: C' EN FUNCIÓN DE VP Y VS	80
FIGURA N°27: ϕ EN FUNCIÓN DE VP Y VS.....	82
FIGURA N°28: N30 EN FUNCIÓN DE VP	83

LISTA DE TABLAS

TABLA N°1: TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN DE CAMPO	24
TABLA N°2: NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN.....	33
TABLA N°3: CORRELACIONES EMPÍRICAS.....	42
TABLA N°4: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	55
TABLA N°5: CUADRO DE COORDENADAS DE LINEAS SISMICAS	62
TABLA N°6: UBICACIÓN DE ENSAYOS	67
TABLA N°7: EXTRACCIÓN DE MUESTRAS Y CALICATAS.....	68
TABLA N°8: ENSAYOS DE LABORATORIO	68
TABLA N°9: "N30" SPT SEGÚN LA PROFUNDIDAD	69
TABLA N°10: REFRACCIÓN SÍSMICA LRS-01.....	70
TABLA N°11: REFRACCIÓN SÍSMICA LRS-02.....	70
TABLA N°12: REFRACCIÓN SÍSMICA LRS-03.....	71
TABLA N°13: PERFIL MSW-01.....	72
TABLA N°14: PERFIL MSW-02.....	73
TABLA N°15: PERFIL MSW-03.....	74
TABLA N°16: CLASIFICACIÓN MUESTRAS P-1	75
TABLA N°17: CLASIFICACIÓN MUESTRAS P-2	75
TABLA N°18: CLASIFICACIÓN MUESTRAS P-3	76

TABLA N°19: CLASIFICACIÓN DE MUESTRAS CALICATAS	77
TABLA N°20: CORTE DIRECTO CALICATAS.....	78
TABLA N°21: RESULTADOS DE COHESIÓN, VP Y VS	79
TABLA N°22: RESULTADOS DE ÁNGULO DE FRICCIÓN, VP Y VS	79
TABLA N°23: RESULTADOS DE N30 SPT Y VP	79
TABLA N°24: RESULTADOS DE N30 SPT Y VS	80
TABLA N°25: CORRELACIÓN DE RESULTADOS C' EN FUNCIÓN DE VP Y VS	81
TABLA N°26: CORRELACIÓN DE RESULTADOS ϕ EN FUNCIÓN DE VP Y VS.....	82
TABLA N°27: CORRELACIÓN DE RESULTADOS N30 EN FUNCIÓN DE VP	84
TABLA N°28: PRESUPUESTO LÍNEA DE REFRACCIÓN	84
TABLA N°29: PRESUPUESTO PERFORACIÓN	85
TABLA N°30: ANÁLISIS ECONÓMICO.....	86
TABLA N°31: CRONOGRAMA DE TRABAJO – L.R.S.	87
TABLA N°32: CRONOGRAMA DE TRABAJO – GEOTÉCNIA	89
TABLA N°33: VALORACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	91
TABLA N°34: IMPACTO AMBIENTAL - LINEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA	93
TABLA N°35: IMPACTO AMBIENTAL – ENSAYO SPT	94
TABLA N°36: RESUMEN	95
TABLA N°37: CUADRO ESTADISTICO	95
TABLA N°38: CUADRO DE IMPACTO AMBIENTAL DETALLADO	95
TABLA N°39: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	96
TABLA N°40: CONDICIONES BIOLÓGICAS	96
TABLA N°41: FACTORES CULTURALES	96
TABLA N°42: PRESUPUESTO ELIMINACIÓN DE MATERIAL	99

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo analizar la productividad del método geofísico de Línea de Refracción, realizando para ello un análisis de costo y tiempo, buscando además encontrar correlaciones (ecuaciones), entre los métodos geofísicos y geotécnicos, que nos sirvan para ser reemplazadas con los datos obtenidos, y analizar el impacto generado antes y después de la aplicación de este método. Es así que, para desarrollar dicha metodología se ha tomado como muestra un proyecto realizado en el distrito de Villa el Salvador, en el cual la aplicación de la Línea de Refracción Sísmica se propuso como solución a la problemática presentada en esta zona, complementando así investigaciones desarrolladas en otros países con la realidad peruana. Los resultados después de comparar entre la realización de perforaciones y la realización de las Líneas de Refracción Sísmica; demostraron que el método que genera un productividad mayor es el método geofísico por ser el que representa un menor costo, su realización se hace en menor tiempo, genera un impacto y pérdida menor, además de poder hallar parámetros geotécnicos mediante correlaciones.

Palabras Clave: Método Geofísico, Correlaciones, Impacto, Productividad, Análisis de Costos. Estudio de Suelos.

ABSTRACT

The objective of this research is to analyze the productivity of the geophysical method of Refraction Line, performing a cost and time analysis, seeking also to find correlations (equations), between geophysical and geotechnical methods, that will help us to be replaced with the obtained data, and analyze the impact generated before and after the application of this method. Thus, to develop this methodology has been taken as a project in the district of Villa El Salvador, in which the application of the Seismic Refraction Line was proposed as a solution to the problems presented in this area, thus complementing research developed in other countries with the Peruvian reality. The results after comparing the realization of perforations and the realization of the Seismic Refraction Lines; they showed that the method that generates a higher productivity is the geophysical method because it represents the lowest cost, its realization is done in less time, generates a smaller impact and loss, besides being able to find geotechnical parameters through correlations.

Keywords: Geophysical Method, Correlations, Impact, Productivity, Cost Analysis.

GENERALIDADES

TÍTULO:

Análisis de Productividad de la línea de refracción sísmica para la optimización del estudio de mecánica de suelos en Villa El Salvador, Lima – 2018

AUTOR:

Macedo Zegarra, Jesus Zacarias

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Civil

ASESOR:

Ing. Rodolfo Ricardo Marquina Callacna

Universidad César Vallejo

TIPO DE INVESTIGACIÓN:

Aplicada

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Administración y Seguridad en la construcción

LOCALIDAD:

Distrito de Villa el Salvador - Lima

DURACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:

Fecha de Inicio: setiembre 2017

Fecha de Término: junio 2018

I. INTRODUCCIÓN

1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA:

La mecánica de suelos es uno de los estudios fundamentales en toda obra civil, debido a que utiliza métodos científicos para determinar, evaluar y aplicar las relaciones entre el entorno geológico y la estructura a desarrollar. Con el pasar del tiempo se han mostrado infinidad de casos en los cuales el suelo de fundación que soporta la edificación ha presentado ciertos problemas frente a solicitaciones de cargas verticales, generando así, la inclinación, asentamiento o colapso de dicha estructura. Cabe mencionar que, por la ubicación geográfica el Perú es un país altamente sísmico y esto debido a que estamos ubicados en el borde occidental de Sudamérica (zona donde se produce los movimientos de la placa de nazca), y somos parte del cinturón de fuego del pacífico; es por ende que la no realización de un estudio de mecánica de suelos (EMS), no solamente incrementan los gastos post-diseño, puesto que si por algún motivo ocurriese un problema relacionado a ello, aumenta también la probabilidad de daños y peligros, los cuales generarían pérdidas tanto materiales como humanas.

En zonas donde se planea ejecutar obras civiles de gran envergadura, se hace necesario acumular la mayor cantidad de información acerca de las condiciones del subsuelo, ya que esta servirá como herramienta dentro de las áreas estructurales, geotécnica, geológica e hidrogeológica para determinar diversos parámetros como: estratigrafía del suelo, compacidad del subsuelo, tipo de cimentación a usar y sus dimensiones, cotas del suelo de fundación, determinación de fallas, nivel freático, etcétera.

En muchas ocasiones el realizar un Estudio de Mecánica de Suelos no proporciona suficiente información para definir gran cantidad de estos parámetros, y debido a esto se hace una necesidad apoyarse de métodos alternativos, como los métodos Geofísicos.

Es de conocimiento pleno por los ingenieros a nivel mundial las ventajas que proporcionan los métodos de exploración geofísica en cuanto a costo, tiempo y calidad de resultados; es por ello que su conocimiento es esencial en nuestro país. En los últimos años se han ido realizando investigaciones que buscan

hacer aún más eficiente y confiable este proceso de exploración, es ahí donde surgen los métodos geofísicos de Refracción Sísmica.

La refracción sísmica no solo busca mejorar los ensayos geofísicos, sino también complementar los estudios de mecánica de suelos, haciéndolos más productivos sin generar resultados más deficientes.

Según la Norma Técnica Peruana E.050 (suelos y cimentaciones): Es de carácter obligatorio efectuar un EMS para los siguientes casos:

a) Edificaciones en general, que reciban gran cantidad de personas, equipos de gran valor o peligrosos, tales como: colegios, universidades, hospitales y clínicas, estadios, cárceles, auditorios, templos, salas de espectáculos, museos, centrales telefónicas, estaciones de radio y televisión, estaciones de bomberos, archivos y registros públicos, centrales de generación de electricidad, sub-estaciones eléctricas, silos, tanques de agua y reservorios.

b) Cualquier edificación que no haya sido mencionada en el ítem a) y que sea de uno a tres niveles, que ocupen individual o conjuntamente más de 500 m² de área techada en planta.

c) Cualquier edificación que no haya sido mencionada en a) y que sea de cuatro o más pisos de altura, sin importar el área que esta ocupe.

d) Edificaciones industriales, fábricas, talleres o parecidos.

e) Edificaciones especiales en las cuales la falla, además del propio colapso, signifique peligros adicionales importantes, tales como: reactores atómicos, grandes hornos, depósitos de materiales inflamables, corrosivos o combustibles, paneles publicitarios de dimensiones considerables, además de otros riesgos parecidos.

f) Cualquier edificación que precisen el uso de pilotes, pilares o plateas de fundación.

g) Cualquier edificación contigua a taludes o suelos que puedan poner en riesgo su firmeza.

La norma nos da un listado de obligatoriedad del tipo de estructuras que deben tener un Estudio de Mecánica de Suelos, sin embargo, no hace mención a la *Línea de Refracción Sísmica (LRS)*, como método de investigación de campo

y es debido a su poco uso o conocimiento de forma general en el país y que, a diferencia de los métodos tradicionales, el desconocimiento de sus beneficios puede resultar materia de estudio, de tal forma que, pueda tener mayor presencia.

Cabe mencionar que, en la presente investigación se abordará el uso de la Línea de Refracción sísmica como un método de investigación de campo en el estudio de mecánica de suelos. Además de teoría de este método, el estudio ejecutado en el distrito de Villa El Salvador, y diversas recomendaciones obtenidas con el transcurrir de esta investigación.

1.2 TRABAJOS PREVIOS:

1.2.1 ANTECEDENTES NACIONALES

A pesar de que la línea de refracción representa beneficios en todo aspecto, en nuestro país es muy poco explotada y estudiada, es por ello la poca información que se tiene al ser investigada, uno de los pocos investigadores que logro rescatar estos beneficios y los aplico en su investigación es el Dr. ALVA, Jorge. (2013): “Aplicaciones de la geofísica en la ingeniería geotécnica”. Investigación presentada en el XXI Congreso Nacional de estudiantes de Ingeniería Civil (CONEIC), dicho estudio fue realizado en distintos puntos del Perú, entre ellos, Huancayo, y diversos distritos de Lima. Con esta investigación busca familiarizar a los ingenieros peruanos con la Línea de refracción sísmica, comparando sus resultados con los métodos convencionales, demostrando así la confiabilidad en este proceso. Por ende, tiene como conclusión que “Los métodos geofísicos tienen como principales ventajas 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”. Uno de los beneficios talvez más resaltantes, como lo mencionó el Dr. Alva, es que los métodos geofísicos (entre ellos la línea de refracción), no son invasivos, quiere decir que no afectan el estado natural del suelo, a diferencia de los métodos convencionales como las calicatas y perforaciones, que al ser métodos directos resultan alterando de forma significativa la zona de estudio.

LÓPEZ, Saulo. Ensayos geofísicos para la exploración de suelos en estructuras patrimoniales. Tesis para optar el grado de magister en Ingeniería Civil. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), 2016. La investigación tuvo como objetivo dar a entender y poner en práctica los ensayos geofísicos (entre ellos la línea de refracción) como método de exploración geotécnica y así aportar para futuros usos en la exploración de suelos. Dentro de su metodología de desarrollo se realizó ensayos geofísicos en la huaca “la luna”, y esto debido a la delicada situación de este patrimonio, ya que el realizar los métodos convencionales de mecánica de suelos representaría variar la naturaleza del suelo y ponerlo en riesgo de derrumbe, a diferencia de la refracción geofísica que es un método no invasivo.

ALI, Murillo. Método de prospección geofísica aplicados a la investigación geotécnica para estudio del recrecimiento de una presa de relaves en el distrito de Oyolo. Tesis para optar el título de Ingeniero Geofísico. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2016. Para esta investigación se realizaron ensayos geofísicos con la intención de obtener perfiles aplicando distintos métodos de procesamiento para evaluar el potencial de los estratos encontrados. Y se llegó a la conclusión de que la línea de refracción representa un aporte productivo para la optimización de los EMS en el aspecto económico, ya que toda empresa tiene la finalidad de maximizar las utilidades, un claro ejemplo son las empresas mineras ya que estas invierten gran cantidad de recursos económicos para la optimización de las operaciones, minimizando así los costos que representan estos. También se concluyó que los métodos geofísicos tienen muy buena penetración, resolución y formación de geometrías; Sin embargo, su integración con la información geotécnica es indispensable, para no realizar interpretaciones erróneas de los resultados.

1.2.2 ANTECEDENTES INTERNACIONALES:

Debido a que esta investigación implica la interacción de la geofísica y la geotecnia, son pocos los investigadores que han profundizado en este aspecto, sin embargo, las investigaciones recogidas resultan de gran aporte y base para realizar este estudio.

NARANJO, Héctor y DRANICHNIKOV, Tatiana. Cálculo de capacidad portante basado en geofísica y método convencional - Caso del puente sobre el río Maicito. Investigación para obtener el grado profesional de ingeniero civil. Manabí – Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana, 2012. El cual desarrolla el análisis comparativo teórico y práctico (productivo) del cálculo de capacidad portante del suelo en base a los métodos convencionales como el ensayo de penetración estándar SPT (Standard Penetration Test), con el fin de deducir la conveniencia o no del método geofísico. Esta investigación nos muestra la alta productividad de la línea de refracción sísmica en comparación de los métodos ya conocidos para la exploración geotécnica.

Por lo que, dicha investigación llegó a la conclusión que “el ensayo de refracción sísmica es aceptable, confiable y recomendable [...]. Además, presentan resultados de los terrenos in situ sin provocar ningún tipo de cambios de las características y propiedades del mismo al ser golpeado como el ensayo de penetración estándar o extraída de su sitio natural para ensayos en el laboratorio (triaxial). También, con el tiempo, la técnica de interpretación de los resultados de este ensayo está cada vez más perfeccionada. Adicionalmente, la ejecución de algunos tipos de obra requiere conocer con mayor detalle las características geotécnicas del terreno, tanto para su mejor diseño como para minimizar el posible impacto en su entorno”.

PEREDO, Valentina. Aplicación del método SASW en suelos. Investigación para obtener el grado profesional de ingeniera civil. Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2011. Introdujo la innovación de realizar ensayos geofísicos he incorporarlos en la ingeniería geotécnica, esta tesis realizó la comparación de 2 tipos de ensayos geofísicos llegando a la siguiente conclusión: La eficacia para estimar el perfil de velocidades es mayor si se cuenta con información de la estratigrafía del lugar (perfil estratigráfico) y la profundidad de la napa de agua. Esto se puede apreciar en los perfiles de velocidad obtenidos [...] donde se conocía el espesor de los estratos y la profundidad de la napa, ya que son bastante parecidos al obtenido con el [método] down-hole.

Es así que se demuestra la confiabilidad en los distintos métodos geofísicos (entre ellos la LRS), ya que comparó los perfiles estratigráficos (obtenidos por los EMS y los ensayos Geofísicos) y llegó a la conclusión que la calidad de datos que arrojan son bastante parecidos y aceptables.

LÓPEZ, MEJIA y DANILO. Aplicación del método de refracción sísmica para la determinación de velocidades en ondas P. Tesis para optar el título de ingeniero civil. San Salvador: Universidad de el Salvador, 2008. Hace mención a la trascendencia de realizar los estudios de mecánica de suelos, ya que sirve como herramienta para determinar parámetros como: la estratigrafía de la zona, compacidad del suelo de fundación, tipo de cimentación recomendable a usar, etcétera. En algunas oportunidades el estudio de mecánica de suelos no proporciona los datos suficientes para determinar la mayoría de estos parámetros, es por ello que se hace necesario la ayuda de otros métodos alternativos, uno de estos es la línea de refracción sísmica. Se llegó a la conclusión que, el ensayo de refracción sísmica es una técnica apta para su utilización dentro de la geotécnica de edificación y la Ingeniería Civil, además menciona que estos deben ser realizados y cotejados con un especialista para prevenir las ambigüedades que puedan surgir de los resultados de esta prueba (LRS).

1.3 TEORIA RELACIONADA CON EL TEMA:

1.3.1 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS:

Debido a la antigüedad de los estudios de mecánica de suelos y el poco avance tecnológico en este ámbito, las investigaciones que dieron origen a estos métodos resultan ser las más completas. El Dr. Karl Terzaghi (considerado el padre de esta rama), la define como la aplicación de las leyes de la Mecánica y la Hidráulica a los ámbitos ingenieriles que trabajan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, resultado de la desintegración química y mecánica de las rocas.

Sin embargo, Terzaghi, aunque fue el pionero en la Mecánica de suelos, no es el único que realizó estudios al respecto, Según Das, (2013). La mecánica de

suelos, analiza el comportamiento y las propiedades físicas del suelo cuando fuerzas y agentes externos actúan sobre la masa de suelo. Esta rama de la geotecnia tiene en consideración a la estructura del suelo, la forma de las partículas que lo constituyen y las etapas que éste presenta, basándose en las características de interés ingenieril.

El estudio de mecánica de suelos representa un análisis que nos servirá para conocer el tipo de material que compone nuestro terreno en estudio, aquel donde se planea cimentar nuestra obra, los materiales que se pueden hallar estarán dentro de la gran variedad de arenas, limos, arcillas, gravas, y rocas.

“En función a este estudio se calculara y diseñara la cimentación y estructura idónea para el proyecto, el proceso consiste en recoger muestras del suelo del terreno que luego serán analizadas en un laboratorio para descubrir los componentes exactos de los que está compuesto el suelo, con los datos obtenidos por el estudio se podrá saber a ciencia cierta cuál es la capacidad de carga que tiene el suelo en estudio así como las precauciones que se deben tomar en el cálculo y diseño estructural de la obra” (Arquinépolis, 2017).

En conclusión, dentro de la ingeniería civil, la mecánica de suelos representa un estudio de suma importancia que consiste en definir con exactitud el tipo de suelo y sus propiedades mecánicas en el cual se construirán nuestras edificaciones, para así evitar futuras pérdidas.

1.3.1.1 TIPOS DE INVESTIGACIÓN DE CAMPO:

Según la Norma Técnica E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES. Tenemos 17 técnicas de investigación de campo, cada una con una norma técnica peruana (NTP) aplicable.

TABLA N°1: Técnicas de investigación de campo

TÉCNICA	NORMA APLICABLE
Método de ensayo de penetración estándar SPT	NTP 339.133 (ASTM D

	1586)
Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos SUCS)	NTP 339.134 (ASTM D 2487)
Densidad in-situ mediante el método del cono de arena	NTP 339.143 (ASTM D 1556)
Densidad in-situ mediante métodos nucleares (profundidad superficial)	NTP 339.144 (ASTM D 2922)
Ensayo de penetración cuasi-estática profunda de suelos con cono y cono de fricción	NTP 339.148 (ASTM D 3441)
Descripción e identificación de suelos (Procedimiento visual - manual)	NTP 339.150 (ASTM D 2488)
Método de ensayo normalizado para la capacidad portante del suelo por carga estática y para cimientos aislados	NTP 339.153 (ASTM D 1194)
Método normalizado para ensayo de corte por veleta de campo de suelos cohesivos	NTP 339.155 (ASTM D 2573)
Método de ensayo normalizado para la auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica (DPL)	NTE 339.159 (DIN 4094)
Norma práctica para la investigación y muestreo de suelos por perforaciones con barrena	NTP 339.161 (ASTM D 1452)
Guía normalizada para caracterización de campo con fines de diseño de ingeniería y construcción	NTP 339.162 (ASTM D 420)
Método de ensayo normalizado de corte por veleta en miniatura de laboratorio en suelos finos arcillosos saturados	NTP 339.168 (ASTM D 4648)
Práctica normalizada para la perforación de núcleos de roca y muestreo de roca para investigación del sitio	NTP 339.173 (ASTM D 2113)
Densidad in-situ mediante el método del reemplazo con agua en un pozo de exploración	NTP 339.253 (ASTM D 5030)
Densidad in-situ mediante el método del balón de jebes	ASTM D 2167
Cono Dinámico Superpesado (DPSH)	UNE 103-801:1994
Cono Dinámico Tipo Peck	UNE 103-801:1994

FUENTE: Tabla N°2.2.1 Norma Técnica E.050

Como se puede apreciar en la tabla, no se incluye la línea de refracción como una técnica de exploración de campo dentro de la rama de la geotecnia, y es debido a lo ya antes mencionado, la poca información que manejamos en nuestro país y la poca innovación en este tipo de estudios.

1.3.1.1.1 ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT):

El SPT, es una clase de prueba de penetración dinámica, que sirve para ensayar suelos en los que se planea realizar estudios geotécnicos. Tiene como objetivo principal obtener la medida de la resistencia a la penetración del terreno en estudio.

(Collazos, Gonzales, Ante, Bravo, y Concha, 2006, 26pp.). Este ensayo consiste en hincar un tubo partido para que penetre 0.30m (1 Pie), esta tubería es marcada en tres partes, cada una de 15 cm para observar el avance del muestreador bajo los impactos del martillo. Este martillo debe tener un peso de 140 lbs., y se deja caer a una altura de 75 cm; el número de golpes aplicado para cada segmento de 15 cm marcados, serán contabilizados y sumados para obtener el valor de "N", sin contar los impactos aplicados para el primer segmento ya que este corresponde al de penetración básico del terreno. Cabe mencionar que este ensayo es aplicable únicamente a suelos granulares (arenas y gravas arenosas), debido a que el muestreador tiene un diámetro reducido que le impide extraer muestras demasiado grandes.



FIGURA N°1: Ensayo de Penetración Estandar. (Fuente: propia, 2017)

1.3.1.1.1.1 PARÁMETRO “ N_{30} ”

Para el ensayo SPT se realiza el conteo y se registra la cantidad de golpes que se necesitan para hincar los 15 centímetros iniciales (N_{0-15} , número de golpes de 0 a 15 cm.). Seguido a este primer tramo se realiza la prueba en sí, que consiste en hincar otros 30 centímetros, dividido en 2 intervalos de 15 centímetros (N_{15-30} , número de golpes de 15 a 30 cm. y N_{30-45} , número de golpes de 30 a 45 cm.).

De este ensayo resulta el número N_{30} de SPT:

$$N_{30} = N_{15-30} + N_{30-45} \quad \text{(EC.1)}$$

(Pazmiño, 2017, p.11-12). Si la cantidad de golpes necesario para hincar cualquiera de estos intervalos (N_{15-30} , N_{30-45}) sobrepasa los 50, el resultado del ensayo se convierte en rechazo (R), y se registra la longitud hincada dentro del tramo en el que hay rechazo.

1.3.1.1.2 MÉTODO DE EXPLORACIÓN POR CALICATAS:

Dentro de la Geotecnia, se denomina calicata a toda excavación del terreno, ya sea de forma manual o mediante retroexcavadora realizadas con el único fin

de analizar a profundidad y a mayor detalle los distintos tipos de suelos que existen en nuestro país.

Por lo general, las calicatas manuales tienen un área de 0.70m x 1.20m, y dependiendo de la profundidad y del tipo de terreno, es que esta área puede ser mayor. Estas tienen el mismo proceso de realización que tiene una zanja cualquiera, ya que consiste en marcar la ubicación del sondaje, y posterior a esto, abrir mediante pico y lampa, hasta llegar a la profundidad deseada.

Las calicatas tienen la particularidad de permitir observar de forma directa la variación de estratos contenidos en el subsuelo que se desea estudiar, este método permite también la recopilación de muestras y realización de ensayos “in situ” del terreno. Es por ello que es considerado el método más confiable y completo (García, 2006, p.9-10).

Sin embargo, es considerado también el más peligroso, y esto debido a que en ocasiones las calicatas pueden llegar a profundidades de hasta 20 m, en donde resulta sumamente difícil la circulación del aire o se vuelve insuficiente, además de ello existe también el riesgo de que el material apilado en la superficie o las paredes de la calicata no sean tan estables y puedan caer dejando atrapado al personal calicatero, causándole en el peor de los casos, la muerte. Cabe mencionar que para calicatas que superen los 5 metros de profundidad, se debe hacer uso de herramientas complementarias que facilitan el transporte del material extraído, hacia la superficie, tal como la cigüeña que, mediante una polea manual, eleva el material de forma segura.



FIGURA N°2: Calicata excavada de forma manual. (Fuente: propia, 2017)

1.3.1.1.3 MÉTODO DE EXPLORACIÓN POR PERFORACIÓN:

Las perforaciones son definidas por la Norma Técnica E.050 como sondeos que nos ayudan a reconocer la calidad y delimitación de la variedad de estratos del suelo, además, nos permite separar muestras del terreno y efectuar pruebas in situ. Este método consiste en la extracción de muestra mediante el uso de maquinaria especializada, que introduce, de forma constante, tubería al suelo en estudio a profundidades mucho mayores que las calicatas y con un riesgo menor; para ello, se hace uso de un trípode de 5m de altura aproximadamente, que en el extremo superior contiene una polea, la cual se encargará de elevar y apoyar al traslado de la tubería utilizada para este proceso; de forma complementaria se usa una piscina, que es la encargada de abastecer agua constantemente hacia la tubería, para que resulte más sencillo la penetración de la tubería durante la realización de este ensayo.

A diferencia de las calicatas, las perforaciones son más rápidas, sin embargo, demandan de un costo mayor.



FIGURA N° 3: Perforación Rotativa (Fuente: Propia, 2017)

1.3.1.2 PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN:

Definir un programa de investigación para un proyecto de estudio de mecánica de suelos, está basado en concretar las profundidades de los sondajes a realizar y la cantidad de los mismos, dichos parámetros serán definidos por la información previa que es brindada por el solicitante de los EMS antes de la realización de los trabajos de campo. Esta información será analizada por el Profesional Responsable y estará basada en la norma E. 050 de acuerdo a diversos datos (número de niveles, tipo de estructura, nivel de piso terminado, etcétera.).

1.3.1.2.1 PROFUNDIAD DE INVESTIGACIÓN:

Las profundidades de investigación serán estimadas para los 2 tipos de cimentaciones existentes:

a) Cimentaciones Superficiales

Se considerará así al elemento estructural que tiene como función distribuir la carga de una edificación a profundidades entre 0.50m y 4.00m respecto a la superficie del terreno o del sótano (Berrocal, 2013, 195pp.). La norma E.050 establece que, para este tipo de cimentaciones, su profundidad de estudio será calculada mediante la siguiente fórmula:

EDIFICACIÓN SIN SÓTANO:

$$P = D_f + Z \quad (\text{EC.2})$$

EDIFICACIÓN CON SÓTANO:

$$P = h + D_f + Z \quad (\text{EC.3})$$

Donde:

D_f = En el caso de las edificaciones que no cuentan con sótano, será la longitud vertical desde el fondo de cimentación hasta la superficie del terreno. Para las edificaciones con sótano, será la longitud vertical desde el fondo de cimentación y el nivel de piso terminado del sótano.

h = Longitud vertical medida desde el nivel de piso terminado del sótano hasta la superficie del terreno natural.

$Z = 1.5 \cdot B$; considerando a B como el ancho de la cimentación proyectada de mayor área.

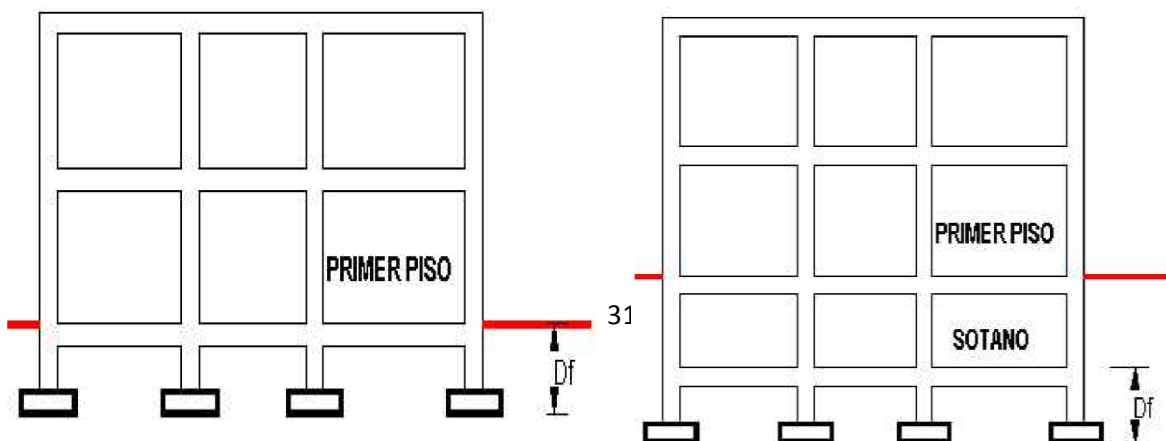


FIGURA N° 4: Profundidad de cimentación (D_f) en zapatas superficiales y con sótano (Fuente: Norma E.050, 2006)

b) Cimentaciones Profundas:

Serán consideradas así a los elementos estructurales encargados de llevar las cargas de una estructura, a mayores profundidades, estos pueden ser pilotes, pilares, etcétera (Hernández, 2013, 128pp.). La norma E.050 establece que, para este tipo de cimentaciones, su profundidad de estudio será calculada por la siguiente fórmula:

$$P = h + D_f + Z \quad (\text{EC.4})$$

Donde:

D_f = En el caso de las edificaciones que no cuentan con sótano, será la longitud vertical desde el extremo de la cimentación profunda hasta la superficie del terreno. Para las edificaciones con sótano, será la longitud vertical desde el extremo inferior de la cimentación profunda y el nivel de piso terminado del sótano.

h = Longitud vertical medida desde el nivel de piso terminado del sótano hasta la superficie del terreno natural.

Z = 6,00 m, para el 80% del total de sondajes y $1.5*B$; para el 20% de los sondajes, considerando a B como el ancho de la cimentación, definida por las bases de los pilares o puntos de todos los pilotes.

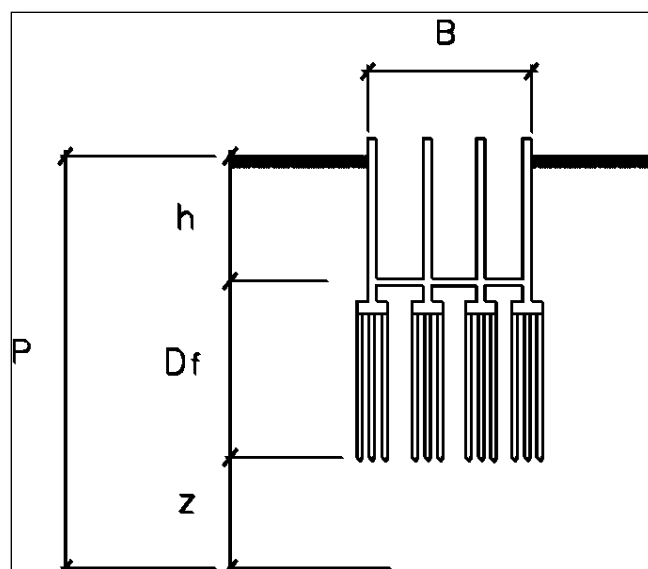


FIGURA N° 5: Profundidad de análisis (P) en cimentaciones profundas (Fuente: Norma E.050, 2006)

1.3.1.2.2 CANTIDAD DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN:

La cantidad de puntos de investigaciones a realizarse será determinada en función al tipo de edificación que se prevé construir y al área superficial que ocupará esta. La Norma Técnica de Edificación Peruana E.050 – 2006 nos brinda una tabla para establecer la cantidad de sondajes por cada tipo de estructura en particular.

TABLA N°2: Número de puntos de investigación

Tipo de edificación	Número de <i>puntos de investigación (n)</i>
A	1 cada 225 m ²
B	1 cada 450 m ²
C	1 cada 800 m ²
Urbanizaciones para Viviendas Unifamiliares de hasta 3 pisos	3 por cada Ha. de terreno habilitado

FUENTE: Tabla N°2.3.2 Norma Técnica E.050

La norma clasifica a las edificaciones porticadas o de muros de concreto que tengan más de 12 niveles como de tipo “A”, de 9 a 11 niveles como de tipo “B”, y menores a los 9 niveles como edificaciones de tipo “C”. Además de ello

menciona que el mínimo de sondajes a realizarse será siempre 3, a excepción de lugares con condiciones conocidas de cimentación, de área techada menor a 500 m² y con número de pisos menor a cuatro.

1.3.1.2.3 UBICACIÓN DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN:

Los puntos serán ubicados por el profesional responsable de acuerdo a las características y dimensiones que tiene el terreno en estudio, así como el área que ocupara la edificación, tomando en cuenta la ubicación de los elementos estructurales que serán los encargados de transmitir las cargas hacia el suelo.

Esta ubicación será planteada en planos a escala y se replanteará en campo, de acuerdo a las condiciones en las que se encuentre el terreno en estudio y a su viabilidad.

1.3.1.3 TIPOS DE MUESTRAS

1.3.1.3.1 MUESTRAS ALTERADAS:

Son aquellas muestras que han sufrido una alteración total o parcial, y que debido a ello están conformadas por material fragmentado, estas muestras conservan su composición mineralógica y un pequeño porcentaje de la humedad, pero han perdido la estructura que tenía in-situ y las condiciones adicionales que poseía el terreno en su estado natural (Pérez, 2013, p.3).

Este tipo de muestras se logra obtener por medio de las excavaciones, de un frente de corte o de perforaciones. Estas deben ser representativas de cada variación de estratos que sea encontrado hasta llegar a la profundidad que ha sido planteada. Las muestras alteradas serán conservadas con bolsas plásticas o en lata sellada y se denominarán Muestras alteradas en bolsa (Mab) y Muestras alteradas para humedad (Mah). Las Mab tendrán que conservar la granulometría del suelo inalterada al ser muestreada, por su parte las Mah deberán conservar inalterado el contenido de humedad, ambos tipos de muestra estarán regidos por la norma técnica peruana (NTP) 339.151.

1.3.1.3.2 MUESTRAS INALTERADAS:

Son aquellas muestras que mantienen la estructura y humedad correspondiente al suelo del lugar de donde han sido extraídas. Estas serán obtenidas de los estratos de suelos finos o cohesivos (limos y arcillas) que tengan las propiedades necesarias para poder ser labrada sin que se fragmente. Las muestras serán extraídas como bloques o por medio de tubos de pared delgada y se denominarán *Muestras inalterada en bloque (Mib)* y *Muestra inalterada en tubo de pared delgada (Mit)*. Para conseguir una Mib se tendrá que marcar un cuadrado de aproximadamente 40 centímetros, ya sea en el piso o en la pared de una excavación, El procedimiento para extraer estas muestras consiste en excavar alrededor de las marcas con la herramienta (pico y/o lampa) y se profundizará hasta obtener un cubo de lados semejantes, se realiza un corte por el lado inferior y se procede a cubrir la muestra para que no pierda sus propiedades y para evitar que se fragmente. Si no se lograra sacar bloque de estos suelos, se procederá a extraer las muestras Mit, para lo cual se hace uso de un tubo shelby, que será introducido en las paredes de la excavación por medio de golpes consecutivos hasta obtener una muestra representativa.

1.3.1.4 ENSAYOS DE LABORATORIO

Gran parte de las propiedades físico-mecánicas del suelo son obtenidas en laboratorio al ensayar muestras (Mab, Mah, Mib, Mit) representativas de una masa mayor, las cuales son extraídas de campo por medio de calicatas, perforaciones o mediante ensayo de SPT. (López y Mejía, 2008).

Los ensayos enfocados a la clasificación SUCS son aplicados a todas las muestras recogidas en campo con el fin de obtener las propiedades físicas (humedad, textura, composición, color, permeabilidad, etcétera) del suelo; los resultados orientarán al ingeniero geotécnico acerca de los parámetros mecánicos del terreno en estudio.

1.3.1.4.1 RESISTENCIA AL CORTE (τ)

(Das, Ingeniería de Cimentaciones, 2006). La resistencia del suelo establece factores tales como la estabilidad de talud, carga admisible para cimentaciones y el empuje del suelo ejercido hacia muros de contención. Para su cálculo en base al esfuerzo efectivo se definió la ecuación:

$$\tau = c' + \sigma' \operatorname{tg} \varphi \quad \text{(EC.5)}$$

Donde: c' = Es la cohesión del suelo
 σ' = Es el esfuerzo normal efectivo en el plano de corte
 φ = Es el ángulo de fricción interna

Esta ecuación (Ec.5) es conocida como la “Ecuación de falla de Mohr-Coulomb”. Los valores de c' para arenas tiende a cero. Los parámetros para el cálculo de τ se obtienen a través del ensayo de Corte Directo (suelos granulares) y la prueba Triaxial (para suelos cohesivos).

1.3.1.4.2 COHESIÓN (c')

(Pazmiño, 2017, p.11-12). Es la fuerza de atracción que mantiene unidas a las partículas del suelo. Resulta de la interacción de las fuerzas moleculares, las películas de agua y otros factores. De ahí que la cohesión varíe según cambia el contenido de humedad del suelo; generalmente es calculada en laboratorio mediante la prueba de corte directo.

Según norma INEN 685 “Geotecnia. Mecánica de Suelos. Terminología y Simbología” la cohesión está definida como “Parte de la resistencia al esfuerzo cortante del suelo debido a la atracción molecular entre las partículas, definida en el cruce de la envolvente de falla con el eje vertical, en el diagrama de Mohr”.

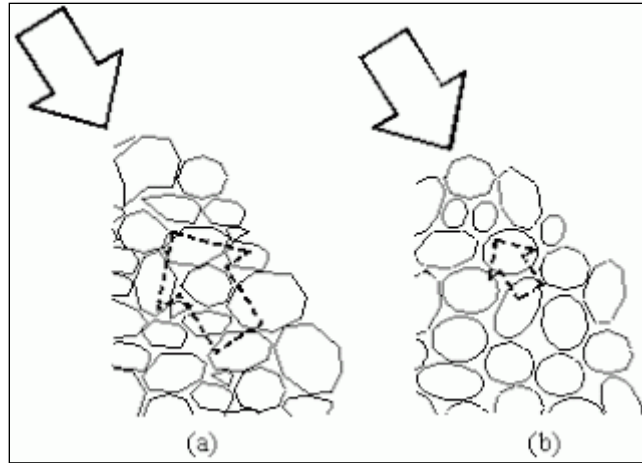


FIGURA N°6:(a) Partículas angulares, (b) Partículas redondeadas.(Fuente: <http://apuntesingenierocivil.blogspot.com>, 2010)

1.3.1.4.3 ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (φ)

(Pazmiño, 2017, p.11-12). Es la resistencia al deslizamiento ocasionado por la fricción entre las zonas de contacto de las partículas. Debido a que los suelos granulares poseen zonas de contacto mayores y sus moléculas presentan buena trabazón, poseerán fricciones internas altas, caso contrario para los suelos finos.

Según norma INEN 685 “Geotecnia. Mecánica de Suelos. Terminología y Simbología” la fricción interna está definida como el “Valor propio de la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos, cuya tangente es definida como la pendiente de la envolvente de falla, en el diagrama de Mohr”.

1.3.2 MÉTODOS GEOFÍSICOS

Es una metodología que sirve para inferir las condiciones del subsuelo a través de la observación detallada de fenómenos físicos, ya sean estos naturales o generados, y que guardan relación con la estructura geológica de la tierra. Fue ideada inicialmente como un método válido para la prospección de petróleo y para distintos yacimientos minerales.

Tiempo después de terminada la II guerra mundial, fue usada para estudiar terrenos rocosos, con el fin de la cimentación de túneles y represas. Ya en 1970

se implementó para el estudio de suelos blandos, en suelos aluviales y sedimentarios.

Hoy en día es aplicada para investigaciones que determinan la estructura geológica superficial del suelo. Estos métodos tienen como objetivo determinar:

- Las propiedades físicas del terreno.
- Estratigrafía de los materiales.
- Disposición de heterogeneidades, fallas, nivel freático.
- Propiedades del subsuelo para inferir su comportamiento mecánico.

Los métodos Geofísicos usados con mayor frecuencia en ingeniería son:

- a) Métodos Eléctricos
- b) Métodos Gravimétricos
- c) Métodos Sísmicos

1.3.3 MÉTODOS SÍSMICOS:

Estos métodos tienen como base la medición de las velocidades de onda elásticas, generadas natural (sismo) o artificialmente (producida por impactos en el suelo o por explosiones), obteniendo así una imagen estimada de la estratigrafía del subsuelo.

Dentro de estos métodos los más usados son: Método Up-Hole, Down-Hole y Cross-Hole; Método de ondas superficiales MASW y SASW; Método de Refracción Sísmica. Este último utiliza para su desarrollo la ley de Snell, principio de Fermat y Huygens.

1.3.3.1 ONDAS:

Las ondas son un tipo de perturbación que se extiende, que llevan energía y cantidad de movimiento, pero que no transporta masa. Dentro de la variedad de ondas, la línea de refracción trabaja básicamente con las ondas volumétricas, y estas son las ondas P y ondas S.

1.3.3.1.1 ONDAS PRIMARIAS O DE COMPRESIÓN (ONDAS P)

Es aquel tipo de onda que se propaga a mayor velocidad, ya que su movimiento de vibración es paralelo a la dirección de propagación, es por ello que sin importar la distancia a la que se encuentre del foco son registradas primeras, es debido a esto su nombre. Al extenderse hacen que las partículas vibren en el mismo sentido del tren de ondas (onda en la que la perturbación transportada es de larga duración), produciendo compresión y dilatación a la vez que pasan. Se las conoce también como ondas longitudinales (Gálvez, 2013).

1.3.3.1.2 ONDAS SECUNDARIAS O DE CORTE (ONDAS S)

Las ondas S tienen una velocidad menor que las ondas P ya que su movimiento de vibración es perpendicular a la dirección de propagación, lo cual genera un recorrido mucho mayor (menor velocidad), estas ondas se propagan solo en medios sólidos ya que estos tienen propiedades elásticas, a diferencia de los líquidos y gases. Serán denominadas SV o SH si las partículas fluctúan de arriba a abajo o si oscilan de forma horizontal, respectivamente. Se las conoce también como ondas transversales. (Rosales, 2001).

1.3.3.1.3 PRINCIPIO DE HUYGENS:

El principio de Huygens determina que cada punto alcanzado por un frente de onda es considerado como un foco de ondas secundaria (nuevo frente de ondas) que se propaga en diversas direcciones. Su velocidad de propagación y frecuencia es la misma que el de las ondas originales. Si el medio de propagación es homogéneo, el frente de ondas (superficie tangente o llamado también envolvente) es esférico en un tiempo t . Si el medio no es homogéneo, cada elemento de este frente de ondas se mueve de forma paralela a sí mismo durante el lapso Δt , pero a velocidades diversas a lo largo del frente, es por ello que el nuevo frente de ondas no será paralelo al primero. (Rosales, 2001)

1.3.3.1.4 PRINCIPIO DE FERMAT

El principio de Pierre Fermat descubierto en 1650, puede ser expresado de la siguiente forma: “el movimiento ondulatorio (ej. Rayo luminoso) entre 2 puntos seguirá una trayectoria tal que, al compararla con otras vecinas, el tiempo que toma en recorrerla es el mínimo, máximo o invariable (estacionario)”. (Lopez, Mejia y Danilo, 2008)

1.3.3.2 REFRACCIÓN SÍSMICA

Georys (2016). Nos define a la refracción sísmica como un método geofísico no destructivo que es usado para interpretar las propiedades de los suelos, y detectar la profundidad de la roca, a través del análisis de los cambios de las velocidades sísmicas. Demostrando así que la línea de refracción sísmica es un método no invasivo, quiere decir que no afecta las condiciones naturales del suelo.

Por su parte DAS, Braja (2013). Nos define a la línea de refracción sísmica como un tipo de exploración geofísica que permite una evaluación rápida de las características del subsuelo, una rápida cobertura de las áreas grandes y el bajo costo en comparación de los tipos de exploraciones convencionales como la perforación. Es decir, la línea de refracción es un método que nos sirve para obtener datos del subsuelo de una forma mucho más eficiente en comparación a los métodos tradicionales.

También podemos definirla como el cambio de dirección y de velocidad que experimentan las ondas al pasar de un medio a otro en el que estas pueden propagarse. Cada medio está caracterizado por su índice de refracción. En la refracción existen tres elementos: rayo incidente, línea normal o perpendicular a la superficie y rayo refractado. Se considera ángulo de incidencia al que forma la normal con el rayo incidente y ángulo de refracción al formado por la normal y el rayo refractado. Cuando la onda pasa de un medio a otro en el que la onda viaja más rápido, el rayo refractado se acerca a la normal, mientras que, si pasa de un medio a otro en el que la onda se traslada a menor velocidad, el rayo se aleja de la normal (CIDEAD, 2017).

Existen diversidad de conceptos acerca de la línea de refracción, y todos ellos concluyen en que es un método no invasivo el cual consiste en medir el tiempo de dispersión de las ondas (P y S), en una secuencia de puntos divididos por intervalos a lo largo de una línea referencial colocada sobre la superficie del terreno. Esta línea es conocida como línea de inspección y en cada punto se encuentran los instrumentos receptores de los datos proporcionados por las ondas, denominados geófonos. Dichas ondas son generadas a partir de una fuente de energía de tipo impulsiva por medio de una explosión o el impacto de un objeto sobre el terreno. Los registros son agrupados por un equipo de adquisición de datos, conformado por sismógrafo, batería y una laptop para el procesamiento de los datos.



FIGURA N° 7: Línea de Refracción Sísmica (Fuente: Propia, 2017)

1.3.3.2.1 GEOFONOS

Se denomina así a los sensores que transforman los movimientos sísmicos en señales eléctricas con características iguales a las ondas sísmicas que serán detectadas luego por un sismógrafo.

1.3.3.3 MASW

MASW, es un método sísmico no destructivo, es usado para la evaluación y extracción de información de la velocidad de onda de corte (V_s) a partir de ondas superficiales, vinculado al mismo módulo de corte (G) (Georys Ingenieros S.A.C., 2016). Así también, facilita la obtención de un modelo unidimensional de la propagación de ondas de corte hasta los 30m.

Esta técnica corresponde al tipo de investigación indirecta, que para su realización hace uso de un mazo que al impactar sobre el plato metálico genera vibraciones que son registradas por los geófonos (receptores) colocados de forma de línea vertical dejando un espacio constante entre ellos. Esta metodología nos permite también conocer el tipo de suelo sísmico, rigidez del terreno, hundimiento y movimiento las infraestructuras en la zona de estudio. (Pazmiño, 2017).

1.3.4 CORRELACIONES

En la actualidad se han desarrollado diversas correlaciones empíricas entre los parámetros adquiridos por medios geofísicos (V_p y V_s), sondeos en campo (N30 del SPT) y los ensayos de laboratorio (Ángulo de fricción interna y cohesión), cada uno de ellos amoldados al actual estado de cada diversidad de suelos estudiados, entre otras propiedades.

Se exponen en la Tabla N°3 las correlaciones para estos parámetros, y estas serán las que se usarán como referencia y contraste para aquellos parámetros obtenidos para el tipo de suelo estudiado en esta investigación.

TABLA N°3: Correlaciones Empíricas

AUTOR	ECUACIÓN	DESARROLLADO	
I. G. MINDEL	$C' = 0.908 - 0.168 \frac{V_p}{V_s}$	Cohesión para suelos de Ucrania	Ec. 6
	$\varphi' = 46.4 - 9.65 \frac{V_p}{V_s}$	Ángulo de fricción para suelos de Ucrania	Ec. 7
	$N_{30} = 0.284 V_p - 7.6$	N SPT para suelos de Ucrania	Ec. 8
T. IMAI Y YOSHIMURA	$V_s = 76.0 N^{0.33}$	Vs para todo tipo de suelos	Ec. 9
OHTA Y GOTO	$V_s = 85.34 N^{0.348}$	Vs para todo tipo de suelos	Ec. 10
JAPAN ROAD ASSOCIATION	$V_s = 80.0 N^{1/3}$	Vs para arenas	Ec. 11
PAZMIÑO	$C' = 0.508 - 0.167 \frac{V_p}{V_s}$	Cohesión para arenas, Ecuador	Ec. 12
	$\varphi' = 0.7792 \frac{V_p}{V_s} + 26.529$	Ángulo de fricción para arenas, Ecuador	Ec. 13
	$N_{30} = 0.037 V_p - 0.1191$	N SPT para arenas, Ecuador	Ec. 14

Fuente: elaboración propia

1.3.5 ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD

(Alpuche, 2004, p.30). La productividad está definida como la relación que existe entre producción final y factores productivos (equipo, trabajo, calidad) usados en la producción de bienes y servicios. De forma general, la productividad está referida a lo que genera el trabajo, la producción por cada hora trabajada o cualquier tipo distinto de indicador de la producción en función al factor trabajo. Una productividad superior equivale a hacer más haciendo uso de los mismos recursos o hacer lo mismo usando menos capital, trabajo y tierra.

Es así que, para que la LRS optimice los EMS, esta debe ser mejor que los factores productivos (equipo, trabajo y calidad) de los actuales métodos de EMS.

Es por ello que se analizara los factores que mejoran la productividad de la LRS haciendo más eficiente los EMS de forma cuantitativa y cualitativa.

1.3.5.1 EFICIENCIA

“La eficiencia inicia a partir del estudio de posibilidades y opciones para realizar en un campo específico un proyecto. Si existe la posibilidad y esta tuviera una buena aceptación, se puede realizar con confianza. Se trata de la capacidad de alcanzar los objetivos y metas planteadas con el mínimo de recursos disponibles y tiempo, logrando así su optimización. Es esencial aclarar la influencia que puede tener la eficiencia en lo atractivo de un proyecto, al ser eficiente, existe mayor probabilidad de invertir y producir más del eficiente trabajo” (concepto de definición, 2011).

Para Thompson (2012). El término eficiencia hace referencia a los distintos recursos usados y resultados conseguidos. Llegando a ser una capacidad o cualidad sumamente apreciada por las organizaciones, ya que esta (la eficiencia) tiene como propósito cumplir con las metas y objetivos trazados, sin importar las limitaciones que se tengan en cuanto a recursos ya sean humanos, financieros, físicos, etcétera.

En conclusión, los distintos conceptos incurren en que la eficiencia es la medición del cumplimiento de objetivos con el mínimo de tiempo y costo, Productividad.

1.3.5.2 ANÁLISIS DE TIEMPO DE TRABAJO:

Durante la ejecución de cualquier tipo de proyecto, el tiempo es usado realizando tres tipos de trabajo: El trabajo Productivo, el trabajo contributorio y el trabajo no contributorio. El trabajo productivo es aquel que de forma directa da un aporte para la producción, como es la colocación de geófonos o el uso de la

tecnología. El trabajo contributivo es aquel que apoya para que se pueda realizar el trabajo productivo, este tipo de trabajo (trabajo contributivo) no brinda un aporte de forma directa a la producción, como por ejemplo el transporte de las herramientas o la inspección del trabajo. Por su lado, el trabajo no contributivo hace referencia a toda actividad que no genera ningún tipo de valor (directo o indirecto), es decir representa pérdida, debido a que son tiempos en los cuales no se realiza ninguna actividad o se rehace actividades ya hechas, como son el retraso en el transporte de herramientas, los descansos, etcétera (Vilca, 2014, p.21-22).

Por lo anterior, la línea de refracción significa un aporte a los EMS, ya que el tiempo empleado para la realización de este método es insignificante comparado con los tiempos empleados para la utilización de los métodos convencionales. A grandes rasgos, el tiempo empleado para realizar una calicata (método convencional para el EMS), representa 38 veces el tiempo empleado para la realización de una LRS con la misma profundidad de estudio.

1.3.5.3 ANÁLISIS ECONÓMICO

Por lo general los autores reconocen como técnicas o métodos, para el análisis, a la comparación, las sustituciones sucesivas y el empleo de las razones financieras, siendo en todos los procesos fundamental y constante la comparación. Para el inicio de todo proyecto, se realiza de forma previa el análisis económico para llevar a cabo dicho proceso, descomponiendo todos los elementos influyentes y calculando su valor y su aporte hacia la realización del objetivo (Trujillo, 2012).

El análisis económico tiene como objetivo identificar ventajas y desventajas asociadas a la inversión, este es un método de análisis útil para tomar decisiones racionales ante diferentes alternativas, además de integrar en su análisis tanto los costes monetarios como los beneficios expresados en otras unidades relacionadas; es así que se podría hablar de rentabilidad o beneficios directos para un proyecto. Se define así que el análisis económico consiste en la

comparación de las acciones alternativas tanto en términos de costes como beneficios (PNUD, 2006, p.5-6).

Por ende, el análisis económico, consiste en la comparación de los distintos métodos existentes y el método (LRS) que se plantea incluir, con el fin de optimizar los EMS.

1.3.5.4 CALIDAD DE DATOS OBTENIDOS:

Dentro del concepto de productividad engloba la obtención de los mismos resultados haciendo uso del mínimo de recursos. Esto nos servirá para demostrar la productividad de la línea de refracción sísmica frente a los métodos convencionales del estudio de mecánica de suelos, ya que los resultados que obtenemos a través de ambos métodos resultan ser muy parecidos al momento de su análisis.

En sí el análisis de calidad de datos se refiere a la similitud, verificación y/o análisis del producto de un número determinado de actividades que presenten parámetros en común. En lo que se refiere a los estudios de mecánica de suelos, es la verificación en la similitud de datos otorgados por los ensayos realizados luego de la realización de cada uno de los estudios de exploración en un proyecto determinado.

Las calicatas, perforaciones, SPT son, como fue mencionado anteriormente, estudios invasivos, es decir, alteran las propiedades de un área determinada de suelo, a diferencia de la línea de refracción sísmica, el cual es un estudio geofísico no invasivo. Los datos otorgados por cada uno de estos estudios; para los invasivos, luego del ensayo de las muestras extraídas y para los no invasivos, posterior al análisis del modelo numérico asistido por computador, deben mantener una delimitada similitud en sus valores. Es por ello que, en la presente investigación se abordará en sí, el análisis de similitud de los datos obtenidos por cada uno de estos estudios en función a su profundidad.

1.3.5.4.1 PERFIL ESTRATIGRÁFICO:

Es aquel que nos indica una sección vertical del terreno en estudio, a partir de la información obtenida por las perforaciones, datos de prospección geofísica (Línea de refracción sísmica), o por cortes del terreno, esta sección muestra el cambio de estratos y el espesor de los mismos (a través de columnas estratigráficas) formando así la estratigrafía completa del subsuelo, la cual será de gran ayuda para definir el tipo de estructura y realizar la correcciones de la profundidad de basamento de ser necesario. Se denomina estrato a una capa de suelo idealmente bien marcada, que se encuentra en contacto directo con distintas capas de diversas características.

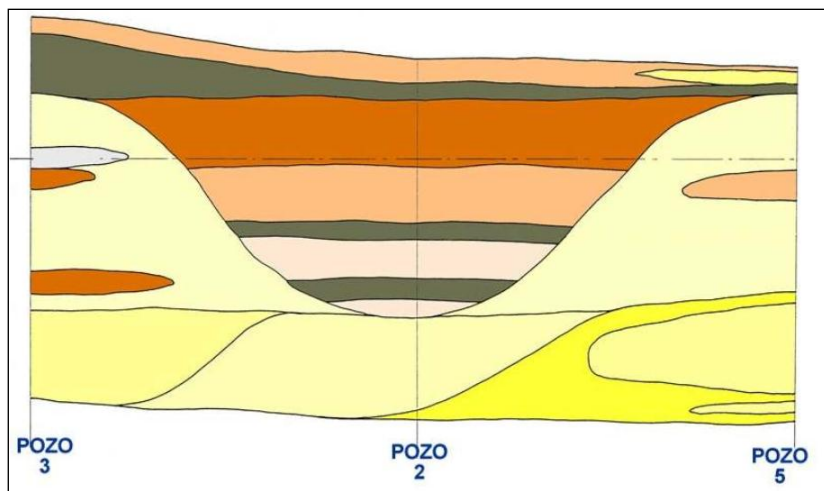


FIGURA N° 8: Modelo de Perfil estratigráfico (Fuente: Universidad Nacional de Rosario, 2013)

1.3.5.4.2 MÓDULO DE YOUNG:

Considerado también como módulo de elasticidad, es un parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico, de acuerdo a la dirección en la que la fuerza es aplicada. Un material será considerado elástico si, después de ser traccionado o comprimido, este retorna a su estado original de forma y tamaño.

El modulo elástico puede ser calculado para cualquier tipo de material sólido y está definido como la relación entre el esfuerzo longitudinal y la deformación longitudinal a partir de fuerzas de compresión. Este módulo está relacionado

directamente al módulo de corte (G) y coeficiente de Poisson (ν), ya que, la fórmula para su cálculo es el siguiente:

$$E = 2G(1 + \nu) \quad (\text{EC.15})$$

Cabe mencionar que todos estos parámetros serán obtenidos a través de los resultados obtenidos por la línea de refracción sísmica, así como por los diversos métodos convencionales de estudio de mecánica de suelos.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la formulación de los problemas de investigación, se tiene como principal caso de aplicación, el proyecto de Ampliación de la infraestructura de la Línea 1 en el patio taller de Villa El Salvador, Lima en el año 2018.

1.4.1 PROBLEMA GENERAL:

- ¿De qué manera el análisis de productividad de la línea de refracción sísmica influye en la optimización del estudio de mecánica de suelos?

1.4.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS:

- ¿De qué forma la línea de refracción sísmica es más eficiente que los métodos convencionales de estudio de suelos?
- ¿Se pueden establecer correlaciones entre los parámetros obtenidos por la línea de refracción sísmica y los parámetros obtenidos en el estudio de mecánica de suelos?
- ¿Qué método de investigación de campo genera un impacto ambiental menor dentro del estudio de mecánica de suelos?

1.5 JUSTIFICACIÓN:

La justificación radica en hacer uso del método de refracción sísmica como herramienta de valor para la ingeniería Civil, la cual viene siendo usada en otros países obteniendo buenos resultados para determinar parámetros de diseño que se encuentran relacionados de forma directa con la envergadura de la obra a ejecutar, y cuya aplicación se intenta promover, ya que en nuestro País existe muy poca difusión del mismo por la carencia de formación de profesionales en dicha área (geofísica) dentro de las universidades de nuestro país.

Esta investigación busca establecer un documento que sea usado como sustento a los profesionales de la Ingeniería Civil para que conozcan la metodología de aplicación de la Refracción Sísmica, así como su aporte para la mejora de los estudios de mecánica de suelos y los métodos usados en la actualidad. Además, busca conocer el rango de velocidades de Ondas P encontradas en el distrito de Villa El Salvador.

1.5.1 POR EL BENEFICIO:

Toda herramienta, sistema o metodología que optimice la productividad de un estudio o campo, viene a ser beneficioso en los aspectos que se evalúa, si se llegan a determinar la veracidad de ello. Además, debido al rango de posibilidades que presenta, dicho estudio puede representar inicios de investigaciones para la determinación específica de un solo dato del estudio de mecánica de suelos.

1.5.2 POR SU VIABILIDAD:

La existencia de información relevante publicada en textos e internet, en concordancia con el tema de estudio representa ya una gran ayuda, por lo cual la presente investigación resulta ser viable, la mejora de productividad de un estudio siempre será un aspecto de gran importancia para los profesionales relacionados a ello.

El aval de especialistas de la geotecnia y geofísica forma parte de esta investigación como base y soporte, por el cual se puede tener un análisis óptimo.

1.6 HIPOTESIS:

1.6.1 HIPOTESIS GENERAL:

- La productividad de la línea de refracción sísmica optimiza el estudio de mecánica de suelos.

1.6.2 HIPOTESIS ESPECÍFICAS:

- La línea de refracción sísmica es más eficiente que la perforación rotativa, en función al tiempo y costo.
- Se pueden establecer correlaciones entre los parámetros obtenidos por la Línea de Refracción sísmica y los parámetros geotécnicos
- El uso de la línea de refracción sísmica reduce el impacto ambiental generado durante la aplicación del método y el movimiento de tierras.

1.7 OBJETIVOS:

Tratando de mencionar lo descrito en los puntos anteriores, introducción y justificación del proyecto de investigación “Existen investigaciones que tienen como principal objetivo contribuir a resolver una problemática en especial - en este caso debe mencionarse cuál es y de qué manera se piensa que la investigación contribuirá para resolverlo (Hernández et al.1997)”.

Teniendo en cuenta que, el caso de aplicación de la presente investigación es el estudio de mecánica de suelos para la ampliación de una estación del tren en Villa el salvador. Se mencionan los siguientes objetivos:

1.7.1 OBJETIVO GENERAL:

- Realizar el análisis de productividad de la línea de refracción sísmica y su influencia para optimizar el estudio de mecánica de suelos.

1.7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Evaluar la eficiencia de los métodos de investigación aplicados durante el estudio de suelos, en función al tiempo y costo.
- Establecer correlaciones entre los parámetros obtenidos por la línea de refracción sísmicas y los parámetros geotécnicos obtenidos en el estudio de mecánica de suelos.
- Analizar el impacto ambiental generado por la aplicación de la línea de refracción sísmica y los métodos convencionales de estudio de suelos.

II. MÉTODO

2.1 TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:

“El método científico es aquel procedimiento que es seguido para dar respuesta a las preguntas de investigación que nacen acerca de la variedad de fenómenos que se dan en la naturaleza, además de los problemas que afectan a la sociedad” (Borja, 2012).

2.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN:

“En la ciencia existen diferentes tipos de investigación y es necesario conocer sus características para saber cuál de ellos se adapta mejor a la investigación que se realizará” (Borja, 2012, p.10).

La presente investigación es aplicada, ya que, tiene como fin solucionar una realidad problemática teniendo en cuenta los conceptos obtenidos por la investigación básica o pura y su interacción entre ellas.

2.1.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN:

“El nivel de investigación está referido al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio” (Fidias, 2012).

“Los estudios explicativos profundizan más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o de establecer las relaciones entre conceptos; están enfocados en dar respuesta a las causas de los acontecimientos físicos o sociales. Tal cual lo indica su nombre, su interés se centra en explicar [...] el porqué de la relación entre dos o más variables” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

El nivel de investigación es explicativo, ya que, existe la relación causa-efecto entre las dos variables de investigación, con el fin de resolver una problemática. Donde las variables de investigación son, el análisis de productividad de un método geofísico como lo es la Línea de refracción sísmica, (Independiente) y la optimización del estudio de mecánica de suelos en cuanto a

sus dimensiones (Tiempo, calidad de datos y costos) como una variable dependiente.

2.1.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:

“El diseño de investigación está referido a la estrategia que elige el investigador para dar respuesta al problema, dificultad o inconveniente que plantea el estudio. Para fines didácticos, se clasifican en diseño experimental, diseño no experimental y diseño bibliográfico” (Palella y Martins, 2012).

“El término experimento tiene al menos dos acepciones, una general y otra particular. La general a “elegir o realizar una acción” y después observar las consecuencias” (Babbie, 2009) citado por (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

El diseño no experimental es la que estará basado en obtener información sin manipular o controlar intencionalmente los valores de las variables independientes, quiere decir que las variables se mantendrán tal y como se muestran en la realidad. Por lo anteriormente mencionado, este análisis tendrá un diseño de investigación No-Experimental.

2.2 VARIABLES:

A continuación, se mencionarán las 2 variables de investigación, que guardan relación con la hipótesis general:

2.2.1 VARIABLE INDEPENDIENTE:

Análisis de productividad de la línea de refracción sísmica.

2.2.2 VARIABLE DEPENDIENTE:

Estudio de mecánica de suelos

2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA:

2.3.1 POBLACIÓN:

“La población en una investigación es el conjunto de unidades de las que se desea obtener información y sobre las que se van a generar conclusiones. La población puede ser definida como el conjunto finito o infinito de elementos, personas o cosas pertinentes a una investigación y que generalmente suele ser inaccesibles” (Palella y Martins, 2012, p. 105).

La presente investigación tiene como población: Todos los estudios de mecánica de suelos que mantengan relación con los datos obtenidos con la Línea de Refracción Sísmica.

2.3.2 MUESTRA:

“La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (Fidias, 2012, p.83).

Se consideró como muestra al estudio de mecánica de suelos para el proyecto de Ampliación de una Estación de la Línea 1 en el distrito de Villa El Salvador, la cual contempla: Calicatas, Perforaciones y SPT.

2.3.3 UNIDAD DE MUESTRA:

Estudio de mecánica de suelos

2.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES:

TABLA N°4: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL
VARIABLE 1: Análisis de productividad de la línea de refracción sísmica	Se llama Análisis de productividad, a las acciones que se realizan para determinar la eficiencia de un trabajo, en cuanto a su costo, calidad de datos y tiempo de

	realización. Para un estudio geofísico, el análisis frente a otros métodos nos permite conocer su viabilidad y por ende su optimización.
<p style="text-align: center;">VARIABLE 2:</p> <p>Estudio de mecánica de suelos</p>	Definimos al estudio de mecánica de suelos como la base fundamental de toda obra civil, ya que su contenido no indicara sobre qué tipo de suelo se cimentarán nuestra estructura a través del perfil estratigráfico y la capacidad que tendrán para soportar las cargas establecidas.

Fuente: elaboración propia

2.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD:

Procedimientos y actividades que le permiten al investigador obtener la información necesaria para dar respuesta a las preguntas de investigación.

2.5.1 INSTRUMENTO:

La presente investigación, tiene como instrumento de medición de variables, a los método invasivos y no invasivos de estudio de suelos, tales como estudios de refracción sísmica, perforaciones y calicatas realizadas en el distrito de Villa El Salvador.

2.5.2 VALIDÉZ:

La validez de este estudio será sustentada de forma especializada, por medio de informes que contienen ensayos estandarizados que cumplen la Norma E 050. Estos estudios serán validados por un ingeniero especialista en el área de geotecnia para corroborar el correcto desarrollo del mismo.

2.5.3 CONFIABILIDAD:

En la presente investigación se realizarán informes elaborados por una empresa consultora en estudios de mecánica de suelos, la cual tiene una experiencia aproximada de más de 20 años en el rubro tanto de la geotecnia (siendo una de las empresas pioneras en este rubro) como en la geofísica. A su vez, cabe mencionar que el investigador mantiene relación laboral con la mencionada empresa.

2.6 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS:

El método de análisis de datos es estadístico inferencial, ya que se escogerá con criterio la muestra más representativa. Es así que se logró un nivel de validez óptimo y que la confiabilidad de nuestro estudio no se vea vulnerada.

Se realizó ensayos y gráficas para hacer la comparación entre la línea de refracción sísmica y otros métodos para luego realizar los análisis necesarios y responder a las preguntas de investigación, con el fin de tener un sustento práctico.

2.7 ASPECTOS ÉTICOS:

El recojo de datos se realizó en base al respeto hacia el valor humano, es así que, al incluir toda investigación académica en esta Tesis, se define claramente la fuente de información otorgándole los créditos respectivos por medio de las referencias según ISO 690.

Toda información será redactada de manera eficaz y verídica, respetando los lineamientos establecidos por la Universidad César Vallejo.

III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La presente investigación fue ejecutada entre la Av. Separadora industrial y la calle Los Artesanos, en el distrito de Villa El Salvador, Provincia y departamento de Lima, con coordenadas geográficas 12°12'41.88" Latitud Sur y 76°55'49.42" Longitud Oeste.



FIGURA N°9: Zona de Estudio (Fuente: Google Earth, 2018)

3.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

3.2.1 TRABAJOS DE CAMPO

El trabajo de campo consistió en la obtención de registros de líneas o tendidos de refracción sísmica con longitudes de 92m. En la figura n°8 se plasma la ubicación de las líneas de refracción ejecutadas. Para la realización de cada Línea de Refracción se utilizaron 24 geófonos de 14Hz separados de manera

uniforme. Los puntos de disparo fueron 5 (toda vez que se aplicó el método), la fuente de energía consistió en la utilización de una comba de 20 libras.

Actualmente la topografía del sitio es plana sin estructura ni edificaciones de concreto.



FIGURA N°10: Ubicación de las LRS ejecutadas (Fuente: Google Earth, 2018)

Una vez ubicados los puntos de inicio para la ejecución de las Líneas de Refracción, se prosiguió de la siguiente forma:

1. Se procedió a marcar la ubicación de geófonos y puntos de disparo, en línea recta y con una separación uniforme. Los puntos de disparo se colocaron al inicio (3 metros antes del geófono 1), entre el geófono n°6 y 7, entre el geófono n°12 y 13, entre el geófono 18 y 19, y al final (3 metros después del geófono 24).
2. Se colocaron los geófonos y se conectaron al cable de conexión al sismógrafo a la derecha de la Línea de Refracción.
3. Se conectó el disparador o trigger (comba de 20libras) a un cable de extensión que marca el tiempo cero registrado mediante el sismógrafo.

4. Conexión completa del equipo (Figura n°11)

5. Se procedió a generar la data mediante el golpe de una placa de acero de 15*15*15 cm aprox., con la comba de 20 libras, datos que fueron procesadas en el ordenador. (Figura n°12 y 132).



FIGURA N°11: conexión de cables de geofonos y disparador conectados (Fuente: Propia, 2018)



FIGURA N°12: Golpes con comba de 20 libras (Fuente: Propia, 2018)



FIGURA N°13: Registro y procesamiento de data. (Fuente: Propia, 2018)

6. Se registró las coordenadas de ubicación de inicio y fin da cada Línea de Refracción ejecutada. (Tabla N°5)

TABLA N°5: Cuadro de coordenadas de Lineas Sismicas

CUADRO DE COORDENADAS UTM WGS-84

LINEA	PUNTO	ESTE	NORTE	LONGITUD
LRS-01	INICIO	290011.444	8649297.316	44m.
	FINAL	290054.747	8649289.569	
LRS-02	INICIO	289995.601	8649262.048	92m.
	FINAL	289941.426	8649336.311	
LRS-03	INICIO	289946.198	8649275.457	92m.
	FINAL	289898.323	8649354.015	

Fuente: elaboración propia

3.2.1.1 ANÁLISIS DE REGISTROS

Se analiza inicialmente en campo, utilizando para la adquisición de datos el sísmógrafo GEODE y el software SEISMODULE CONTROLLER módulo ES-3000, luego se analiza en gabinete; y una tercera vez antes del inicio de cada procesamiento. Aquí se verifica y analiza cada dato obtenido en campo, recopilando cada registro y sus repeticiones con el fin de trabajar con los datos idóneos y descartar los que muestren baja calidad. (FIGURA N°14).

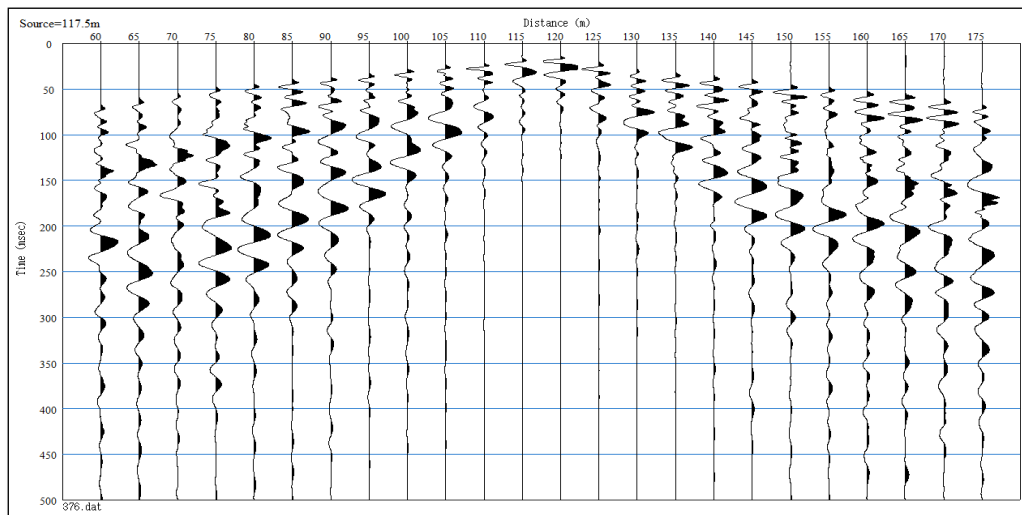


FIGURA N°14: Vista de Registro de Refracción Sísmica (Fuente: Geoinstrument, 2018)

3.2.1.2 PROCESAMIENTO DE DATOS

En este punto se calcula el tiempo de arribo de cada señal en cada geófono, haciendo uso del software Pickwin versión 5.5.1.1.2.

Ya obtenidos el tiempo de arribo, se generan las Curvas Dromocrónicas (gráfica Tiempo-Distancia), en la cual se observan los cambios de pendiente de tiempos resultantes en cada geófono (FIGURA N°15). Estos datos son procesados en el software Plotrefa, que se encargará de generar velocidades y espesores de los estratos del subsuelo.

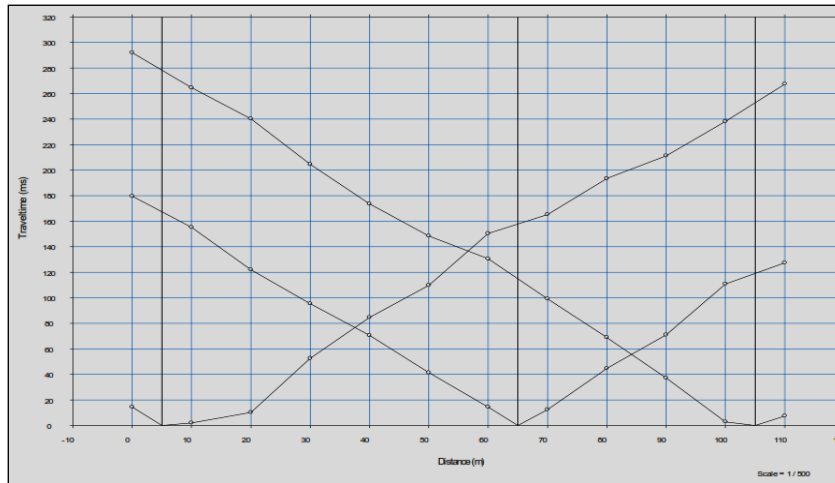


FIGURA N°15: Vista de Curvas Dromocrónicas (Pazmiño, Ecuador – 2017)
3.2.2 ESTUDIO REALIZADO POR LA EMPRESA MYM CONSULTORES

El estudio consistió en (3) perforaciones rotativas de 30.00m de profundidad con ensayo SPT, (4) calicatas excavadas de forma manual de hasta 3.00m de profundidad (FIGURA N°16 y 17).



FIGURA N°16: Ubicación de Sondajes (Fuente: Google Earth, 2018)



FIGURA N°17: Perforación Rotativa (Fuente: MyM, 2017)

Se realizó en este terreno la descripción de suelos con procedimiento visual-manual y la clasificación de suelos para propósitos de ingeniería.

En los sondajes ejecutados se realizó un perfilaje detallado el cual incluyó el registro minucioso de las características del subsuelo que conforman cada estrato del perfil, la clasificación visual de los materiales encontrados de acuerdo con los procedimientos del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos y extracción de muestras representativas de los suelos típicos que fueron analizadas en laboratorio.

El perfil del suelo en este terreno está conformado por un depósito de relleno constituido en gran parte por estratos de:

- Arena fina, densa a medianamente densa.
- Grava arenosa, con contenido cambiante de limo, densa a medianamente densa.

El material encontrado con mayor porcentaje en el relleno es arena fina. El espesor del relleno es variable y aumenta en dirección Este y Norte, encontrándose generalmente 0.50 y 1.20m en el terreno investigado.

Seguido de este relleno se encontró el material Arena fina, mal graduada, medianamente densa a muy densa.

Debido a las profundidades alcanzadas, las distancias de los sondajes a las LRS y los datos que brindan, respecto al informe de Mecánica de Suelos, en esta investigación se hará uso de los ensayos de SPT (Perforaciones), para poder hallar las velocidades de onda P obtenida para cada tipo de estrato encontrado en esta zona, y por parte de las excavaciones manuales (calicatas) se usará el ensayo de laboratorio denominado Corte Directo, el cual nos servirá para obtener el ángulo de fricción interna (ϕ) y la cohesión (c).

3.2.2.1 ENSAYOS DE CAMPO

Se realizó (3) perforaciones mediante la utilización de un equipo mecánico, y ensayos de penetración estándar (SPT) a cada metro de profundidad (Figura N°18 y Tabla N°6)



FIGURA N°18: UBICACIÓN DE ENSAYOS SPT

TABLA N°6: Ubicación de Ensayos

PERFORACIÓN	COORDENADAS		PROFUNDIDAD (m)	NORMA
	ESTE	NORTE		
P-1	290030.00	8649292.00	30.00	ASTM D1586-67
P-2	289977.00	8649285.00	30.00	
P-3	289922.00	8649315.00	30.00	

Fuente: elaboración propia

Se extrajo (3) MAB (muestra alterada en bolsa) de las excavaciones a cielo abierto (Calicatas) para ser ensayadas en laboratorio (Figura N°19 y Tabla N°7):



FIGURA N°19: UBICACIÓN DE CALICATAS

TABLA N°7: EXTRACCIÓN DE MUESTRAS Y CALICATAS

MUESTRA	COORDENADAS		PROFUNDIDAD (m)
	ESTE	NORTE	
C-1	290090.00	8649317.00	M2.80
C-2	289892.00	8649363.00	M2.80
C-3	289854.00	8649426.00	3.00
C-4	289811.00	8649502.00	M2.80

Fuente: elaboración propia

3.2.2.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

En laboratorio se verificó la clasificación de las muestras para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos encontrados, para ello se procedió a efectuar los siguientes ensayos:

TABLA N°8: ENSAYOS DE LABORATORIO

TIPO DE MUESTRA	ENSAYOS	NORMA APLICABLE
C-1	CORTE DIRECTO	NTP 339.171
C-2		
C-4		

PARA TODAS LAS MUESTRAS (CALICATA Y SPT)	CONTENIDO DE HUMEDAD	NTP 339.127
	GRANULOMETRÍA	NTP 339.128
	LÍMITES DE ATTERBERG	NTP 339.129
	CLASIFICACIÓN UNIFICADA	NTP 339.134

Fuente: elaboración propia

3.2.3 RESULTADOS

3.2.3.1 NÚMERO DE GOLPES DEL ENSAYO “SPT”

Los datos obtenidos por los ensayos de SPT son los expuestos en la Tabla N°7.

TABLA N°9: “N30” SPT según la profundidad

OPERACIÓN	PROF. (m)	P-1	P-2	P-3
1	0.00 - 1.00	-	-	-
2	1.00 - 2.00	25	11	14
3	2.00 - 3.00	-	-	-
4	3.00 - 4.00	54	26	44
5	4.00 - 5.00	50	39	50

Fuente: elaboración propia

3.2.3.2 REFRACCIÓN SÍSMICA

Los ensayos de Refracción Sísmica nos otorgaron los siguientes resultados:

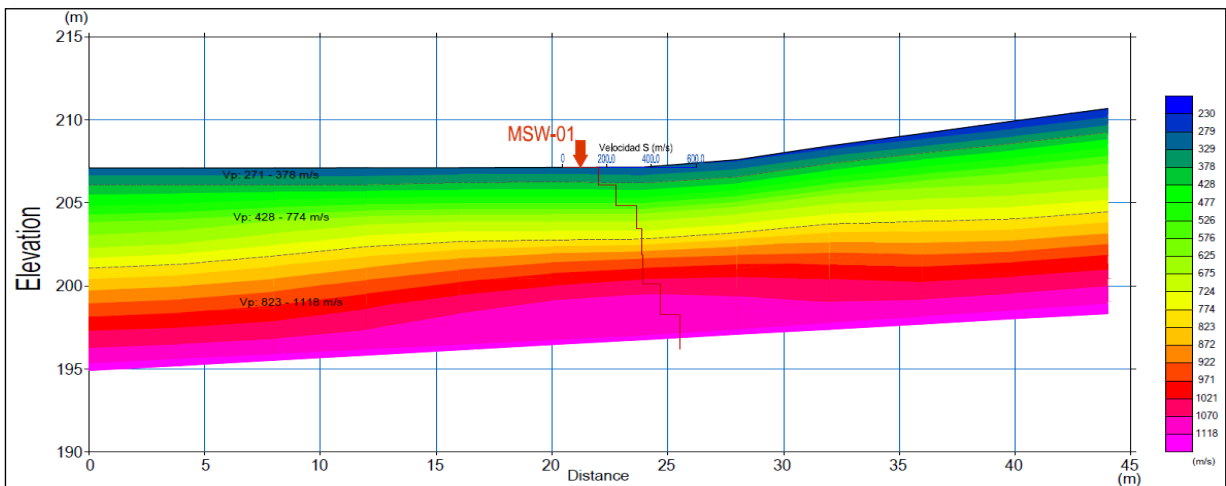


FIGURA N°20: Perfil Sísmico LRS-01 (Fuente: Geoinstrument)

TABLA N°10: Refracción Sísmica LRS-01

LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA		
CENTRO DE LA LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA	PROFUNDIDAD (m)	Vp (m/seg)
	0.00 - 1.00	314.00
	1.00 - 5.00	594.00
	5.00 - 11.00	967.00

Fuente: elaboración propia

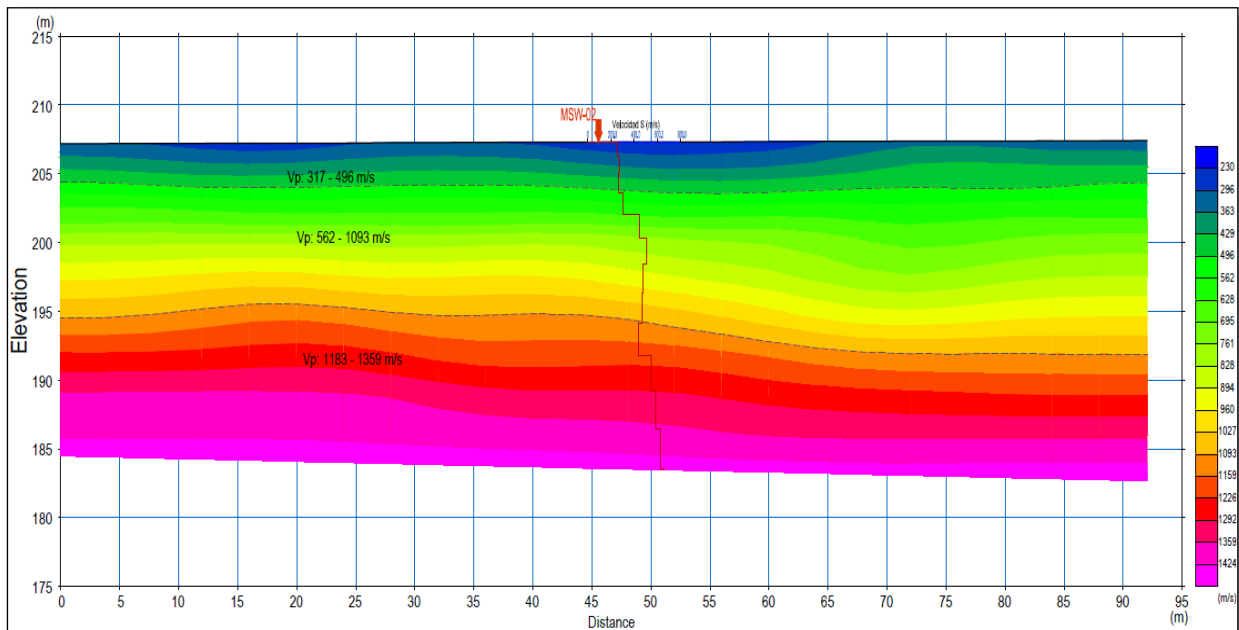


FIGURA N°21: Perfil Sísmico LRS-02 (Fuente: Geoinstrument)

TABLA N°11: Refracción Sísmica LRS-02

LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA		
CENTRO DE LA LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA	PROFUNDIDAD (m)	Vp (m/seg)
	0.00 - 3.50	380.00
	3.50 - 12.70	836.00
	12.70 - 25.00	1274.00

Fuente: elaboración propia

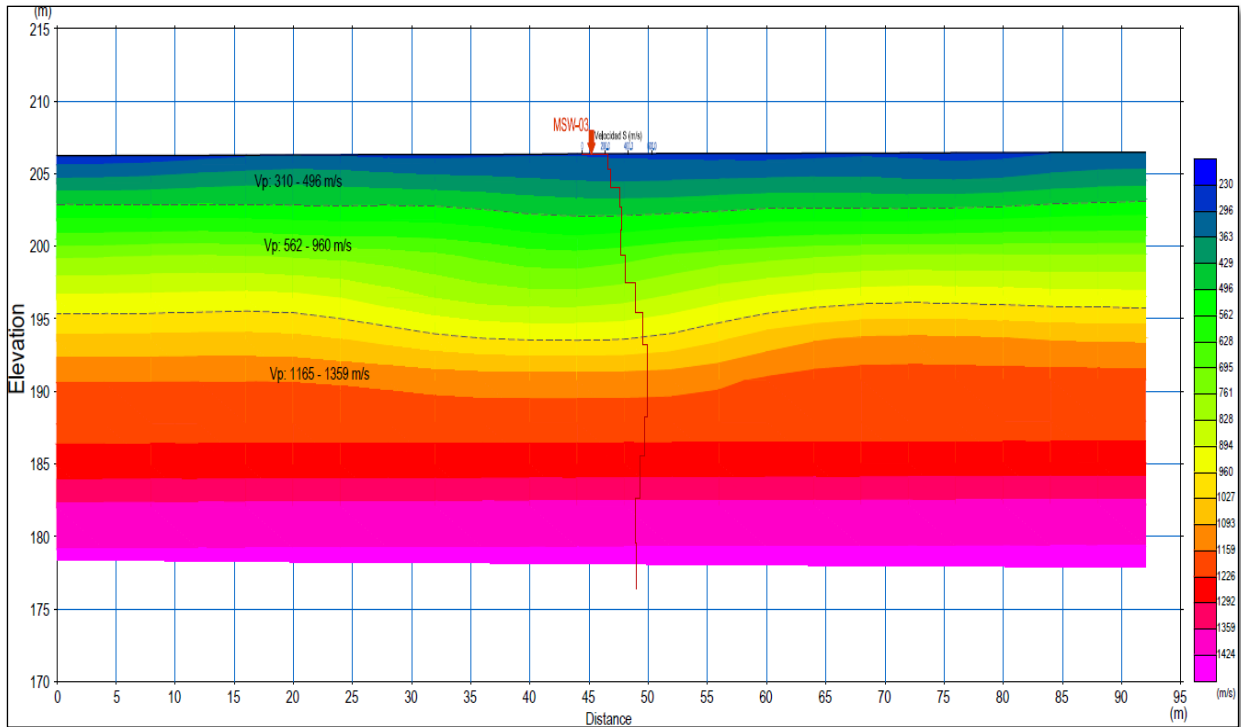


FIGURA N°22: Perfil Sísmico LRS-03 (Fuente: Geoinstrument)

TABLA N°12: Refracción Sísmica LRS-03

LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA		
CENTRO DE LA LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA	PROFUNDIDAD (m)	Vp (m/seg)
	0.00 - 4.50	379.00
	4.50 - 13.00	793.00
	13.00 - 30.00	1246.00

Fuente: elaboración propia

3.2.3.3 MAS W

Los ensayos de MASW nos otorgaron los siguientes resultados:

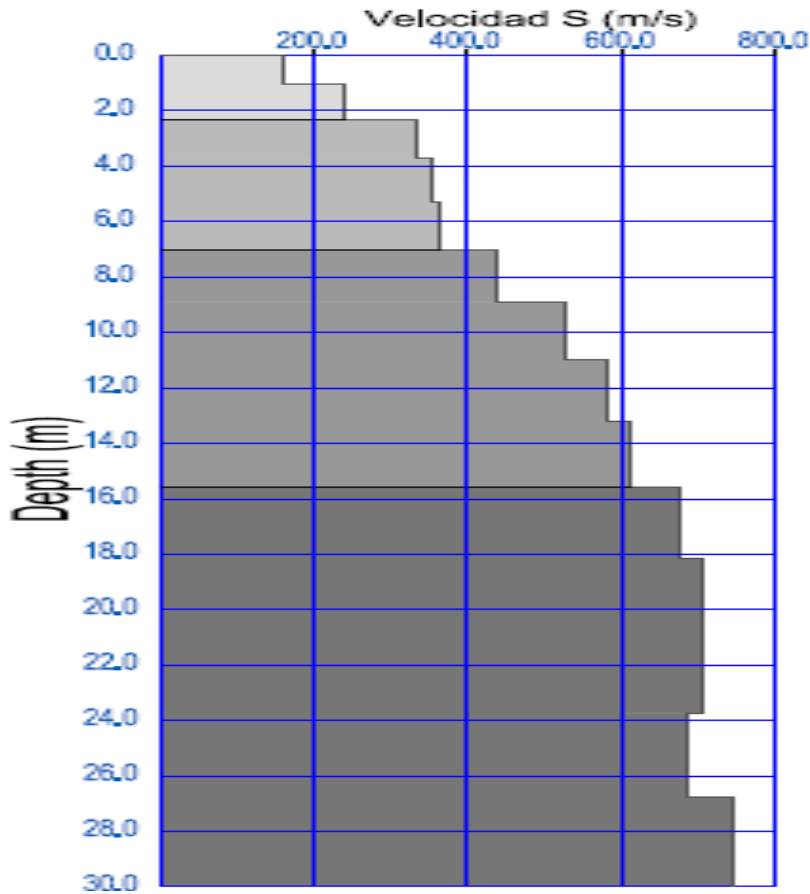


FIGURA N°23: Perfil Masw MSW-01

TABLA N°13: Perfil MSW-01

MAS W		
	PROFUNDIDAD (m)	Vs (m/seg)
CENTRO DE LA LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA	0.00 - 1.07	163.21
	1.07 - 2.31	241.82
	2.31 - 3.71	334.52
	3.71 - 5.27	355.37
	5.27 - 7.01	361.26
	7.01 - 8.90	437.69
	8.90 - 10.96	524.58
	10.96 - 13.19	581.28
	13.19 - 15.58	613.23
	15.58 - 18.13	675.92
	18.13 - 20.85	705.91
	20.85 - 23.74	704.29
	23.74 - 26.79	687.66
	26.79 - 30.00	743.20
>30.00	743.20	

Fuente: elaboración propia

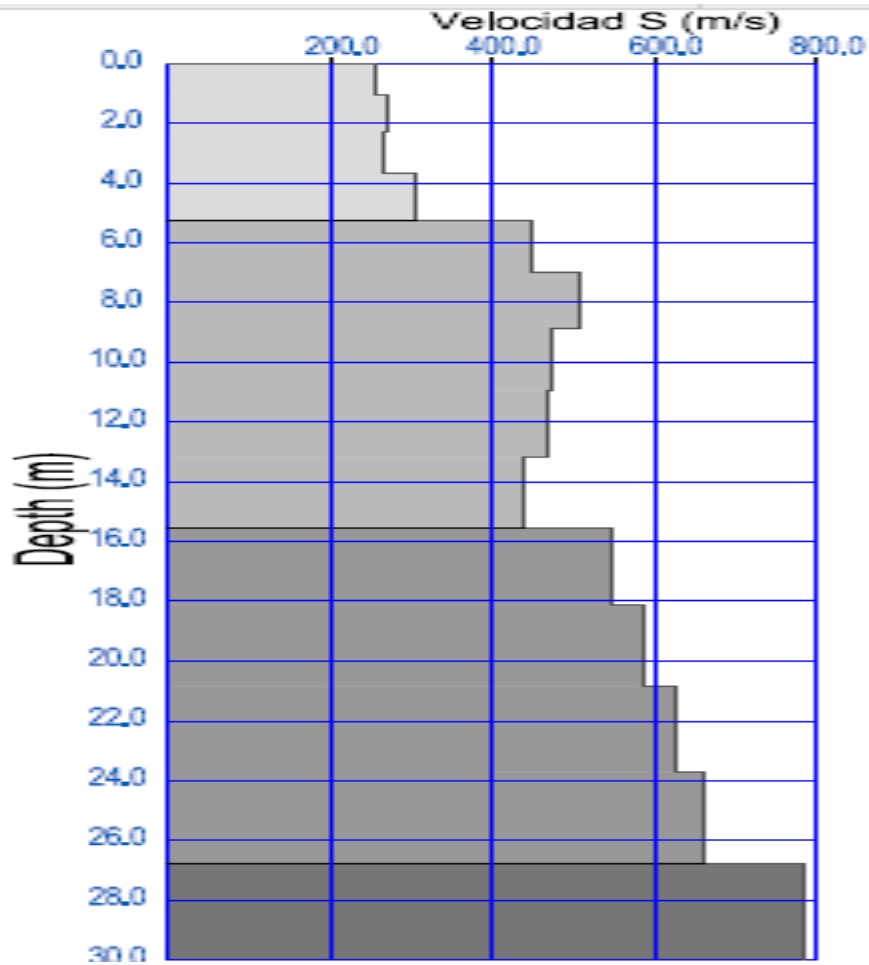


FIGURA N°24: Perfil Masw MSW-02 (Fuente: Geoinstrument)

TABLA N°14: Perfil MSW-02

MAS W		
	PROFUNDIDAD (m)	Vs (m/seg)
CENTRO DE LA LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA	0.00 - 1.07	257.84
	1.07 - 2.31	271.81
	2.31 - 3.71	267.74
	3.71 - 5.27	305.80
	5.27 - 7.01	446.81
	7.01 - 8.90	510.15
	8.90 - 10.96	475.18
	10.96 - 13.19	468.70
	13.19 - 15.58	439.41
	15.58 - 18.13	549.25
	18.13 - 20.85	586.10
	20.85 - 23.74	628.54
	23.74 - 26.79	660.74
	26.79 - 30.00	782.79
>30.00	782.79	

Fuente: elaboración propia

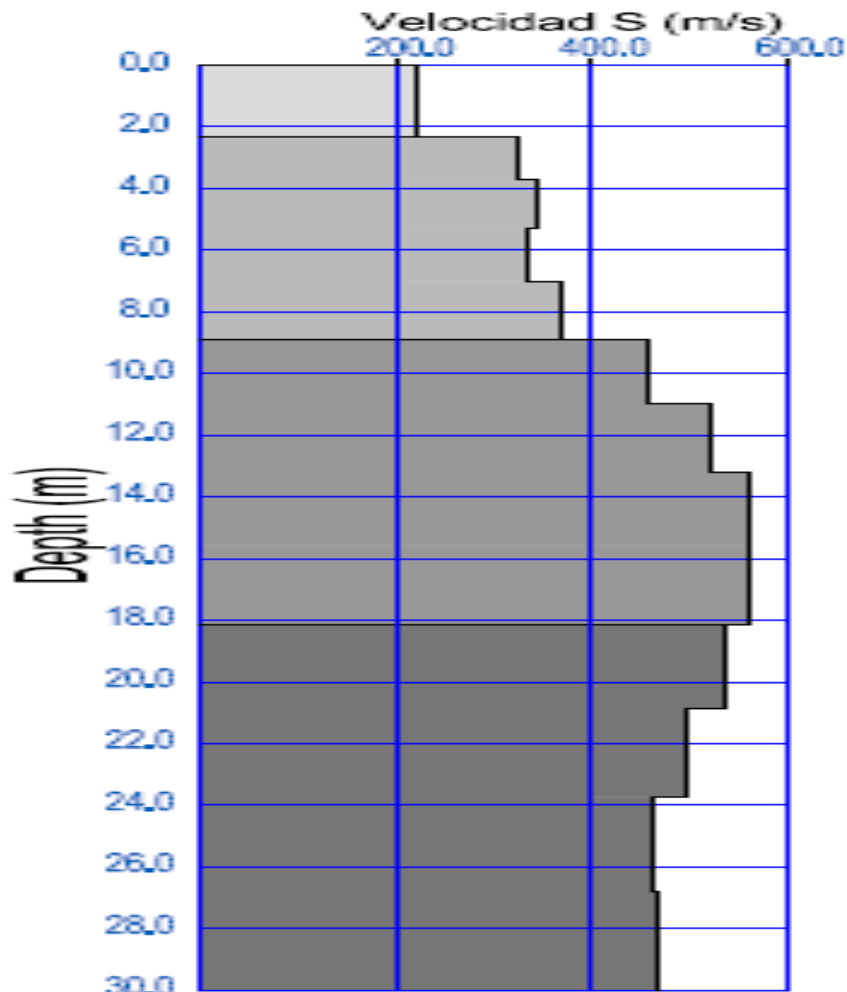


FIGURA N°25: Perfil Masw MSW-03 (Fuente: Geoinstrument)

TABLA N°15: Perfil MSW-03

MAS W		
	PROFUNDIDAD (m)	Vs (m/seg)
CENTRO DE LA LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA	0.00 - 1.07	220.03
	1.07 - 2.31	223.62
	2.31 - 3.71	326.1
	3.71 - 5.27	345.4
	5.27 - 7.01	333.56
	7.01 - 8.90	371.68
	8.90 - 10.96	459.1
	10.96 - 13.19	525.7
	13.19 - 15.58	565.25
	15.58 - 18.13	565.32
	18.13 - 20.85	537.85
	20.85 - 23.74	500.42
	23.74 - 26.79	463.06
	26.79 - 30.00	469.28
>30.00	565.32	

Fuente: elaboración propia

3.2.3.4 ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos de desarrollados en laboratorio nos otorgaron los siguientes resultados:

3.2.3.4.1 ENSAYO DE CLASIFICACIÓN SUCS

TABLA N°16: Clasificación muestras P-1

OPERACIÓN	PROFUNDIDAD (m)	SUCS	HUMEDAD %	FINOS %	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
1	0.00 - 1.00	SIN MUESTRA					
2	1.00 - 2.00	SP - SM	8.9	5.77	-	NP	NP
3	2.00 - 3.00	SIN MUESTRA					
4	3.00 - 4.00	SP - SM	21.1	5.35	-	NP	NP
5	4.00 - 5.00	SP - SM	17.5	7.41	-	NP	NP
6	5.00 - 6.00	SIN MUESTRA					
7	6.00 - 7.00	SP - SM	20.0	5.35	-	NP	NP
8	7.00 - 8.00	SP - SM	19.3	6.05	-	NP	NP
9	8.00 - 9.00	SIN MUESTRA					
10	9.00 - 10.00	SIN MUESTRA					
11	10.00 - 11.00	SP - SM	21.1	6.59	-	NP	NP
12	11.00 - 12.00	SIN MUESTRA					
13	12.00 - 13.00	SIN MUESTRA					
14	13.00 - 14.00	SP	22.2	1.19	-	NP	NP
15	14.00 - 15.00	SIN MUESTRA					
16	15.00 - 16.00	SP - SM	21.0	7.49	-	NP	NP
17	16.00 - 17.00	SIN MUESTRA					
18	17.00 - 18.00	SIN MUESTRA					
19	18.00 - 19.00	SM	16.0	19.00	-	NP	NP
20	19.00 - 20.00	SP	22.5	1.63	-	NP	NP
21	20.00 - 21.00	SIN MUESTRA					
22	21.00 - 22.00	SIN MUESTRA					
23	22.00 - 23.00	SP	26.1	1.03	-	NP	NP
24	23.00 - 24.00	SIN MUESTRA					
25	24.00 - 25.00	SIN MUESTRA					
26	25.00 - 26.00	SIN MUESTRA					
27	26.00 - 27.00	SIN MUESTRA					
28	27.00 - 28.00	SIN MUESTRA					
29	28.00 - 29.00	SM	20.2	13.44	-	NP	NP
30	29.00 - 30.00	SIN MUESTRA					
31	30.00 - 30.45	SP - SM	21.0	9.32	-	NP	NP
FINAL DEL SONDEO							

Fuente: elaboración propia

TABLA N°17: Clasificación muestras P-2

OPERACIÓN	PROFUNDIDAD (m)	SUCS	HUMEDAD %	FINOS %	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
1	0.00 - 1.00	SIN MUESTRA					
2	1.00 - 2.00	SP - SM	22.1	5.18	-	NP	NP
3	2.00 - 3.00	SIN MUESTRA					
4	3.00 - 4.00	SP - SM	16.2	10.75	-	NP	NP
5	4.00 - 5.00	SP - SM	18.9	5.65	-	NP	NP
6	5.00 - 6.00	SIN MUESTRA					
7	6.00 - 7.00	SP - SM	20.8	7.09	-	NP	NP
8	7.00 - 8.00	SP - SM	19.5	8.69	-	NP	NP
9	8.00 - 9.00	SIN MUESTRA					
10	9.00 - 10.00	SP - SM	18.6	5.38	-	NP	NP
11	10.00 - 11.00	SP - SM	20.3	7.52	-	NP	NP
12	11.00 - 12.00	SIN MUESTRA					
13	12.00 - 13.00	SP - SM	21.0	8.83	-	NP	NP
14	13.00 - 14.00	SIN MUESTRA					
15	14.00 - 15.00	SIN MUESTRA					
16	15.00 - 16.00	SP - SM	22.5	6.26	-	NP	NP
17	16.00 - 17.00	SIN MUESTRA					
18	17.00 - 18.00	SIN MUESTRA					
19	18.00 - 19.00	SP	22.2	4.76	-	NP	NP
20	19.00 - 20.00	SIN MUESTRA					
21	20.00 - 21.00	SIN MUESTRA					
22	21.00 - 22.00	SP	23.4	2.02	-	NP	NP
23	22.00 - 23.00	SIN MUESTRA					
24	23.00 - 24.00	SIN MUESTRA					
25	24.00 - 25.00	SP - SM	22.7	11.89	-	NP	NP
26	25.00 - 26.00	SIN MUESTRA					
27	26.00 - 27.00	SIN MUESTRA					
28	27.00 - 28.00	SP	24.6	1.90	-	NP	NP
29	28.00 - 29.00	SIN MUESTRA					
30	29.00 - 30.00	SIN MUESTRA					
31	30.00 - 30.45	SIN MUESTRA					
FINAL DEL SONDEO							

Fuente: elaboración propia

TABLA N°18: Clasificación muestras P-3

OPERACIÓN	PROFUNDIDAD (m)	SUCS	HUMEDAD %	FINOS %	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
-----------	-----------------	------	-----------	---------	----------------	-----------------	-----------------------

1	0.00 - 1.00	SIN MUESTRA					
2	1.00 - 2.00	SM	12.3	13.97	-	NP	NP
3	2.00 - 3.00	SIN MUESTRA					
4	3.00 - 4.00	SP - SM	22.0	7.59	-	NP	NP
5	4.00 - 5.00	SP - SM	21.2	5.61	-	NP	NP
6	5.00 - 6.00	SIN MUESTRA					
7	6.00 - 7.00	SP	19.9	3.30	-	NP	NP
8	7.00 - 8.00	SP - SM	17.4	8.76	-	NP	NP
9	8.00 - 9.00	SIN MUESTRA					
10	9.00 - 10.00	SP - SM	21.7	6.47	-	NP	NP
11	10.00 - 11.00	SP - SM	17.5	6.85	-	NP	NP
12	11.00 - 12.00	SIN MUESTRA					
13	12.00 - 13.00	SP - SM	17.9	7.43	-	NP	NP
14	13.00 - 14.00	SP	23.3	3.43	-	NP	NP
15	14.00 - 15.00	SIN MUESTRA					
16	15.00 - 16.00	SIN MUESTRA					
17	16.00 - 17.00	SIN MUESTRA					
18	17.00 - 18.00	SP - SM	19.1	11.99	-	NP	NP
19	18.00 - 19.00	SIN MUESTRA					
20	19.00 - 20.00	SIN MUESTRA					
21	20.00 - 21.00	SP	20.8	4.52	-	NP	NP
22	21.00 - 22.00	SIN MUESTRA					
23	22.00 - 23.00	SIN MUESTRA					
24	23.00 - 24.00	SIN MUESTRA					
25	24.00 - 25.00	SIN MUESTRA					
26	25.00 - 26.00	SIN MUESTRA					
27	26.00 - 27.00	SIN MUESTRA					
28	27.00 - 28.00	SIN MUESTRA					
29	28.00 - 29.00	SIN MUESTRA					
30	29.00 - 30.00	SIN MUESTRA					
31	30.00 - 30.45	SIN MUESTRA					
FINAL DEL SONDEO							

Fuente: elaboración propia

TABLA N°19: Clasificación de muestras Calicatas

CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	SUCS	HUMEDAD %	FINOS %	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
C-1	2.80	SM	4.5	13.22	-	NP	NP
C-2	2.80	SP - SM	2.6	9.09	-	NP	NP
C-3	2.80	SP	2.3	3.78	-	NP	NP
C-4	2.80	SP - SM	3.1	6.61	-	NP	NP

Fuente: elaboración propia

3.2.3.4.2 ENSAYOS DE CORTE DIRECTO

TABLA N°20: Corte Directo Calicatas

MUESTRA	ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)	COHESIÓN (kg/cm ²)
C-1	37.9	0.21
C-2	38.8	0.10
C-4	37.7	0.29

Fuente: elaboración propia

3.3 TABULACIÓN DE LOS DATOS ENCONTRADOS

A continuación, se exponen los resultados obtenidos de los ensayos desarrollados durante este capítulo con el fin de mantener entre ellos criterios de proximidad (para citar un ejemplo: los valores N30 del SPT serán correlacionados con los resultados de Corte Directo obtenidos de la calicata más cercana y a igual profundidad) y de relación mecánica (para citar un ejemplo: en arenas, los valores de N30 del SPT solo serán relacionados con el valor del ángulo de fricción interna, ya que para este tipo de suelos el factor que predomina para la resistencia al corte es el ángulo de fricción interna). Así también se usará como referencia las ecuaciones expuestas en la Tabla N°3, ya que estas serán base fundamental para proponer nuevas ecuaciones para las condiciones propias del sitio de estudio objeto de esta investigación.

Con estos resultados se elaboraron tablas que sirven para deducir las ecuaciones de cohesión en función a las velocidades de onda V_p y V_s , el ángulo de fricción interna en función de las velocidades de onda V_p y V_s , el número de golpes N30 del SPT en función de las velocidades V_p , y las velocidades de onda V_s en función del número de golpes N30 del ensayo de SPT.

TABLA N°21: Resultados de cohesión, Vp y Vs

PROF. CALICATA	SUCS	COHESIÓN (c' en kg/cm ²)	Vp (m/s)	Vs (m/s)
2.8	SM	0.21	526	332
2.8	SP - SM	0.10	429	266
2.8	SP - SM	0.29	400	325

Fuente: elaboración propia

TABLA N°22: Resultados de ángulo de fricción, Vp y Vs

PROF. CALICATA	SUCS	ÁNG. FRICCIÓN (φ en °)	Vp (m/s)	Vs (m/s)
2.8	SM	37.9	526	332
2.8	SP - SM	38.80	429	266
2.8	SP - SM	37.7	400	325

Fuente: elaboración propia

TABLA N°23: Resultados de N30 SPT y Vp

SONDAJE	PROF.	N	Vp (m/s)
P-1	1.00 - 2.00	25	428
	3.00 - 4.00	54	675
	4.00 - 5.00	50	799
P-2	1.00 - 2.00	11	363
	3.00 - 4.00	26	496
	4.00 - 5.00	39	562
P-3	1.00 - 2.00	14	363
	3.00 - 4.00	44	429
	4.00 - 5.00	50	496

Fuente: elaboración propia

TABLA N°24: Resultados de N30 SPT y Vs

SONDAJE	PROF.	N	Vs (m/s)
P-1	1.00 - 2.00	25	240
	3.00 - 4.00	54	350
	4.00 - 5.00	50	360
P-2	1.00 - 2.00	11	270
	3.00 - 4.00	26	300
	4.00 - 5.00	39	400
P-3	1.00 - 2.00	14	220
	3.00 - 4.00	44	340
	4.00 - 5.00	50	330

Fuente: elaboración propia

3.4 CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS GEOFÍSICOS Y GEOTÉCNICOS

3.4.1 DETERMINACIÓN DE LA COHESIÓN (C') EN FUNCIÓN DE Vp y Vs

Referenciándonos con la Tabla N°21 y la ecuación $C' = 0.0508 - 0.0167 \frac{V_p}{V_s}$ (ecuación propuesta por el Ing. Pazmiño, Ecuador) se correlaciono el valor de cohesión en función de las velocidades de onda Vp (m/seg) y Vs (m/seg).

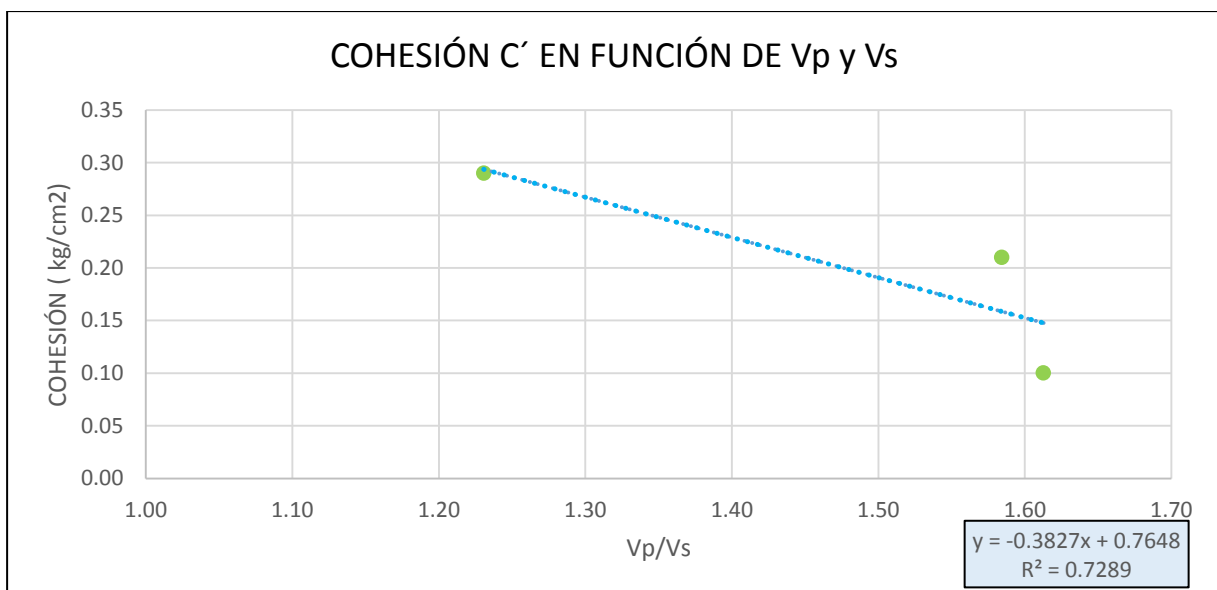


FIGURA N°26: c' en función de Vp y Vs (Fuente: elaboración propia)

Como resultado de la correlación entre la cohesión del suelo en estudio y las velocidades de onda, se obtuvo la siguiente ecuación:

$$c' = 0.7618 + 0.3827 \frac{V_p}{V_s} \quad (\text{EC. 16})$$

Con la ecuación obtenida se calculó los valores otorgados por los diferentes ensayos, para luego ser contrastados con los valores que fueron calculados con las ecuaciones referenciales.

TABLA N°25: CORRELACIÓN DE RESULTADOS c' EN FUNCIÓN DE V_p y V_s

COHESIÓN OBTENIDA DE LABORATORIO	COHESIÓN CALCULADA			
	ECUACIÓN HALLADA Ec.10		ECUACIÓN REFERENCIAL Ec.7	
c' (Kg/cm ²)	c' (Kg/cm ²)	DIFERENCIA	c' (Kg/cm ²)	DIFERENCIA
0.21	0.16	24.54%	0.024	88.41%
0.10	0.15	-47.59%	0.024	76.13%
0.29	0.29	-1.31%	0.030	89.57%
	DIF. PROMEDIO	-24.36%		254.11%

Fuente: elaboración propia

3.4.2 DETERMINACIÓN DE FRICCIÓN INTERNA (ϕ) EN FUNCIÓN DE V_p y V_s

Referenciándonos con la Tabla N°22 y la ecuación $\phi = 0.7792 \frac{V_p}{V_s}$ (ecuación propuesta por el Ing. Pazmiño, Ecuador) se correlaciono el valor de fricción interna (en grados) en función de las velocidades de onda V_p (m/seg) y V_s (m/seg).

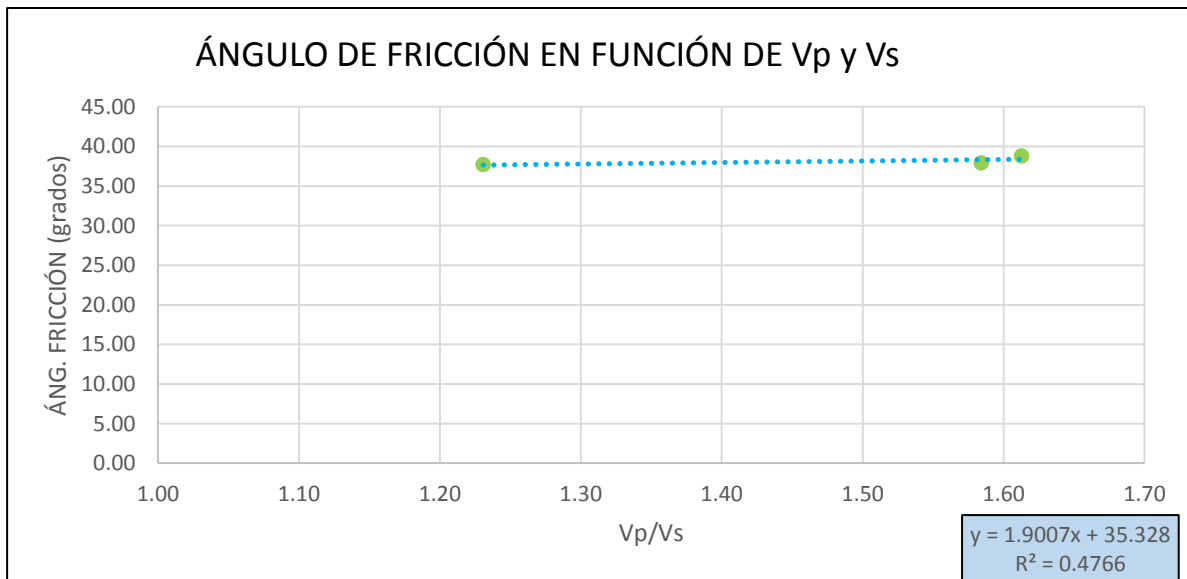


FIGURA N°27: ϕ en función de V_p y V_s (Fuente: elaboración propia)

Como resultado de la correlación entre el ángulo de fricción interna del suelo en estudio y las velocidades de onda, se obtuvo la siguiente ecuación:

$$\phi' = 1.9007 \frac{V_p}{V_s} \quad (\text{EC. 17})$$

Con la ecuación obtenida se calculó los valores otorgados por los diferentes ensayos, para luego ser contrastados con los valores que fueron calculados con las ecuaciones referenciales.

TABLA N°26: CORRELACIÓN DE RESULTADOS ϕ EN FUNCIÓN DE V_p y V_s

FRICCIÓN OBTENIDA DE LABORATORIO	FRICCIÓN INTERNA CALCULADA			
	ECUACIÓN HALLADA Ec.11		ECUACIÓN REFERENCIAL Ec.8	
c' (Kg/cm ²)	ϕ en °	DIFERENCIA	ϕ en °	DIFERENCIA
37.9	38.34	-1.16%	27.764	26.75%
38.80	38.39	1.05%	27.786	28.39%
37.7	37.67	0.09%	27.488	27.09%
	DIF. PROMEDIO	-0.02%		82.22%

Fuente: elaboración propia

3.4.3 DETERMINACIÓN DE N30 SPT EN FUNCIÓN DE Vp

Referenciándonos con la Tabla N°23 y la ecuación $N_{30} = 0.037V_p - 0.1191$ (ecuación propuesta por el Ing. Pazmiño, Ecuador) se correlaciono el valor de N30 del ensayo SPT en función de las velocidades de onda Vp (m/seg).

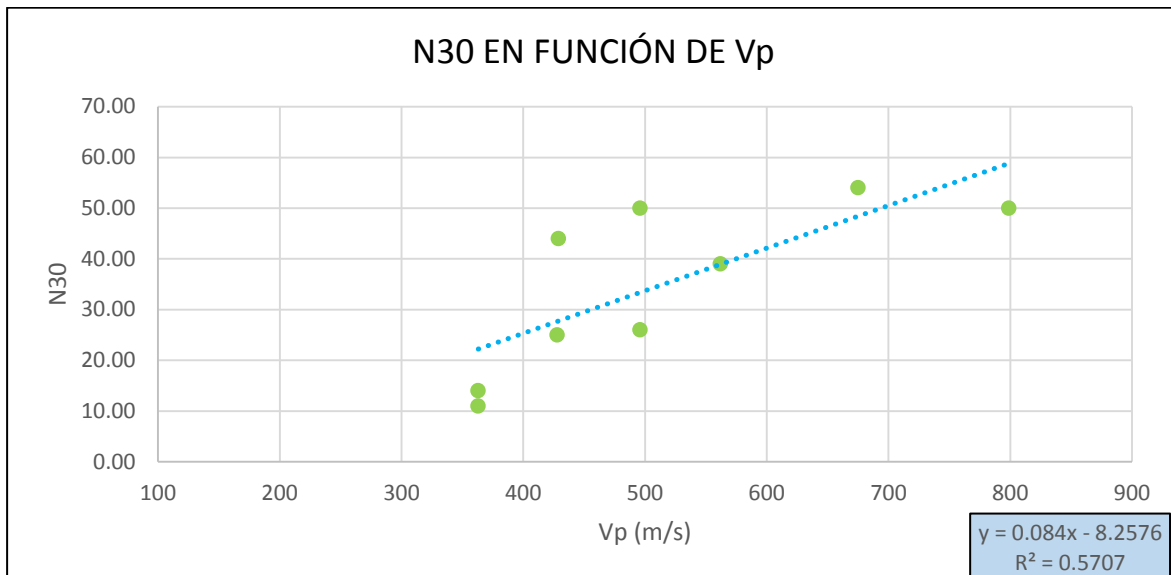


FIGURA N°28: N30 en función de Vp (Fuente: elaboración propia)

Como resultado de la correlación entre el ángulo de fricción interna del suelo en estudio y las velocidades de onda, se obtuvo la siguiente ecuación:

$$N_{30} = 0.084V_p - 8.2576 \quad \text{(EC.18)}$$

En esta correlación se tuvo en cuenta que los suelos (cualquiera sea su tipo, excepto roca) poseen velocidades de onda Vp de rango menor a 2000 m/seg. Las velocidades de onda que sean mayores a este son tomadas como roca y la ecuación resultante pierde su validez. De igual forma para valores de N30 > 50 son descartados ya que en teoría se toma a este valor como rechazo, siendo estimada como condicionante de suelos altamente compactos o rocas.

Con la ecuación obtenida se calculó los valores otorgados por los diferentes ensayos, para luego ser contrastados con los valores que fueron calculados con las ecuaciones referenciales.

TABLA N°27: CORRELACIÓN DE RESULTADOS DE N30 EN FUNCIÓN DE Vp

N30 OBTENIDO DE ENSAYO SPT	N30 CALCULADA			
	ECUACIÓN HALLADA Ec.12		ECUACIÓN REFERENCIAL Ec.9	
N30	N30	DIFERENCIA	N30	DIFERENCIA
25	28	-10.78%	16	36.18%
50	48	3.12%	25	49.81%
50	59	-17.72%	30	40.64%
25	22	11.06%	14	45.80%
50	33	33.19%	18	63.06%
50	39	22.10%	21	58.17%
13	22	-71.03%	14	-4.23%
44	28	36.87%	16	63.65%
50	33	33.19%	18	63.06%
DIF. PROMEDIO		39.99%	416.14%	

Fuente: elaboración propia

3.5 ANÁLISIS ECONÓMICO ENTRE MÉTODOS

3.5.1 ANÁLISIS DE COSTOS DEL ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA

Dentro del análisis económico de este método se consideró los costos de equipo, movilización (del equipo y personal obrero), subsistencia, y la realización del informe técnico en un solo rubro:

TABLA N°28: Presupuesto Línea de Refracción

DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO PARCIAL (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Línea Sísmica	m	228.00	5.00	1,140.00
TOTAL				1,140.00

Fuente: elaboración propia

3.5.2 ANÁLISIS DE COSTOS DEL ENSAYO DE PERFORACIÓN

Para el análisis económico de este método se detallarán los distintos rubros que intervienen.

TABLA N°29: Presupuesto Perforación

RUBRO	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO PARCIAL (\$)	COSTO TOTAL (\$)
EQUIPO	Perforación + ensayo SPT de 0 a 6m.	m	18.00	35.00	630.00
	Perforación + ensayo SPT de 6 a 15m.	m	27.00	45.00	1215.00
	Perforación + ensayo SPT de 15 a 30m.	m	45.00	50.00	2250.00
	Clasificación AASHTO y SUCS	Global	90.00	40.00	3600.00
TRANSPORTE	Transporte de equipo y personal	día	18	100.00	1800.00
VIÁTICOS	Ingeniero de Campo	día	18	20.00	360.00
	Personal de Perforación	día	18	12.00	216.00
HONORARIOS DEL PERSONAL	Ingeniero de Campo	día	18	50.00	900.00
	Personal de Perforación	m	90.00	10.00	900.00
	Informe Técnico	Global	1	1000.00	1000.00
TOTAL					12,871.00

Fuente: elaboración propia

3.5.3 RESULTADO DEL ANÁLISIS DE COSTOS

Los distintos ensayos realizados para esta investigación dieron como resultado la siguiente tabla de precios:

TABLA N°30: Análisis Económico

ANÁLISIS ECONÓMICO (\$)		%
ENSAYO GEOFÍSICO	1,140.00	20.99
ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR	12871.00	79.01
TOTAL	16291.00	100.00

Fuente: elaboración propia

La relación que existe entre el costo del ensayo geofísico con respecto al SPT tiene como promedio 20% del costo total, a diferencia del ensayo SPT, que representa aproximadamente 4 veces el costo de la LR.S.

Se deduce que existe mucha diferencia entre los precios, quedando claro el fin de optimizando que representa la realización de los ensayos geofísicos, aportando así a los Estudios de Mecánica de Suelos.

3.6 ANÁLISIS DE TIEMPO

3.6.1 ANÁLISIS DE TIEMPO DE LA LÍNEA DE REFRACCIÓN

Dentro del análisis de tiempo, para este método se consideró el tiempo de movilización (del equipo y personal obrero), instalación del equipo, y la realización del ensayo e informe técnico.

Como se aprecia en la Tabla n°31, que para la realización completa del ensayo de 3 líneas de refracción tomó en total 1 día, y para la realización del informe 2 días. En total la realización del ensayo incluyendo la movilización del personal, tendido de la línea de refracción, señalización, Instalación del equipo, el traslado entre puntos de investigación y la entrega del informe final demoró 4 días.

TABLA N°31: CRONOGRAMA DE TRABAJO – LINEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA

CRONOGRAMA DE LINEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA - VILLA EL SALVADOR								
ITEM	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	SEMANA 1						
		Lun	Mar	Mier	Jue	Vie	Sáb	Dom
		30-Abr	01-May	02-May	03-May	04-May	05-May	06-May
			1	2	3	4		
1.0	TRABAJOS PRELIMINARES							
1.1	Movilización del Personal y Herramientas							
1.1.1	Movilización del Personal y Equipos							
1.1.2	Ingreso de Equipos al Terreno y Ubicación							
2.0	TRABAJOS DE CAMPO							
2.1	PERFORACIONES							
2.1.1	Refracción LRS-1 (30.00 m.)							
	Señalización y Delimitación de Zona de Trabajo							
	Instalación de Equipo, Realización de ensayo y Registro Fotográfico							
	Desinstalación y Traslado del Equipo al Siguiete Punto							
2.1.2	Refracción LRS-2 (30.00 m.)							
	Señalización y Delimitación de Zona de Trabajo							
	Instalación de Equipo, Realización de ensayo y Registro Fotográfico							
	Desinstalación y Traslado del Equipo al Siguiete Punto							
2.1.3	Refracción LRS-3 (30.00 m.)							
	Señalización y Delimitación de Zona de Trabajo							
	Instalación de Equipo, Realización de ensayo y Registro Fotográfico							
	Desinstalación y Traslado del Equipo al Siguiete Punto							
3.0	Retiro de Personal, Equipos y Herramientas							
3.0.1	Desmovilización del Personal, Equipo y Herramientas							
4.0	TRABAJOS DE GABINETE							
4.0.1	Procesamiento de información							
4.0.2	Entrega del Reporte							

Fuente: elaboración propia

3.6.1 ANÁLISIS DE TIEMPO DE LA CALICATAS Y PERFORACIONES

Dentro del análisis de tiempo, para este método se consideró el tiempo de movilización (del equipo y personal obrero), instalación del equipo, y la realización del ensayo e informe técnico.

En la tabla n°32 se aprecia que el tiempo de realización de las perforaciones, calicatas e informe tomo en total 29 días.

3.7 IMPACTO AMBIENTAL

Para la presente investigación, el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) será considerado como un instrumento para la gestión de las actividades propuestas en el lugar en donde se realizarán los ensayos, y de los efectos que provocan los distintos métodos en función al medio ambiente. La identificación y valoración de los impactos de cada ensayo, se analizarán mediante el uso de matrices, tal como las matrices de Leopold modificada. Al ser métodos de uso constante, se estimarán los impactos comunes para los distintos casos.

EIA PARA METODOS NO INVASIVOS (L.R.S.):

- Impacto sonoro, ya que al realizarse este ensayo se producirán incrementos del nivel de ruido leves, y esto debido a que la fuente se obtiene mediante golpes, explosiones o disparos, para obtener las ondas que serán analizadas. Estos impactos no son consecutivos, y su tiempo de impacto es corto.
- Impacto en el suelo, ya que se realizarán acciones que afectarán mínimamente el estado natural del suelo
- Impacto en el aire, debido a que aumentaran de forma muy reducida y por corto tiempo los niveles de partículas en suspensión.
- Impacto Socio-económico, ya que influirá de forma positiva en la economía local al generar puestos de trabajo de forma directa e indirecta.

EIA PARA METODOS INVASIVOS (CALICATAS, PERFORACIONES):

- Impacto sonoro, para los ensayos de SPT o CONO DE PECK ya que al realizarse estos se hará uso de un matillo que golpeará de forma consecutiva por un tiempo prolongado, para las CALICATAS, también se da, ya que, al tapar las excavaciones, estas generan un ruido considerable, para las PERFORACIONES, de igual forma ya que se hace uso de una máquina perforadora que afectará drásticamente el ruido habitual de la zona.

- Impacto en el suelo, ya que las PERFORACIONES producirán un cambio en el estado natural del suelo, por su parte las CALICATAS, son las que más impactaran el suelo, ya que se extraerá muestras, y se abrirá parte del suelo con un área de 0.70 X 1.20m aproximadamente.
- Impacto en el aire, ya que, al momento de la realización de CALICATAS, se producirá de forma significativa la dispersión de partículas, polvo, etcétera. Por su parte, las PERFORACIONES, además de las partículas suspendidas, usara una máquina perforadora y una bomba de agua, ambas generan humo tóxico ya que para su funcionamiento hace uso de petróleo y la gasolina.
- Impacto Socio-económico, este no será positivo ya que el personal que realiza estos ensayos debe estar preparado y capacitado para los trabajos.

Se identificaron los impactos ambientales generados durante el periodo de realización para cada método, los cuales se exponen en los cuadros de Leopold modificada.

Para el cuadro de Leopold Modificado se realizó una valorización del impacto de los elementos en cuanto a su carácter (Ca), importancia (I), cobertura (C), duración (D) y reversibilidad (R).

TABLA N°33: VALORACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

VALORACIÓN DEL IMPACTO			
Carácter (Ca)	Positivo (1)	Neutro (0)	Negativo (-1)
Importancia (I)	Alta (39)	Media (2)	Baja (1)
Cobertura (C)	Regional (3)	Local (2)	Puntual (1)
Duración (D)	Permanente (3)	Media (2)	Corta (1)
Reversibilidad (R)	Irreversible (3)	Parcial (2)	Reversible (1)

Fuente: elaboración propia

$$\text{Impacto Total (IT)} = Ca * (I + C + D + R) \quad \text{(EC.19)}$$

Los valores de Impacto total para cada elemento son los valores plasmados en la matriz de Leopold Modificada. (Tabla N° 34 y 35).

		Elementos Ambientales										
		Características Físicas				Condiciones Biológicas		Factores Culturales			TOTALES	
		Suelo	Agua	Aire	Paisaje	Flora	Fauna	Seguridad y Salud	Condiciones de Vida	Empleo		
ACTIVIDADES	Operación	Ubicación y accesos	-4	0	0	0	-5	0	-4	-4	8	-9
		Desbroce y limpieza	-4	0	0	-5	-5	0	-4	-4	9	-13
		Replanteo y Nivelación	-4	0	0	0	-4	0	0	0	5	-3
		Movimiento de Tierra	-5	0	0	0	-5	-5	-4	-4	10	-13
		Excavaciones	-5	0	0	0	-5	0	-4	0	9	-5
		Instalación de Equipo	-4	0	0	0	-4	-4	0	0	7	-5
		Estudio de suelos	-4	0	0	-4	-4	0	0	0	9	-3
	Abandono	Relleno de espacios	9	4	4	4	4	4	4	4	9	46
		Readequación del área	9	0	0	4	4	4	4	4	8	37
		Manejo de desechos	7	7	7	7	7	7	0	0	7	49
		Regeneración Vegetal	-4	0	0	-5	-5	0	-4	-4	9	-13
Total		-9	11	11	1	-22	6	-12	-8	90		

TABLA N°34: Impacto Ambiental - Línea de Refracción Sísmica (Fuente: elaboración propia)

		Elementos Ambientales										
		Características Físicas				Condiciones Biológicas		Factores Culturales			TOTALES	
		Suelo	Agua	Aire	Paisaje	Flora	Fauna	Seguridad y Salud	Condiciones de Vida	Empleo		
ACTIVIDADES	Operación	Ubicación y accesos	-9	0	-6	-8	-6	-6	-4	-4	9	-34
		Desbroce y limpieza	-10	0	0	-8	-6	0	-4	-4	9	-23
		Replanteo y Nivelación	-5	0	0	-4	-4	0	0	0	4	-9
		Perforaciones	-11	-12	-12	-10	-10	-6	-12	0	10	-63
		Excavaciones	-9	-4	0	-6	-4	-6	-4	0	8	-25
		Instalación de Equipo	-9	-12	-4	0	-4	-4	-9	0	6	-36
	Estudio de suelos	-9	-4	-4	0	-4	-4	0	0	10	-15	
	Abandono	Relleno de espacios	0	0	4	0	4	4	4	4	9	29
		Readecuación del área	4	0	0	4	4	4	0	0	6	22
		Manejo de desechos	0	4	0	0	4	4	0	0	6	18
Regeneración Vegetal		0	0	0	0	4	4	0	0	0	8	
Total		-58	-28	-22	-32	-22	-10	-29	-4	77		

TABLA N°35: Impacto Ambiental – Ensayo SPT (Fuente: elaboración propia)

3.7.1 CARACTERÍSTICAS CUANTITATIVAS

TABLA N°36: RESUMEN

	L.R.S.	ENSAYO SPT
Impacto Positivo	31	28
Impacto Negativo	30	38
Impacto Neutro	38	33

Fuente: elaboración propia

TABLA N°37: CUADRO ESTADISTICO

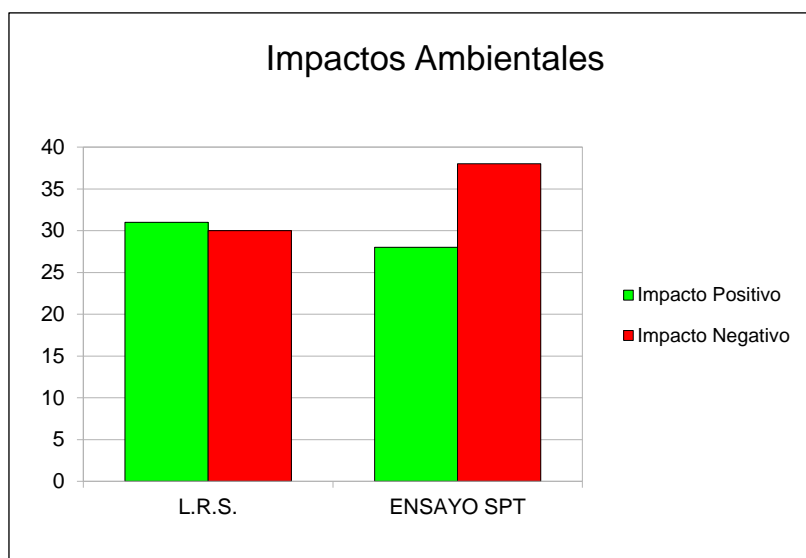
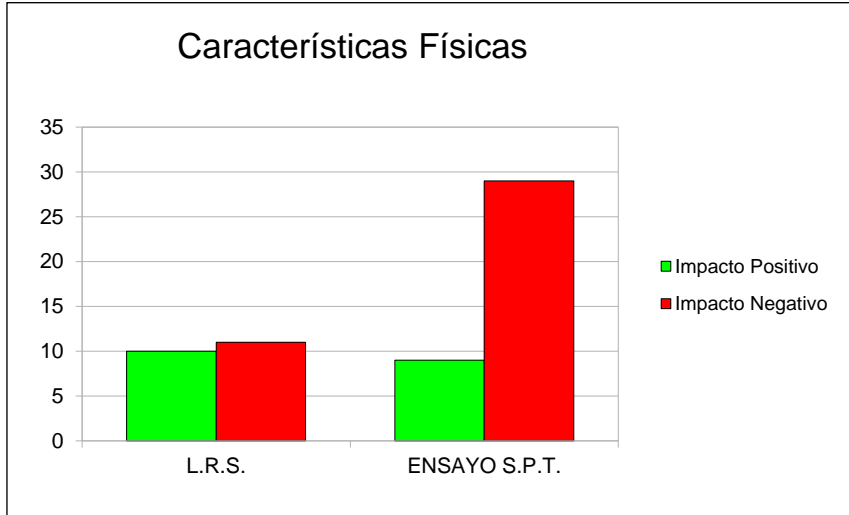


TABLA N°38: CUADRO DE IMPACTO AMBIENTAL DETALLADO

	L.R.S			ENSAYO S.P.T.		
	Características Físicas	Condiciones	Factores Culturales	Características Físicas	Condiciones	Factores Culturales
Impacto Positivo	10	6	15	9	6	13
Impacto Negativo	11	10	9	29	13	7
Impacto Neutro	23	6	9	17	3	13

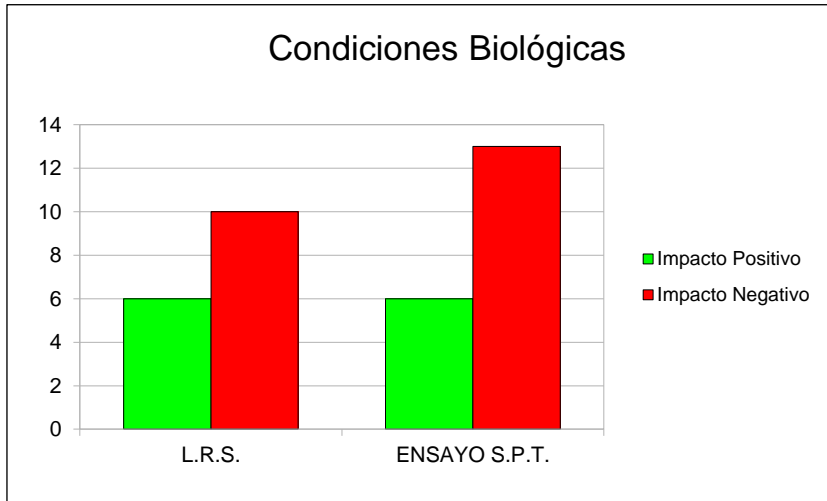
Fuente: elaboración propia

TABLA N°39: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS



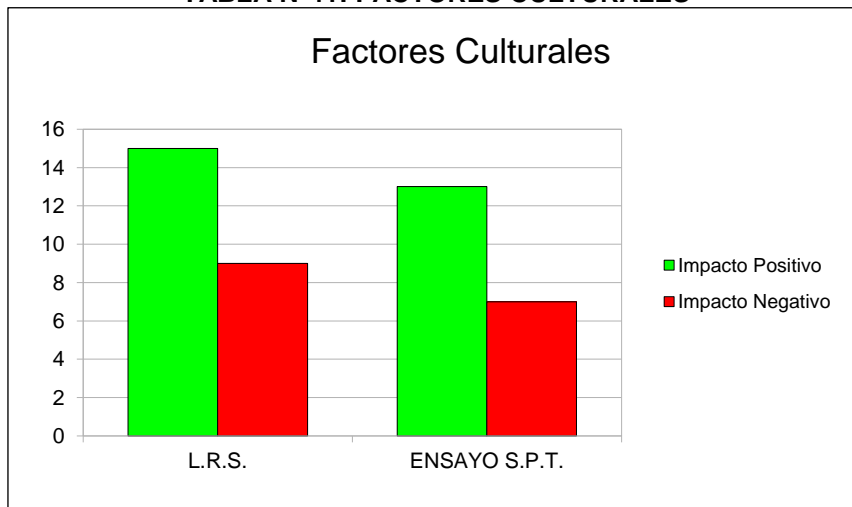
Fuente: elaboración propia

TABLA N°40: CONDICIONES BIOLÓGICAS



Fuente: elaboración propia

TABLA N°41: FACTORES CULTURALES



Fuente: elaboración propia

Adicional a este análisis, se pudo apreciar que la línea de refracción sísmica, nos ayuda a corregir los errores de interpretación y estimación de los actuales estudios de suelos; ya que cuando se realizan los métodos convencionales se genera una sección del suelo que es estimada, mas no exacta, y para cumplir con esto último, se tendrían que hacer sondajes cada metro para tener una sección más parecida a la real, pero no se hacen debido al alto costo que generaría, y al tiempo que tomaría hacerlas.

3.7.2 ELIMINACIÓN DE MATERIAL

La eliminación del relleno dentro de un proyecto ingenieril representa una de las partidas que generan mayores impactos en el estado natural del suelo, además de ello, es una de las tareas más costosas dentro de los proyectos de construcción. Es así que esta partida viene a ser una de las más importantes dentro de todo estudio de suelos, ya que es este estudio el que brinda la estratigrafía del suelo, y el perfil; es aquí donde se precia los espesores del relleno a eliminar, se calcula su volumen y el costo. El estimar erradamente la sección del suelo representa un gasto mucho mayor, ya que cambiaría así el corte y relleno estimado para dicho terreno, por ende, el impacto y el costo de este podría elevarse. En el Anexo n°8, se aprecia las secciones recogidas de un terreno en Punta negra, terreno en el cual se realizaron los ensayos directos (calicatas y perforaciones), y los ensayos indirectos (Línea de refracción sísmica). Se estimó un volumen de relleno a eliminar de 237,325.50 m³ (b), luego se realizó la Línea de refracción sísmica, el cual brinda un perfil más exacto, debido a que este método analiza el subsuelo en toda la extensión de su tendido; y dio como resultado que el volumen real de relleno a eliminar es de 168,557.40 m³(a).

Según el software virtual Generador de precios. Perú, teniendo en cuenta el tipo de material (Arena fina) y la maquinaria a usar (retroexcavadora), el precio de excavación y eliminación del material es de S/9.05 por metro cubico, por ende, la diferencia de precios en base a las secciones resultantes de cada método es de S/622,351.31

TABLA N°42: Presupuesto

m ³ Corte				
Excavación en suelo de arena densa, con medios mecánicos, y carga a camión. El precio incluye la formación de la rampa provisional para acceso de la maquinaria al fondo de la excavación y su posterior retirada.				
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial S/
h	Equipos Retrocargadora sobre neumáticos, de 70 kW.	0.085	100.37	8.53
		Subtotal equipos:		8.53
h	Mano de obra Peón de construcción.	0.026	13.17	0.34
		Subtotal mano de obra:		0.34
%	Herramientas Herramientas	2.000	8.87	0.18
		Costos directos (1+2+3):		9.05
m3	Sección estimada por calicatas y perforaciones	237,325.50	9.05	2,147,795.78
m3	Sección estimada por la Línea de Refracción Sísmica	168,557.40	9.05	1,525,444.47
		Diferencia de Costos		622,351.31

Fuente: GeneraciónDePrecios.Perú

IV. DISCUSIÓN

PRIMERA DISCUSIÓN:

La línea de refracción representa diversos aportes para la Ingeniería civil y directamente en el estudio de suelos, teniendo entre ellos, la característica de ser un método no invasivo, es así que su análisis en este aspecto se desarrolló en esta investigación, demostrando que es un método no invasivo ya que para nuestro caso se usó una comba de 20lb y se golpeó un plato de acero que transmite las ondas al suelo, y nos generó los perfiles en función a las velocidades de onda que se obtuvieron en este proyecto. *LOPEZ (2016)* hizo uso de la línea de refracción ya que surgió la necesidad de realizar un estudio de suelos en la Huaca “La Luna”, esta se encontraba en una situación muy deplorable, y realizar una calicata o perforación en este terreno representaba correr un riesgo muy alto de derrumbe, llegando a la conclusión que la L.R.S. representa un aporte para analizar los suelos de manera que no afecte la naturaleza del mismo, y que no comprometa las estructuras existentes. En base a ello la Refracción sísmica es ideal ya que para su uso se analiza el subsuelo mediante el registro de ondas por medio del sismógrafo, haciendo uso de una comba de 20 lb, la cual genera un impacto mínimo en comparación de los métodos tradicionales de estudio de suelos.

SEGUNDA DISCUSIÓN:

El aspecto económico es el más importante dentro de las empresas, la mejora en las operaciones resulta fundamental cuando se busca minimizar gastos innecesarios. Dentro de las empresas constructoras, para cada proyecto el minimizar gastos y el saber las propiedades del subsuelo resultan ser piezas clave para el eficiente desarrollo de las actividades de planeamiento entre otras, la L.R.S. no solo nos brinda de forma rápida las distintas propiedades del subsuelo, sino que también resulta ser mucho más económica que los métodos actualmente usados, en esta investigación se tuvo como resultado que el precio para obtener las propiedades del suelo a una profundidad de 30, usando la Línea de refracción costo \$3420.00, mientras que el costo por la realización de las perforaciones fue de \$12871.00. demostrando así que la línea de refracción es menos costosa que la perforación. Como hace mención *MURILLO (2016)* quien

aplicó el método de refracción sísmica entre otros métodos, con la intención de obtener perfiles y el potencial de los estratos, buscando así el método más económico y confiable, es así que al realizar la L.R.S. resultó ser el método más apto para obtener de forma rápida y económica las propiedades del subsuelo en las minas de Arequipa, teniendo también muy buena penetración y resolución, estando de acuerdo con él, en que estos métodos son los más confiables para analizar las propiedades del subsuelo, además de ser más económicos y rápidos que los métodos usados comúnmente en la mecánica de suelos como lo son las calicatas y perforaciones, que si bien es cierto son necesarias para obtener ciertos parámetros del suelo, demandan de mucho tiempo, por ende generan mayores costos.

TERCERA DISCUSIÓN:

Mediante las correlaciones resultantes de los datos que brinda la línea de refracción sísmica podemos obtener el N30 de SPT (obtenido normalmente mediante la perforación rotativa), la cohesión del suelo de manera estimada y el ángulo de fricción, entre otros parámetros. En el ítem 3.4 se desarrolló la correlación entre los métodos tradicionales de estudio de suelos y los métodos geofísicos, obteniendo resultados positivos a la hora de analizar el ángulo de fricción interna, ya que la correlación salió con un grado de error de -0.02%; y se obtuvo un resultado no tan confiable al hallar correlaciones de cohesión y N30 de perforación, ya que se obtuvo un porcentaje de error de -24.36% y 39.99% respectivamente. *NARANJO Y DRANICHNIKOV (2012)* generaron correlaciones con estos métodos para conseguir la capacidad portante del suelo en base al N30 del SPT, este parámetro le resultó útil al aplicarlo durante la construcción del puente sobre el río maicito en Ecuador, obteniendo buenos resultados al realizar su investigación, sin necesidad de realizar los ensayos directos, determinando que es un método aceptable, confiable y recomendable, incentivando a analizar el método con más detenimiento y perfeccionar la técnica con el pasar del tiempo. Es así que estoy de acuerdo con que este método está en constante perfeccionamiento, y que los parámetros que se consiguen con algunas correlaciones llegan a tener un margen de error mínimo, pero que estas deben

contrastarse con lo encontrado en campo, ya que son realidades semejantes mas no iguales.

V. CONCLUSIÓN

1. Al realizar esta investigación y luego de analizar los distintos aportes que brinda la metodología sísmica, queda demostrado que la línea de refracción sísmica debe ser usada como una herramienta fundamental ya que representa una metodología más productiva en comparación con los actuales métodos de campo (calicatas y perforaciones), al poder obtener similar información (cohesión, fricción interna y N30) en menos tiempo, a menor costo (la LRS cuesta 4 veces menos que la aplicación de una perforación) y con menor impacto ambiental.

2. Desde el punto de vista y económico, la línea de refracción sísmica es un método más eficiente en comparación con la perforación, debido a que al realizar esta investigación se buscó obtener información del subsuelo hasta los 30 metros de profundidad, para ello se realizó 3 líneas de refracción sísmica y genero un costo de \$3420.00, mientras que el realizar 3 perforaciones rotativas tuvo un costo de \$12871.00 (aproximadamente 4 veces el valor de la línea de refracción sísmica), teniendo en cuenta que se llegó a la misma profundidad de investigación. Por otro lado, el realizar las refracciones sísmicas demando de 1 día en campo y 2 días en oficina; mientras que realizar las perforaciones rotativas tomo 21 días en campo y 7 días en oficina.

3. Las correlaciones que se han obtenido en esta investigación, resultan ser de gran utilidad para determinar parámetros del suelo tales como cohesión, fricción interna y N30 de la perforación. Teniendo como resultado que la correlación para obtener la cohesión del suelo tiene un margen de error de -24.36% (en promedio), mientras que la correlación para obtener la fricción interna del suelo obtuvo un margen de error de -0.02% (en promedio), siendo esta correlación la más aproximada a los resultados obtenidos en laboratorio; por su parte la correlación para obtener el valor de N30 de SPT (valor conseguido comúnmente con la perforación rotativa) tuvo un margen de error de -39.99% (en promedio). Resultando así que la aplicación de las ecuaciones resulta ser más confiable para obtener los parámetros de fricción

interna del suelo. Esta diferencia de confiabilidad del suelo es debido a que el material ensayado se encontraba en estado muy denso en algunas zonas, lo cual arrojó valores diversos en el ensayo de corte directo.

4. El análisis de impacto ambiental provocado por cada método demostró que la aplicación de la Línea de refracción sísmica reduce el impacto ambiental generado en la etapa de construcción, ya que en esta investigación se tenía estimado un movimiento de tierras de 237,325.50m³, mientras que al aplicar la Línea de refracción se obtuvo una sección del suelo más exacta, resultando así que el volumen real de relleno a eliminar es de 168,557.40m³. Demostrando así que la Línea de Refracción Sísmica representa un impacto ambiental menor, además que nos brinda un perfil más exacto por ende nos arroja menos errores lo cual genera menor uso de agua por ensayos realizados, menor uso de combustibles por parte de la maquinaria a usar durante, y menor presupuesto ya que representa un ahorro en costos de S/622,351.31.

VI. RECOMENDACIONES

- Dentro de una investigación novedosa como lo fue esta, siempre se pretende que exista una mejora continua de la misma; es por ello que se recomienda complementar esta investigación con una mayor cantidad de ensayos, para comparar los resultados obtenidos con los métodos mencionados, aplicando estos en diferentes zonas (microzonificación para cada distrito), con el objetivo de ajustar las curvas presentadas en las correlaciones. Esto debido a que esta investigación se realizó de forma puntual para un distrito, y se sabe que nuestro país se caracteriza por tener un tipo de suelo heterogéneo.
- Tomar en cuenta que los distintos tipos de suelo pueden presentar velocidades de ondas similares. Para ello se recomienda realizar una investigación que establezca velocidades de onda de acuerdo a los distintos tipos de suelo presentes en nuestro país. Teniendo de forma complementaria la información geotécnica del sitio en estudio.
- Otra recomendación sería realizar una investigación de la variación de los parámetros de resistencia al corte (ϕ y c') según el porcentaje de finos (pasa el tamiz N°200).
- La normativa existente debe ser más rigurosa, y exigir la aplicación de métodos sísmicos u otros métodos de exploración, con el fin de obtener la mayor cantidad de información para la construcción de obras civiles de importancia.
- Se recomienda que las municipalidades cuenten con un equipo propio para la realización del ensayo de refracción sísmica, esto para poder hacer investigaciones en zonas donde no sea posible costear un estudio de suelos y que la aplicación del mismo permita determinar niveles de riesgo y exponga el peligro al que podrían estar expuesta la población habitante en dicha zona.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALI, Murillo. Método de prospección geofísica aplicados a la investigación geotécnica para estudio del recrecimiento de una presa de relaves en el distrito de Oyolo. Tesis para optar el título de Ingeniero Geofísico. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2016. 166pp.
- ALPUCHE, Rodrigo. El impacto de la calidad total y la productividad en empresas de construcción. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Civil). México: Universidad de las Américas Puebla, 2004. 99pp.
- ALVA, Jose. Aplicaciones de la geofísica en la ingeniería geotécnica. En: Congreso Nacional de Estudiantes de Ingeniería Civil. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2013. P.1-70.
- ARIAS, Fidas. El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica. 5ª ed. Caracas: 2012. P.86.
- BERROCAL, José. Métodos analíticos y numéricos aplicados al diseño de cimentaciones superficiales considerando su interacción con el suelo. Tesis para optar el grado de magister en Ingeniería Civil. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), 2016.
- BORJA, Manuel. Manual de investigación científica para ingenieros. Chiclayo: 38 pp.
- DAS, Braja. Fundamentos de la ingeniería geotécnica. 4ª ed. Cengage Learning Editores: México, 2013. 658 pp.
ISBN: 978-607-519-373-1
- DEFINICIÓN de eficiencia [Mensaje en un blog]. Thompson, I., (2006). Recuperado de [https:// www.promonegocios.net/producto/ciclo-vida-producto.html](https://www.promonegocios.net/producto/ciclo-vida-producto.html)
- *DEFINICIÓN DE EFICIENCIA* [en línea]. Venezuela: conceptodedefinicion.

Octubre 2011.

- *ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT)* [en línea]. Colombia: Collazos, Gonzales, Ante, Bravo y Concha, Universidad del Cauca. 2006. Disponible en [ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/.cuentasbajadas29092009/lucruz/docs/Curso%20Fundaciones/Exposiciones%20estudiantes/ENSAYO%20DE%20PENETRACION%20ESTANDAR%20\(SPT\).pdf](ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/.cuentasbajadas29092009/lucruz/docs/Curso%20Fundaciones/Exposiciones%20estudiantes/ENSAYO%20DE%20PENETRACION%20ESTANDAR%20(SPT).pdf)
- *ESTUDIOS GEOTECNICOS* [en línea]. España: García, F., Escuela Politécnica Superior Huesca. (2006). Disponible en <http://epsh.unizar.es/~serreta/documentos/Geotecnia.pdf>
- *EVALUACIÓN ECONÓMICA* [en línea]. España: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2006. [Fecha de consulta: 2017]. Disponible en http://www.dhl.hegoa.ehu.es/iedl/Materiales/19_Evaluacion_economica.pdf
- HERNÁNDEZ R., FÉRNANDEZ C. Y BAPTISTA P. Metodología de la investigación. 5ª ed. McGRAW-HILL, México. ISBN: 978-607-15-0291-9
- *LAS ONDAS*. [en línea]. España: Ministerio de educación, cultura y deporte, 2017. Disponible en <http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esofisicaquimica/impresos/quincena11.pdf>
- LÓPEZ, MEJIA y DANILO. Aplicación del método de refracción sísmica para la determinación de velocidades en ondas P. Tesis para optar el título de ingeniero civil. San Salvador: Universidad de el Salvador, 2008. 363pp.
- LÓPEZ, Saulo. Ensayos geofísicos para la exploración de suelos en estructuras patrimoniales. Tesis para optar el grado de magister en Ingeniería Civil. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP),

2016.

- Mediciones sísmicas e investigación. [en línea]. Lima: Gálvez, P. (2013). [Fecha de consulta: 2017]. Recuperado de <http://geofisicasismospgf.blogspot.pe/p/ondas-p-y-ondas-s.html>
- *Método de refracción sísmica*. [en línea]. Lima: Georys Ingenieros-Geotecnia & Geofísica. 2016. [Fecha de consulta: 2017]. Disponible en <http://www.georys.com/wp-content/uploads/2016/04/Presentacion-Refraccion.pdf>
- MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. Reglamento nacional de edificaciones: Norma E.050 Suelos y Cimentaciones. Lima: MVCS, 2006. 61pp
- NARANJO, Héctor y DRANICHNIKOV, Tatiana. Cálculo de capacidad portante basado en geofísica y método convencional - Caso del puente sobre el río Maicito. Investigación para obtener el grado profesional de ingeniero civil. Manabí – Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana, 2012.
- PAZMIÑO, Luis. Velocidades de onda Vs y Vp y su relación con los valores de ángulo de frección interna, cohesión y Nspt para los suelos de Sangloquí. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Sangloquí: Universidad de las Fuerzas Armadas, 2017. 107pp.
- PEREDO, Valentina. Aplicación del método SASW en suelos. Investigación para obtener el grado profesional de ingeniera civil. Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2011.
- PÉREZ, Víctor. Mecánica de suelos. Instituto tecnológico de Tepic. México, 2013.
- ROSALES, Cristina. Sobre el comportamiento sísmico de los depósitos de

suelos del área de cañaveralejo, cali, Colombia. Tesis (Titulo Ingeniera Civil). Cali: Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería Civil y Geomatica, 2001. 296pp.

- TRUJILLO, Clara. (2012). Análisis económico financiero y su valor en la toma de decisiones. Disponible en <https://www.gestiopolis.com/analisis-economico-financiero-valor-toma-decisiones/>
- VILCA, Mariano. Mejora de la productividad por medio de las cartas de balance en las partidas de solaqueo y tarrajeo de un edificio multifamiliar. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2014. p.21-22.

VIII. ANEXOS

ANEXO N°01: MATRÍZ DE CONSISTENCIA

TITULO: "ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD DE LA LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS EN VILLA EL SALVADOR, LIMA - 2018"

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E INSTRUMENTOS			METODOLOGÍA			
PROBLEMA PRINCIPAL	OBEJETIVO PRINCIPAL	HIPOTESIS PRINCIPAL	VARIABLE 1: ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD			DISEÑO:			
¿De qué manera el análisis de productividad de la línea de refracción sísmica influye en la optimización del estudio de mecánica de suelos	Elaborar el análisis de productividad de la línea de refracción sísmica y su influencia para optimizar el estudio de mecánica de suelos.	La productividad de la línea de refracción sísmica optimiza el estudio de mecánica de suelos.	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	NO - EXPERIMENTAL			
			EFICIENCIA	Análisis de tiempo	Cronograma de estudios (Excel)		TIPO:		
				Análisis económico	Presupuesto detallado (Excel)				
			PARÁMETROS OBTENIDOS	N30 DE SPT	Correlación con Vp	APLICADO			
							Ángulo de fricción interna	Ensayo de Laboratorio	NIVEL:
								Correlación con Vp	
Cohesión	Ensayo de Laboratorio	EXPLICATIVO							
	Correlación con Vp								

PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPOTESIS ESPECÍFICOS		Métodos no invasivos	Matriz de Leopold modificada			
¿De qué forma la línea de refracción sísmica es más eficiente que los métodos convencionales de estudio de suelos?	Evaluar la eficiencia de los métodos de investigación aplicados durante el estudio de suelos, en función al tiempo y costo.	La línea de refracción sísmica es más eficiente que la perforación rotativa, en función al tiempo y costo.	IMPACTO AMBIENTAL	Métodos no invasivos	Matriz de Leopold modificada			
				Métodos invasivos	Matriz causa - efecto	POBLACIÓN:		
			VARIABLE 2: ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS					Estudio de mecánica de suelos
			DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS			
			TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	Ensayo de penetración estándar (SPT)	Equipos, herramientas y mano de obra según Norma E 050			
Calicatas								
			Perforación rotativa		MUESTRA:			
¿Se pueden establecer correlaciones entre los parámetros obtenidos por la línea de refracción sísmica y los parámetros obtenidos en el estudio de mecánica de suelos?	Establecer correlaciones entre los parámetros obtenidos por la línea de refracción sísmica y los parámetros geotécnicos obtenidos en el estudio de mecánica de suelos.	Se pueden establecer correlaciones entre los parámetros obtenidos por la Línea de Refracción sísmica y los parámetros geotécnicos	PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN	Profundidad de Investigación	Cálculo de profundidad según Norma E 050	Línea de refracción sísmica, SPT, Calicatas y perforaciones		
				Cantidad de Puntos de Investigación	Tabla por tipo de edificación según Norma E 050			
				Ubicación de puntos de investigación	Plano de distribución de cimentaciones			
¿Qué método de investigación de campo genera un impacto ambiental menor dentro del estudio de mecánica de suelos?	Analizar el impacto ambiental generado por la aplicación de la línea de refracción sísmica y los métodos convencionales de estudio de suelos.	El uso de la línea de refracción sísmica reduce el impacto ambiental generado durante la aplicación del método y el movimiento de tierras.	TIPO DE MUESTRAS	Muestras Alteradas	Identificación del suelo, Determinación del estado de muestra			
				Muestras Inalteradas				

ANEXO N°02: CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Título: "ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD DE LA LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS EN VILLA EL SALVADOR, LIMA – 2018"

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
VARIABLE 1: Análisis de productividad de la línea de refracción sísmica	Se llama Análisis de productividad, a las acciones que se realizan para determinar la eficiencia de un trabajo, en cuanto a su costo, calidad de datos y tiempo de realización. Para un estudio geofísico, el análisis de productividad frente a otros métodos nos permite conocer su viabilidad y por ende su optimización.	Se realiza el análisis de productividad luego de la realización de los estudios de mecánica de suelos, incluido el estudio geofísico de la Línea de refracción sísmica.	Eficiencia	Análisis de tiempo	Cronograma de estudios (Excel)
				Análisis económico	Presupuesto detallado (Excel)
			Parámetros Obtenidos	N30 DE SPT	Correlación con Vp
				Ángulo de fricción interna	Ensayo de Laboratorio
					Correlación con Vp
				Cohesión	Ensayo de Laboratorio
			Correlación con Vp		
Impacto ambiental	Métodos invasivos	Matriz de leopold modificada,			

				Método no invasivo	Presupuestos
VARIABLE 2: Estudio de mecánica de suelos	Definimos al estudio de mecánica de suelos como la base fundamental de toda obra civil, ya que su contenido nos indicara sobre qué tipo de suelo se cimentarán nuestra estructura a través del perfil estratigráfico y la capacidad que tendrán para soportar las cargas establecidas.	Se realiza el estudio de mecánica de suelos en el área del proyecto de edificio multifamiliar, con el fin de obtener los datos correspondientes de las técnicas de investigación determinadas por la norma E 050	Técnicas de investigación	Ensayo de penetración estándar (SPT)	Equipos, herramientas y mano de obra según Norma E 050
				Calicatas	
				Perforación rotativa	
			Programa de investigación	Profundidad de Investigación	Cálculo de profundidad según Norma E 050
				Cantidad de puntos de Investigación	Tabla por tipo de edificación según Norma E 050
				Ubicación de puntos de investigación	Plano de distribución de cimentaciones
			Tipo de muestras	Muestra Alterada	Identificación del suelo, Determinación del estado de muestra
				Muestra Inalterada	

ANEXO N°03: VALIDACIÓN DE ESTUDIO DE SUELOS

Lima, 31 de mayo de 2018

Señores
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Yo, Maggie Martinelli Montoya identificada con DNI 08209108 en mi calidad de representante legal de la empresa MYM CONSULTORES S.R.L., autorizo a JESUS ZACARIAS MACEDO ZEGARRA, estudiante de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, a utilizar la información confidencial de la empresa para el proyecto de investigación denominado "ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD DE LA LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - VILLA EL SALVADOR". Como condiciones contractuales, el estudiante se obliga a (1) no divulgar ni usar para fines personales la información que, con objeto de la relación de trabajo, le fue suministrada; (2) no proporcionar a terceras personas, verbalmente o por escrito, directa o indirectamente, información alguna de las actividades y/o procesos de cualquier clase que fuesen observadas en la empresa durante la duración del proyecto. El estudiante asume que toda información y el resultado del proyecto serán de uso exclusivamente académico.

El material suministrado por la empresa será el "INFORME DE INVESTIGACIÓN DE CAMPO Y ENSAYOS DE LABORATORIO AMPLIACIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LA LÍNEA 1 METRO DE LIMA, VILLA EL SALVADOR, LIMA" con número de proyecto M4640. La información y resultado que se obtenga del mismo podrían llegar a convertirse en una herramienta didáctica que apoye la formación de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil.

Atentamente,



.....
Maggie Martinelli Montoya
Representante legal

ANEXO N°04: INFORME DE ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INVESTIGACIÓN DE CAMPO Y ENSAYOS DE LABORATORIO
AMPLIACIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LA LÍNEA 1
METRO DE LIMA
VILLA EL SALVADOR, LIMA

Estudio No M4640

Lima, Setiembre de 2016

1.0 TRABAJOS EFECTUADOS

1.1 Exploración de Campo

El programa de investigación de campo llevado a cabo, a solicitud del Cliente, comprendió:

- 3 perforaciones de 30.45 m de profundidad con respecto a la superficie actual del terreno, denominadas P-1 a P-3, en las cuales se ejecutaron ensayos de penetración estándar SPT (ASTM D1586) a las profundidades indicadas por el Cliente.
- 4 calicatas excavadas en forma manual hasta 3 m de profundidad con respecto a la superficie actual del terreno, denominadas C-1 a C-4. En cada calicata se realizaron a 3.00 m de profundidad ensayos de densidad de campo con cono de arena de 6 pulgadas (ASTM D1556).

En las perforaciones y calicatas se realizó un perfilaje minucioso, el cual incluyó el registro cuidadoso de las características de los suelos que conforman cada estrato del perfil del suelo, la clasificación visual de los suelos encontrados de acuerdo con los procedimientos del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos y la extracción de muestras, las cuales debidamente protegidas e identificadas fueron remitidas al laboratorio para su verificación y análisis.

1.2 Ensayos de Laboratorio

En el laboratorio se verificó la clasificación de las muestras obtenidas y luego se procedió a efectuar con ellas los siguientes ensayos:

En muestras provenientes de calicatas:

- Análisis Granulométrico por Tamizado (NTP 339.128)
- Límites de Atterberg (NTP 339.129)
- Contenido de Humedad (NTP 339.127)
- Clasificación Unificada (NTP 339.134)
- Ensayo de Corte Directo (NTP 339.171)

Después de la exploración de campo y los ensayos de en el laboratorio se determinó que, se encuentra Relleno compuesto por material Arena fina medianamente densa con lentes de grava y restos de desmonte, dicho relleno varía entre -0.30 y -1.20 m. en dirección de Norte a Sur, seguido por el material Arena fina ligeramente limosa mal graduada (SP-SM) y arena fina mal graduada (SP) de medianamente densa a muy densa hasta los 30m.

Los ensayos de laboratorio fueron realizados de acuerdo con las normas NTP indicadas y con los resultados obtenidos se procedió a efectuar una comparación con las características de los suelos obtenidas en el campo y las compatibilizaciones correspondientes en los casos en que fue necesario para obtener los perfiles de suelos definitivos, que son los que se presentan.

Lima, Setiembre de 2016



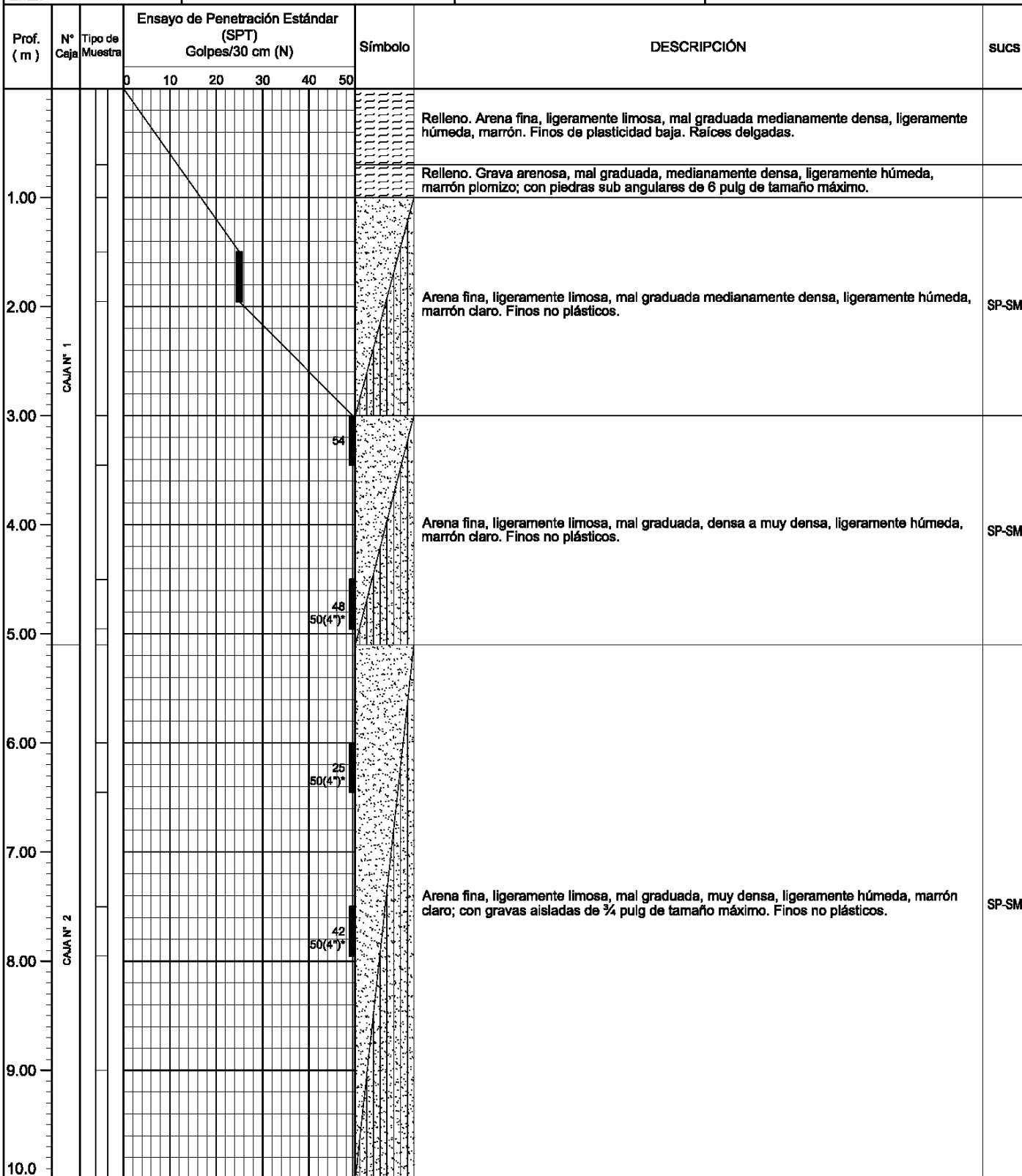
Ing. Maggie Martinelli Montoya
Reg. Col. Ings. CIP 26250



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA Nº M4640 - 3

Sondaje: P-1	Tipo: PERFORACIÓN ROTATIVA	Proyecto: AMPLIACIÓN LÍNEA 1 VILLA EL SALVADOR, LIMA
Cota de Sondaje: —	Registrado: J. ESCAJADILLO	Revisado: M. MARTINELLI
Prof. Agua Subterránea: —	Responsable: J. HILARES	
Coordenadas: —	Fecha ejecución: 22/08/2016	Fecha de Rev: AGOSTO, 2016
Referencia:	Profundidad alcanzada: 30.45 m	Dibujado: F. TAPIA



TIPOS DE MUESTRAS <input type="checkbox"/> Muestra Alzada en Balón <input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Bloque <input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Shelby <input type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	OBSERVACIONES: * Los números entre paréntesis indican la penetración alcanzada con 50 golpes del martillo de 140 lb utilizado para el ensayo de penetración estándar SPT.	
--	---	--



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4640 - 3A

Sondaje: P-1	Tipo: PERFORACIÓN ROTATIVA	Proyecto: AMPLIACIÓN LÍNEA 1 VILLA EL SALVADOR, LIMA
Cota de Sondaje: —	Registrado: J. ESCAJADILLO	Revisado: M. MARTINELLI
Prof. Agua Subterránea: —	Responsable: J. HILARES	Fecha de Rev: AGOSTO, 2016
Coordenadas: —	Fecha ejecución: 22/08/2016	Dibujado: F. TAPIA
Referencia: —	Profundidad alcanzada: 30.45 m	

ESTE FORMATO ES DE AUTOMÍA Y PROPIEDAD DE M&M CONSULTORES S.R.L., POR ENDE SE ENCUENTRA PROHIBIDA TODA DISTRIBUCIÓN Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA.

Prof. (m)	N° Caja	Tipo de Muestra	Ensayo de Penetración Estándar (SPT)						Símbolo	DESCRIPCIÓN	SUCS
			Golpes/30 cm (N)								
			0	10	20	30	40	50			
11.0	CAJA N° 2							50(5)*		Arena fina, ligeramente limosa, mal graduada, muy densa, ligeramente húmeda, marrón claro; con gravas aisladas de ½ pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	SP-SM
12.0											
13.0								50(5)*		Arena fina, mal graduada, muy densa, ligeramente húmeda, marrón claro.	SP
14.0											
15.0	CAJA N° 3							50(4)*		Arena fina, ligeramente limosa, mal graduada, muy densa, ligeramente húmeda, marrón claro. Finos no plásticos.	SP-SM
16.0											
17.0								75		Arena fina, limosa, muy densa, ligeramente húmeda, marrón claro. Finos plásticos.	SM
18.0											
19.0	CAJA N° 4							50(4)*		Arena fina, mal graduada, muy densa, ligeramente húmeda, marrón claro.	SP
20.0											

TIPOS DE MUESTRAS <input type="checkbox"/> Muestra Alzada en Balde <input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Balde <input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Shelby <input checked="" type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	OBSERVACIONES: * Los números entre paréntesis indican la penetración alcanzada con 50 golpes del martillo de 140 lb utilizado para el ensayo de penetración estándar SPT.
---	--

Continúa en la Lámina N° M4640-3B

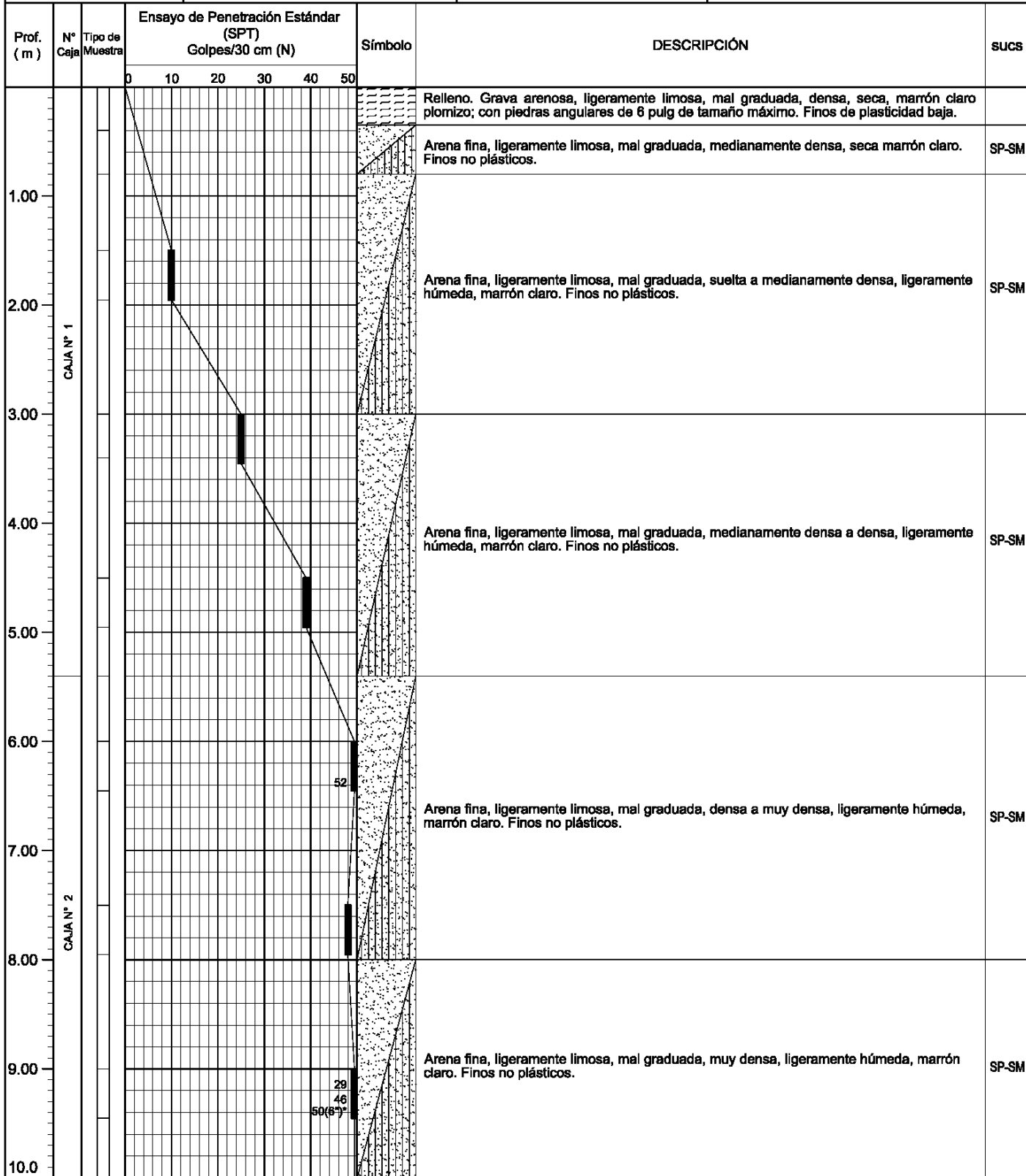


REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA Nº M4640 - 4

Sondaje: P-2	Tipo: PERFORACIÓN ROTATIVA	Proyecto: AMPLIACIÓN LÍNEA 1 VILLA EL SALVADOR, LIMA
Cota de Sondaje: —	Registrado: J. ESCAJADILLO	Revisado: M. MARTINELLI
Prof. Agua Subterránea: —	Responsable: J. HILARES	Fecha de Rev: AGOSTO, 2016
Coordenadas: —	Fecha ejecución: 20/08/2016	Dibujado: J. MATIAS
Referencia: —	Profundidad alcanzada: 30.00 m	

Código: GEO-PROC-T001-RL03
 Versión: 03
 Fecha: 07.07.16
 ESTE FORMATO ES DE AUTORIA Y PROPIEDAD DE M&M CONSULTORES S.R.L., POR ENDE SE ENCUENTRA PROHIBIDA TODA DISTRIBUCIÓN Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA.



TIPOS DE MUESTRAS <input type="checkbox"/> Muestra Alivada en Bolo <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Bolo <input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Shelby <input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Tubo <input checked="" type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	OBSERVACIONES: * El número entre paréntesis indica la penetración alcanzada con 50 golpes del martillo de 140 lb utilizado para el ensayo de penetración estándar SPT.
---	--

Continúa en la Lámina Nº M4640-4A



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4640 - 4A

Código: GEO-PROC-T001-RL03	Sondaje: P-2	Tipo: PERFORACIÓN ROTATIVA	Proyecto: AMPLIACIÓN LÍNEA 1 VILLA EL SALVADOR, LIMA
Versión: 03	Cota de Sondaje: —	Registrado: J. ESCAJADILLO	Revisado: M. MARTINELLI
Fecha: 07.07.16	Prof. Agua Subterránea: —	Responsable: J. HILARES	Fecha de Rev: AGOSTO, 2016
ESTE FORMATO ES DE AUTORIA Y PROPIEDAD DE M&M CONSULTORES S.R.L., POR ENDE SE ENCuentra PROHIBIDA TODA DISTRIBUCIÓN Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA.	Coordenadas: —	Fecha ejecución: 20/08/2016	Dibujado: J. MATIAS
	Referencia: —	Profundidad alcanzada: 30.00 m	

Prof. (m)	N° Caja	Tipo de Muestra	Ensayo de Penetración Estándar (SPT)						Símbolo	DESCRIPCIÓN	SUCS
			Golpes/30 cm (N)								
			0	10	20	30	40	50			
11.0	CAJA N° 2							50(5)*		Arena fina, ligeramente limosa, mal graduada, muy densa, ligeramente húmeda, marrón claro. Finos no plásticos.	SP-SM
12.0								32 50(4)*			
15.0	CAJA N° 3							50(5)*		Arena fina, ligeramente limosa, mal graduada, muy densa, ligeramente húmeda, marrón claro. Finos no plásticos.	SP-SM
16.0								50(5)*			
19.0	CAJA N° 4							50(5)*		Arena fina, mal graduada, muy densa, ligeramente húmeda, marrón claro.	SP

TIPOS DE MUESTRAS <input type="checkbox"/> Muestra Alivada en Balón <input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Balón <input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Shelby <input checked="" type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	OBSERVACIONES: * Los números entre paréntesis indican la penetración alcanzada con 50 golpes del martillo de 140 lb utilizado para el ensayo de penetración estándar SPT.	
---	---	--

Continúa en la Lámina N° M4640-4B

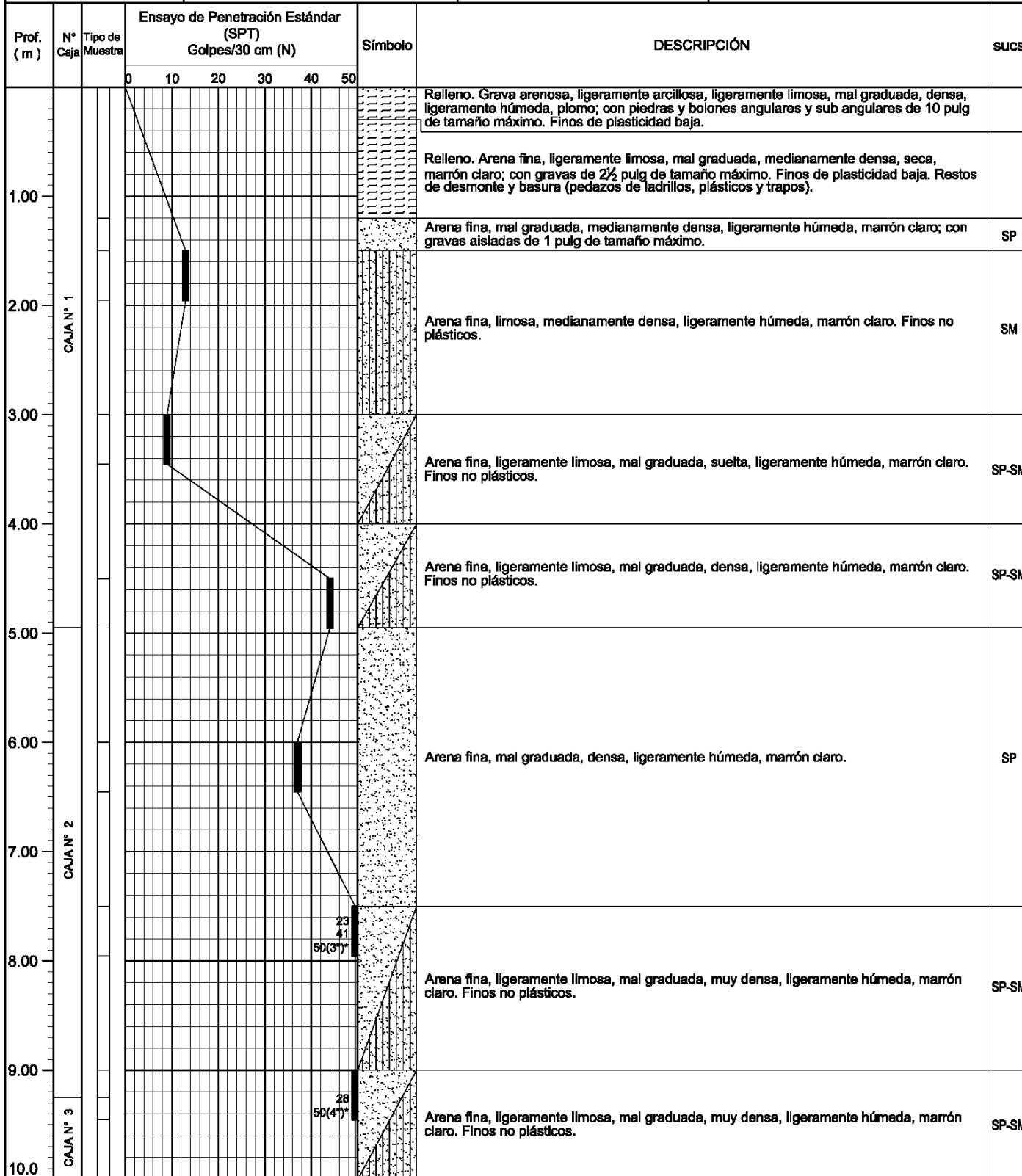


REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4640 - 5

Sondaje: P-3	Tipo: PERFORACIÓN ROTATIVA	Proyecto: AMPLIACIÓN LÍNEA 1 VILLA EL SALVADOR, LIMA
Cota de Sondaje: —	Registrado: J. ESCAJADILLO	Revisado: M. MARTINELLI
Prof. Agua Subterránea: —	Responsable: J. HILARES	Fecha de Rev: AGOSTO, 2016
Coordenadas: —	Fecha ejecución: 20/08/2016	Dibujado: J. MATIAS
Referencia: —	Profundidad alcanzada: 30.45 m	

Código: GEO-PROC-T001-RL03
Versión: 03
Fecha: 07.07.16
ESTE FORMATO ES DE AUTORIA Y PROPIEDAD DE M&M CONSULTORES S.R.L., POR ENDE SE ENCuentra PROHIBIDA TODA DISTRIBUCIÓN Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA



TIPOS DE MUESTRAS <input type="checkbox"/> Muestra Alzada en Balón <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Balón <input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Shelby <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Tubo <input checked="" type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	OBSERVACIONES: * El número entre paréntesis indica la penetración alcanzada con 50 golpes del martillo de 140 lb utilizado para el ensayo de penetración estándar SPT.
---	--

Continúa en la Lámina N° M4640-5A



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4640 - 5A

Sondaje: P-3	Tipo: PERFORACIÓN ROTATIVA	Proyecto: AMPLIACIÓN LÍNEA 1 VILLA EL SALVADOR, LIMA
Cota de Sondaje: —	Registrado: J. ESCAJADILLO	Revisado: M. MARTINELLI
Prof. Agua Subterránea: —	Responsable: J. HILARES	Fecha de Rev: AGOSTO, 2016
Coordenadas: —	Fecha ejecución: 20/08/2016	Dibujado: J. MATIAS
Referencia: —	Profundidad alcanzada: 30.45 m	

Código: GEO-PROC-T001-RL03
 Versión: 03
 Fecha: 07.07.16
 ESTE FORMATO ES DE AUTORIA Y PROPIEDAD DE M&M CONSULTORES S.R.L., POR ENDE SE ENCUENTRA PROHIBIDA TODA DISTRIBUCIÓN Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA.

Prof. (m)	N° Caja	Tipo de Muestra	Ensayo de Penetración Estándar (SPT)						Símbolo	DESCRIPCIÓN	SUCS
			Golpes/30 cm (N)								
			0	10	20	30	40	50			
11.0	CAJA N° 3							26 50(5)*		Arena fina, ligeramente limosa, mal graduada, muy densa, ligeramente húmeda, marrón claro. Finos no plásticos.	SP-SM
12.0							42 50(4)*				
14.0							48 50(3 1/2)*				
15.0	CAJA N° 4									Arena fina, mal graduada, muy densa, ligeramente húmeda, marrón claro.	SP
17.0							30 50(5)*				
19.0											
20.0											

TIPOS DE MUESTRAS <input type="checkbox"/> Muestra Alivada en Balón <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Balón <input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Shelby <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Tubo <input checked="" type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	OBSERVACIONES: * Los números entre paréntesis indican la penetración alcanzada con 50 golpes del martillo de 140 lb utilizado para el ensayo de penetración estándar SPT.
--	---

Continúa en la Lámina N° M4640-5B



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA Nº M4640 - 6

Sondaje: C-1	Tipo: CALICATA EXCAVADA EN FORMA MANUAL	Proyecto: AMPLIACIÓN LÍNEA 1 VILLA EL SALVADOR, LIMA
Cota de Sondaje: —	Registrado: J. ESCAJADILLO	Revisado: M. MARTINELLI
Prof. Agua Subterránea: —	Responsable: J. HILARES	Fecha de Rev: AGOSTO, 2016
Coordenadas: —	Fecha ejecución: 19/08/2016	Dibujado: J. MATIAS
Referencia:	Profundidad alcanzada: 3.00 m	

Código: GEO-PROC-T001-RL05
 Versión: 03
 Fecha: 07.07.16
 ESTE FORMATO ES DE AUTORA Y PROPIEDAD DE M&M CONSULTORES S.R.L., POR ENDE SE ENCUENTRA PROHIBIDA TODA DISTRIBUCIÓN Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA.

Prof. (m)	Tipo de Muestra	Símbolo	DESCRIPCIÓN	sucs
0.50			Relleno. Grava, arenosa, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa, seca, marrón; con gravas angulares de 2½ pulg de tamaño máximo. Finos de plasticidad baja. Raíces secas.	
1.00			Relleno afirmado. Grava arenosa, ligeramente limosa, mal graduada, densa, ligeramente húmeda, marrón claro; con gravas angulares y sub angulares de 3½ pulg de tamaño máximo. Finos de plasticidad baja.	
1.50			Relleno. Arena fina, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón claro. Restos de desmonte (pedazos de concreto y ladrillos).	
2.00			Arena fina, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón claro.	SP
2.50			Arena fina, mal graduada, medianamente densa a densa, ligeramente húmeda, marrón. Concreciones.	SP
3.00			Arena fina, limosa, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón claro. Finos no plásticos.	SM
3.50				
4.00				
4.50				
5.00				

TIPOS DE MUESTRAS	OBSERVACIONES:
<input type="checkbox"/> Muestra Alarado en Balco <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Bloque <input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Stalby <input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Tubo <input type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA Nº M4640 - 7

Sondaje: C-2	Tipo: CALICATA EXCAVADA EN FORMA MANUAL	Proyecto: AMPLIACIÓN LÍNEA 1 VILLA EL SALVADOR, LIMA
Cota de Sondaje: —	Registrado: J. ESCAJADILLO	Revisado: M. MARTINELLI
Prof. Agua Subterránea: —	Responsable: J. HILARES	Fecha de Rev: AGOSTO, 2016
Coordenadas: —	Fecha ejecución: 17/08/2016	Dibujado: J. MATIAS
Referencia:	Profundidad alcanzada: 3.00 m	

Código: GEO-PROC-T001-RL05
 Versión: 03
 Fecha: 07.07.16
 ESTE FORMATO ES DE AUTORA Y PROPIEDAD DE M&M CONSULTORES S.R.L., POR ENDE SE ENCUENTRA PROHIBIDA TODA DISTRIBUCIÓN Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA.

Prof. (m)	Tipo de Muestra	Símbolo	DESCRIPCIÓN	sucs
0.50			Afirmado. Grava arenosa, ligeramente limosa, mal graduada, densa, seca, marrón; con gravas angulares y sub angulares de 3½ pulg de tamaño máximo. Finos de plasticidad baja.	
0.50			Relleno. Arena fina, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón claro; con gravas aisladas de 2½ pulg de tamaño máximo. Resto de desmonte (pedazos de concreto).	
1.00			Arena fina, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón.	SP
1.50			Arena fina, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón claro.	SP
2.00			Arena fina, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón claro.	SP
2.50			Arena fina, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón claro. Finos no plásticos. Conchuelas y trozos de arena.	SP-SM
3.00				
3.50				
4.00				
4.50				
5.00				

TIPOS DE MUESTRAS <input type="checkbox"/> Muestra Alarado en Balde <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Bloque <input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Shelby <input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Tubo <input type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	OBSERVACIONES:
---	---------------------------------------



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA Nº M4640 - 10

Sondaje: C-4 (AL OTRO EXTREMO)	Tipo: CALICATA EXCAVADA EN FORMA MANUAL	Proyecto: AMPLIACIÓN LÍNEA 1 VILLA EL SALVADOR, LIMA
Cota de Sondaje: --	Registrado: J. ESCAJADILLO	Revisado: M. MARTINELLI
Prof. Agua Subterránea: --	Responsable: J. HILARES	Fecha de Rev: AGOSTO, 2016
Coordenadas: --	Fecha ejecución: 17/08/2016	Dibujado: J. MATIAS
Referencia:	Profundidad alcanzada: 3.00 m	

Código: GEO-PROC-T001-RI05
 Versión: 03
 Fecha: 07.07.16

ESTE FORMATO ES DE AUTOMÍA Y PROPIEDAD DE M&M CONSULTORES S.R.L., POR ENDE SE ENCuentra PROHIBIDA TODA DISTRIBUCIÓN Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA.

Prof. (m)	Tipo de Muestra	Símbolo	DESCRIPCIÓN	SUCS
			Relleno. Arena fina, mal graduada, medianamente densa, seca, marrón claro. Restos de desmonte y basura (pedazos de ladrillo y plásticos).	
0.50			Arena fina, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón claro.	SP
1.00			Arena fina, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa a densa, ligeramente húmeda, marrón. Finos de plasticidad baja. Concreciones.	SP-SM
1.50			Arena fina, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón claro.	SP
2.00				
2.50				
3.00				
3.50				
4.00				
4.50				
5.00				

TIPOS DE MUESTRAS <input type="checkbox"/> Muestra Alarado en Bata <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Bloque <input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Tubo <input type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	OBSERVACIONES:
---	---------------------------------------



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO S.A.C.

LÁMINA N° M4640-11

CERTIFICADO N°:	OE16-1088-01-CD
Fecha de Emisión:	09/09/2016

DATOS DEL SOLICITANTE	DATOS DE LA MUESTRA	DATOS DEL MUESTREO
Cliente: MyM Consultores S.R.L.	Tipo: MAB	Identificación: C-1
Solicitante: Sr. Enrique Trujillo	Material: Suelo	Profundidad: 2.80 - 3.00 m
Proyecto: M-4640 Ampliación Línea - 1	Procedencia: Calicata	Progresiva: -
Ubicación: Villa el Salvador	Fecha de recepción: 24/08/2016	Coordenadas: -
	Presentación: Bolsa Plástica Sellada	Elevación: -
	Muestra recibida: 10.0 Kg	Ubicación de Muestreo: Calicata
		Muestreado por: J.E.Z.
		Fecha de Muestreo: 18/08/2016

CORTE DIRECTO - ESPECÍMENES REMOLDEADOS

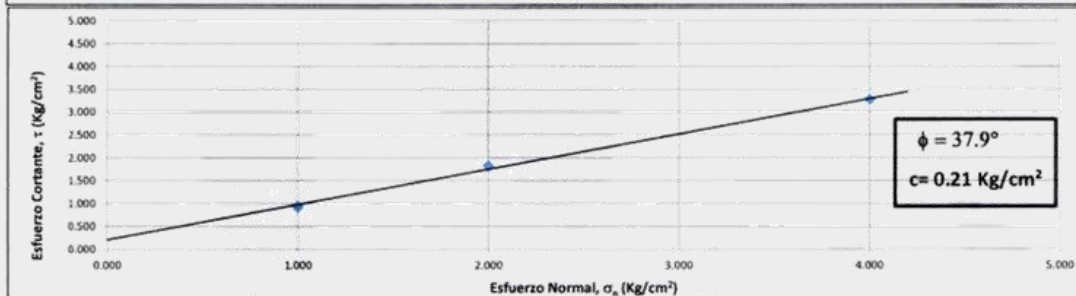
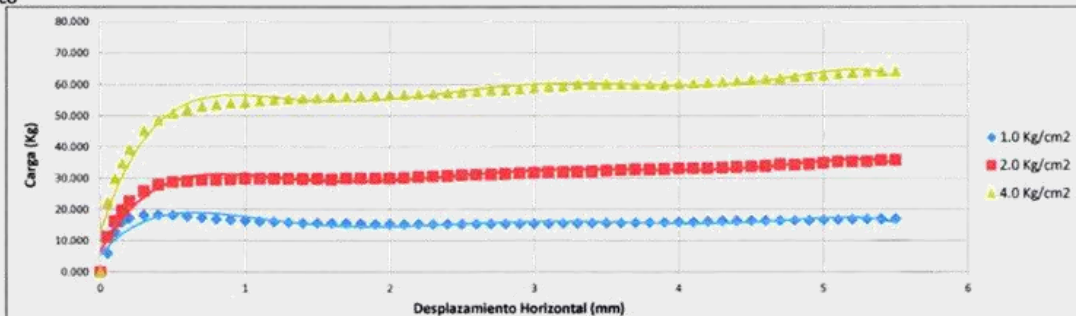
Fecha de Ensayo:	05/09/2016	Resp. del ensayo:	J. Rodriguez	Norma utilizada:	NTP 399.171:2002
------------------	------------	-------------------	--------------	------------------	------------------

DATOS DEL EQUIPO					
Equipo	: HM-2560A	Dial Desplazamiento Vertical:	Digital HM-2310.10	Caja de corte Circular	
Aplicación de Carga Normal	: Neumático HM-4170	Dial Desplazamiento Horizontal:	Digital HM-2310.04	Diámetro (cm)	5.0
Registro de Esfuerzo de Corte	: Celda de Carga HM-2300.020			Altura(cm)	2.5

DATOS DE LOS ESPECÍMENES				
Tipo de especímenes:	Remoldeados			
Espécimen	A	B	C	
Esfuerzo Normal (Kg/cm ²)	1.0	2.0	4.0	
Esfuerzo Cortante (Kg/cm ²)	0.935	1.823	3.272	
Densidad Natural (g/cm ³)	1.745	1.751	1.751	
Humedad (%)	2.3	2.3	2.3	
Densidad Seca (g/cm ³)	1.706	1.712	1.712	

RESULTADO DEL ENSAYO	
Angulo de Fricción (φ)	37.9°
Cohesión (c)	0.21 Kg/cm ²

GRÁFICO



OBSERVACIONES

Los especímenes fueron remoldeados a la densidad obtenida en el ensayo de determinación de densidad con el cono de arena (ASTM D1556) efectuado a la calicata C-1.

NOTA

La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante.

Revisado por:

MYM LABORATORIO DE
SUELOS Y CONCRETO S.A.C

Luis Rejas Mendoza
JEFE TÉCNICO DE LABORATORIO

Certificado por:

GILMAR NATIVIDAD CAMACHO HUAPAYA
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P. N° 49965



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO S.A.C.

LÁMINA N° M4640-12

CERTIFICADO N°:	OE16-1068-01-CD
Fecha de Emisión:	05/09/2016

DATOS DEL SOLICITANTE	DATOS DE LA MUESTRA	DATOS DEL MUESTREO
Cliente: MyM Consultores S.R.L.	Tipo: MAB	Identificación: C-2
Solicitante: Sr. Enrique Trujillo	Material: Suelo	Profundidad: 2.80 - 3.00 m
Proyecto: M-4640 Ampliación Línea - 1	Procedencia: Calicata	Progresiva: -
Ubicación: Villa el Salvador	Fecha de recepción: 22/08/2016	Coordenadas: -
	Presentación: Bolsa Plástica Sellada	Elevación: -
	Muestra recibida: 12.2 Kg	Ubicación de Muestreo: Calicata
		Muestreado por: J.E.Z.
		Fecha de Muestreo: 17/08/2016

CORTE DIRECTO - ESPECÍMENES REMOLDEADOS

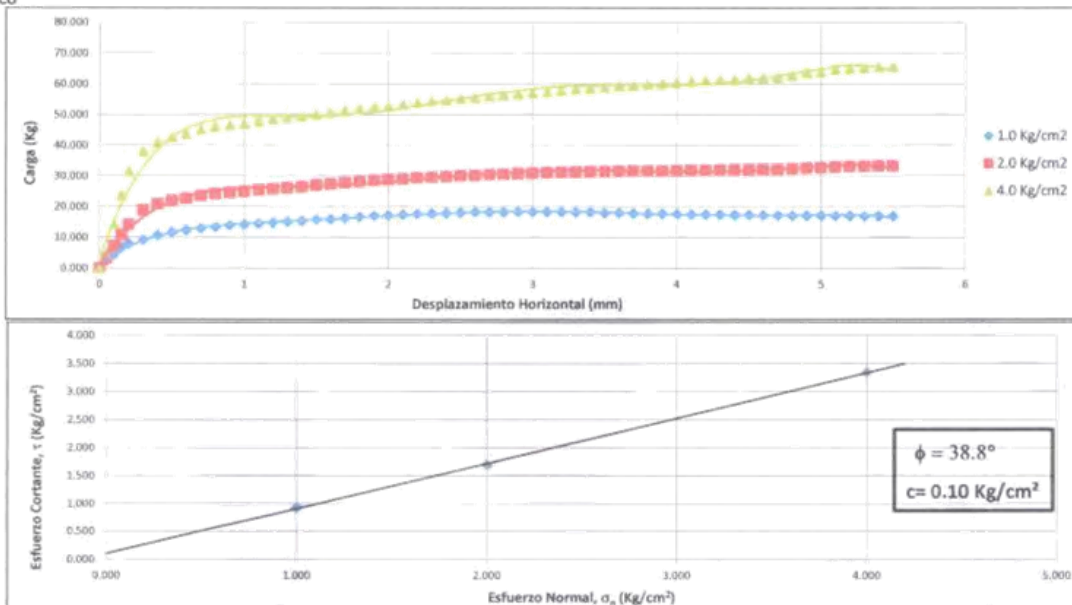
Fecha de Ensayo:	24/08/2016	Resp. del ensayo:	J. Rodríguez	Norma utilizada:	NTP 339.171:2002
------------------	------------	-------------------	--------------	------------------	------------------

DATOS DEL EQUIPO					
Equipo	: HM-2560A	Dial Desplazamiento Vertical:	Digital HM-2310.10	Caja de corte Circular	
Aplicación de Carga Normal	: Neumático HM-4170	Dial Desplazamiento Horizontal:	Digital HM-2310.04	Diámetro (cm)	5.0
Registro de Esfuerzo de Corte	: Celda de Carga HM-2300.020			Altura (cm)	2.5

DATOS DE LOS ESPECÍMENES			
Tipo de especímenes:	Remoldeados		
Especímen	A	B	C
Esfuerzo Normal (Kg/cm ²)	1.0	2.0	4.0
Esfuerzo Cortante (Kg/cm ²)	0.930	1.693	3.345
Densidad Humeda (g/cm ³)	1.650	1.654	1.652
Humedad (%)	1.9	1.9	1.9
Densidad Seca (g/cm ³)	1.619	1.623	1.621

RESULTADO DEL ENSAYO	
Angulo de Fricción (φ)	38.8°
Cohesión (c)	0.10 Kg/cm ²

GRÁFICO



OBSERVACIONES

Los especímenes fueron remoldeados a la densidad obtenida en el ensayo de determinación de densidad con el cono de arena (ASTM D1556) efectuado en la calicata C-2.

NOTA

La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante.

Revisado por:

MyM LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO S.A.C.

Luis Rojas Mendoza
 JEFE TÉCNICO DE LABORATORIO

Certificado por:

GILMAR NATIVIDAD CAMACHO HUAPAYA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. N° 49965



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO S.A.C.

LAMINA N° M4640-13

CERTIFICADO N°:	OE16-1068-03-CD
Fecha de Emisión:	05/09/2016

DATOS DEL SOLICITANTE	DATOS DE LA MUESTRA	DATOS DEL MUESTREO
Cliente: MyM Consultores S.R.L.	Tipo: MAB	Identificación: C-4
Solicitante: Sr. Enrique Trujillo	Material: Suelo	Profundidad: 2.80 - 3.00 m
Proyecto: M-4640 Ampliación Línea - 1	Procedencia: Calicata	Progresiva: -
Ubicación: Villa el Salvador	Fecha de recepción: 22/08/2016	Coordenadas: -
	Presentación: Botsa Plástica Sellada	Elevación: -
	Muestra recibida: 12.4 Kg	Ubicación de Muestreo: Calicata
		Muestreado por: J.E.Z.
		Fecha de Muestreo: 15/08/2016

CORTE DIRECTO - ESPÉCIMENES REMOLDEADOS

Fecha de Ensayo:	26/08/2016	Resp. del ensayo:	J. Rodriguez	Norma utilizada:	NTP 339.171:2002
------------------	------------	-------------------	--------------	------------------	------------------

DATOS DEL EQUIPO

Equipo :	HM-2560A	Dial Desplazamiento Vertical:	Digital HM-2310.10	Caja de corte Circular
Aplicación de Carga Normal :	Neumático HM-4170	Dial Desplazamiento Horizontal:	Digital HM-2310.04	Diámetro (cm) 5.0
Registro de Esfuerzo de Corte :	Celda de Carga HM-2300.020			Altura (cm) 2.5

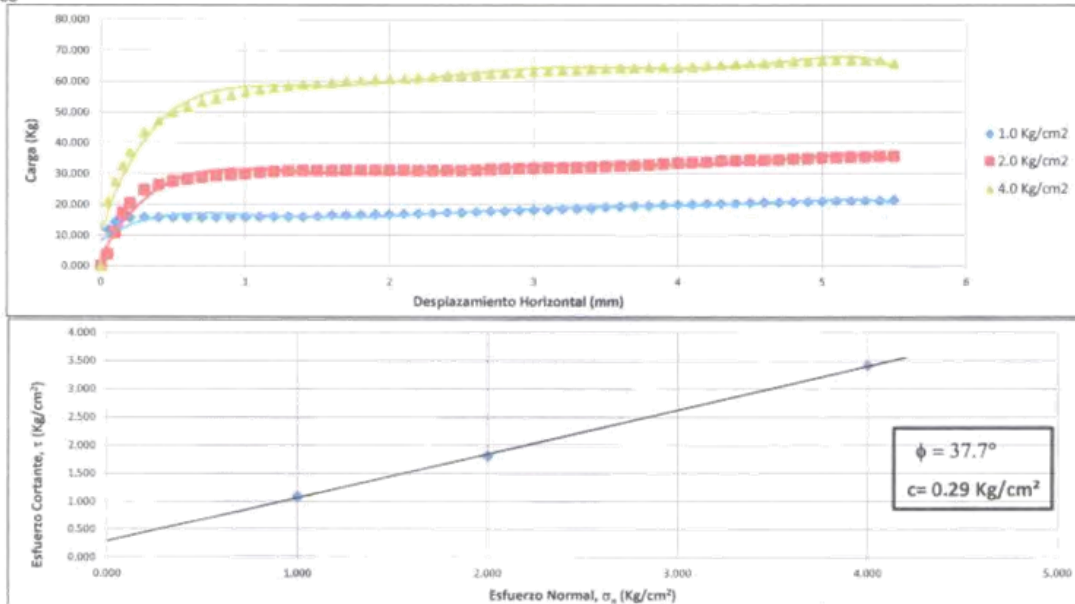
DATOS DE LOS ESPÉCIMENES

Tipo de especímenes:	Remoldeados		
Espécimen	A	B	C
Esfuerzo Normal (Kg/cm ²)	1.0	2.0	4.0
Esfuerzo Cortante (Kg/cm ²)	1.096	1.812	3.417
Densidad Humeda (g/cm ³)	1.686	1.686	1.684
Humedad (%)	2.1	2.1	2.1
Densidad Seca (g/cm ³)	1.652	1.652	1.650

RESULTADO DEL ENSAYO

Angulo de Fricción (φ)	37.7°
Cohesión (c)	0.29 Kg/cm ²

GRÁFICO



OBSERVACIONES

Los especímenes fueron remoldeados a la densidad obtenida en el ensayo de determinación de densidad con el cono de arena (ASTM D1556) efectuado en la calicata C-4.

NOTA

La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante.

Revisado por:

MyM LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO S.A.C.

Luis Rejas Mendoza
 JEFE TÉCNICO DE LABORATORIO

Certificado por:

GILMAR NATIVIDAD CAMACHO HUAPAYA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. N° 49965

ANEXO N°05: CALIBRACIÓN EQUIPO CORTE DIRECTO

METROTEC

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 272 - 2016

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 4

1. Expediente	16659
2. Solicitante	M Y M LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO S.A.C.
3. Dirección	Cal. Mayorazgo N° 159 Urb. Chacarilla de Estanque - San Borja - Lima - LIMA.
4. Equipo	CORTE DIRECTO
Capacidad	2000 lbf
Marca	HUMBOLDT
Modelo	HM-2560A (*) / HM-2300.020 (**) / HM-4170 (***)
Número de Serie	1206322 (*) / 103583 (**) / 177670 (***)
Clase	NO INDICA
Procedencia	U.S.A.
Identificación	ECD-01 (*) / CCD-01 (**) / TP-01 (***)
Indicador	DIGITAL
Marca	HUMBOLDT
Modelo	HM-2560
Número de Serie	1206322
División de Escala / Resolución	0,001 kN

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aqui declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

5. Fecha de Calibración 2016-06-26

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2016-06-31


JUAN C. QUISPE MORALES



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24, Urb. San Diego - LIMA - PERÚ
Tel.: (511) 540-6642
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282
*RPM: *820777 / #071430787 / #047635342*

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 272 - 2016***Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza*

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

7. Lugar de calibración

LABORATORIO DE SUELOS AGREGADOS Y CONCRETO.
Calle Las Gardenias Mz. I Lote 13 Urb. Las Praderas de Lurin - Lurin - LIMA.

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	22,5 °C	22,1 °C
Humedad Relativa	69 % HR	69 % HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en el National Standards Testing Laboratory de	Celda de carga calibrado a 1500 kN con incertidumbre del orden de 0,6 %	LEDI-PUCP INF-LE 426-15

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- (*) Modelo, Serie y Código de identificación del equipo de Corte Directo.
- (**) Modelo, Serie y Código de identificación de la Celda de Carga Tipo "S".
- (***) Modelo, Serie y Código de identificación del Transductor de Presión.



Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 272 - 2016

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia				
%	F_i (kN)	F_1 (kgf)	F_2 (kgf)	F_3 (kgf)	$F_{Promedio}$ (kgf)	
10	0,3	30,3	30,4	30,3	30,3	
20	0,6	60,7	60,7	60,7	60,7	
30	0,9	91,1	91,1	91,1	91,1	
40	1,2	121,5	121,5	121,5	121,5	
50	1,5	151,9	151,9	151,9	151,9	
60	1,8	182,3	182,3	182,3	182,3	
70	2,1	212,7	212,8	212,8	212,8	
80	2,4	243,1	243,2	243,1	243,1	
90	2,7	273,6	273,7	273,7	273,7	
100	3,0	304,0	304,0	304,0	304,0	
Retorno a Cero		0,0	0,0	0,0		

Indicación del Equipo F (kN)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
0,3	0,81	0,07	---	0,33	0,15
0,6	0,75	0,03	---	0,17	0,15
0,9	0,75	0,02	---	0,11	0,15
1,2	0,70	0,02	---	0,08	0,15
1,5	0,68	0,00	---	0,07	0,15
1,8	0,67	0,02	---	0,06	0,15
2,1	0,65	0,02	---	0,05	0,15
2,4	0,65	0,02	---	0,04	0,15
2,7	0,61	0,01	---	0,04	0,15
3,0	0,64	0,01	---	0,03	0,15

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0)	0,00 %
---	--------



Laboratorio de Fuerza

Laboratorio de Fuerza

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 272 - 2016**

Página 4 de 4

Resultados medidos para la aplicación de fuerza vertical.

Presión req. (kg/cm ²)	Presión Equipo (kpa)	Carga Medida (kg)	Carga Medida (kN)
1	22	23,89	0,23
2	44	49,64	0,49
4	88	101,38	0,99

Nota: Transductor de Presión: Modelo: HM-4170 Serie: 177670 Capacidad: 150
psi Cod. Interno: TP-01

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

**Metrología & Técnicas S.A.C.**

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24, Urb. San Diego - LIMA - PERÚ

Telf.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

RPM: *849272 / #971439282 / #942635342

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com



Certificate of Calibration

Geometrics certifies that the below listed product was calibrated in accordance with applicable Geometrics procedures. These procedures are designed to assure that the product listed below meets or exceeds Geometrics specifications.

Geometrics Inc. further certifies that this product has been calibrated using standards whose accuracy is derived from accepted current values of natural physical constants.

The environment in which this product was calibrated is maintained within the operating specifications of the instrument and the standards.

For questions or comments, please contact Geometrics technical support at support@geometrics.com .

MODEL / PART NO.	SERIAL NUMBER	TECHNICIAN
Geode-24-ES	5819	Paul Du
QUALITY MANAGER		DATE
Ron Royal		9/26/2017





Our seismographs do not require periodic calibrations in that they do not have any adjustable parameters. With that being said, we do recommend that they be checked for performance and routine maintenance to include intensive analog tests of the acquisition circuitry. A reasonable interval would be around every 5 years for normal usage.

During these tests we verify that the seismograph analog performance meets our specifications by using a seismic test system. This system incorporates a standard reference oscillator and precision resistor networks to inject known signals into the seismograph. We then use algorithms in our software to calculate the response and performance of the analog circuits.

This "performance test" is ran whenever we receive an instrument in for repair or evaluation. Some of our customers do prefer to have their instruments performance checked on a periodic basis especially if they are required by their clients, for example the NRC. We offer these non-traceable recertification's to include a certificate conformance and test results for a fee of \$300.

If you would like us to perform performance verifications and a system evaluation please visit our support site to reserve an RMA and obtain shipping instructions:

<http://support.geometrics.com/rma.cfm>

**ANEXO N°07
PLANO GENERAL**

ANEXO N°08 PANEL FOTOGRÁFICO



TESISTA Y PERSONAL REALIZANDO INSTALACIÓN DEL EQUIPO
PARA EL ENSAYO DE REFRACCIÓN



EQUIPO USADO PARA LA RECEPCIÓN DE ONDAS



FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TÍTULO

"Análisis de productividad de la línea de refracción sísmica para la optimización del estudio de mecánica de suelos en Villa El Salvador, Lima - 2018"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Jesús Zacañas Macedo Zegarra

ASESOR:

Mg. Rodolfo Ricardo Marquina Callaña

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Administración y seguridad en la construcción

LIMA - PERÚ

2018



Resumen de coincidencias

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias		
1	es.scribd.com Fuente de internet	2 %
2	docplayer.es Fuente de internet	2 %
3	www.scribd.com Fuente de internet	2 %
4	docslide.us Fuente de internet	1 %
5	dspace.ups.edu.ec Fuente de internet	1 %
6	recursos.educacion... Fuente de internet	<1 %
7	www.slideshare.net Fuente de internet	<1 %
8	Entregado a Universida... Trabajo de estudiante	<1 %
9	www.osso.org.co Fuente de internet	<1 %
10	www.buenastareas.com Fuente de internet	<1 %
11	pt.scribd.com Fuente de internet	<1 %

Yo, RODOLFO MARQUINA CALCACNIA
 docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil
 de la Universidad César Vallejo Lima Norte, revisor (a) de la tesis titulada

“ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD DE LA LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS EN VILLA EL SALVADOR, LIMA – 2018”, del (de la) estudiante Jesus Zacarias Macedo Zegarra, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/La sucrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha 07 - Julio - 2018



.....

Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente

DNI: 10 000 435

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	--------	---------------------------------



FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICATION ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

...Macedo... Zegarra... Jesus... Zacarias
D.N.I. : ...76386691
Domicilio : ...Calle Las Vegas 157 Urb. Las Vegas
Teléfono : Fijo : Móvil : 978087494
E-mail : ...jesusmacedozegarra@gmail.com

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : ...Ingeniería
Escuela : ...Ingeniería Civil
Carrera : ...Ingeniería Civil
Título : ...Ingeniero Civil

Tesis de Post Grado

Maestría

Doctorado

Grado :
Mención :

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

...Macedo... Zegarra... Jesus... Zacarias

Título de la tesis:

"Análisis de productividad de la línea de reparación sísmica para la optimización del estudio de mecánica de suelos en Villa El Salvador, Lima-2018"

Año de publicación : ...2018

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento, autorizo a la Biblioteca UCV-Lima Norte, a publicar en texto completo mi tesis.

Firma : 

Fecha : ...08/02/19



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE
La Escuela de Ingeniería Civil

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

MACEDO ZEGARRA, JESUS ZACARIAS.....

INFORME TITULADO:

*ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD DE 2ª LÍNEA DE DEFLEXIÓN
SÍSMICA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ESTUDIO DE MECANISMO
DE TUBOS EN VILLA EL SALVADOR, LIMA - 2018*

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero Civil

SUSTENTADO EN FECHA:

07/07/2018

NOTA O MENCIÓN :

13 (TRECE)



[Signature]
Firma del Coordinador de Investigación de
Ingeniería Civil