

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS
GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A
DIEZ NIVELES – CUSCO 2023**

PRESENTADO POR:

- Br. Henry Guzman Vargas

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO CIVIL**

ASESOR:

- Dr. Ing. Adan Wilbert Solorzano Montesinos

CUSCO-PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada Análisis Comparativo de la capacidad de carga por métodos geosísmicos y convencionales para una edificación mayor a diez niveles - cusco 2023.

presentado por: Bach. HENRY GUZMAN VAREAS con DNI Nro. 48222032

para optar el título profesional/grado académico de

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 01 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 3 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	<u>X</u>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 19 de noviembre de 2024



Firma

Post firma Adán Wilbert Solórzano Montesinos

Nro. de DNI 23857089

ORCID del Asesor 0000 - 0001 - 7072 - 618 X

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:406912371 ✓

NOMBRE DEL TRABAJO

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEOSÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDI

AUTOR

Henry Guzmán Vargas

RECUENTO DE PALABRAS

66487 Words

RECUENTO DE CARACTERES

290859 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

240 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

8.7MB

FECHA DE ENTREGA

Nov 18, 2024 8:02 PM CST

FECHA DEL INFORME

Nov 18, 2024 8:06 PM CST**● 3% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 2% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)
- Material citado

DEDICATORIA

"A Dios, fuente de mi fortaleza, Gracias por el valor y la perseverancia necesarios para alcanzar este logro.

Te dedico este trabajo, con mucha gratitud y humildad.

"A mi madre Felicitas Vargas Condori y a mi padre Anastacio Guzmán Condo, por su amor incondicional, su apoyo constante y por enseñarme el valor del esfuerzo y la dedicación. Todo lo que soy se lo debo a ustedes. A mis hermanos Alex Guzmán y Marco A. Guzmán, por la motivación, mis confidentes. Este logro es también suyo, y lo comparto con ustedes con todo mi cariño y gratitud."

Henry Guzmán Vargas

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento al asesor de tesis, por la colaboración y orientación en la ejecución del presente trabajo de investigación, supo guiarme por su amplio conocimiento y experiencia. Asimismo, agradecer a la empresa ASET INGENIERÍA por haberme facilitado los equipos y por el asesoramiento necesario.

ÍNDICE

Dedicatoria.....	1
Agradecimiento.....	2
Resumen.....	11
ABSTRACT.....	12
INTRODUCCIÓN.....	13
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES	14
1.1. Planteamiento del problema.....	14
1.2. Formulación de problemas.....	16
1.2.1 Problema general.....	16
1.2.2 Problemas específicos.....	16
1.3. Justificación.....	16
1.3.1 Relevancia social.....	16
1.3.2 Implicancias prácticas.....	17
1.3.3 Valor teórico.....	17
1.3.4 Utilidad metodológica.....	18
1.4. Objetivos de la investigación.....	18
1.4.1 Objetivos generales.....	18
1.4.2 Objetivos específicos.....	19
1.5. Variables de la investigación.....	19
1.5.1 Variables.....	19
1.5.2 Operacionalización de variable.....	21
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	22
2.1. Antecedentes de la investigación.....	22
2.1.1 Antecedentes de la investigación a nivel internacional.....	22
2.1.2 Antecedentes de la investigación a nivel nacional.....	24
2.2. Bases teóricas.....	25
2.2.1 Suelos.....	25
2.2.2 Granulometría de suelos.....	25
2.2.3 Límites de Atterberg.....	26
2.2.4 Clasificación de los suelos por método SUCS.....	27
2.2.5 Peso volumétrico.....	30
2.2.6 SPT (Sondeo de Penetración estándar).....	30
2.2.7 Corte Directo.....	32
2.2.8 Refracción sísmica.....	34

2.2.9	MASW (Análisis Multicanal de Ondas Superficiales)	36
2.2.10	Equipo para la medición de refracción sísmica y MASW	37
2.2.11	Ondas sísmicas de cuerpo	39
2.2.12	Cimentaciones superficiales.....	40
2.2.13	Teoría de la capacidad de carga en suelos	41
2.2.14	Parámetros de resistencia del suelo.....	43
2.2.15	Esfuerzo efectivo (σ).....	44
2.2.16	Capacidad de carga (q_u).....	44
2.2.17	Esfuerzo admisible (q_{adm})	44
2.2.18	Esfuerzo neto ($q_{neto}(u)$)	44
2.2.19	Capacidad de carga de Meyerhof para cimentaciones superficiales.....	44
2.2.20	Cimentaciones profundas.....	47
2.2.21	Capacidad de carga en pilotes (Q_u)	47
2.2.22	Capacidad de punta de pilotes.....	47
2.2.23	Resistencia por fricción.....	48
2.2.24	Capacidad de carga de punta método Meyerhof.....	48
2.2.25	Carga permisible (Q_{perm})	51
2.2.26	Asentamiento elástico de pilotes.....	52
2.2.27	Eficiencia de grupo de pilotes.....	53
2.2.28	Capacidad de carga de grupos de pilotes en arcilla saturada	55
2.2.29	Asentamiento elástico de grupo de pilotes.....	57
2.2.30	Correlación de propiedades dinámicas y elásticas (Geo sísmico)	58
2.2.31	Correlación de parámetros de resistencia (Geo sísmico).....	59
2.2.32	Software para procesar los datos de refracción sísmica y MASW	60
2.3.	Hipótesis de la investigación.....	62
2.3.1	Hipótesis generales	62
2.3.2	Hipótesis específicas.....	62
CAPÍTULO III: METODOLÓGIA DE INVESTIGACIÓN		63
3.1.	Ubicación del área de estudio.....	63
3.2.	Características de la investigación	64
3.2.1	Tipo de investigación.....	64
3.2.2	Nivel de investigación.....	65
3.2.3	Diseño de investigación	65
3.3.	Población y Muestra.....	66

3.3.1	Población.....	66
3.3.2	Muestra	66
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	66
3.4.1	Procedimiento para recolección de datos.....	67
3.4.2	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	67
3.5.	Metodología para la ejecución de ensayos.....	67
3.5.1	Descripción de método convencional	67
3.5.2	Ensayo de SPT	67
3.5.3	Ensayo de corte directo.....	69
3.5.4	Descripción del método geosísmicos.....	70
3.5.5	Ensayo geo sísmico.....	71
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS		74
4.1.	Resultados de los ensayos realizados	74
4.1.1	Estratigrafía.....	74
4.1.2	Ensayo de contenido de humedad.....	77
4.1.3	Ensayo de peso volumétrico	79
4.1.4	Análisis granulométrico y límites de Atterberg	80
4.1.5	Ensayo SPT.....	89
4.1.6	Corte directo.....	93
4.1.7	Ensayos geo sísmicos.....	99
4.2.	Cálculo de la capacidad de carga del suelo	115
4.3.	Cálculo de la capacidad de carga de pilotes para columna central.	124
4.4.	Cálculo de la capacidad carga de pilotes para columna lateral	137
4.5.	Cálculo de la capacidad carga de pilotes para columna esquinera.....	147
4.6.	Contraste de hipótesis general.....	156
4.7.	Discusión de resultados.....	157
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		159
5.1.	Conclusiones	159
5.2.	Recomendaciones.....	161
CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA		162
CAPÍTULO VII: ANEXOS		166

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Partes del equipo SPT	32
Figura 2 Representación gráfica de la ecuación de Coulomb	33
Figura 3 Detalle de la caja de corte directo	33
Figura 4 Esquema de adquisición del método de refracción sísmica	34
Figura 5 Propagación de las ondas según Huygens	35
Figura 6 Trayectoria del rayo de luz según Fermat	35
Figura 7 Refracción de una onda luminosa	36
Figura 8 Reflexión y refracción de ondas en la refracción sísmica	36
Figura 9 Ondas de compresión P	39
Figura 10 Ondas secundarias S	40
Figura 11 Zonas de mecanismo de falla	41
Figura 12 Falla por corte general	42
Figura 13 Falla por corte local	42
Figura 14 Falla al corte por punzonamiento	43
Figura 15 Grupo de pilotes	54
Figura 16 Sección del bloque de pilotes	55
Figura 17 Resistencia por punta y fricción en grupo de pilotes	55
Figura 18 Sección de grupo de pilotes	56
Figura 19 Programas de procesamiento	60
Figura 20 Software Pickwin	61
Figura 21 Programa Plotrefa	62
Figura 22 Ubicación del primer caso de estudio	63
Figura 23 Ubicación del segundo caso de estudio	64
Figura 24 Ensayo de SPT	69
Figura 25 Equipo de ensayo de corte directo	70
Figura 26 Proceso de ensayo MASW	73
Figura 27 Estratigráfica del primer caso	76
Figura 28 Estratigráfica del segundo caso	76
Figura 29 Representación de platea de cimentación y estratigrafía 1er caso de estudio	116
Figura 30 Representación de platea de cimentación y estratigrafía 2do caso	120
Figura 31 Representación de grupo de pilotes y datos de estratigrafía del 1er caso	125
Figura 32 Sección del grupo de pilotes para una columna central 1er punto	127
Figura 33 Representación del grupo de pilotes y datos de estratigrafía del 2do caso	131
Figura 34 Sección del grupo de pilotes para una columna central 2do caso	133
Figura 35 Sección del grupo de pilotes para una columna lateral 1er caso	139
Figura 36 Sección del grupo de pilotes para una columna lateral 2do caso	144
Figura 37 Sección del grupo de pilotes para una columna esquinera 1er caso	149
Figura 38 Sección del grupo de pilotes para una columna esquinera 2do caso	153

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 <i>Grafica para determinar el factor de capacidad N^*q</i>	49
Gráfico 2 <i>Grafica para determinar el factor de capacidad de carga N^*c</i>	57
Gráfico 3 <i>Variación del contenido de humedad primer caso</i>	77
Gráfico 4 <i>Variación de contenido de humedad segundo caso</i>	78
Gráfico 5 <i>Trazo de alineamiento de sismogramas 1er caso</i>	100
Gráfico 6 <i>Tomografía de suelo con respectivas velocidades primarias (V_p) 1er caso</i>	101
Gráfico 7 <i>Trazo de alineamiento de sismogramas 2do caso</i>	102
Gráfico 8 <i>Tomografía de suelo con respectivas velocidades primarias (V_p) 2do caso</i>	103
Gráfico 9 <i>Variación de la velocidad en función a la profundidad 1er caso</i>	105
Gráfico 10 <i>Variación de la velocidad de corte en función a la profundidad de 2do caso</i>	107
Gráfico 11 <i>Grafica para determinar el factor de capacidad de carga N^*c</i>	135

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Tipos de suelo según el tamaño de granos</i>	25
Tabla 2 <i>Tamaño de tamices para el análisis granulométrico</i>	26
Tabla 3 <i>Método SUCS para clasificación de suelos de grano grueso</i>	28
Tabla 4 <i>Método SUCS para clasificación de suelos de grano fino</i>	29
Tabla 5 <i>Factores de forma, profundidad e inclinación</i>	46
Tabla 6 <i>Valores interpolados del factor empírico de adhesión de Terzaghi</i>	51
Tabla 7 <i>Coordenadas del punto de muestreo del ensayo SPT</i>	68
Tabla 8 <i>Coordenadas del ensayo de refracción sísmica y MASW</i>	72
Tabla 9 <i>Variación del contenido de humedad 1er caso</i>	77
Tabla 10 <i>Variación del contenido de humedad 2do caso</i>	78
Tabla 11 <i>Variación del peso volumétrico 1er caso</i>	79
Tabla 12 <i>Variación del peso volumétrico 2do caso</i>	79
Tabla 13 <i>Descripción de la muestra M-3 Prof. 0.80-2.60 m 1er caso</i>	80
Tabla 14 <i>Datos para la clasificación de suelos SUCS de la muestra M-3 1er caso</i>	80
Tabla 15 <i>Descripción de la muestra M-4 Prof. 2.60-3.00 m 1er caso</i>	81
Tabla 16 <i>Datos para la clasificación de suelos SUCS de la muestra M-4 1er caso</i>	81
Tabla 17 <i>Descripción de la muestra M-5 Prof. 3.00-3.90 m 1er caso</i>	81
Tabla 18 <i>Datos para la clasificación de suelos SUCS de la muestra M-5 1er caso</i>	82
Tabla 19 <i>Descripción de la muestra M-8 Prof. 5.80-6.40 m 1er caso</i>	82
Tabla 20 <i>Datos para la clasificación de suelos SUCS de la muestra M-8 1er caso</i>	82
Tabla 21 <i>Descripción de la muestra M-9 Prof. 6.40-6.90 m 1er caso</i>	83
Tabla 22 <i>Datos para la clasificación de suelos SUCS de la muestra M-9 1er caso</i>	83
Tabla 23 <i>Descripción de la muestra M-10 Prof. 6.90-9.00 m 1er caso</i>	83
Tabla 24 <i>Datos para la clasificación de suelos SUCS de la muestra M-10 1er caso</i>	84
Tabla 25 <i>Descripción de la muestra M-2 Prof. 1.10-2.30 m 2do caso</i>	84
Tabla 26 <i>Datos para la clasificación de suelos SUCS de la muestra M-2 2do caso</i>	84
Tabla 27 <i>Descripción de la muestra M-3 Prof. 2.30-3.70 m 2do caso</i>	85
Tabla 28 <i>Datos para la clasificación de suelos SUCS de la muestra M-3 2do caso</i>	85

Tabla 29 Descripción de la muestra M-4 Prof. 3.70-5.30m 2do caso	86
Tabla 30 Datos para la clasificación de suelos SUCS de la muestra M-4 2do caso	86
Tabla 31 Descripción de la muestra M-5 Prof. 5.30-7.00 m 2do caso	86
Tabla 32 Datos para la clasificación de suelos SUCS de la muestra M-5 2do caso	87
Tabla 33 Datos para la clasificación de suelos SUCS de la muestra M-6 2do caso	87
Tabla 34 Resumen del perfil estratigráfico 1er caso	88
Tabla 35 Resumen del perfil estratigráfico 2do caso	88
Tabla 36 Cuadro de corrección de longitud de barra	89
Tabla 37 Calculo del factor de corrección CN de cada estrato 1er caso de estudio	90
Tabla 38 Calculo de N60, parámetros de resistencia y densidad relativa 1er caso de estudio ..	91
Tabla 39 Cálculo del factor de corrección CN 2do caso de estudio	92
Tabla 40 Calculo de N60 y parámetros de resistencia de cada estrato 2do caso de estudio	93
Tabla 41 Parámetros de ensayo de corte directo	94
Tabla 42 Datos de entrada de muestra M-3 para el ensayo de corte directo 1er caso	94
Tabla 43 Cohesión, ángulo de fricción y esfuerzos pico de la muestra M-3 1er caso	94
Tabla 44 Datos de entrada de muestra M-6 para el ensayo de corte directo 1er caso	95
Tabla 45 Cohesión, ángulo de fricción y esfuerzos pico de la muestra M-6 1er caso	95
Tabla 46 Datos de entrada de muestra M-7 para el ensayo de corte directo 1er caso	95
Tabla 47 Cohesión, ángulo de fricción y esfuerzos pico de la muestra M-7 1er caso	95
Tabla 48 Datos de entrada de muestra M-9 para el ensayo de corte directo 1er caso	96
Tabla 49 Cohesión, ángulo de fricción y esfuerzos pico de la muestra M-9 1er caso	96
Tabla 50 Datos de entrada de muestra M-10 para el ensayo de corte directo 1er caso	96
Tabla 51 Cohesión, ángulo de fricción y esfuerzos pico de la muestra M-10 1er caso	96
Tabla 52 Datos de entrada de muestra M-3 para el ensayo de corte directo 2do caso	97
Tabla 53 Cohesión, ángulo de fricción y esfuerzos pico de muestra M-3 2do caso	97
Tabla 54 Datos de entrada de muestra M-4 para el ensayo de corte directo 2do caso	97
Tabla 55 Cohesión, ángulo de fricción y esfuerzos pico de la muestra M-4 2do caso	97
Tabla 56 Datos de entrada de muestra M-5 para el ensayo de corte directo 2do caso	98
Tabla 57 Cohesión, ángulo de fricción y esfuerzos pico de la muestra M-5 2do caso	98
Tabla 58 Datos de entrada de muestra M-6 para el ensayo de corte directo 2do caso	98
Tabla 59 Cohesión, ángulo de fricción y esfuerzos pico de la muestra M-6 2do caso	98
Tabla 60 Parámetros de ensayo de refracción sísmica	99
Tabla 61 Parámetros de ensayo de MASW	104
Tabla 62 Determinación de módulo de elasticidad y corte del 1er caso	108
Tabla 63 Cohesión y ángulo de fricción según correlación geosísmica 1er caso	109
Tabla 64 Cohesión y ángulo de fricción de ensayos convencionales y geosísmicos 1er caso ..	110
Tabla 65 Determinación de módulo de elasticidad y corte 2do caso de estudio	112
Tabla 66 Cohesión y ángulo de fricción según correlación geosísmica 2do caso	113
Tabla 67 Cohesión y ángulo de fricción de ensayos convencionales y geosísmicos 2do caso ..	114
Tabla 68 Cálculo del esfuerzo efectivo 1er caso	116
Tabla 69 Capacidad de carga para valores geo sísmicos y convencionales 1er caso	117
Tabla 70 Cálculo de esfuerzo neto permisible de la platea de cimentación 1er caso	118
Tabla 71 Cálculo de la presión permisible neta 1er caso	119
Tabla 72 Cálculo del esfuerzo efectivo 2do caso	120
Tabla 73 Capacidad de carga para valores geo sísmicos y convencionales 2do caso	121
Tabla 74 Cálculo de esfuerzo neto permisible de la platea de cimentación 2do caso	122

Tabla 75	<i>Cálculo de la presión neta 2do caso.....</i>	123
Tabla 76	<i>Datos de entrada del grupo de pilotes para una columna central 1er caso.....</i>	124
Tabla 77	<i>Valores para el cálculo de la resistencia por punta y fricción para el 1er caso.....</i>	126
Tabla 78	<i>Cálculo de esfuerzo efectivo, Resistencia por punta y fricción 1er caso.....</i>	126
Tabla 79	<i>Cálculo de la suma de capacidad de carga de cada pilote 1er caso.....</i>	127
Tabla 80	<i>Cálculo de la capacidad carga de grupo de pilotes 1er caso.....</i>	128
Tabla 81	<i>Carga permisible y la carga aplicada columna central 1er caso</i>	129
Tabla 82	<i>Asentamiento elástico del grupo de pilote de columna central 1er caso</i>	129
Tabla 83	<i>Datos de entrada del grupo de pilotes para una columna central 2do caso</i>	130
Tabla 84	<i>Valores para el cálculo de la resistencia por punta y fricción 2do punto.....</i>	132
Tabla 85	<i>Cálculo de la suma de capacidad carga de cada pilote 2do caso.....</i>	133
Tabla 86	<i>Cálculo de la capacidad carga de grupo de pilotes 2do caso.....</i>	134
Tabla 87	<i>Carga permisible y la carga aplicada columna central 2do caso.....</i>	135
Tabla 88	<i>Asentamiento elástico para una columna central 2do caso</i>	136
Tabla 89	<i>Datos de entrada del grupo de pilotes para una columna lateral 1er caso</i>	137
Tabla 90	<i>Valores para el cálculo de la resistencia por punta y fricción 1er caso</i>	138
Tabla 91	<i>Cálculo de esfuerzo efectivo, Resistencia por punta y fricción 1er caso.....</i>	138
Tabla 92	<i>Cálculo de la suma de capacidad carga de cada pilote 1er caso.</i>	139
Tabla 93	<i>Cálculo de la capacidad carga de grupo de pilotes 1er caso.....</i>	140
Tabla 94	<i>Carga permisible y la carga aplicada columna lateral 1er caso</i>	140
Tabla 95	<i>Asentamiento elástico para una columna lateral 1er caso.....</i>	141
Tabla 96	<i>Datos de entrada del grupo de pilotes para una columna lateral 2do caso.....</i>	142
Tabla 97	<i>Valores para el cálculo de la resistencia por punta y fricción 2do caso</i>	142
Tabla 98	<i>Cálculo de la suma de capacidad carga de cada pilote 2do caso.....</i>	143
Tabla 99	<i>Cálculo de la capacidad carga de grupo de pilotes 2do caso.....</i>	144
Tabla 100	<i>Carga permisible y la carga aplicada para columna lateral 2do caso</i>	145
Tabla 101	<i>Asentamiento elástico para una columna lateral 2do caso.....</i>	146
Tabla 102	<i>Datos de entrada del grupo de pilotes para una columna esquinera 1er caso</i>	147
Tabla 103	<i>Valores para el cálculo de la resistencia por punta y fricción 1er caso</i>	147
Tabla 104	<i>Cálculo de esfuerzo efectivo, Resistencia por punta y fricción 1er punto.....</i>	148
Tabla 105	<i>Cálculo de la suma de capacidad carga cada pilote 1er caso</i>	148
Tabla 106	<i>Cálculo de la capacidad carga de grupo de pilotes 1er caso.....</i>	149
Tabla 107	<i>Carga permisible y la carga aplicada para columna esquinera 1er caso</i>	150
Tabla 108	<i>Asentamiento elástico para una columna esquinera 1er caso.....</i>	150
Tabla 109	<i>Datos de entrada del grupo de pilotes para una columna esquinera 2do caso</i>	151
Tabla 110	<i>Valores para el cálculo de la resistencia por punta y fricción 2do caso</i>	152
Tabla 111	<i>Cálculo de la suma de capacidad carga de cada pilote 2do caso.....</i>	152
Tabla 112	<i>Cálculo de la capacidad carga de grupo de pilotes 2do caso.....</i>	153
Tabla 113	<i>Carga permisible y la carga aplicada para columna esquinera 2do caso.....</i>	154
Tabla 114	<i>Asentamiento elástico para una columna esquinera 2do caso.....</i>	155

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Matriz de Consistencia.....	167
Anexo 2 Metrado de cargas	168
Anexo 3 Geometría de la edificación en planta.....	169
Anexo 4 Geometría en altura de la edificación	170
Anexo 5 Tabla de resultado de cargas por nivel dado por el programa Etabs.....	171
Anexo 6 Tabla de áreas tributarias de columnas	172
Anexo 7 Tabla de columnas con áreas tributarias máxima y peso distribuido.....	172
Anexo 8 Ensayo de contenido de humedad.....	173
Anexo 9 Ensayo de peso volumétrico	176
Anexo 10 Ensayo de límites de consistencia.....	180
Anexo 11 Ensayo de granulometría.....	191
Anexo 12 Ensayo de corte directo	202
Anexo 13 Gráfico de ensayo SPT 1er caso de estudio	220
Anexo 14 Gráfico de ensayo SPT 2do caso de estudio	220
Anexo 15 Sismogramas de refracción sísmica 1er caso de estudio.....	221
Anexo 16 Domocronicas 1er caso de estudio.....	222
Anexo 17 Tomografía del suelo 1er caso de estudio.....	222
Anexo 18 Sismograma del ensayo MASW 1er caso de estudio.....	223
Anexo 19 Grafico de velocidad vs frecuencia 1er caso de estudio	223
Anexo 20 Curva de dispersión del ensayo MASW 1er punto de exploración	223
Anexo 21 Variación de la velocidad de corte con la profundidad 1er caso de estudio	224
Anexo 22 Sismogramas de refracción sísmica 2do caso de estudio.....	225
Anexo 23 Domocronicas 2do caso de estudio.....	226
Anexo 24 Tomografía del suelo 2do caso de estudio	226
Anexo 25 Sismograma del ensayo MASW 2do caso de estudio.....	227
Anexo 26 Gráfico de velocidad vs frecuencia 2do caso de estudio	227
Anexo 27 Curva de dispersión del ensayo MASW 2do caso de estudio.....	227
Anexo 28 Variación de la velocidad de corte con la profundidad 2do caso de estudio	228
Anexo 29 Fotografías del ensayo de refracción sísmica y MASW 1er caso de estudio	229
Anexo 30 Fotografías del ensayo SPT en el 1er caso de estudio	230
Anexo 31 Contenido de humedad, granulometría y límites de consistencia 1er caso.....	231
Anexo 32 Fotografías de ensayo de peso volumétrico y de corte directo 1er caso	232
Anexo 33 Fotografías del ensayo de refracción sísmica y MASW 2do caso de estudio.....	233
Anexo 34 Fotografías del ensayo SPT 2do caso de estudio	234
Anexo 35 Contenido de humedad, granulometría y límites de consistencia 2do caso.....	235
Anexo 36 Fotografías del ensayo de peso volumétrico y corte directo 2do caso de estudio	236
Anexo 37 Plano de ubicación del 1er caso de estudio.....	237
Anexo 38 Plano de ubicación del 2do caso de estudio	238

RESUMEN

La creciente demanda de edificaciones de más de diez niveles en Cusco plantea un desafío crítico, asegurar una capacidad de carga adecuada para estas estructuras. La investigación se enfoca en comparar los parámetros de resistencia obtenidos por métodos geosísmicos a través de ecuaciones de correlación empíricas y métodos convencionales, para evaluar la capacidad de carga, con el fin de resolver la problemática de asegurar la estabilidad de edificios altos en el contexto geotécnico, por tal motivo se plantea como fin principal determinar la capacidad de carga por método geosísmico y compararla con la capacidad de carga obtenida por el método convencional de ensayos directos, para una edificación mayor a diez niveles en la asociación de vivienda Suriwaylla grande del distrito de San Sebastián y en la universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco ubicado en el distrito de Wánchaq, haciendo uso de la metodología de nivel aplicado, de tipo analítico, con enfoque cuantitativo y con un diseño experimental. Los resultados obtenidos de capacidad de carga a una profundidad de 7.50 m para el primer caso de estudiado son de 11.86 kg/cm² por SPT, 9.58 kg/cm² en corte directo, 8.96 kg/cm² mediante geosísmico en un estrato de arena arcillosa (SC) y para el segundo caso estudiado se obtuvo 3.74 kg/cm² por SPT y 3.62 kg/cm² mediante geosísmico en un estrato arcilloso (CL) teniendo valores de capacidad de carga similares en ambos casos. Los valores de resistencia como la cohesión y el ángulo de fricción obtenidos por ambos métodos tanto geosísmicos como convencional, son similares y esta similitud de valores justifica la utilización de ensayos geosísmicos para profundidades mayores 9.0 m para dar una propuesta de cimentaciones profundas para edificaciones mayores a diez niveles en la ciudad del Cusco.

Palabras clave: Geosísmicos, convencional, edificaciones, mayor a diez niveles y Capacidad de carga

ABSTRACT

The growing demand for buildings of more than ten levels in Cusco poses a critical challenge, ensuring adequate load capacity for these structures. The research focuses on comparing the resistance parameters obtained by geoseismic methods through empirical correlation equations and conventional methods, to evaluate the load capacity, in order to solve the problem of ensuring the stability of tall buildings in the geotechnical context. For this reason, the main purpose is to determine the load capacity by geoseismic method and compare it with the load capacity obtained by the conventional method of direct tests, for a building greater than ten levels in the large Suriwaylla housing association of the district of San Sebastián and at the National University of San Antonio Abad del Cusco located in the district of Wanchaq, using applied level methodology, analytical type, with a quantitative approach and an experimental design. The results obtained for the load capacity at a depth of 7.50 m for the first case studied are 11.86 kg/cm² by SPT, 9.58 kg/cm² in direct cutting, 8.96 kg/cm² by geoseismic in a clayey sand stratum (SC) and for the second case studied, 3.74 kg/cm² was obtained by SPT and 3.62 kg/cm² by geoseismic in a clay stratum (CL) having similar load capacity values in both cases. The resistance values such as cohesion and friction angle obtained by both geoseismic and conventional methods are similar and this similarity of values justifies the use of geoseismic tests for depths greater than 9.0 m to give a proposal for deep foundations for buildings greater than ten levels in the city of Cusco.

Keywords: Geoseismic, conventional, buildings, greater than ten levels and Load capacity

INTRODUCCIÓN

La presente investigación muestra la comparación de resultados para la capacidad de carga por métodos geosísmicos y convencionales para una edificación mayor a diez niveles en la ciudad de Cusco y demostrando que los métodos geosísmicos permiten obtener mayor cantidad de información para el estudio de suelos y complementando a los ensayos convencionales para obtención de la capacidad de carga para edificaciones mayor a diez niveles.

La investigación desarrolla aspectos generales como, el planteamiento del problema, formulación de problemas, justificación, objetivos de la investigación, variables de la investigación, operacionalización de variable y delimitación de estudio. En el marco teórico de la investigación, se hace una revisión de los antecedentes que abordan el tema en estudio, y también se describe los conceptos y bases teóricas empleadas para el cumplimiento de los objetivos. En la metodología de investigación se indica la ubicación del área de estudio, accesibilidad, características de la investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procedimiento para recolección de datos, técnicas de procesamiento y análisis de datos. El análisis e interpretación de resultados incluye, el análisis de ensayos, prueba de hipótesis y discusión de resultados, además, se presenta en la investigación las conclusiones y recomendaciones para futuras líneas de investigación.

CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1. Planteamiento del problema

Los métodos geosísmicos como son MASW y refracción sísmica tienen muchas aplicaciones en el campo de la Ingeniería Civil. Cabe mencionar que estas aplicaciones se efectúan en el Perú, desde la minería hasta la microzonificación sísmica, pero abordaremos su aplicación con fines de cimentación en obras de edificaciones.

El ensayo de refracción sísmica y el ensayo MASW (Análisis Multicanal de Ondas Superficiales) son métodos geofísicos que permiten evaluar las características del subsuelo de manera indirecta, proporcionando información sobre los espesores y la compacidad de los estratos del suelo de cimentación. El ensayo de refracción sísmica se basa en la medición de la velocidad de propagación de las ondas compresionales "P" (V_p), mientras que el ensayo MASW se enfoca en la medición de las ondas de corte "S" (V_s). Estas técnicas son particularmente valiosas en estudios geotécnicos, ya que permiten obtener perfiles detallados del subsuelo hasta una profundidad mayor a 20 metros la refracción sísmica y hasta 30 metros con los sondajes MASW, dependiendo de las condiciones específicas del área de estudio y la disposición de las líneas de medición en la superficie. La capacidad de estos ensayos para identificar variaciones en la densidad y rigidez del suelo es fundamental para la planificación y diseño de cimentaciones, ya que permite anticipar posibles problemas geotécnicos y optimizar la seguridad y estabilidad de las estructuras que se proyectan construir (Rivera, 2022)

La ciudad de Cusco, que se caracteriza por su variada topografía y diversos tipos de suelos actualmente no se tiene estudios de mecánica de suelos para edificaciones mayores a diez niveles

y los equipos de prospección convencional (SPT) no llegan a profundidades mayores para el análisis del suelo especialmente para cimentaciones profundas (pilotes). Tradicionalmente, los métodos convencionales de evaluación geotécnica, como los ensayos de penetración estándar (SPT), han sido ampliamente utilizados para este propósito. Sin embargo, la mayor limitación de ensayos SPT y perforaciones manuales es la presencia de capas de grava o arena bajo el nivel freático, el primer caso por la dureza de los fragmentos y el segundo por la inestabilidad de la perforación, además, la limitación es en la utilización de equipos pesados, y a menudo proporcionan datos puntuales que no reflejan adecuadamente la variabilidad espacial del suelo. En contraste, los métodos geo sísmicos, como la Refracción Sísmica y MASW, ofrecen una alternativa de prospección con potencial para proporcionar una visión más holística del subsuelo. No obstante, la falta de estudios comparativos exhaustivos que validen la precisión y fiabilidad de estos métodos frente a los convencionales en el contexto específico de Cusco, ha generado incertidumbre en su adopción para proyectos de gran envergadura.

El análisis de la investigación se enfoca en el cálculo de la capacidad de carga utilizando los parámetros de resistencia obtenidos por métodos convencionales, geosísmicos y se busca comparar y dar la aplicabilidad de ambos métodos. Los métodos convencionales incluyen procedimientos como sondeos y pruebas de laboratorio en muestras del subsuelo, mientras que los métodos geosísmicos utilizan tecnologías de exploración indirecta para evaluar las características del terreno sin necesidad de perforaciones extensivas. La implementación de estos métodos será discutida en términos de su aplicabilidad, y la precisión de los resultados, con el objetivo de guiar futuras investigaciones y tomar decisiones para la cimentación de las edificaciones.

Actualmente, la principal problemática radica en la dependencia de métodos convencionales que, aunque probados, pueden no ser suficientes para capturar la variabilidad de

estratos y la profundidad de exploración, especialmente para edificaciones mayores a diez niveles. Esta situación lleva a no presentar la capacidad de carga representativa del suelo en el área de la construcción de las edificaciones, incrementando los riesgos de fallos estructurales y sobrecostos asociados a medidas de corrección durante o después de la construcción. Si esta tendencia continúa, se prevé un aumento en la frecuencia de problemas estructurales en edificaciones mayores a diez niveles, lo que no solo afectaría la seguridad de los habitantes, sino también podría implicar mayores costos de reparación y mantenimiento, además de un posible impacto negativo en la percepción de los desarrolladores y la inversión inmobiliaria en la región.

1.2. Formulación de problemas

1.2.1 Problema general

PG: ¿De qué manera se puede comparar la capacidad de carga por métodos geo sísmico y métodos convencionales para una edificación mayor a diez niveles Cusco 2023?

1.2.2 Problemas específicos

PE1: ¿Cuál es el valor de capacidad de carga por método geo sísmico para una edificación mayor a diez niveles Cusco 2023?

PE2: ¿Cuál es el valor de la capacidad de carga por método convencional para una edificación mayor a diez niveles Cusco 2023?

PE3: ¿Cuáles son los parámetros de resistencia para determinar la capacidad de carga del suelo obtenido por ensayos convencionales y geo sísmico para una edificación mayor a diez niveles Cusco 2023?

1.3. Justificación

1.3.1 Relevancia social

La relevancia social de esta investigación radica especialmente en un contexto de crecimiento poblacional acelerado, ya que la ciudad del cusco ya no tiene lugares para el

crecimiento urbanístico, lo cual en el futuro permitirá al crecimiento de las construcciones de edificaciones mayores a diez niveles. Además, por la construcción de un nuevo aeropuerto (Chincheros) la ciudad del cusco tendrá un crecimiento urbanístico vertical especialmente en la zona circundante al aeropuerto Alejandro Velasco Astete lo cual hará que se den las construcciones de edificaciones altas por ende se tiene la necesidad de realizar la prospección del suelo a mayores profundidades y analizar la estratigrafía para determinar la capacidad de carga de los suelos.

1.3.2 Implicancias prácticas

Las implicancias prácticas de esta investigación residen en el cálculo de la capacidad carga para edificaciones mayores a diez niveles en la ciudad del Cusco, debido a la complejidad de la exploración a mayores profundidades por métodos convencionales para cimentaciones profundas y cimentaciones superficiales como plateas de cimentación se pone en práctica la determinación de los parámetros de resistencia del suelo a través de los ensayos geosísmicos para determinar la capacidad de carga y el mecanismo de transferencia de carga de pilotes al suelo. Al comparar y validar la precisión de los métodos geo sísmicos frente a los convencionales, esta investigación proporcionará una base sólida para adoptar prácticas de ingeniería más avanzadas para la exploración del suelo. Esto permitirá determinar ampliamente los parámetros de resistencia a profundidades mayores para el cálculo de la capacidad de carga y elegir la cimentación más adecuada, reduciendo el riesgo de fallos estructurales y sobrecostos en proyectos de construcción. En consecuencia, se logrará una mejora significativa en la calidad y seguridad de las edificaciones, abordando de manera efectiva un problema real y urgente en la expansión urbana de Cusco.

1.3.3 Valor teórico

La justificación teórica de esta investigación se basa en la necesidad de evaluar y comparar la precisión y fiabilidad de los métodos geo sísmicos frente a los convencionales en la determinación de la capacidad de carga del suelo para edificaciones mayor a diez niveles en la

ciudad de Cusco. Los métodos convencionales (SPT) son ampliamente utilizados y presentan limitaciones en la profundidad de exploración del suelo. En contraste, los métodos geo sísmicos, fundamentados en principios de la mecánica de ondas y la sismología, permiten una evaluación más detallada y menos invasiva del perfil geotécnico del terreno. La integración de estos métodos puede ofrecer una visión más completa y precisa del comportamiento del suelo bajo cargas significativas, mejorando la seguridad en el diseño de cimentaciones. Este estudio, por tanto, no solo contribuye al conocimiento académico y práctico en el campo de la ingeniería geotécnica, sino que también tiene el potencial de transformar las prácticas de exploración de los suelos en la ciudad del Cusco.

1.3.4 Utilidad metodológica

La utilidad metodológica de esta investigación radica en su potencial para desarrollar un enfoque integrado y novedoso que combine los métodos geo sísmicos con los convencionales para evaluar los parámetros de resistencia del suelo para determinar la capacidad de carga del suelo en proyectos de construcción de edificaciones mayores a diez niveles. Este enfoque permitirá la evaluación geotécnica que aproveche las fortalezas del ensayo geo sísmico de esta manera complemente a la prospección convencional, ofreciendo un análisis más completo y preciso del suelo.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivos generales

OG: Determinar la capacidad de carga por métodos geo sísmico y comparar con la capacidad de carga obtenido por método convencional para edificaciones mayor a diez niveles Cusco 2023.

1.4.2 Objetivos específicos

OG1: Determinar la capacidad de carga por método geo sísmico para una edificación mayor a diez niveles Cusco 2023.

OG2: Determinar la capacidad de carga por método convencional para una edificación mayor a diez niveles. Cusco 2023.

OG3: Comparar los parámetros de resistencia para determinar la capacidad de carga del suelo obtenidos por ensayos convencionales y geo sísmico para una edificación mayor a diez niveles Cusco 2023.

1.5. Variables de la investigación

1.5.1 Variables

Variable independiente (X): Ensayo geo sísmico y convencional

Variable dependiente (Y): Capacidad de carga

1.5.2 Operacionalización de variable

VARIABLES	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Sub Indicadores	Escala de medición
Método Geo sísmico	Las técnicas sísmicas, se basan en el estudio de la propagación de las ondas elásticas producidas por una fuente de energía artificial, martillo o explosivos a través del suelo, y detectadas en superficie o en sondeos mediante una serie de sensores (geófonos). Con estos estudios se obtiene una imagen del terreno en base a las propiedades elásticas de los materiales que lo constituyen y deduciéndose, la geometría de estructuras geológicas en profundidad (OCSA, 2016).	Es un método no invasivo basado en la mecánica de ondas para estudiar las características y propiedades elásticas dinámicas del suelo se refiere a técnicas que utilizan la propagación de ondas mecánicas.	Refracción sísmica MASW	Velocidad de onda de corte (Vs)	Perfil de Velocidad con la profundidad	m/s
				Velocidad de onda P (Vp)	Perfil de Velocidad en estratos	m/s
				Propiedades dinámicas	Coefficiente de Poisson	Adimensional
					Módulo de corte	Kg/cm ²
				Propiedad elástica	Módulo de elasticidad	Kg/cm ²
Parámetros de resistencia	Cohesión	kg/cm ²				
	Ángulo de fricción	En grados sexagesimales (°)				
Método Convencional	El método convencional se basa en ensayos "in situ" como el de penetración estándar (Standard Penetration Test) SPT, determina las propiedades de los suelos y su aplicación a los problemas geotécnicos, su metodología incluye la penetración dinámica de un tubo bipartido, el cual normalizado y debidamente calibrado permite cuantificar algunas propiedades mecánicas. Debido a la sencillez de su ejecución este ensayo es el más económico y usado en la exploración de suelos (Naranjo & Dranichnikov, 2012).	Es un método invasivo empleado para determinar las propiedades de resistencia del suelo se refiere a técnicas que implican la perforación o excavación del terreno para obtener muestras del suelo y realizar pruebas directas de resistencia, como ensayos de compresión o tracción.	Ensayo SPT y Corte Directo	Resistencia a la penetración	Número de golpes	
				Parámetros de resistencia al corte	Cohesión	kg/cm ²
					Ángulo de fricción	En grados sexagesimales (°)
Capacidad de carga	Se denomina como capacidad de carga de una cimentación aquella carga que al ser aplicada no provoque falla o daños en la estructura soportada, con la aplicación de un factor de seguridad. La capacidad de carga no solo está en función de las características del suelo, sino que depende del tipo de cimentación y del factor de seguridad adoptado (Nij, 2009).	Es la resistencia que ofrece el suelo ante los esfuerzos de corte se define como la capacidad del suelo para resistir la deformación o falla cuando se le aplican fuerzas que actúan paralelamente a su superficie	Teoría de la capacidad de carga de Meyerhof	Esfuerzo admisible en losas de cimentación	$q_{adm} = \frac{q_u}{FS}$	kg/cm ²
				Carga admisible en cimentaciones profundas	$Q_{adm} = \frac{Q_u}{FS}$	Kg

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1 *Antecedentes de la investigación a nivel internacional*

(Avilés y Barzallo, 2016) En la investigación “Caracterización de suelos del centro histórico de la ciudad de la Cuenca mediante métodos geofísicos” tiene como objetivo la caracterización geotécnica, mediante los métodos MASW y refracción sísmica para luego comparar los resultados obtenidos por métodos geotécnicos tradicionales y dar a conocer una buena prospección de los estratos considerando que están constituidos de material heterogéneo, teniendo suelos expansivos y de baja resistencia los que se encuentran en el centro histórico de la ciudad de Cuenca.

Luego de los estudios respectivos concluye que la prospección geofísica resulta precisa al establecer los espesores de los estratos y la determinación de las características geotécnicas generales del suelo comparado con el ensayo tradicional de SPT.

(Naranjo y Dranichnikov, 2012) En la investigación “Cálculo de capacidad portante basado en geofísica y métodos convencionales el caso del puente sobre el río Maicito” realiza la comparación técnica, económica para distinguir viabilidad y eficacia de los métodos geofísicos y convencionales. El análisis de información recopilada del ensayo geofísico permite conocer la variación de velocidades de corte y compresionales a cierta profundidad específica, también la variación de módulos de corte, elasticidad y Poisson de los diferentes estratos que posee el suelo, revelando las enormes ventajas al emplear los métodos geofísicos para la estimación de los parámetros geotécnicos. Por otra parte, comenta la aplicación de ecuaciones de correlación

provenientes México, Japón, Turquía y Rusia en función de las velocidades de corte y compresión para determinar los parámetros geotécnicos.

(Ramírez y Ángel, 2017) En la tesis de investigación “Correlaciones entre algunas variables geotécnicas y velocidades de onda compresiva (V_p) y de corte (V_s)” realiza la aproximación de correlación cuantitativa entre parámetros geotécnicos y variables geofísicas a partir del análisis de 538 datos el análisis de los datos se realiza mediante una regresión lineal simple para determinar las limitaciones que presenta. Las correlaciones se obtuvieron realizando los ensayos de compresión simple obteniendo los parámetros de resistencia cohesión y el ángulo de fricción con las variables geofísicas de velocidades de onda S y P estableciendo una metodología clave para aproximar la correlación cuantitativa entre parámetros geotécnicos y variables geofísicas. En su análisis, cualitativo comprobó que los perfiles de suelos conformados con suelos más densos tienen la velocidad de corte V_s mayor y para suelos blandos la velocidad es menor, también ofrece un estudio detallado la variación de la cohesión según las velocidades de corte (V_s).

(Lopez y otros, 2008) en la tesis de investigación titulada “Aplicación del método de refracción sísmica para la determinación de velocidades de ondas P” aplicando la metodología de nivel aplicado, con un diseño experimental y de enfoque cuantitativo, llega a detectar un primer estrato de material definido como Tierra Blanca (geológicamente conocida como Piroclastitas ácidas epiclastitas volcánicas y clasificada geotécnicamente como SM-ML), el cual alcanza una profundidad variable entre 1.0 y 11.3 m del nivel del terreno natural y cuyo rango de Velocidad de ondas P se encuentra entre 199-384 m/s. Un segundo estrato de material definido como Toba color café (geológicamente conocida como Ignimbrita Boquerón y clasificada geotécnicamente como

SM-SC), el cual alcanza una profundidad variable entre 7.0 y 12.3 m del nivel de la superficie y cuyo rango de Velocidad de ondas P (V_p) se encuentra entre 442-629 m/s.

2.1.2 Antecedentes de la investigación a nivel nacional

(Murillo, 2019) el trabajo de investigación “Métodos de prospección geofísica aplicados a la investigación geotécnica para estudio del recrecimiento de una presa de relaves en el distrito de Oyolo” tiene como estudio los ensayos de Sondajes MASW, MAM y pruebas de tomografía eléctrica, para el aumento de la corona de la presa en el distrito de Oyolo en el departamento de Ayacucho. Se obtuvo valores de velocidades de ondas sísmicas V_p y V_s elaborando perfiles en 2d, los ensayos mencionados se realizaron con el fin de obtener las propiedades del suelo a diferentes profundidades específicas. Concluyo que los métodos geofísicos brindan una buena cantidad de datos para su caracterización, menciona también para comprobar realizar ensayos convencionales como SPT y ensayo de corte directo para verificar la similitud de datos para tener el grado de confiabilidad.

(Canqui, 2013) la tesis de investigación “Sísmica de refracción y microtremores para caracterización de parámetros dinámicos superficiales en un estudio geotécnico en la quebrada Caramolle, Distrito de Pocollay – Tacna” tiene como objetivo la caracterización del suelo por el método sísmica de microtremores basado en la teoría de dispersión de ondas Rayleigh. Plantea la problemática para analizar por este método por la actividad sísmica de la ciudad de Tacna, por lo que se realiza estudios de zonificación, para conocer el comportamiento del suelo. Indica que es necesario conocer los parámetros dinámicos del suelo, para los estudios de zonificación sísmica y predecir el comportamiento de las estructuras frente a un evento sísmico para minimizar los riesgos ante los peligros sísmicos que enfrenta en la vida útil las estructuras.

Realizado el análisis y determinado la capacidad de carga por el método convencional y geofísico, concluye que el coeficiente de correlación lineal es de 0.7 el cual se considera alto, demostrando

que el método geofísico tiene validez además los valores son más conservadores comparado por el método tradicional.

(Alata y Zevillanos, 2020) la investigación “Correlación empírica entre la velocidad de onda de corte y el valor N del ensayo de penetración estándar en suelos arenosos de la ciudad de Juliaca – Perú” tiene como objetivo determinar la correlación del valor de N60 y la velocidad de corte Vs en suelos arenosos de la ciudad de Juliaca. Indica que cuando las zonas de estudio son amplias el método convencional SPT y entre otras pierden el análisis de la prospección para determinar los tipos de suelos de la zona de estudio. Concluye que la ecuación de correlación entre N60 y Vs es $V_s = 83.505 * N_{60}^{0.249}$ teniendo el coeficiente de determinación superior a 0.65.

2.2. Bases teóricas

2.2.1 Suelos

El suelo es el material de soporte de las estructuras como edificaciones, vías, puentes, canales, torres, entre otros. Los suelos conforman los taludes de corte y de terraplenes viales y son estructuras que cumplen funciones diversas en los proyectos. (Duque & Escobar, 2016)

Tabla 1
Tipos de suelo según el tamaño de granos

TIPO DE SUELO	TAMAÑO DE PARTICULAS (mm)
Gravas	75 - 4.75
Arena gruesa	4.75 - 2.00
Arena mediana	2.00 – 0.425
Arena fina	0.425 – 0.075
Limo	0.075 – 0.005
Arcilla	Menor a 0.005

Fuente: Adaptado de la NTP 339.128

2.2.2 Granulometría de suelos

Una muestra de suelo está generalmente compuesta por diferentes tamaños de partículas que puede ser agrupados dentro de rangos de tamaños y expresados en porcentajes. La gradación

de un material granular es el contenido de diferentes tamaños de grano, y este es identificado por el porcentaje de un tamaño específico de los granos de la muestra de suelo. (Arévalo y otros, 2016)

El Tabla 02 muestra la distribución de tamices con relación a la abertura como alternativa de uso que proporciona el manual de ensayo de materiales MTC E 107.

Tabla 2
Tamaño de tamices para el análisis granulométrico

TAMIZ	ABERTURA (mm)
3"	75.00
1 1/2"	38.10
3/4"	19.00
3/8"	9.50
Nº 4	4.76
Nº 8	2.00
Nº 16	0.84
Nº 30	0.425
Nº 50	0.260
Nº 100	0.106
Nº 200	0.075

Fuente: Adaptado de la norma NTP 339.128

2.2.3 Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg se definen como los límites de contenido de humedad que caracterizados de cuatro estados de consistencia de un suelo de grano fino: estado sólido, estado semisólido, estado plástico y estado semilíquido. El límite entre los estados sólido y semisólido se denomina límite de retracción, el límite entre los estados semisólido y plástico se llama límite plástico y el límite entre los estados plástico y semilíquido, límite líquido. (Lima, 2019).

2.2.3.1. Limite liquido

Indica el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su

fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulg) cuando se deja caer la copa desde una altura de 1 cm, este ensayo se determina mediante la Cuchara de Casagrande. (Bautista , 2015).

2.2.3.2. Limite plástico

El límite plástico se define como la menor humedad de un suelo que permite formar con él cilindros de 3.0 mm. de diámetro rodándolos con la mano sobre una superficie plana sin que se desmoronen. Se realiza varias veces hasta juntar suficientemente muestra para obtener la humedad (Bautista , 2015).

2.2.3.3. Índice de plasticidad

Viene a ser la diferencia entre Limite líquido y limite plástico, y da una idea del rango de humedad en que el suelo exhibe plasticidad. (Bautista , 2015)

2.2.4 Clasificación de los suelos por método SUCS

El sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), también conocido como el Unified Soil Classification System, es utilizado en ingeniería geotécnica para clasificar los suelos. Esta clasificación organiza los suelos en cinco tipos principales: Grava (G), Arcillas (C), Arenas (S), Limos (M) y Orgánicos (O).

Los suelos deben ser clasificados mediante un proceso de tamizado en el análisis granulométrico, donde serán clasificados como:

- **Suelo Grueso:** Retenido en el tamiz #200, incluye gravas y arenas.
- **Suelo Fino:** Pasa a través del tamiz #200, compuesto por arcillas, limos y materia orgánica (Gavidia , 2020).

En la Tabla 3 muestra la clasificación de suelos de grano grueso, mientras en la Tabla 4 para suelos de grano fino.

Tabla 3
Método SUCS para clasificación de suelos de grano grueso

DIVISIONES PRINCIPALES		SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIONES DE LABORATORIO				
SUELO DE GRANO GRUESO Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4.76 mm)	Gravas limpias (sin o con pocos finos)	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso de clasifica como sigue:	$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$, $1 \leq C_C = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} * D_{60}} \leq 3$		
			GP	Gravas, mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos		No cumple con las especificaciones de granulometría para GW		
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4.	Encima de la línea A con IP entre 4 y 7 son casos limite que requieren doble símbolo.	
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla		Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.		
		SIMBOLOGIA DOBLE	GW-GC, GW-GM	Gravas bien graduadas con limo y con arcilla o (arcilla limosa)		Finos <5%	<u>Arenas</u> <u>Gravas</u>	% que pasa la malla N°200, esta entre 5y12 % y cumple los criterios GW Y GC, GM
			GP-GC, GP-GM	Gravas mal graduadas con arcilla y con arcilla o (arcilla limosa)		SP SW	GP GW	% que pasa la malla N°200, esta entre 5y12 % y cumple los criterios GP Y GC, GM
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4.76 mm)	Arenas limpias (pocos sin finos)	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	Finos >12%	<u>Arenas</u> <u>Gravas</u>	$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$, $1 \leq C_C = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} * D_{60}} \leq 3$	
			SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos	<u>Arenas</u> <u>Gravas</u>	SM GM	Cuando no se simultáneamente las condiciones para SW	
		Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo	SC GC	Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4.	Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos limite que requieren doble símbolo.	
			SC	Arena arcillosa, mezclas arena arcilla	5%<Finos <12%	Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.		
		SIMBOLOGIA DOBLE	SC-SW, SM-SW	Arena bien graduada con limo y con arcilla o (arcilla limosa)	SP-SM GP-GM	SP-SC GP-GC	% que pasa la malla N°200, está entre 5y12 % y cumple los criterios SW Y SC, SM	
			SC-SP, SM-SP	Arena mal graduada con arcilla y con arcilla o (arcilla limosa)	SW-SM GW-GM	SW-SC GW-GC	% que pasa la malla N°200, esta entre 5y12 % y cumple los criterios SP Y SC, SM	

Fuente: NTP 339.134

Tabla 4
Método SUCS para clasificación de suelos de grano fino

DIVISIONES PRINCIPALES		SIMBOLOS	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIONES DE LABORATORIO
SUELOS DE GRANO FINO Más de la mitad del material pasa en el tamiz número 200	LIMOS Y ARCILLAS: Limite liquido menor de 50	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.	G = Grava, S = Arena, O = Suelo orgánico, P = Turba M = Limo, C = Arcilla, W = Bien Graduado, P = Mal Graduado, L= Baja Compresibilidad, H = Alta Compresibilidad
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas	
		OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad	
	LIMOS Y ARCILLAS: Limite liquido mayor de 50	MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.	<p>Gráfica de plasticidad del USCS</p>
		CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.	
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos	
	DOBLE SIMBOLOGIA Punto sobre línea A	CL-CH CL-ML	Arcillas inorgánicas	
			Inorgánica en zona sombreada	
	DOBLE SIMBOLOGIA Punto debajo línea A	ML-OL MH-OH	Limos inorgánicos elásticos	
			Limos inorgánicos u orgánicos	
SUELOS MUY ORGÁNICOS	PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico		

Fuente: NTP 339.13

2.2.5 *Peso volumétrico*

Viene a ser la relación del peso por unidad de volumen de una muestra de suelo con humedad natural y según el reglamento NTP 339; 139:1998 establece la siguiente fórmula para determinar el peso volumétrico de suelos cohesivos.

$$\gamma_m = \frac{W_m}{V_m} = \frac{W_m \cdot \gamma_w \cdot \gamma_p}{(W_t - W_{sum})\gamma_p - (W_t - W_m)\gamma_w}$$

Donde:

γ_m	:	Peso volumétrico
γ_w	:	Peso específico del agua (1000 kg/m ³)
γ_p	:	Peso específico de parafina (870 kg/m ³)
W_t	:	Peso de la muestra de suelo mas parafina
W_{sum}	:	Peso de la muestra de suelo sumergida en agua
W_m	:	Peso de muestra de suelo
V_m	:	Volumen de la muestra de suelo

2.2.6 *SPT (Sondeo de Penetración estándar)*

El Sondeo de Penetración Estándar (SPT) se utiliza para obtener muestras de suelo alteradas, en campo permite identificar los tipos de suelo y determinar la estratigrafía mediante ensayos en laboratorio, las muestras extraídas sirven para identificar propiedades como el contenido de humedad y los límites de consistencia, entre otros. El número de golpes necesarios para introducir el penetrómetro empleado en la prueba permite, mediante relaciones empíricas, estimar la resistencia al corte del suelo (SISMICA , 2024).

Durante la realización del sondeo, el penetrómetro debe introducirse 45 centímetros en la profundidad deseada para la muestra, contando el número de golpes del martillo correspondientes a cada etapa de 15 centímetros. (SISMICA , 2024).

El número corregido de golpes N_{60} se calcula según la siguiente ecuación:

$$N_{60} = C_N \cdot N \cdot C_e \cdot C_b \cdot C_s \cdot C_r$$

La corrección por nivel freático de N_{60} está dado por la siguiente expresión $N'_{60} = 15 + \frac{N_{60}-15}{2}$

$$N'_{60} = 15 + \frac{N_{60} - 15}{2}$$

La correlación (C_N) para un esfuerzo vertical σ'_v representa la influencia del peso de la sobrecarga.

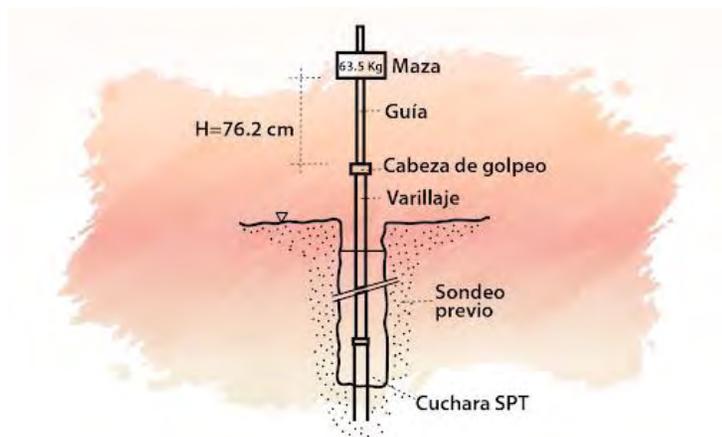
(ISO 22476-3, 2005).

Autor	Correlación factor C_N
Tokimatsu y Yoshimi (1983)	$C_N = \frac{1,7}{0,7 + \sigma'_v}$
Liao y Whitman (1986)	$C_N = \sqrt{\frac{1}{\sigma'_v}}$

Donde:

C_N	:	Factor de corrección
N	:	Número de golpes SPT equivalente $N_{0-15} + N_{15-30}$
N_{60}	:	Valor corregido de N para una eficiencia del 60%
N'_{60}	:	Corrección de N_{60} por nivel freático
σ'_v	:	Esfuerzo efectivo
C_e	:	Eficiencia del martillo
C_b	:	Corrección por diámetro de perforación
C_s	:	Corrección por muestreador
C_r	:	Corrección por longitud de barra

Figura 1
Partes del equipo SPT



Fuente: Devicenzi, M., Frank, N. (1995)

2.2.7 Corte Directo

El corte directo es un procedimiento diseñado para determinar las propiedades de resistencia de los suelos bajo la influencia de cargas combinadas (normal y cortante), generando la fuerza de corte a lo largo de una superficie horizontal específica.

En general, en geotecnia se deben comprender los principios de la resistencia al cizallamiento del suelo para poder analizar, la capacidad de carga de cimentaciones superficiales, la capacidad de carga de pilotes y pozos perforados, y las contenciones de tierras, entre otros (Geotecnia, 2022).

Este ensayo se puede aplicar a muestras inalteradas, remoldeadas, aunque presenta una limitación en cuanto al tamaño máximo de las partículas. El procedimiento se rige por las normas, ASTM D-3080 y ASTM D-6528 (Geotecnia, 2022).

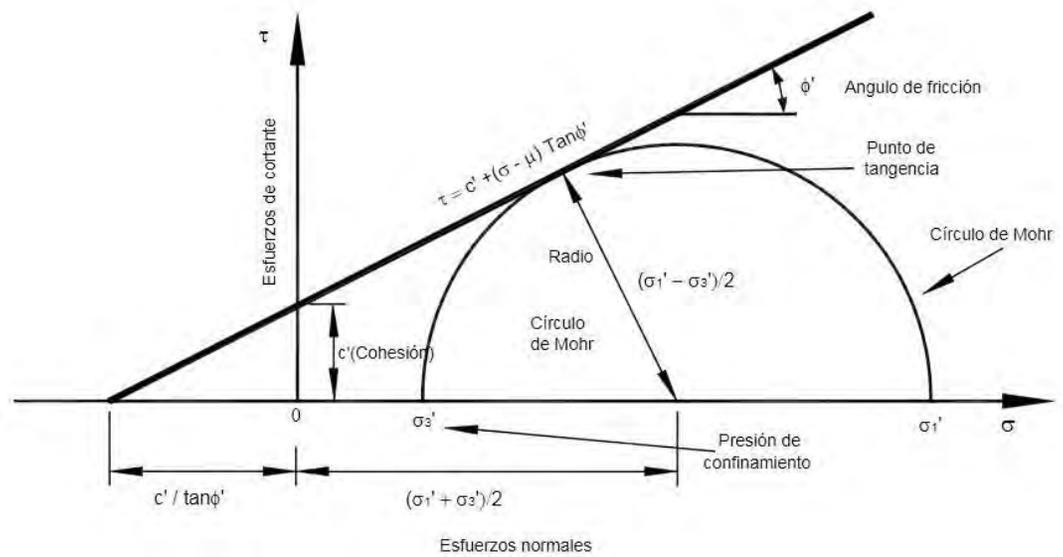
La resistencia al corte (τ) es la resistencia interna por unidad de área que la masa del suelo puede ofrecer ante la falla y el deslizamiento a lo largo de un plano de falla interior. Según la ley de Coulomb, esta resistencia se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

Donde:

- τ : Esfuerzo de resistencia al corte
- c : Cohesión efectiva
- σ : Esfuerzo normal efectivo
- ϕ : Ángulo de fricción

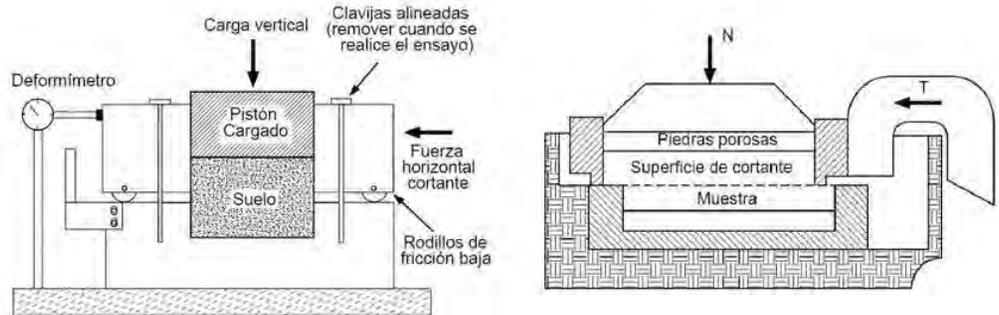
Figura 2
Representación gráfica de la ecuación de Coulomb



Fuente: <https://ingeotec.blogspot.com/2018/11/ghdhgh.html>

El procedimiento consiste en inducir la falla a través de un plano determinado sobre el que actúan dos esfuerzos: normal y cortante. Al finalizarlo, se obtienen los valores de cohesión (c) y del ángulo de rozamiento interno (ϕ) (Geotecnia, 2022).

Figura 3
Detalle de la caja de corte directo



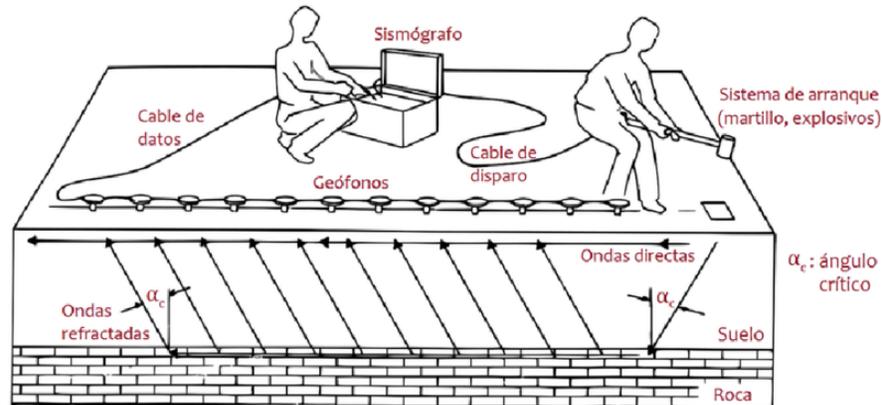
Fuente: Modificado de Suárez, 2009

2.2.8 Refracción sísmica

La refracción sísmica es una técnica empleada para investigar el suelo especialmente en estudios de ingeniería y geotecnia. Esta técnica permite determinar la velocidad de las ondas a lo largo de la superficie refractora, que surge de la interfase entre dos medios (estratos) con diferentes propiedades físicas. La base de este procedimiento es la diferencia de velocidad de propagación de las ondas sísmicas a través de distintos materiales. Las ondas sísmicas generadas son las ondas "P" (longitudinales) y las ondas "S" (transversal).

Figura 4

Esquema de adquisición del método de refracción sísmica

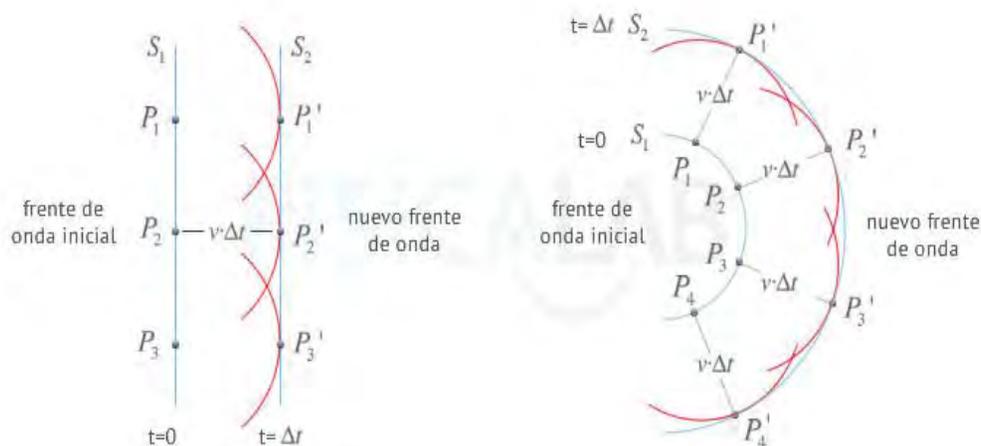


Fuente: Arias et al. (2017)

Este proceso está regido por varios principios como

- **Principio de Huygens:** se basa en la construcción de la geometría simple permite explicar fenómenos ondulatorios relacionados con la propagación de la onda y establece que cada punto de un frente de onda es una fuente de ondículas que se propagan hacia adelante con la misma velocidad que la propia onda.

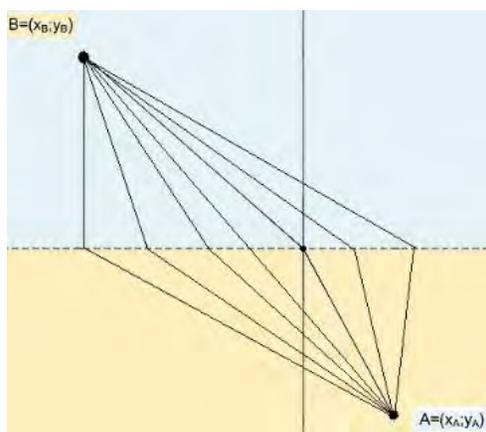
Figura 5
Propagación de las ondas según Huygens



Fuente: <https://www.fiscalab.com/apartado/principio-huygens>

- **Principio de Fermat:** establece que la trayectoria real que sigue un rayo Luminoso que va de un punto a otro es aquella en la que emplea un tiempo mínimo en recorrerla.

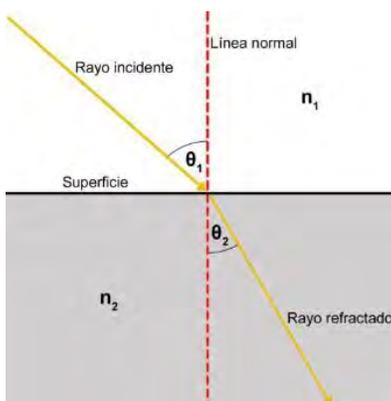
Figura 6
Trayectoria del rayo de luz según Fermat



Fuente: <https://opticaluzycolor.blogspot.com/2013/02/el-principio-de-fermat.html>

- **Ley de refracción:** basado en los principios de Huygens y Fermat, establece que una onda luminosa pasa de un medio cambiando su dirección y velocidad estableciendo que el seno del ángulo incidente es al seno del ángulo de refracción como la velocidad de onda incidente es a la velocidad de la correspondiente onda refractada.

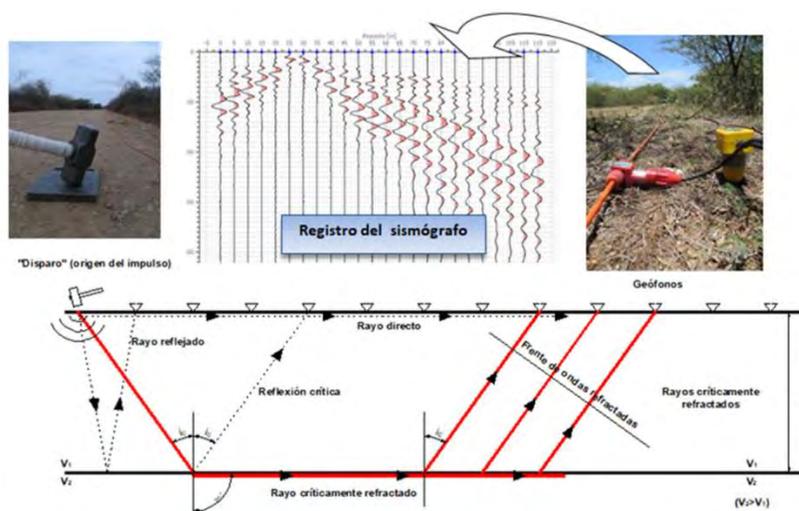
Figura 7
Refracción de una onda luminosa



Fuente: <https://www.significados.com/refraccion-de-la-luz/>

Trayectoria de ondas refractadas y reflejadas según a las leyes de Huygens y Fermat en el ensayo de refracción sísmica.

Figura 8
Reflexión y refracción de ondas en la refracción sísmica



Fuente: <https://www.ingiter.es/servicios/sismica-de-refraccion-masw/>

2.2.9 MASW (Análisis Multicanal de Ondas Superficiales)

El Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW), es un método no destructivo, sirve para evaluar la velocidad de onda de corte (V_s), vinculado al mismo módulo de corte (G). Este método analiza las propiedades de dispersión de los modos fundamentales de las ondas Rayleigh,

las cuales se propagan a lo largo de la superficie desde el punto de impacto a los receptores (Park et al., 1999).

Los registros se realizan con 12 o más geófonos en distancias cortas y largas generadas con una fuente impulsiva o vibratoria. Los datos multicanal permiten la identificación y rechazo de los modos no fundamentales de ondas Rayleigh, permiten también un proceso más efectivo para la eliminación del ruido y un proceso de recolección de datos de manera rápida. (Louie, J. 2001)

El MASW sigue un procedimiento desarrollado durante los últimos años y consta de tres etapas. Se adquiere la información, registros de las ondas superficiales en el tiempo, producidas por una excitación en el terreno a través de varios sensores. Mediante la transformada de Fourier se extraen las curvas de las dispersiones (curvas de velocidad una curva por canal, luego por un proceso iterativo se obtienen el perfil de profundidades versus velocidades, finalmente a partir de estas velocidades se determina el tipo de suelo debido a que cada suelo se asocia con un valor de velocidad.

2.2.10 Equipo para la medición de refracción sísmica y MASW

2.2.10.1. Fuente sísmica

En la refracción sísmica, las ondas son generadas por un impulso sísmico, una perturbación artificial instantánea que produce las ondas sísmicas. El objetivo es generar estas ondas a través de un único evento de duración instantánea evitando la superposición de ondas de diferentes eventos en los movimientos del suelo detectados por los geófonos. (Corporación OSSO, 2001).

2.2.10.2. Fuente de impacto

Generalmente se utilizan martillos (combos) como fuente de impacto. La energía transmitida al suelo por este método es relativamente baja. Otras fuentes de impacto mecánico

incluyen la caída de un peso considerable desde una altura de 2-3 metros (Dranichnikov & Naranjo, 2012).

2.2.10.3. Sensores de grabación

Se utilizan geófonos, mayormente orientados verticalmente, de una o varios componentes para detectar ambas ondas. Estos geófonos se colocan a lo largo de una línea sísmica en puntos alineados, con un espaciado que puede ser uniforme o variado según las necesidades del estudio. Pueden contar con 12, 24 o 48 geófonos, seleccionados en función de la resolución lateral y la profundidad que se desea investigar (Dranichnikov & Naranjo, 2012).

2.2.10.4. Equipo de adquisición

El equipo de adquisición y almacenamiento incluye la unidad de apilamiento y digitalización, cables sísmicos y un gatillo o "trigger" para iniciar las mediciones.

2.2.10.5. Unidad de apilamiento y digitalización

La mayoría de las unidades modernas registran datos digitalmente y son compatibles con computadoras. Para estudios sísmicos de refracción y MASW, se utilizan instrumentos como el Geometrics Smartseis SE-12 o SE-24, permiten grabar simultáneamente 12 o 24 canales. El Smartseis también almacena digitalmente los datos obtenidos por los geófonos. Otra unidad es el "sismógrafo", que adquiere, digitaliza y procesa los datos (cotecno.cl, 2024).

Corresponde a la unidad de adquisición y procesamiento de datos que cuenta con puertos especializados para recibir las señales de los geófonos, asignando un canal a cada uno. Las señales son filtradas y digitalizadas según las configuraciones definidas por el usuario (Corporación OSSO, 2001).

2.2.10.6. Cables sísmicos

Utilizan un cableado interno para enviar la señal de cada geófono a la unidad de adquisición, con salidas diseñadas para conectar geófonos a diferentes intervalos de distancia. Normalmente se emplean dos cables, cada uno conectando la mitad de los geófonos (cotecno.cl, 2024).

2.2.10.7. Gatillo “trigger”

Representa el accionador para que el sismógrafo comience a grabar. El cable está conectado a la fuente sísmica, cuando se golpea el suelo con el martillo, el sistema de registro comienza a grabar automáticamente las señales provenientes de los geófonos (Corporación OSSO, 2001)

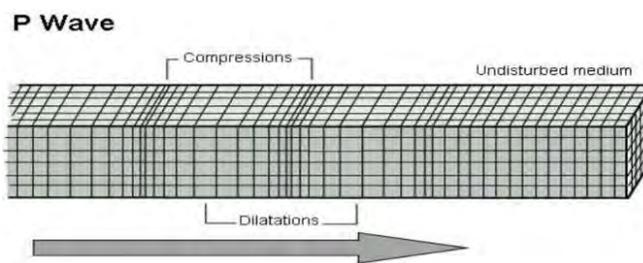
2.2.11 Ondas sísmicas de cuerpo

Son dos tipos de ondas que viajan a través del suelo según la teoría elástica y son conocidas como ondas internas y son los siguientes:

2.2.11.1. Ondas sísmicas o compresionales (Primarias)

Son ondas que se transmiten cuando las partículas del medio se desplazan en la dirección de la propagación de la onda, produce compresiones y dilataciones en el medio (suelo).

Figura 9
Ondas de compresión P



Fuente: <https://geologiaweb.com/geofisica/ondas-sismicas/>

2.2.11.2. Ondas S

Este tipo de ondas son las segundas en aparecer en los registros del sismógrafo, las cuales son ondas transversales. Tienen la capacidad de hacer que el medio por el cual se propagan tenga

un comportamiento de desplazamiento perpendicular de forma alternada a la dirección de propagación de la onda. Se diferencia de las ondas P por el movimiento relativo de la propagación de la onda y porque tiene mayor amplitud que las ondas p. (Sánchez y otros, 2016)

Figura 10
Ondas secundarias S



Fuente: <https://geologiaweb.com/geofisica/ondas-sismicas/>

2.2.12 Cimentaciones superficiales

Es un tipo de cimentaciones en la cual los elementos verticales de la superestructura se prolongan hasta el estrato portante que se encuentra a una determinada profundidad relativamente limitada llamada terreno de fundación, descansado directamente sobre él mediante el ensanchamiento de su sección transversal con el fin de reducir el esfuerzo unitario que es transmitido al suelo. En la transferencia de cargas por presión a la base de la cimentación no intervienen las fuerzas de fricciones laterales (Alva, 2007). En tipos de cimentaciones superficiales se encuentran las cimentaciones por zapatas aisladas, zapatas conectadas, zapatas combinadas, cimentación corrida o continua, cimentación continua con vigas de cimentación y las losas de cimentación.

2.2.12.1. Cimentaciones mediante losas o plateas

Es un elemento monolítico única de fundación de tipo placa, uniendo a todos los elementos de carga. Ocupan áreas de igual o mayor a la proyección en planta de la superestructura. También son conocidos como plateas de cimentación, placas corridas o solados. Tiene mejor

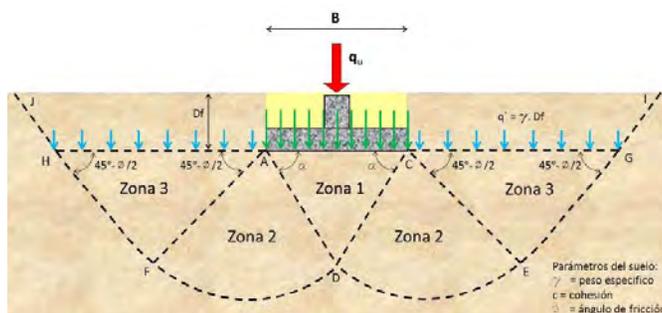
comportamiento a los asentamientos diferenciales, disposición estructural y condiciones del suelo portante (Del Santo, 2015)

2.2.13 Teoría de la capacidad de carga en suelos

2.2.13.1. Mecanismos de falla

Cuando se da el alcance de la capacidad de carga se produce la falla por corte del suelo, formando una superficie de deslizamiento definida bajo la fundación. Meyerhof asume en el mecanismo de falla tres zonas con movimientos diferentes bajo y alrededor de la zapata que son los siguientes: Zona 1 de estado de equilibrio elástico activo, zona 2 de corte radial, zona 3 de estado de equilibrio plástico pasivo.

Figura 11
Zonas de mecanismo de falla



Fuente: (Del Santo, 2015)

Se han podido identificar tres modos de diferentes de falla del suelo en cimentaciones superficiales bajo cargas estáticas que se mencionan a continuación.

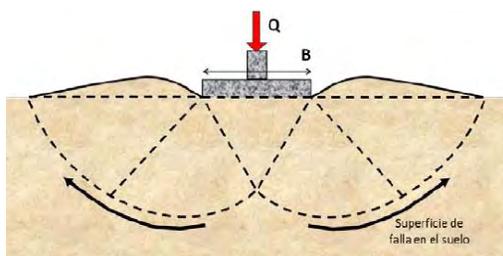
2.2.13.2. Falla por corte general

Una zapata de ancho B cuya longitud teóricamente infinita apoyada sobre un suelo arenoso denso o suelo arcilloso muy compacto como se muestra en la Figura 7 Se aplica la carga Q gradualmente a la zapata, En cierto punto, cuando el esfuerzo transmitido por la carga Q iguala a la capacidad de carga ultima de la fundación produce el asentamiento y el suelo sufrirá la falla repentina al corte haciendo que la zona de falla se extienda hasta la superficie de uno o de ambos

lados de la fundación y podrá observar una pequeña formación de desplazamiento de masa de suelo alrededor de la fundación.(Del Santo, 2015).

Figura 12

Falla por corte general



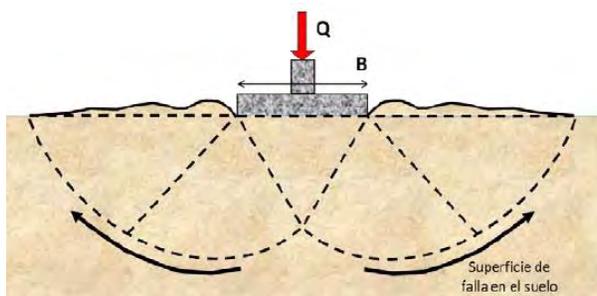
Fuente:(Del Santo, 2015)

2.2.13.3. Falla por corte local

Cuando la fundación superficial se encuentra en suelo arenoso medianamente denso o arcilla medianamente compacto como se muestra en la Figura 8, a medida que va incrementad la carga Q se incrementa también el asentamiento. La superficie de falla se extiende gradualmente de la fundación hacia afuera, cuando el esfuerzo generado por la carga Q se va incrementando se genera carga de primera falla el cual produce en la fundación sacudidas repentinas al seguir incrementado la carga Q alcanzará la capacidad de carga última del suelo la carga estará acompañado de grandes asentamientos en la fundación. La principal característica de esta falla es que nunca se observará un valor máximo de “ Q “. (Del Santo, 2015).

Figura 13

Falla por corte local



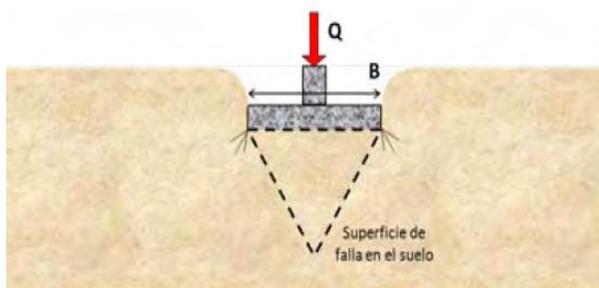
Fuente:(Del Santo, 2015)

2.2.13.4. Falla al corte por punzonamiento

Se presenta en un suelo de arena bastante suelto o sobre arcilla blanda, la fundación se hunde cortando el terreno produciendo desplazamiento aproximadamente vertical y afecta poco al suelo adyacente, la superficie de falla del suelo no se extiende la parte superior del suelo.

Figura 14

Falla al corte por punzonamiento



Fuente:(Del Santo, 2015)

2.2.14 Parámetros de resistencia del suelo

2.2.14.1. Cohesión (c)

Es una medida de la cementación o adherencia entre las partículas de suelo. En mecánica de suelos es utilizada para representar la resistencia al cortante producida por la cementación. En suelos específicamente granulares en los cuales no existe ningún tipo de material que pueda producir adherencia, la cohesión se supone igual a 0 y a estos suelos se les denomina Suelos no Cohesivos (Suarez, 1998).

2.2.14.2. Angulo de fricción (ϕ)

El ángulo de fricción es la representación del coeficiente de rozamiento, igual a la tangente del dicho ángulo (Suárez, 1998)

$$\text{coeficiente de rozamiento} = \tan\phi$$

El ángulo de fricción de varios factores, entre ellos destacan: tamaño, forma, distribución de las partículas del suelo y densidad.

2.2.15 Esfuerzo efectivo (σ)

Se define como la transmisión de esfuerzos y normales y de corte por los puntos de contacto entre las partículas del suelo. Un suelo saturado está formado por dos fases distintas: por las partículas y los poros entre partículas llenos de agua. El esfuerzo impuesto sobre el suelo, es soportado por las partículas y también, por la presión de poros.(Suárez, 2009)

2.2.16 Capacidad de carga (q_u)

Se define como la capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas sobre el suelo el cual es la máxima presión de contacto entre la fundación y el suelo de tal que no se produzca la falla por corte del suelo o un asentamiento diferencial excesivo.(Braja M. Dass, 2012).

2.2.17 Esfuerzo admisible (q_{adm})

Es aquella que, al momento de aplicar una fuerza sobre ella, esta no genere ningún tipo de deterioro sobre la cimentación. Este valor dependerá de la capacidad de carga y el factor de seguridad (FS) que se le asigne (Braja M & León, 2012). Se calcula de la siguiente manera:

$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS}$$

2.2.18 Esfuerzo neto ($q_{neto(u)}$)

Se define como la diferencia de la capacidad de carga y esfuerzo efectivo o de tapada en el fondo de cimentación y está dado por:

$$q_{neto(u)} = q_u - q$$

Donde q: esfuerzo efectivo

2.2.19 Capacidad de carga de Meyerhof para cimentaciones superficiales

Meyerhof (1963), expresa la capacidad de carga mediante la siguiente ecuación general.(Braja M. Dass, 2012).

$$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Donde:

- c' : Cohesión
- q : Esfuerzo efectivo al nivel del fondo de cimentación
- γ : Peso específico del suelo
- B : Ancho de la cimentación o diámetro para cimentación circular
- $F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$: Factores de forma
- $F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$: Factores de profundidad
- $F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$: Factores de inclinación de la carga
- N_c, N_q, N_γ : Factores de capacidad de carga

Los factores de capacidad de carga se obtienen con las siguientes ecuaciones:

$$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi'}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$$

Donde:

ϕ : Ángulo de fricción

Se muestra la variación de factores de capacidad de carga mencionados anteriormente con respecto al ángulo de fricción. (Braja M. Dass, 2012)

Los factores de profundidad, forma, inclinación se dan en la Tabla 3.

Tabla 5
Factores de forma, profundidad e inclinación

Factor	Relación	Referencia
Forma	$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \left(\frac{N_q}{N_c}\right)$ $F_{qs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \tan\phi'$ $F_{\gamma s} = 1 - 0.4 \left(\frac{B}{L}\right)$	DeBeer(1970)
Profundidad	<p>si; $\frac{D_f}{B} \leq 1$</p> <p>Para $\phi = 0$:</p> $F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B}\right)$ $F_{qd} = 1$ $F_{\gamma d} = 1$ <p>Para $\phi > 0$:</p> $F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan\phi'}$ $F_{qd} = 1 + 2 \tan\phi' (1 - \text{sen}\phi')^2 \left(\frac{D_f}{B}\right)$ $F_{\gamma d} = 1$ <p>si; $\frac{D_f}{B} > 1$</p> <p>Para $\phi = 0$:</p> $F_{cd} = 1 + 0.4 \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B}\right)$ $F_{qd} = 1$ $F_{\gamma d} = 1$ <p>Para $\phi > 0$:</p> $F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan\phi'}$ $F_{qd} = 1 + 2 \tan\phi' (1 - \text{sen}\phi')^2 \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B}\right)$ $F_{\gamma d} = 1$	Hansen (1970)
Inclinación	$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ}\right)^2$ $F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi'}\right)^2$ <p>β: inclinación de la carga sobre la cimentación respecto a la vertical</p>	Meyerhof (1963); Hanna y Meyerhof (1981)

2.2.20 Cimentaciones profundas

Son elementos de cimentación debido por condiciones la sustentación del terreno son desfavorables, la subestructura tiene lugar a una mayor profundidad bajo la superestructura, con respecto a la superficie, teniendo a que el suelo firme se ubica a mayor profundidad (Alva, 2007).

2.2.20.1. Cimentaciones por pilotes

Son elementos estructurales tipo columnares, relativamente esbeltos, que se colocan verticalmente o ligeramente inclinados. Son colocados aislados o en grupos vinculados en su parte superior por una estructura cabezal que los une y distribuye las cargas entre ellos (Alva, 2007)

2.2.20.2. Pilotes

Es una estructura geotécnica principalmente diseñada para la transmisión de cargas de cimentación hacia estratos resistentes profundos. Su instalación se hace por hincas en el terreno, mediante impactos de energía controlada. (Árcos & Juan, 2007)

2.2.21 Capacidad de carga en pilotes (Q_u)

El mecanismo de transferencia de carga del pilote al suelo se da de dos maneras, la transferencia de carga por punta y fricción. La capacidad carga del pilote es dada por la siguiente expresión:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

En el cual:

Q_p : Carga soportada en la punta del pilote.

Q_s : Carga soportada por la fricción lateral del pilote.

2.2.22 Capacidad de punta de pilotes.

La capacidad de punta de pilotes está dada por la por la siguiente ecuación:

$$Q_p = A_p q_p = A_p (c' N_q^* + q' N_q^*)$$

Donde:

- A_p : Área de la punta del pilote
 c' : Cohesión del suelo en la punta del pilote
 q_p : Resistencia unitaria de punta
 q' : Esfuerzo vertical efectivo al nivel de la punta
 N^*_c, N^*_q : Factores de capacidad de carga

2.2.23 Resistencia por fricción

La resistencia por fricción en la superficie lateral del pilote esta dado por la siguiente ecuación

$$Q_s = \sum p \Delta L f$$

Donde:

- p : perímetro de la sección del pilote
 ΔL : Longitud incremental del pilote
 f : Resistencia unitaria por fricción a cualquier profundidad

2.2.24 Capacidad de carga de punta método Meyerhof

2.2.24.1. Capacidad de carga de punta en arenas ($c'=0$)

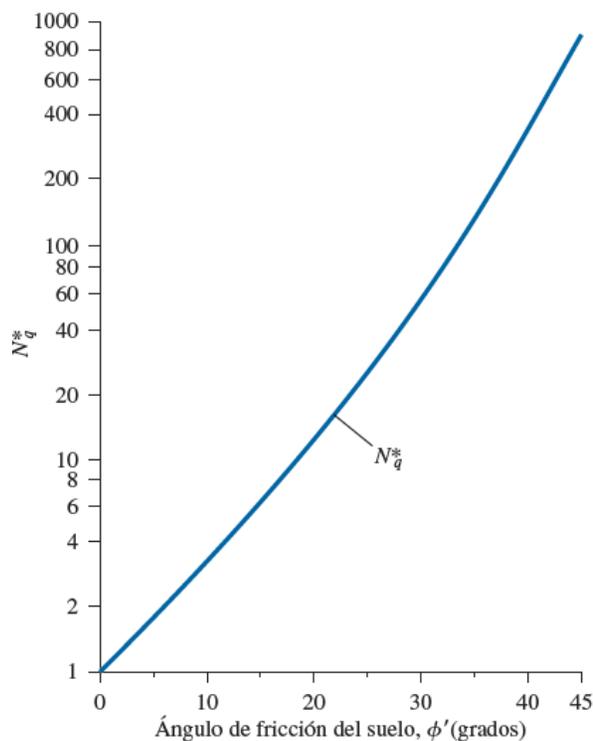
La capacidad de carga de punta, de un pilote en arena aumenta con la profundidad de empotramiento en el estrato de carga y está dada por la siguiente expresión:

$$Q_p = A_p q' N_q^*$$

el valor de N_q^* varia con el ángulo de fricción de suelo

Gráfico 1

*Grafica para determinar el factor de capacidad N^*_q*



Fuente:(Braja M. Das, 2012)

2.2.24.2. Capacidad de carga de punta en arcillas ($\phi=0$)

Para arcillas saturadas en condición no drenada está dada por la siguiente ecuación:

$$Q_p = 9C_u A_p$$

Donde

C_u : cohesión no drenada debajo de la punta del pilote

2.2.24.3. Resistencia por fricción en arena

La resistencia unitaria por fricción depende varios factores importantes: la naturaleza del hincado del pilote el cual ayuda a densificar el suelo a su alrededor hasta 2.5 veces el diámetro del pitote.

La fricción superficial unitaria aumenta con la profundidad y después se mantiene constante, y la profundidad crítica es de 15 a 20 veces del diámetro del pilote. La estimación conservadora es de

$$L \approx 15D.$$

La resistencia unitaria por fricción a cualquier profundidad

$$f = (1 - \text{sen}\phi)\sigma'_o \tan\left(\frac{\phi}{2}\right)$$

Y la resistencia por fricción en arena está dada por:

$$Q_s = \sum p \cdot \Delta L \cdot f$$

Donde:

- P : Perímetro del pilote
 ΔL : Longitud incremental del pilote
 f : Resistencia unitaria de pilote

2.2.24.4. Resistencia por fricción en arcilla

La estimación de la resistencia por fricción de pilotes en arcilla es compleja, así como en las arenas debido a la presencia de diferentes variables lo cual hace que no pueda cuantificar con facilidad.

$$Q_s = \sum \alpha \cdot C_u \cdot p \cdot \Delta L$$

Método α

La resistencia unitaria en suelos arcillosos esta dado por la ecuación.

$$f = \alpha \cdot C_u$$

Donde:

α : factor empírico de adhesión

C_u : Cohesión no drenada

Los valores interpolados del factor empírico de adhesión de Terzaghi, Peck y Mesri se muestran en el cuadro siguiente:

Tabla 6

Valores interpolados del factor empírico de adhesión de Terzaghi

$\frac{C_u}{P_a}$	α
0.1	1.00
0.2	0.92
0.3	0.82
0.4	0.74
0.6	0.62
0.8	0.54
1.0	0.48
1.2	0.42
1.4	0.40
1.6	0.38
1.8	0.36
2.0	0.35
2.4	0.34
2.8	0.34

Fuente: (Braja M. Das, 2012)

Donde:

P_a : Presión atmosférica equivalente a 100kN/m²

2.2.25 Carga permisible (Q_{perm})

Al calcular la capacidad de soporte de carga total de un pilote, sumando la capacidad de carga en la punta y la resistencia por fricción, se aplica el factor de seguridad para determinar la carga permisible que puede soportar el pilote de manera segura se expresa.

$$Q_{perm} = \frac{Q_u}{FS}$$

Donde:

Q_u : Capacidad de carga total, y es la suma de Q_p y Q_s

FS: Factor de seguridad que varía entre 2.5 y 4

2.2.26 Asentamiento elástico de pilotes

El asentamiento total de un pilote bajo una carga vertical de trabajo está dado por:

$$S_e = S_{e(1)} + S_{e(2)} + S_{e(3)}$$

2.2.26.1. Asentamiento elástico del pilote $S_{e(1)}$

La deformación del pilote se evalúa de acuerdo con los principios de mecánica de materiales y este dado por la siguiente expresión.

$$S_{e(1)} = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p E_p}$$

Donde:

Q_{wp} : Carga soportada en la punta del pilote bajo carga de trabajo.

Q_{ws} : Carga soportada por la resistencia por fricción superficial bajo carga de trabajo.

A_p : Área de la sección transversal del pilote

L : Longitud del pilote

E_p : Módulo de elasticidad del material del pilote.

ξ : Factor que depende de la distribución de la resistencia que es de 0.5

2.2.26.2. Asentamiento causado por la carga en la punta del pilote $S_{e(2)}$

El asentamiento de un pilote debido a la carga soportada en la punta del pilote se puede expresar de la siguiente manera:

$$S_{e(2)} = \frac{q_{wp} D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{wp}$$

Donde:

- D : Ancho o diámetro del pilote.
- q_{wp} : Carga puntual por unidad de área en la punta del pilote
- E_s : Módulo de elasticidad del suelo en la punta del pilote.
- μ_s : Coeficiente de Poisson del suelo.
- I_{wp} : Factor de influencia, que es menor que 0.85.

2.2.26.3. El asentamiento de un pilote debido a la carga soportada a lo largo del fuste del pilote $S_{e(3)}$

Esta dada por la siguiente expresión:

$$S_{e(3)} = \left(\frac{Q_{ws}}{pL} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws}$$

Donde:

- p : Perímetro del pilote
- L : Longitud empotrada del pilote
- I_{ws} : Factor de influencia.

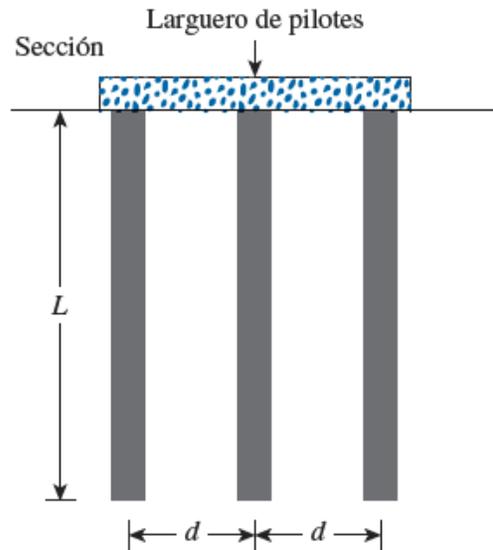
Y el factor de influencia esta dado por la siguiente ecuación

$$I_{ws} = 2 + 0.35 \sqrt{\frac{L}{D}}$$

2.2.27 Eficiencia de grupo de pilotes

En la mayoría de los casos, los pilotes se agrupan, como se muestra en la siguiente figura, para transferir la carga estructural al suelo. Sobre este grupo de pilotes se construye un larguero, que generalmente está en contacto con el suelo, como se ilustra en la figura a continuación, aunque en estructuras marinas, el larguero puede estar elevado por encima del suelo.

Figura 15
Grupo de pilotes



Fuente:(Braja M. Das, 2012)

Siendo que la eficacia de la capacidad de soporte de carga de un grupo de pilotes puede definirse como:

$$\eta = \frac{Q_{g(u)}}{\sum Q_u}$$

Donde:

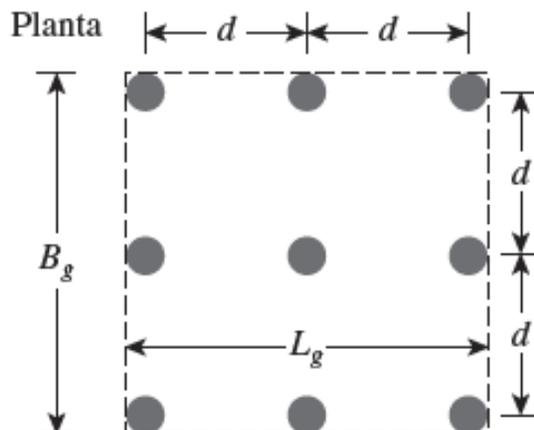
η : Eficiencia del grupo de pilotes.

$Q_{g(u)}$: Capacidad última de carga del grupo de pilotes.

Q_u : Capacidad última de carga de cada pilote individual

El grupo de pilotes pueden comportarse de dos formas como un bloque sólido con dimensiones $L_g \times B_g \times L$ o como pilotes individuales.

Figura 16
Sección del bloque de pilotes

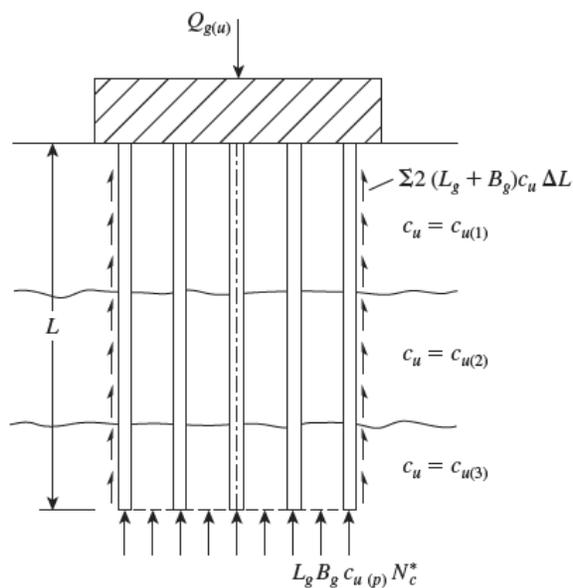


Fuente: (Braja M. Das, 2012)

2.2.28 Capacidad de carga de grupos de pilotes en arcilla saturada

Teniendo el gráfico la capacidad de grupos de pilotes en arcilla saturada se puede determinar de la siguiente manera.

Figura 17
Resistencia por punta y fricción en grupo de pilotes



Fuente: (Braja M. Das, 2012)

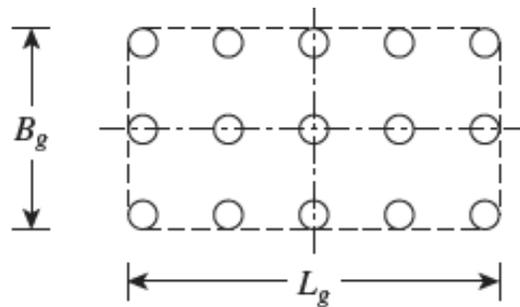
Primeramente, se determina $\sum Q_u = n_1 n_2 (Q_p + Q_s)$ de donde se obtiene la ecuación desarrollada teniendo las ecuaciones $Q_s = \sum p f \Delta L$ y $Q_p = A_p q' N_c^*$ con los cuales se tiene.

$$\sum Q_u = n_1 n_2 \left[9 A_p C_{u(p)} + \sum \alpha p C_u \Delta L \right]$$

Seguidamente se determina la capacidad de los pilotes que actúan en bloque de sección $B_g \times L_g$.

Figura 18

Sección de grupo de pilotes



Fuente: (Braja M. Das, 2012)

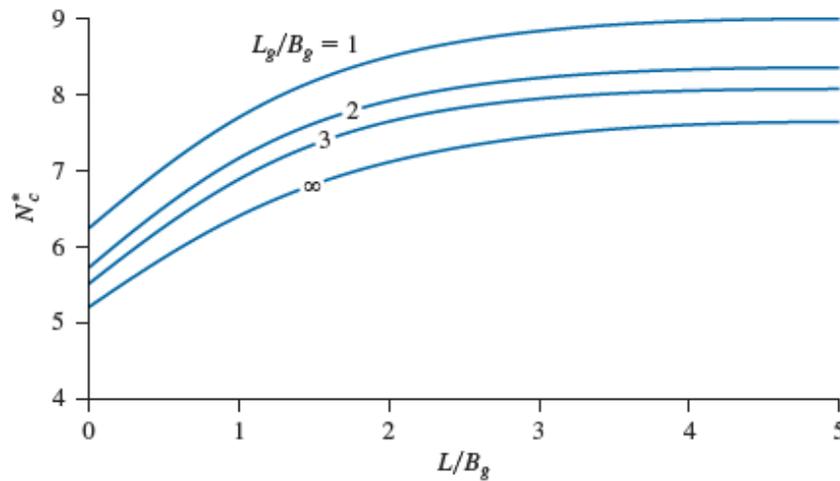
La capacidad para pilotes que actúan en grupo se calcula con la siguiente ecuación

$$\sum Q_u = L_g B_g q' N_c^* + \sum 2(L_g + B_g) f \Delta L$$

El valor del factor de capacidad de carga N_c^* se obtiene a partir del gráfico

Gráfico 2

*Grafica para determinar el factor de capacidad de carga N^*c*



Fuente: (Braja M. Das, 2012)

2.2.29 Asentamiento elástico de grupo de pilotes

El asentamiento de un grupo de pilotes bajo una carga de trabajo similar por pilote aumenta conforme crece el ancho del grupo B_g y el espaciamiento entre pilotes (d). La fórmula más sencilla para calcular el asentamiento de grupos de pilotes fue propuesta por Vesic en 1969, y se expresa como:

$$S_{g(e)} = \sqrt{\frac{B_g}{D}} S_e$$

Donde:

- $S_{g(e)}$: Asentamiento elástico del grupo de pilotes.
- B_g : Ancho de la sección del grupo de pilotes.
- D : Diámetro o ancho de cada pilote en el grupo.

2.2.30 Correlación de propiedades dinámicas y elásticas (Geo sísmico)

2.2.30.1. Relación de Poisson (η)

Es la proporción que resulta entre los cambios unitarios de la deformación y el área transversal. La velocidad de las ondas sísmicas está en función con las propiedades elásticas del medio de propagación.

$$\eta = \frac{V_p^2 - 2V_s^2}{2(V_p^2 - V_s^2)}$$

2.2.30.2. Módulo de Young (E)

En situaciones de compresión o tracción donde las deformaciones son pequeñas, la magnitud de esta deformación es proporcional a la tensión aplicada, según a la Ley de Hooke.

El módulo de elasticidad en función de (V_p y V_s) esta dada por la siguiente expresión:

$$E = \delta V_s^2 \left(\frac{3V_p^2 - 4V_s^2}{V_p^2 - V_s^2} \right)$$

2.2.30.3. Módulo de rigidez o de cizallamiento (G)

El esfuerzo de cizallamiento es la tensión que actúa paralelamente al área de una superficie, generando deformaciones que pueden llevar a la fractura. Se caracteriza por el ángulo de deformación entre la superficie original del área y la superficie deformada debido a la tensión aplicada.

En función de velocidad V_s :

$$G = \frac{E}{2(1 + \eta)}$$

2.2.31 Correlación de parámetros de resistencia (Geo sísmico)

2.2.31.1. Cohesión C (kg/cm²)

De acuerdo con I. G. Mindel, hay una relación entre la cohesión y el módulo elástico de corte (G). Para suelos limosos, se estableció la siguiente fórmula

$$C = 4.8 * 10^{-4}G - 0.08$$

Para los suelos finos como limos de Prikam, se encontró la siguiente relación entre la cohesión y el módulo de corte (G):

$$C = 75 * 10^{-5}G - 0.356$$

Para las arcillas de Prikam, se obtuvo la siguiente correlación:

$$C = 51.1 * 10^{-5}G - 0.657$$

Para cualquier suelo fino con humedad natural, la cohesión puede determinarse utilizando la siguiente fórmula general:

$$C = 38 * 10^{-5}G + 0.087$$

2.2.31.2. Cohesión no drenada C_u (kg/cm²)

De acuerdo a Watki la cohesión no drenada para suelos arcillosos está dada por la siguiente expresión:

$$C_u = \left(\frac{V_s}{23}\right)^{\frac{1}{0.475}}$$

2.2.31.3. Ángulo de fricción interna (ϕ)

Para determinar el ángulo de fricción de suelos granulares utilizando datos de sísmica de refracción. En los suelos granulares, el ángulo de fricción interna puede calcularse mediante las siguientes fórmulas.

$$\phi = \frac{9.17}{\sqrt{\frac{V_P}{V_S}} - 1.41} + 16$$

$$\phi = 46.4 - 9.65 \frac{V_P}{V_S}$$

2.2.31.4. Peso volumétrico (γ)

El peso volumétrico de los suelos puede calcularse mediante la siguiente fórmula:

$$\gamma = 1.516 * 10^{-2} \sqrt{V_p} + 1.59$$

2.2.32 Software para procesar los datos de refracción sísmica y MASW

Figura 19

Programas de procesamiento

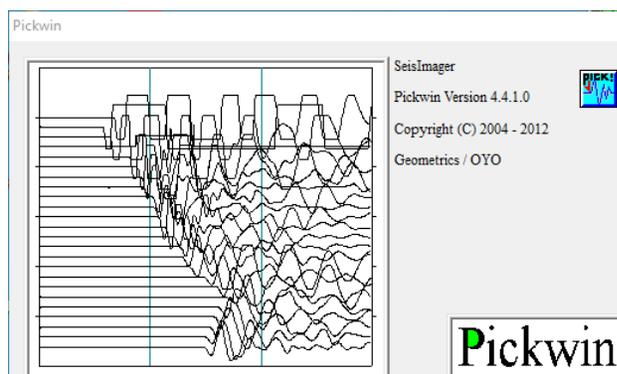


2.2.32.1. Pickwin

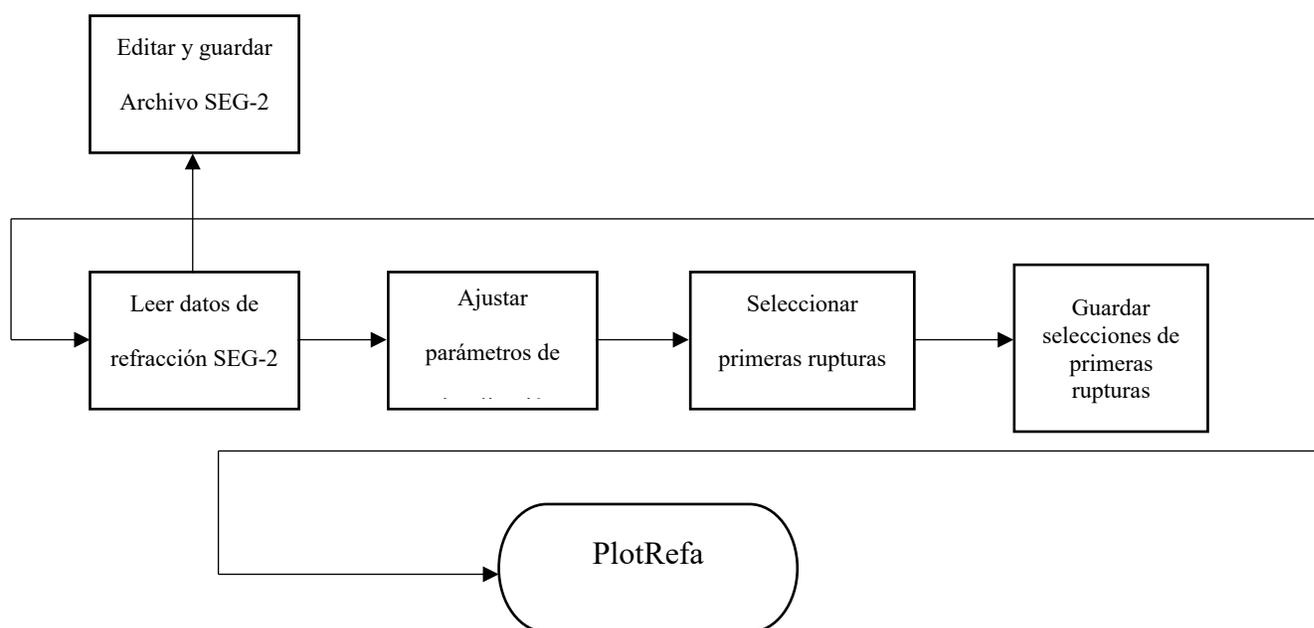
Es un software destinado para el procesamiento de datos y el propósito principal de Pickwin es ayudar a identificar las primeras rupturas, seleccionarlas y guardarlas para su entrada en el programa de análisis, **Plotrefa (software)**. Una vez leído y editado si es necesario, se puede optimizar la apariencia de los datos para mejorar la visualización de las primeras rupturas. Con este fin, puedes filtrar los datos, cambiar las escalas de distancia y tiempo, cambiar el estilo de

trazo y corregir el registro por errores de sincronización. Después de haber seleccionado las rupturas, puedes guardarlas, leer el siguiente archivo SEG-2.

Figura 20
Software Pickwin



El flujo general de Pickwin se describe en el diagrama de flujo a continuación.

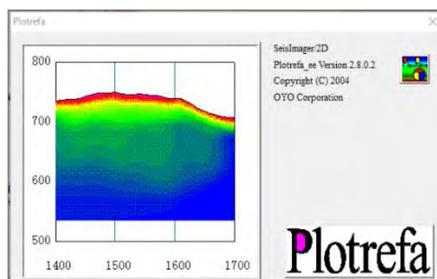


2.2.32.2. Plotrefa

Plotrefa es un Software de interpretación de SeisImager/2D. Toma la salida de Pickwin como entrada y, mediante la aplicación de una de las tres técnicas de interpretación disponibles,

proporciona una sección transversal de velocidades. Esto incluye muchas herramientas útiles que facilitan la interpretación de la data. (Geometrics, 2009)

Figura 21
Programa Plotrefa



2.3. Hipótesis de la investigación

2.3.1 Hipótesis generales

HG: Los valores de capacidad de carga obtenidos por el método geo sísmico son similares a los valores obtenidos por el método convencional para una edificación mayor a diez niveles Cusco 2023.

2.3.2 Hipótesis específicas

HE1: Los valores de resistencia obtenidos por método geo sísmico permiten determinar la capacidad de carga en cimentaciones superficiales y profundas para una edificación mayor a diez niveles Cusco 2023

HE2: Los valores capacidad de carga obtenidos por el método convencional son adecuados en cimentaciones superficiales y no en cimentaciones profundas para una edificación mayor a diez niveles Cusco 2023

HE3: Los parámetros de resistencia obtenidos por el método geo sísmico y convencional son similares para determinar la capacidad de carga para una edificación mayor a diez niveles Cusco 2023.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Ubicación del área de estudio

El primer caso de estudio se ubica en el distrito de San Sebastián, dentro de la asociación de vivienda Suriwaylla grande al frente de la I.E. Bolivariano con coordenadas UTM 182552.64 E- 8501214.59 N y con una cota de elevación de 3275.15 m.s.n.m.

Figura 22

Ubicación del primer caso de estudio



El segundo caso de estudio se ubica en el distrito de Wánchaq, dentro de la universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco específicamente entre las Facultades de Química y Biología con coordenadas UTM 179580.89 E- 8503216.79 N y con una cota de elevación de 3356.75 m.s.n.m.

Figura 23
Ubicación del segundo caso de estudio



3.2. Características de la investigación

3.2.1 Tipo de investigación

El tipo de Investigación que se desarrolló en la actual tesis es aplicado “Porque se enfoca en resolver un problema práctico, en este caso, la determinación de la capacidad de carga del suelo utilizando diferentes métodos. La investigación aplicada busca generar conocimientos que puedan aplicarse de manera práctica para mejorar técnicas o métodos”. (Alvarez, 2020) y comparativo porque el objetivo es comparar dos métodos de exploración de suelo, lo cual implica medir y analizar los resultados para determinar cuál es más efectivo o adecuado para estimar la capacidad de carga en el contexto que se interesa. Además, tiene un carácter descriptivo, puesto que incluye una detallada descripción de las características del suelo en estudio, lo cual es esencial para alcanzar los objetivos propuestos. El propósito principal de esta investigación es llevar a cabo una validación en campo de los métodos geosísmicos y convencionales, para obtener parámetros geotécnicos que permitan determinar de manera precisa la capacidad de carga de suelos destinados a edificaciones que superan los diez niveles. A través de esta validación, se busca no solo

corroborar la efectividad de los métodos empleados, sino también ofrecer una base sólida para la toma de decisiones en proyectos de construcción de gran envergadura, optimizando así la seguridad y estabilidad de las estructuras.

3.2.2 Nivel de investigación

El nivel de la investigación es correlacional y comparativo. Este tipo de estudio busca analizar y comparar las relaciones entre dos o más métodos o variables, pero no se limita a observar los fenómenos, sino que los contrasta para encontrar patrones o determinar cuál método podría ser más efectivo o preciso en determinadas condiciones. (Supo, 2020)

Al evaluar la capacidad de carga, el objetivo no es solo comparar los métodos, sino también determinar si ambos producen resultados equivalentes. De ser así, se podría implementar el método geo sísmico en la ciudad de Cusco para el análisis de suelos en edificaciones que superan los diez niveles, lo que contribuiría significativamente a mejorar la seguridad y eficiencia en la ingeniería de suelos, especialmente en proyectos de construcción de gran envergadura.

3.2.3 Diseño de investigación

Según el diseño de investigación tiene un diseño no experimental ya que no se da la manipulación deliberada de las variables y tiene un enfoque cuantitativo, dado que se hicieron estudios geosísmicos y convencionales (insitu y laboratorio), con fin de obtener similitud en los resultados de parámetros de resistencia para el cálculo de la capacidad de carga y verificar la hipótesis planteada, buscando generar nuevos conocimientos y tomar la importancia e innovar en el uso de ensayos geosísmicos que son de carácter complementario.

3.3. Población y Muestra

3.3.1 Población

Se considero los terrenos específicos en la ciudad de Cusco, analizando sus características geotécnicas detalladas, como la estratigrafía, que son fundamentales para determinar su capacidad de carga.

3.3.2 Muestra

Se considero dos casos de estudio, como primer caso de estudio se tiene la “Asociación de vivienda Suriwaylla Grande” ubicado en el distrito de San Sebastián y como segundo caso de estudio el campus universitario (Unsaac).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentación que se emplearon para la elaboración y recolección de datos para comparar los métodos geosísmicos y convencionales son los siguientes:

- Estudio de material bibliográfico: se basó en la recolección y revisión de los antecedentes relacionados al tema de investigación, como también las metodologías de diversos autores para el cálculo de los diversos parámetros del suelo.
- Utilización de Software: Se utilizo para el procesamiento de los datos de los métodos geosísmicos y como resultado determino las velocidades de corte y velocidades primarias según la profundidad.
- Ensayos in situ: Se realizo el ensayo SPT para determinar la resistencia al suelo a la penetración según el número de golpes y la extracción de muestras a través de este ensayo.
- Ensayos de laboratorio: Se realizo el análisis de las características del suelo para la clasificación según SUSC, determinación de los parámetros de resistencia del suelo a través del ensayo Corte directo.

3.4.1 Procedimiento para recolección de datos

Inicialmente se realizó el reconocimiento del terreno para prever algún inconveniente que podrían presentarse al momento de realizar los ensayos, seguidamente se realizó la exploración del suelo con los ensayos geosísmicos (refracción sísmica y MASW). Para la extracción de las muestras de suelo se realizó mediante el ensayo SPT, también permitió la resistencia que ofrece el suelo a la penetración, con las muestras extraídas se realizó la clasificación de suelos según SUCS y se realizó el ensayo volumétrico el cual permitió peso de suelo a remoldear para el ensayo de corte directo.

3.4.2 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para proceder con el análisis y procesamiento de datos recopilados en campo y en laboratorio se recurrió a los programas de hojas de cálculo (Excel), ábacos, gráficos, Software para ingresar datos de los ensayos geosísmicos.

3.5. Metodología para la ejecución de ensayos

3.5.1 Descripción de método convencional

Los métodos convencionales se basan en ensayos que tradicionalmente se realiza como el ensayo SPT y ensayo de corte directo, dichos ensayos se desarrollaron en esta investigación para determinar los parámetros de resistencia del suelo como el ángulo fricción, cohesión para determinar la capacidad de carga de una edificación mayor a diez niveles en la ciudad del Cusco.

3.5.2 Ensayo de SPT

La primera exploración se realizó en la Asociación de vivienda Suriwaylla grande del distrito de San Sebastián de la Provincia del Cusco y como segundo punto de exploración se realizó en la Universidad San Antonio abad del Cusco específicamente en el área verde que se encuentra entre las facultades de química y biología teniendo ambos un punto de exploración. En la siguiente

tabla muestra la profundidad alcanzada y las coordenadas UTM-WGS84 de los puntos de exploración de SPT.

Tabla 7
Coordenadas del punto de muestreo del ensayo SPT

N°	LUGAR	PROFUNDIDAD DE EXPLORACIÓN (m)	CORDENADAS	
			E	N
1	Asociación de vivienda Suriwaylla Grande	9.00	182582.64	8501214.59
2	Universidad San Antonio Abad del Cusco	9.00	179580.89	8503216.79

Los equipos utilizados para realizar el ensayo de penetración estándar son los siguientes: Equipo SPT, Martillo de 63.5 kg, barras de acero de acople, trípode, motor, soga de 3", toma muestra (tubo de cuchara partida), cinta métrica, accesorios, cámara, libreta de campo.

- **Procedimiento (Norma Técnica ASTM D1586)**

- Se realiza una perforación en la zona hasta cierta profundidad determinada, con los instrumentos necesarios y adecuados
- Se procede con la limpieza de dicha perforación realizada, se instala una toma muestras que compone de tubo bipartido, y cabeza de acoplamiento de varillaje.
- Para empezar con el ensayo, el muestreador deberá estar enroscado al extremo de la tubería de perforación y se colocará hasta la profundidad sobre el cual se realizará la prueba. La tubería se marcará cada 15 cm para identificar la profundidad de penetración
- Una vez realizado los pasos anteriores se comenzará a efectuar el ensayo SPT dejando caer libremente el peso del martillo de 63.5 kg desde una altura de 76.2 cm sobre la cabeza de golpeo y de esta manera el muestreador pueda penetrar cada 15 cm hasta llegar a los 45 cm y tomará el número de golpes a 15 cm, 30 cm y 45 cm.

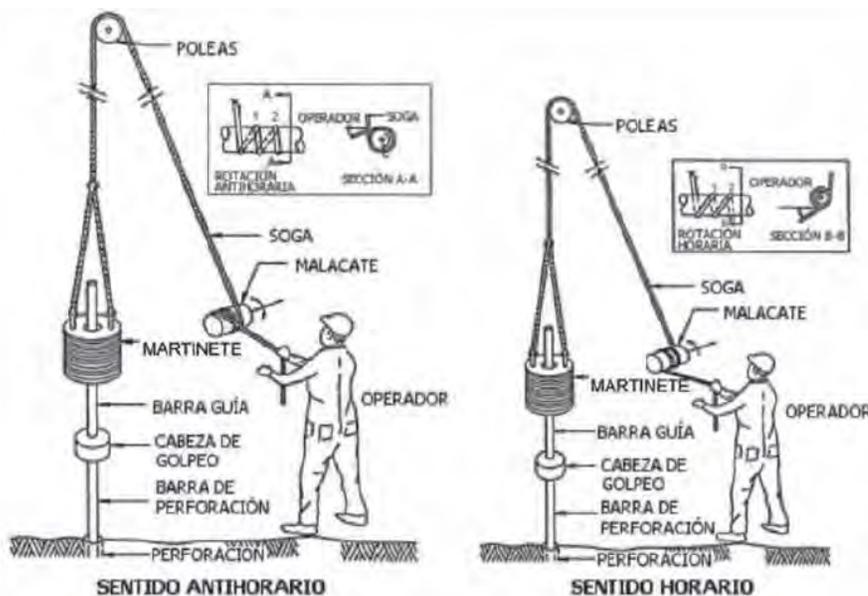
- La lectura del golpeo del primer y último tramo se no toma en cuenta debido a la alteración del suelo en el primer caso y la posibilidad de sobre compactación en el segundo caso.
- Los valores de golpes en el tramo central de 15cm, conllevan al parámetro NSTP, llamado resistencia a la penetración estándar.

$$NSPT = N (15-30) + N (30-45)$$

- Una vez finalizada la hinca, se retira la muestra abriendo de manera longitudinal el tubo partido, se coloca en un recipiente hermético y se colocan los datos del ensayo: profundidad, número de muestra, valor del número de golpes, número de sondeo.

Figura 24

Ensayo de SPT



Fuente: https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/ensayo_penetracion.pdf

3.5.3 Ensayo de corte directo

Para el ensayo de corte directo se utilizó muestras de suelo alterada, la compactación se hará con las condiciones de humedad y peso unitario. .

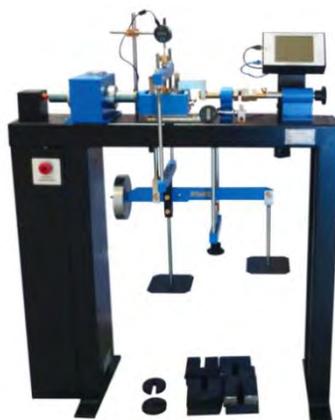
- Se hace pesar una muestra de suelo (seca o en condiciones húmedas), lo suficiente para realizar tres ensayos a la misma densidad. Se ensambla la caja de corte, se obtiene la

sección (A) de la muestra y se coloca la arena en la caja junto al pistón de carga y la piedra porosa.

- se aplica una carga vertical y se coloca el dial para determinar cuál es el desplazamiento vertical.
- Se separa la caja de corte, se fija el bloque de carga y se ajusta el deformímetro para medir el desplazamiento cortante (en ensayos saturados se debe saturar la muestra el tiempo necesario).
- Luego se empieza aplicando la carga horizontal tomando las medidas desde los deformímetros de carga, cambio de volumen y desplazamiento cortante.

Figura 25

Equipo de ensayo de corte directo



Fuente: <https://www.pinzuar.com.co/product/190>

3.5.4 Descripción del método geosísmicos

Los métodos geosísmicos basados en los ensayos de refracción sísmica y MASW ejecutados en esta investigación se hicieron con el fin de determinar los parámetros de suelo a profundidades que no pueden ser explorados por los ensayos convencionales. Los parámetros se determinan través de ecuaciones internacionales de correlación empírica que se aproximan a los resultados obtenidos por los ensayos convencionales y tiene como objetivo implementar este

método geo sísmico para determinar la capacidad de carga de los suelos el cual reducirá el tiempo de trabajo en campo.

3.5.5 Ensayo geo sísmico

A diferencia de los ensayos convencionales, los parámetros de resistencia se obtuvieron mediante correlaciones empíricas de diferentes autores internacionales. A través de los ensayos de refracción sísmica y MASW se determina las velocidades de ondas sísmicas VS y Vp en los estratos existentes en el suelo logrando así un mayor conocimiento de las propiedades de los estratos. Los equipos necesarios para el ensayo MASW y Refracción sísmica mencionan a continuación.

- 01 sismógrafo digital de 24 canales (sysmatrack)
- Computador portátil con software sysmatrack
- Cables sísmicos con 12 canales y espaciamiento máximo de 5m entre geófonos
- 24 geófonos de 4.5 Hz
- 01 cable de contacto entre percutor sísmico y sismógrafo (trigger)
- 01 cable interface sismógrafo a computador portátil (ethernet)
- 01 comba de 25lb
- 01 placa metálica de 25cm de diámetro
- El sismógrafo es controlado por el computador utilizando el software sysmatrack, el cual registra las lecturas de los primeros arribos de las ondas refractadas.

En la siguiente tabla muestra las coordenadas UTM-WGS84 de la línea sísmica.

Tabla 8
Coordenadas del ensayo de refracción sísmica y MASW

N°	LUGAR	LÍNEA SÍSMICA	CORDENADAS	
			E	N
1	Asociación de vivienda Suriwaylla Grande	Inicio de LS-01	182653.69	8501225.48
		Fin de LS-01	182585.49	8501214.09
		MASW-01	182582.64	8501214.59
2	Universidad San Antonio Abad del Cusco	Inicio de LS-02	179581.21	8503219.67
		Fin de LS-02	179589.09	8503288.42
		MAWS-02	179580.89	8503216.79

3.5.5.1. Ensayo MASW

Consiste en la medición de los tiempos de viaje de las ondas de corte (V_s) generadas por un golpe de impacto producidas por una comba. La diferencia radica en que para este método se emplean geófonos de 4.5 Hz de frecuencia, además, los puntos de disparo se ubican en los extremos de la línea sísmica.

Para el procesamiento de los registros de campo, se realiza la inversión de velocidades de las ondas S mediante el análisis de la dispersión de las ondas de superficie.

3.5.5.2. Refracción sísmica

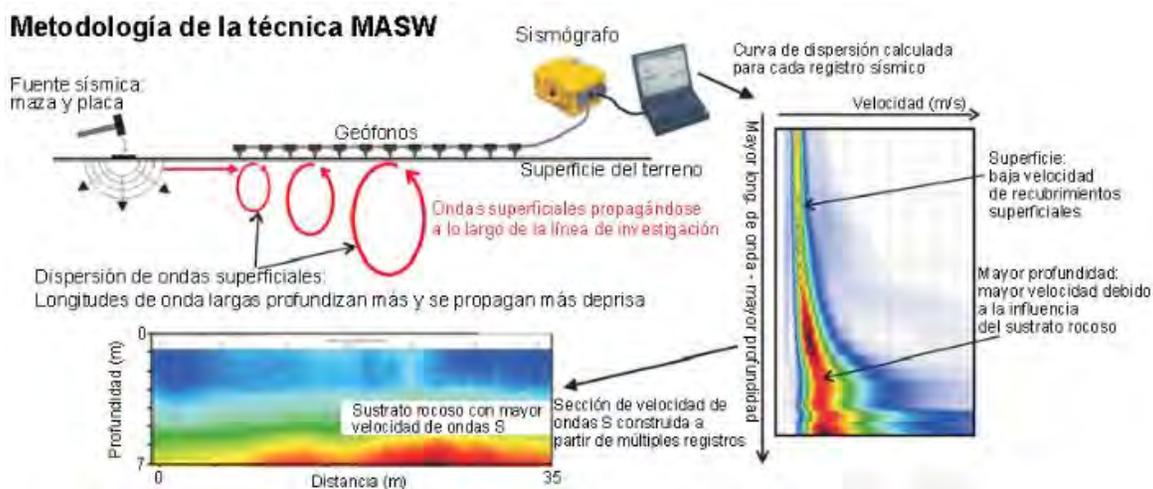
Este proceso está regido por varios principios y leyes, como el principio de Huygens, que describe la formación de nuevos frentes de ondas a partir de puntos del frente de onda existente, y el principio de Fermat, que establece que las ondas siguen la trayectoria de menor tiempo posible. La ley de refracción, derivada de estos principios, relaciona los ángulos de incidencia y refracción con las velocidades de las ondas en los diferentes medios y de esta manera tener los valores de V_p .

- **Procedimiento**

El ensayo de refracción sísmica realizados en los casos de estudio “Asociación de vivienda Suriwaylla grande y en la Unsaac” cuenta con una línea de refracción sísmica con 24 geófonos extendiéndose una distancia de 69 m, con una separación de geófonos de 3 m. La fuente de energía

para generar las ondas sísmicas fue dada con una comba de 25 lb, la cual se impactó cerca de los geófonos 1 y 24, en la parte media de los geófonos 6 y 7, 12 y 13, 18 y 19. Mientras el ensayo de MASW se realizó en la misma línea sísmica de refracción lo que varío es el punto de impacto de fuente sísmica que se realizó a 3m del geófono 24 en la prolongación del alineamiento de los geófonos para el primer punto de exploración y para el segundo punto de exploración se realizó a 3 metros del geófono 1, posteriormente se realizó el procesamiento de datos en el programa PickWin permite realizar lecturas de los sismogramas, además permite obtener el tiempo de llegada de la primera onda. El segundo programa Protlefa origina un modelo de profundidad a partir del archivo de datos de entrada producido por el primer programa, creando así el gráfico de las domocrónicas el cual permite distinguir los cambios de pendientes que vendría a representar el cambio de velocidad del suelo en estudio. Asimismo, el programa calcula las velocidades de los estratos mediante la técnica de mínimos cuadrados, usa el método de tiempo de retardo para estimar las profundidades y finalmente ajusta las profundidades de cada estrato por efecto de la superficie topográfica.

Figura 26
Proceso de ensayo MASW



Fuente: <https://terradat.es/survey-methods/masw/>

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados de los ensayos realizados

Los ensayos convencionales y geo sísmicos se hicieron con el propósito de terminar los parámetros geotécnicos para determinar la capacidad de carga del suelo para edificaciones mayor a diez niveles.

La obtención e interpretación de los parámetros geotécnicos de los ensayos convencionales se realizaron a partir de los ensayos de campo y laboratorio basado en fuentes bibliográficas, de la misma manera para los parámetros geotécnicos obtenidos a partir de los ensayos geo sísmicos se basó en ecuaciones de correlación de diferentes autores.

4.1.1 Estratigrafía

Se realizó la clasificación de suelos según SUCS para el primer caso de estudio que se ubica en la Asociación de vivienda Suriwaylla grande en el distrito de San Sebastián, el cual está constituido de material de relleno con escombros de 0.00-0.30 m, material orgánico en proceso de descomposición de color amarillo pálido y color negro (Pt) de 0.30-0.80 m, Limo orgánico de color rojizo con presencia de pigmentos negros (OL) de 0.80-2.60 m, arena de color negro con arcilla de color gris (SC) de 2.60-3.00 m, arcilla orgánica plástica de color gris (OH) de 3.00-3.90, material orgánico compacto de color negro (Pt) de 3.90-5.30 m, arcilla orgánica de elevada plasticidad de elevada plasticidad (OH) de 5.30-5.80 m, arena arcillosa de color negro (SC) de 5.80-6.40 m, material de grava y arena con presencia de arcilla roja (GC) de 6.40-6.90 m, y arena con arcilla de color gris (SC) de 6.90-9.00 m y encontrándose el nivel freático a 2.50 m, como se muestra el perfil estratigráfico en la Figura 27.

En el segundo caso de estudio ubicado que se encuentra en la universidad San Antonio Abad del Cusco específicamente en el área verde que se ubica entre las facultades de biología y química. La clasificación de suelos según SUCS se realizó con las muestras de suelo extraídas del ensayo de SPT teniendo el siguiente perfil estratigráfico de 0.0-1.10 m material de relleno con presencia de tierra agrícola con raíces y restos de escombros, de 1.10-2.30 m material arcilloso de color marrón con pigmentos negros (CL), de 2.30-3.70 m arcilla compacta de color rojizo con pigmentos negros (CL), de 3.70-5.30 m arcilla de color rojizo con presencia de arena y restos marinos (CL), de 5.30-7.00 m arcilla de color rojizo con presencia de arena (CL), 7.00-9.00 m arcilla de color rojizo con presencia de arena (CL) y encontrándose el nivel freático a 4.50m, como se muestra en el perfil estratigráfico en la Figura 28.

Figura 27
Estratigráfica del primer caso

PROF. (m)	MATERIAL			CLASIFICACIÓN SUCS
	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	
-0.10 -0.20 -0.30		MATERIAL DE RELLENO DE ESCOMBROS	M-1	
-0.40 -0.50 -0.60 -0.70 -0.80		MATERIAL ORGÁNICO EN PROCESO DE DESCOMPOSICIÓN DE COLOR AMARILLO PALIDO Y COLOR NEGRO	M-2	Pt
-0.90 -1.00 -1.10 -1.20 -1.30 -1.40 -1.50 -1.60 -1.70 -1.80 -1.90 -2.00 -2.10 -2.20 -2.30 -2.40 -2.50 -2.60		LIMO ORGÁNICO DE COLOR ROJIZO CON PRESENCIA DE PIGMENTOS NEGROS	M-3	OL
-2.70 -2.80 -2.90 -3.00		ARENA DE COLOR NEGRO CON ARCILLA DE COLOR GRIS	M-4	SC
-3.10 -3.20 -3.30 -3.40 -3.50 -3.60 -3.70 -3.80 -3.90		ARCILLA ORGÁNICA PLÁSTICA DE COLOR GRIS	M-5	OH
-4.00 -4.10 -4.20 -4.30 -4.40 -4.50 -4.60 -4.70 -4.80 -4.90 -5.00 -5.10 -5.20 -5.30		MATERIAL ORGÁNICO COMPACTO DE COLOR NEGRO	M-6	Pt
-5.40 -5.50 -5.60 -5.70 -5.80		ARCILLA ORGÁNICA DE ELEVADA PLASTICIDAD DE COLOR GRIS	M-7	OH
-5.90 -6.00 -6.10 -6.20 -6.30 -6.40		ARENA ARCILLOSA DE COLOR NEGRO	M-8	SC
-6.50 -6.60 -6.70 -6.80 -6.90		MATERIAL DE GRAVA Y ARENA CON PRESENCIA DE ARCILLA ROJA	M-9	GC
-7.00 -7.10 -7.20 -7.30 -7.40 -7.50 -7.60 -7.70 -7.80 -7.90 -8.00 -8.10 -8.20 -8.30 -8.40 -8.50 -8.60 -8.70 -8.80 -8.90 -9.00		ARENA CON ARCILLA DE COLOR GRIS	M-10	SC

Figura 28
Estratigráfica del segundo caso

PROF. (m)	MATERIAL			CLASIFICACIÓN SUCS
	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	
-0.10 -0.20 -0.30 -0.40 -0.50 -0.60 -0.70 -0.80 -0.90 -1.00 -1.10		MATERIAL DE RELLENO CON PRESENCIA DE TIERRA AGRICOLA CON RAICES Y RESTOS DE ESCOMBROS	M-1	PT
-1.20 -1.30 -1.40 -1.50 -1.60 -1.70 -1.80 -1.90 -2.00 -2.10 -2.20 -2.30		MATERIAL ARCILLOSO DE COLOR MARRON CON PIGMENTOS NEGROS	M-2	CL
-2.40 -2.50 -2.60 -2.70 -2.80 -2.90 -3.00 -3.10 -3.20 -3.30 -3.40 -3.50 -3.60 -3.70		ARCILLA COMPACTA DE COLOR ROJIZO CON PIGMENTOS NEGROS	M-3	CL
-3.80 -3.90 -4.00 -4.10 -4.20 -4.30 -4.40 -4.50 -4.60 -4.70 -4.80 -4.90 -5.00 -5.10 -5.20 -5.30		ARCILLA DE COLOR ROJIZO CON PRESENCIA DE ARENA Y RESTOS MARINOS	M-4	CL ^{NF}
-5.40 -5.50 -5.60 -5.70 -5.80 -5.90		ARCILLA ORGÁNICA DE ELEVADA PLASTICIDAD DE COLOR GRIS		
-6.00 -6.10 -6.20 -6.30 -6.40 -6.50 -6.60 -6.70 -6.80 -6.90 -7.00		ARCILLA DE COLOR ROJIZO CON PRESENCIA DE ARENA	M-5	CL
-7.10 -7.20 -7.30 -7.40 -7.50 -7.60 -7.70 -7.80 -7.90 -8.00 -8.10 -8.20 -8.30 -8.40 -8.50 -8.60 -8.70 -8.80 -8.90 -9.00		ARCILLA DE COLOR ROJIZO CON PRESENCIA DE ARENA	M-6	CL

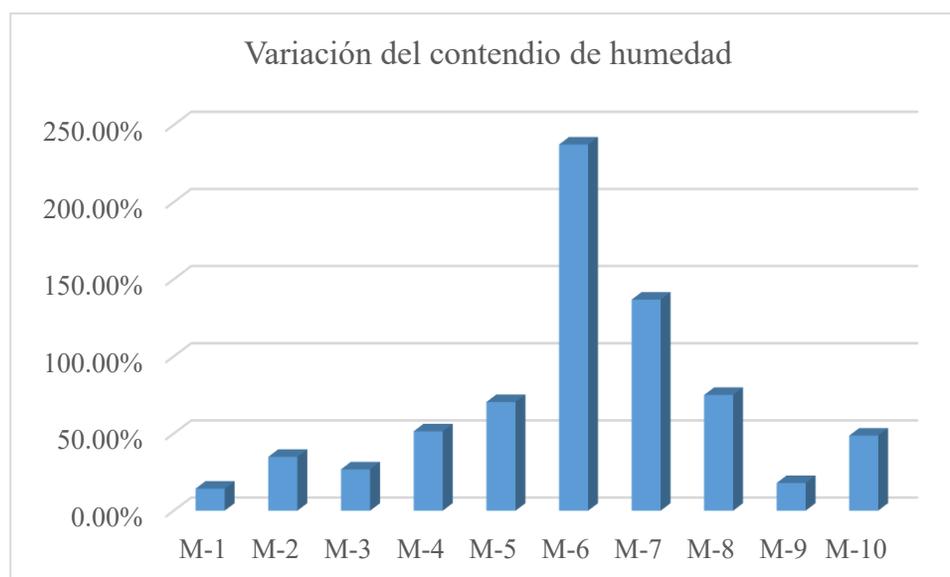
4.1.2 Ensayo de contenido de humedad

La toma de datos y determinación de la humedad natural de las muestras de suelo extraído del ensayo de SPT del primer caso de exploración según las normas técnicas: MTC E 108, ASTM D 2216.

Tabla 9
Variación del contenido de humedad 1er caso

Prof. (m)	Muestra	Contenido de Humedad
0.00-0.30	M-1	14.27%
0.30-0.80	M-2	34.91%
0.80-2.60	M-3	26.78%
2.60-3.00	M-4	51.47%
3.00-3.90	M-5	70.42%
3.90-5.30	M-6	237.29%
5.30-5.80	M-7	136.78%
5.80-6.40	M-8	75.01%
6.40-6.90	M-9	17.93%
6.90-9.00	M-10	48.62%

Gráfico 3
Variación del contenido de humedad primer caso



La toma de datos y determinación de la humedad natural de las muestras de suelo extraído del ensayo de SPT del segundo caso de estudio según las normas técnicas: MTC E 108, ASTM D 2216.

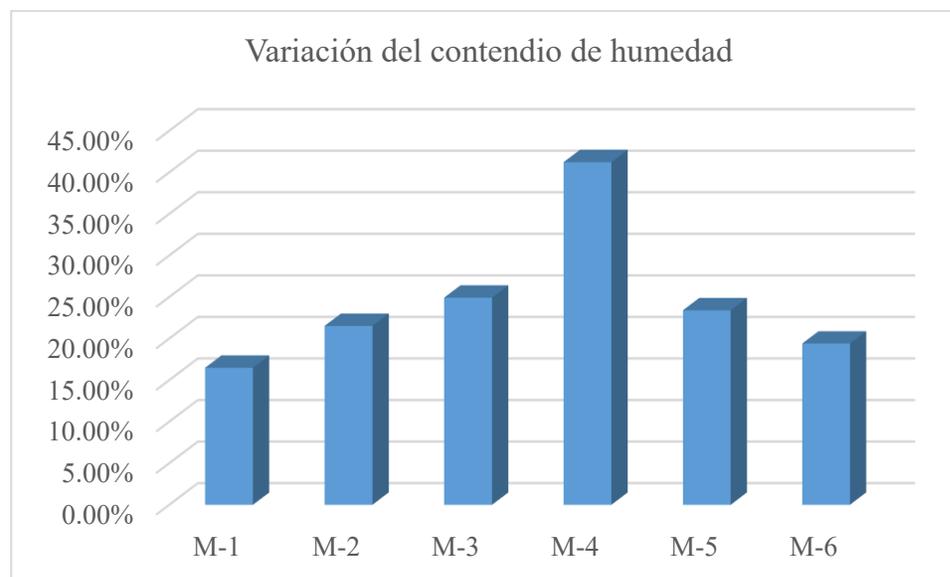
Tabla 10

Variación del contenido de humedad 2do caso

Prof. (m)	Muestra	Contenido de Humedad
0.00-1.10	M-1	16.49%
1.10-2.30	M-2	21.52%
2.30-3.70	M-3	24.92%
3.70-5.30	M-4	41.23%
5.30-7.00	M-5	23.40%
7.00-9.00	M-6	19.40%

Gráfico 4

Variación de contenido de humedad segundo caso



4.1.3 Ensayo de peso volumétrico

Se determina el peso volumétrico con el contenido de humedad natural para el primer caso de estudio de las muestras de suelo extraído del ensayo de SPT según la norma técnica: NTP 339.139.

Tabla 11

Variación del peso volumétrico 1er caso

Prof. (m)	Muestra	Peso volumétrico (kgf/m ³)
0.00-0.30	M-1	1980
0.30-0.80	M-2	1290
0.80-2.60	M-3	1800
2.60-3.00	M-4	1820
3.00-3.90	M-5	1540
3.90-5.30	M-6	1340
5.30-5.80	M-7	1580
5.80-6.40	M-8	1810
6.40-6.90	M-9	2100
6.90-9.00	M-10	1820

Se determina el peso volumétrico con el contenido de humedad natural para el segundo caso de estudio de las muestras de suelo extraído del ensayo de SPT según la norma técnica: NTP 339.139.

Tabla 12

Variación del peso volumétrico 2do caso

Prof. (m)	Muestra	Peso volumétrico (kgf/m ³)
0.00-1.10	M-1	1720
1.10-2.30	M-2	1800
2.30-3.70	M-3	1850
3.70-5.30	M-4	1800
5.30-7.00	M-5	1820
7.00-9.00	M-6	1840

4.1.4 Análisis granulométrico y límites de Atterberg

- **Primer caso de estudio**

Se realizó el análisis granulométrico de las muestras de suelo extraídas del ensayo SPT del primer caso de estudio según las normas técnicas: MTC E 107, ASTM D 422.

Tabla 13

Descripción de la muestra M-3 Prof. 0.80-2.60 m 1er caso

Peso de la Muestra		Fraciones de Grava, Arena, Finos	
Peso Total Seco (gr.)	205.7	% de Grava (Ret. Tamiz N°4)	0.00%
Peso Después de lavar (gr.)	57.5	% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200)	27.92%
Pérdida por Lavado (gr.)	148.2	% de Finos (Pasa Tamiz N° 200)	72.08%
Datos Generales		Cálculo de Parámetros Granulométricos	
% de Gruesos	27.92%	D60 = NP	Cu = NP
% de Finos	72.08%	D30 = NP	Cc = NP
Total	100.00%	D10 = NP	

Tabla 14

Datos para la clasificación de suelos SUCS de la muestra M-3 1er caso

DATOS PARA LA CLASIFICACIÓN	
Tipo de suelo	Orgánico
% de Gruesos	27.92%
% de Finos	72.08%
% Grava	0.00%
% Arena	27.92%
Coefficiente de uniformidad (Cu)	NP
Coefficiente de curvatura (Cc)	NP
Límite líquido (LL)	27.90%
Límite plástico (LP)	25.26%
Índice plástico (IP)=LL-LP	2.64%

En la Tabla 14 se muestra los datos necesarios para la clasificación del suelo de muestra M-3 a la profundidad de 0.80-2.60 m según el sistema de clasificación de suelos (SUCS) es OL limo orgánico de baja plasticidad.

Tabla 15*Descripción de la muestra M-4 Prof. 2.60-3.00 m 1er caso*

<u>Peso de la Muestra</u>		<u>Fraciones de Grava, Arena, Finos</u>	
Peso Total Seco (gr.)	358.23	% de Grava (Ret. Tamiz N°4)	0.24%
Peso Después de lavar (gr.)	207.63	% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200)	57.72%
Pérdida por Lavado (gr.)	150.6	% de Finos (Pasa Tamiz N° 200)	42.04%
<u>Datos Generales</u>		<u>Cálculo de Parámetros Granulométricos</u>	
% de Gruesos	57.96%	D60 = 0.286	Cu = NP
% de Finos	42.04%	D30 = NP	Cc = NP
Total	100.00%	D10 = NP	

Tabla 16*Datos para la clasificación de suelos SUCS de la muestra M-4 1er caso*

<u>DATOS PARA LA CLASIFICACIÓN</u>	
Tipo de suelo	Inorgánico
% de Gruesos	57.95%
% de Finos	42.05%
% Grava	0.24%
% Arena	42.05%
Coefficiente de uniformidad (Cu)	NP
Coefficiente de curvatura (Cv)	NP
Limite líquido (LL)	19.25%
Limite plástico (LP)	10.28%
Índice plástico (IP)=LL-LP	8.97%

En la Tabla 16 se muestra los datos necesarios para la clasificación del suelo de la muestra M-4 a la profundidad de 2.60-3.00 m según el sistema de clasificación de suelos (SUCS) es SC arena arcillosa

Tabla 17*Descripción de la muestra M-5 Prof. 3.00-3.90 m 1er caso*

<u>Peso de la Muestra</u>		<u>Fraciones de Grava, Arena, Finos</u>	
Peso Total Seco (gr.)	400.48	% de Grava (Ret. Tamiz N°4)	0.00%
Peso Después de lavar(gr.)	1.18	% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200)	0.29%
Pérdida por Lavado (gr.)	399.3	% de Finos (Pasa Tamiz N° 200)	99.71%
<u>Datos Generales</u>		<u>Cálculo de Parámetros Granulométricos</u>	
% de Gruesos	0.29%	D60 = NP	Cu = NP
% de Finos	99.71%	D30 = NP	Cc = NP
Total	100.00%	D10 = NP	

Tabla 18

Datos para la clasificación de suelos SUCS de la muestra M-5 1er caso

DATOS PARA LA CLASIFICACIÓN	
Tipo de suelo	Orgánica
% de Gruesos	0.29%
% de Finos	99.71%
% Grava	0.00%
% Arena	0.29%
Coefficiente de uniformidad (Cu)	NP
Coefficiente de curvatura (Cc)	NP
Limite liquido (LL)	59.40%
Limite plástico (LP)	50.85%
Índice plástico (IP)=LL-LP	8.55%

La Tabla 18 muestra los datos para la clasificación de suelos SUCS de la muestra M-5 del a la profundidad de 3.00-3.90 m según el sistema de clasificación de suelos SUCS es OH arcilla orgánica de elevada plasticidad.

Tabla 19

Descripción de la muestra M-8 Prof. 5.80-6.40 m 1er caso

Peso de la Muestra		Fraciones de Grava, Arena, Finos	
Peso Total Seco (gr.)	346.26	% de Grava (Ret. Tamiz N°4)	0.19%
Peso Después de lava (gr.)	201.03	% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200)	57.87%
Pérdida por Lavado (gr.)	145.23	% de Finos (Pasa Tamiz N° 200)	41.94%
Datos Generales		Cálculo de Parámetros Granulométricos	
% de Gruesos	58.06%	D60 = 0.283	Cu = NP
% de Finos	41.94%	D30 = NP	Cc = NP
Total	100.00%	D10 = NP	

Tabla 20

Datos para la clasificación de suelos SUCS de la muestra M-8 1er caso

DATOS PARA LA CLASIFICACIÓN	
Tipo de suelo	Inorgánico
% de Gruesos	58.05%
% de Finos	41.95%
% Grava	0.19%
% Arena	57.86%
Coefficiente de uniformidad (Cu)	NP
Coefficiente de curvatura (Cc)	NP
Limite liquido (LL)	19.50%
Limite plástico (LP)	10.80%
Índice plástico (IP)=LL-LP	8.70%

La Tabla 20 proporciona los datos para la clasificación de suelos SUCS y la muestra de suelo M-8 a la profundidad de 5.80-6.40 m según el sistema de clasificación de suelos SUCS es SC arena arcillosa de color negro.

Tabla 21

Descripción de la muestra M-9 Prof. 6.40-6.90 m 1er caso

Peso de la Muestra		Fraciones de Grava, Arena, Finos	
Peso Total Seco (gr.)	250.23	% de Grava (Ret. Tamiz N°4)	51.98%
Peso Después de lavar (gr.)	179.75	% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200)	19.86%
Pérdida por Lavado (gr.)	70.48	% de Finos (Pasa Tamiz N° 200)	28.17%
Datos Generales		Cálculo de Parámetros Granulométricos	
% de Gruesos	71.83%	D60 = 7.50	Cu = NP
% de Finos	28.17%	D30 = 0.101	Cc = NP
Total	100.00%	D10 = NP	

Tabla 22

Datos para la clasificación de suelos SUCS de la muestra M-9 1er caso

DATOS PARA LA CLASIFICACIÓN	
Tipo de suelo	Inorgánico
% de Gruesos	71.79%
% de Finos	28.21%
% Grava	51.98%
% Arena	19.82%
Coefficiente de uniformidad (Cu)	NP
Coefficiente de curvatura (Cc)	NP
Limite liquido (LL)	19.55%
Limite plástico (LP)	11.36%
Índice plástico (IP)=LL-LP	8.19%

La Tabla 22 se muestra datos para la clasificación de suelos según el sistema SUCS para la muestra M-9 a la profundidad de 6.40-6.90 m se clasifica como GC grava arcillosa.

Tabla 23

Descripción de la muestra M-10 Prof. 6.90-9.00 m 1er caso

Peso de la Muestra		Fraciones de Grava, Arena, Finos	
Peso Total Seco (gr.)	733.02	% de Grava (Ret. Tamiz N°4)	30.77%
Peso Después de lavar(gr.)	511.88	% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200)	39.06%
Pérdida por Lavado (gr.)	221.14	% de Finos (Pasa Tamiz N° 200)	30.17%
Datos Generales		Cálculo de Parámetros Granulométricos	
% de Gruesos	69.83%	D60 = 1.449	Cu = NP
% de Finos	30.17%	D30 = NP	Cc = NP
Total	100.00%	D10 = NP	

Tabla 24

Datos para la clasificación de suelos SUCS de la muestra M-10 1er caso

DATOS PARA LA CLASIFICACIÓN	
Tipo de suelo	Inorgánico
% de Gruesos	69.82%
% de Finos	30.18%
% Grava	30.77%
% Arena	39.05%
Coefficiente de uniformidad (Cu)	NP
Coefficiente de curvatura (Cc)	NP
Limite liquido (LL)	18.00%
Limite plástico (LP)	9.74%
Índice plástico (IP)=LL-LP	8.26%

La Tabla 24 detalla los valores para la clasificación de la muestra de suelo M-10 a la profundidad de 6.90-9.00 m según el sistema de clasificación de suelos SUCS es SC arena arcillosa.

- **Segundo caso de estudio**

Se realizo el análisis granulométrico de las muestras de suelo extraídas del ensayo SPT del segundo caso de estudio según las normas técnicas: MTC E 107, ASTM D 422.

Tabla 25

Descripción de la muestra M-2 Prof. 1.10-2.30 m 2do caso

<u>Peso de la Muestra</u>		<u>Fracciones de Grava, Arena, Finos</u>	
Peso Total Seco (gr.)	205.7	% de Grava (Ret. Tamiz N°4)	0.00%
Peso Después de lavar (gr.)	57.5	% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200)	27.92%
Pérdida por Lavado (gr.)	148.2	% de Finos (Pasa Tamiz N° 200)	72.08%
<u>Datos Generales</u>		<u>Cálculo de Parámetros Granulométricos</u>	
% de Gruesos	27.92%	D60 = NP	Cu = NP
% de Finos	72.08%	D30 = NP	Cc = NP
Total	100.00%	D10 = NP	

Tabla 26*Datos para la clasificación de suelos SUCS de la muestra M-2 2do caso*

DATOS PARA LA CLASIFICACIÓN	
Tipo de suelo	Inorgánico
% de Gruesos	27.92%
% de Finos	72.08%
% Grava	0.00%
% Arena	27.92%
Coefficiente de uniformidad (Cu)	NP
Coefficiente de curvatura (Cc)	NP
Limite liquido (LL)	29.50%
Limite plástico (LP)	9.85%
Índice plástico (IP)=LL-LP	19.65%

La Tabla 26 proporciona los datos necesarios para la clasificación de suelos SUCS para la muestra M-2 a una profundidad de 1.10-2.30 m, según el sistema de clasificación de suelos SUCS es CL arcilla de mediana.

Tabla 27*Descripción de la muestra M-3 Prof. 2.30-3.70 m 2do caso*

<u>Peso de la Muestra</u>		<u>Fracciones de Grava, Arena, Finos</u>	
Peso Total Seco (gr.)	380.77	% de Grava (Ret. Tamiz N°4)	0.19%
Peso Después de lavar (gr.)	46.8	% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200)	11.98%
Pérdida por Lavado (gr.)	333.97	% de Finos (Pasa Tamiz N° 200)	87.83%
<u>Datos Generales</u>		<u>Cálculo de Parámetros Granulométricos</u>	
% de Gruesos	12.17%	D60 = NP	Cu = NP
% de Finos	87.83%	D30 = NP	Cc = NP
Total	100.00%	D10 = NP	

Tabla 28*Datos para la clasificación de suelos SUCS de la muestra M-3 2do caso*

DATOS PARA LA CLASIFICACIÓN	
Tipo de suelo	Inorgánico
% de Gruesos	12.17%
% de Finos	87.83%
% Grava	0.19%
% Arena	11.98%
Coefficiente de uniformidad (Cu)	NP
Coefficiente de curvatura (Cc)	NP
Limite liquido (LL)	42.40%
Limite plástico (LP)	35.69%
Índice plástico (IP)=LL-LP	6.71%

La Tabla 28 proporciona los datos para la clasificación SUCS de la muestra M-3 a la profundidad de 2.30-3.70 m según el sistema de clasificación de suelos SUCS es CL arcilla compacta de mediana plasticidad.

Tabla 29

Descripción de la muestra M-4 Prof. 3.70-5.30m 2do caso

Peso de la Muestra		Fracciones de Grava, Arena, Finos	
Peso Total Seco (gr.)	430.01	% de Grava (Ret. Tamiz N°4)	1.46%
Peso Después de lavar (gr.)	106.08	% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200)	23.51%
Pérdida por Lavado (gr.)	323.93	% de Finos (Pasa Tamiz N° 200)	75.66%
Datos Generales		Cálculo de Parámetros Granulométricos	
% de Gruesos	24.34%	D60 = NP	Cu = NP
% de Finos	75.66%	D30 = NP	Cc = NP
Total	100.00%	D10 = NP	

Tabla 30

Datos para la clasificación de suelos SUCS de la muestra M-4 2do caso

DATOS PARA LA CLASIFICACIÓN	
Tipo de suelo	Inorgánico
% de Gruesos	24.43%
% de Finos	75.57%
% Grava	1.46%
% Arena	23.59%
Coefficiente de uniformidad (Cu)	NP
Coefficiente de curvatura (Cc)	NP
Limite liquido (LL)	30.60%
Limite plástico (LP)	10.07%
Índice plástico (IP)=LL-LP	20.53%

La Tabla 30 muestra los datos para la clasificación de la muestra de suelo M-4 a la profundidad de 3.70-5.30 m según el sistema de clasificación de suelos SUCS es CL limo arcilloso de ligera plasticidad.

Tabla 31

Descripción de la muestra M-5 Prof. 5.30-7.00 m 2do caso

Peso de la Muestra		Fracciones de Grava, Arena, Finos	
Peso Total Seco (gr.)	463.55	% de Grava (Ret. Tamiz N°4)	0.22%
Peso Después de lavar (gr.)	195.13	% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200)	41.27%
Pérdida por Lavado (gr.)	268.42	% de Finos (Pasa Tamiz N° 200)	58.50%
Datos Generales		Cálculo de Parámetros Granulométricos	
% de Gruesos	41.50%	D60 = NP	Cu = NP
% de Finos	58.50%	D30 = NP	Cc = NP
Total	100.00%	D10 = NP	

Tabla 32*Datos para la clasificación de suelos SUCS de la muestra M-5 2do caso*

DATOS PARA LA CLASIFICACIÓN	
Tipo de suelo	Inorgánico
% de Gruesos	41.50%
% de Finos	58.50%
% Grava	0.22%
% Arena	41.27%
Coefficiente de uniformidad (Cu)	NP
Coefficiente de curvatura (Cc)	NP
Limite liquido (LL)	26.75%
Limite plástico (LP)	10.80%
Índice plástico (IP)=LL-LP	15.95%

La Tabla 32 muestra los datos necesarios para la clasificación de la muestra de suelo M-5 a la profundidad de 5.30-7.00 m según el sistema de clasificación de suelos SUCS es CL arcilla de ligera plasticidad.

Tabla 33*Datos para la clasificación de suelos SUCS de la muestra M-6 2do caso*

DATOS PARA LA CLASIFICACIÓN	
Tipo de suelo	Inorgánico
% de Gruesos	46.84%
% de Finos	53.16%
% Grava	1.11%
% Arena	45.73%
Coefficiente de uniformidad (Cu)	NP
Coefficiente de curvatura (Cc)	NP
Limite liquido (LL)	22.70%
Limite plástico (LP)	11.42%
Índice plástico (IP)=LL-LP	11.28%

La Tabla 33 muestra la clasificación de suelos SUCS para la muestra M-6 a una 7.00-9.00 m según el sistema de clasificación de suelos SUCS es CL arcilla de baja plasticidad.

Tabla 34
Resumen del perfil estratigráfico 1er caso

Muestra	Prof. (m)	%			%				W (%)	(SUCS)
		Grava	Arena	Finos	L.L	L.P	I.P	$IP_c = 0.73(LL - 20)$		
M-01	0.00-0.30	-	-	-	-	-	-	-	14.37	-
M-02	0.30-0.80	-	-	-	-	-	-	-	34.91	Pt
M-03	0.80-2.60	0.00	27.92	72.08	27.9	25.26	2.64	5.76	26.78	OL
M-04	2.60-3.00	0.24	57.72	42.04	18.4	10.28	8.12	-1.16	51.47	SC
M-05	3.00-3.90	0	0.29	99.71	59.4	50.85	8.55	28.67	70.42	OH
M-06	3.90-5.30	-	-	-	-	-	-	-	237.29	Pt
M-07	5.30-5.80	-	-	-	-	-	-	-	136.79	OH
M-08	5.80-6.40	0.19	57.87	41.94	19.5	10.8	8.7	-0.36	75.01	SC
M-09	6.40-6.90	51.98	19.86	28.17	19.55	11.36	8.19	-0.32	17.93	GC
M-10	6.90-9.00	30.77	39.06	30.17	18	9.74	8.26	-1.46	48.62	SC

Tabla 35
Resumen del perfil estratigráfico 2do caso

Muestra	Prof. (m)	%			%				W (%)	(SUCS)
		Grava	Arena	Finos	L.L	L.P	I.P	$IP_c = 0.73(LL - 20)$		
M-01	0.00-1.10		-	-	-	-	-	-	16.49	Pt
M-02	1.10-2.30	0.00	27.92	72.08	29.50	9.85	19.65	6.93	21.52	CL
M-03	2.30-3.70	0.19	11.98	87.83	42.40	35.69	6.71	16.35	24.92	CL
M-04	3.70-5.30	1.46	23.51	75.66	30.60	10.7	20.53	7.73	41.23	CL
M-05	5.30-7.00	0.22	41.27	58.50	26.75	10.80	15.95	4.92	23.40	CL
M-06	7.00-9.00	1.11	45.73	53.16	22.70	11.42	11.28	1.97	19.40	CL

4.1.5 Ensayo SPT

El ensayo de penetración estándar según la norma NTP 339.133 consiste en realizar el conteo del número de golpes de esta prueba se puede determinar el ángulo fricción y la cohesión no drenada a partir de N_{60} corregido según las ecuaciones de correlación.

Para determinar el factor de corrección CN se utilizó la ecuación de Tokimatsu y Yoshimi (1983)

$$C_N = \frac{1.7}{0.7 + \sigma'_v}$$

Los valores de corrección para determinar el valor de N_{60} se muestra a continuación

- Eficiencia del martillo (C_e) = 0.60
- Corrección por diámetro de la perforación (C_b) = 1
- Corrección del muestreador (C_s) = 1
- Corrección por longitud de barra (C_r) se realizó al siguiente cuadro

Tabla 36

Cuadro de corrección de longitud de barra

Longitud de barras (L_b) (m)	C_r
$L_b > 10$	1.00
$6 < L_b \leq 10$	0.95
$4 < L_b \leq 6$	0.85
$L_b \leq 4$	0.75

Donde $H_{cabezal} = 0.95$ m, $h_{ensayo} = 0.30$ m y longitud de barra (L_b) se determina con la siguiente ecuación

$$L_b = H_{cabezal} + Prof + h_{ensayo}$$

El valor de N_{60} se determinó con la ecuación $N_{60} = C_N \cdot C_e \cdot C_b \cdot C_s \cdot C_r$ y la corrección por nivel freático por $N'_{60} = 15 + (N_{60} - 15) / 2$ para valores de N_{60} mayores a 15.

Para determinar el ángulo fricción se utilizó la siguiente ecuación de correlación de Muromachi (1974) para arenas.

$$\phi'(^{\circ}) = 3.5\sqrt{N_{60}} + 20$$

Para determinar la cohesión no drenada se utilizó la ecuación de correlación de Sowers (1979) para arcillas de baja plasticidad y limos arcillosos.

$$C_u(KPa) = 3.75N_{60}$$

Para determinar la densidad relativa se utilizó la ecuación según Meyerhof (1957)

$$D_r = \sqrt{\frac{N_{60}}{17 + 24 \frac{\sigma'_0}{P_a}}}$$

Donde P_a es la presión atmosférica (1kg/cm²)

A continuación, se muestra el cuadro de resumen del ensayo del primer caso de estudio de SPT.

Tabla 37

Calculo del factor de corrección CN de cada estrato 1er caso de estudio

Prof. (m)	Número de golpes (N)	Tipo de suelo	Peso Unitario (kg/cm ³)	Peso Unitario Sumergido o (kg/cm ³)	Espesor de estrato (cm)	Esfuerzo en sitio por estrato (kg/cm ²)	Esfuerzo en sitio acumulado (kg/cm ²)	CN Tokimatsu y Yoshimi (1983)
0.50	11	Relleno	0.00198		50	0.099	0.099	2.128
1.00	1	Turba	0.00129		50	0.0645	0.1635	1.969
1.50	9	Limo orgánico	0.00180		50	0.09	0.2535	1.783
2.00	10	Limo orgánico	0.00180		50	0.09	0.3435	1.629
2.50	12	Limo orgánico	0.00180		50	0.09	0.4335	1.500
3.00	11	Arena arcillosa	0.00182	0.00082	50	0.041	0.4745	1.447
3.50	2	Arcilla orgánica	0.00154	0.00054	50	0.027	0.5015	1.415
4.00	2	Arcilla orgánica	0.00154	0.00054	50	0.027	0.5285	1.384
4.50	4	Turba	0.00134	0.00034	50	0.017	0.5455	1.365
5.00	5	Turba	0.00134	0.00034	50	0.017	0.5625	1.347
5.50	6	Turba	0.00134	0.00034	50	0.017	0.5795	1.329
6.00	3	Arcilla orgánica	0.00158	0.00058	50	0.029	0.6085	1.299
6.50	29	Arena arcillosa	0.00181	0.00081	50	0.0405	0.649	1.260

Prof. (m)	Número de golpes (N)	Tipo de suelo	Peso Unitario (kg/cm)	Peso Unitario Sumergido o (kg/cm ³)	Espesor de estrato (cm)	Esfuerzo en sitio por estrato (kg/cm ²)	Esfuerzo en sitio acumulado (kg/cm ²)	CN Tokimatsu y Yoshimi (1983)
7.00	100	Grava arcillosa	0.00210	0.0011	50	0.055	0.704	1.211
7.50	34	Arena arcillosa	0.00182	0.00082	50	0.041	0.745	1.176
8.00	38	Arena arcillosa	0.00182	0.00082	50	0.041	0.786	1.144
8.50	42	Arena arcillosa	0.00182	0.00082	50	0.041	0.827	1.113
9.00	50	Arena arcillosa	0.00182	0.00082	50	0.041	0.868	1.084

La Tabla 37 presenta el cálculo del factor de corrección CN para diferentes estratos en función de su profundidad, peso unitario total y sumergido. Los datos revelan que el CN Tokimatsu y Yoshimi (1983) varía con el tipo de suelo y el esfuerzo en sitio acumulado.

Tabla 38

Calculo de N60, parámetros de resistencia y densidad relativa 1er caso de estudio

Prof. (m)	Tipo de suelo	Lb	Cr	N60	Corrección de N60 por nivel freático	N60 Corregido	Angulo de fricción (°) Muromachi (1974)	Cohesión no drenada Cu (KPa) Sowers (1979)	Densidad relativa (Dr) Meyerhof (1957)
0.50	Relleno	1.75	0.75	10.53		10.53	-	39.5	-
1.00	Turba	2.25	0.75	0.89		0.89	-	3.3	-
1.50	Limo orgánico	2.75	0.75	7.22		7.22	-	27.1	-
2.00	Limo orgánico	3.25	0.75	7.33		7.33	-	27.5	-
2.50	Limo orgánico	3.75	0.75	8.10		8.10	-	30.4	-
3.00	Arena arcillosa	4.25	0.85	8.12	11.56	11.56	30.0	-	0.41
3.50	Arcilla orgánica	4.75	0.85	1.44	8.22	8.22	-	5.4	-
4.00	Arcilla orgánica	5.25	0.85	1.41	8.21	8.21	-	5.3	-
4.50	Turba	5.75	0.85	2.78	8.89	8.89	-	10.4	-
5.00	Turba	6.25	0.95	3.84	9.42	9.42	-	14.4	-
5.50	Turba	6.75	0.95	4.54	9.77	9.77	-	17.0	-
6.00	Arcilla orgánica	7.25	0.95	2.22	8.61	8.61	-	8.3	-
6.50	Arena arcillosa	7.75	0.95	20.83	17.92	17.92	34.8	-	0.56
7.00	Grava Arcillosa	8.25	0.95	69.02	42.01	42.01	42.7	-	1.25
7.50	Arena arcillosa	8.75	0.95	22.80	18.90	18.9	35.2	-	0.55
8.00	Arena arcillosa	9.25	0.95	24.78	19.89	19.89	35.6	-	0.56
8.50	Arena arcillosa	9.75	0.95	26.65	20.83	20.83	36.0	-	0.57
9.00	Arena arcillosa	10.3	1	32.53	23.76	23.76	37.1	-	0.63

La Tabla 38 presenta los cálculos para el parámetro N60, la corrección de N60 por el nivel freático, el ángulo de fricción, la cohesión no drenada (C_u) y la densidad relativa (D_r) para diferentes profundidades y tipo del suelo.

A continuación, se muestra el cuadro de resumen del ensayo del segundo caso de estudio de SPT.

Tabla 39
Cálculo del factor de corrección CN 2do caso de estudio

Prof. (m)	N-SPT	Litología	Peso Unitario total (kg/cm ³)	Peso Unitario Sumergido (kg/cm ³)	Espesor de estrato (cm)	Esfuerzo en sitio por estrato (kg/cm ²)	Esfuerzo en sitio acumulado (kg/cm ²)	CN Tokimatsu y Yoshimi (1983)
0.50	3	Relleno	0.00172		50	0.086	0.09	2.16
1.00	4	Relleno	0.00172		50	0.086	0.17	1.95
1.50	9	Arcilla	0.0018		50	0.090	0.26	1.77
2.00	11	Arcilla	0.0018		50	0.090	0.35	1.62
2.50	12	Arcilla compacta	0.00185		50	0.093	0.44	1.49
3.00	13	Arcilla compacta	0.00185		50	0.093	0.54	1.37
3.50	15	Arcilla compacta	0.00185		50	0.093	0.63	1.28
4.00	14	Arcilla	0.0018		50	0.090	0.72	1.20
4.50	15	Arcilla	0.0018		50	0.090	0.81	1.13
5.00	16	Arcilla	0.0018	0.0008	50	0.040	0.85	1.10
5.50	15	Arcilla	0.0018	0.0008	50	0.040	0.89	1.07
6.00	16	Arcilla	0.00182	0.00082	50	0.041	0.93	1.04
6.50	17	Arcilla	0.00182	0.00082	50	0.041	0.97	1.02
7.00	16	Arcilla	0.00182	0.00082	50	0.041	1.01	0.99
7.50	18	Arcilla	0.00184	0.00084	50	0.042	1.05	0.97
8.00	17	Arcilla	0.00184	0.00084	50	0.042	1.10	0.95
8.50	18	Arcilla	0.00184	0.00084	50	0.042	1.14	0.92
9.00	20	Arcilla	0.00184	0.00084	50	0.042	1.18	0.90

La Tabla 39 muestra cómo el factor de corrección CN según Tokimatsu y Yoshimi (1983) considerando el esfuerzo de sitio en cada estrato.

Tabla 40*Calculo de N60 y parámetros de resistencia de cada estrato 2do caso de estudio*

Prof. (m)	Litología	L _b barra	Cr	N60	Corrección de N60 por nivel freático	N60 corregido	Cohesión no drenada Su (KPa) Sowers; 1979
0.50	Relleno	1.75	0.75	2.92	-	2.92	10.95
1.00	Relleno	2.25	0.75	3.51	-	3.51	13.16
1.50	Arcilla	2.75	0.75	7.16	-	7.16	26.84
2.00	Arcilla	3.25	0.75	8.00	-	8.00	30.00
2.50	Arcilla compacta	3.75	0.75	8.02	-	8.02	30.08
3.00	Arcilla compacta	4.25	0.85	9.11	-	9.11	34.17
3.50	Arcilla compacta	4.75	0.85	9.78	-	9.78	36.68
4.00	Arcilla	5.25	0.85	8.55	-	8.55	32.07
4.50	Arcilla	5.75	0.85	8.62	-	11.81	32.31
5.00	Arcilla	6.25	0.95	10.01	12.50	12.50	37.52
5.50	Arcilla	6.75	0.95	9.14	12.07	12.07	34.29
6.00	Arcilla	7.25	0.95	9.51	12.25	12.25	35.66
6.50	Arcilla	7.75	0.95	9.86	12.43	12.43	36.96
7.00	Arcilla	8.25	0.95	9.05	12.03	12.03	33.95
7.50	Arcilla	8.75	0.95	9.94	12.47	12.47	37.28
8.00	Arcilla	9.25	0.95	9.17	12.08	12.08	34.39
8.50	Arcilla	9.75	0.95	9.49	12.24	12.24	35.58
9.00	Arcilla	10.25	1	10.85	12.92	12.92	40.68

La Tabla 40 proporciona cálculos de N60 promedio, ángulo de fricción según Muromachi (1974), y cohesión no drenada Su (KPa) según Sowers (1979) para diferentes profundidades en un perfil de suelo.

4.1.6 Corte directo

El ensayo de corte directo tuvo como referencia la norma técnica MTC E 123

A continuación, se muestra los resultados de los ensayos de corte de directo del primer caso de estudio.

Tabla 41
Parámetros de ensayo de corte directo

PARAMETROS DE ENSAYO			
Pesas en el brazo	1.00	3.00	6.00
Carga total en la muestra (kg)	4.20	4.20	4.20
Múltiplo (5 / 10)	10.00	10.00	10.00
Esfuerzo Vertical (Kpa)	34.54	83.18	156.14
Velocidad de desplazamiento (mm/min)	0.50	0.50	0.50

La Tabla 41 muestra los parámetros de ensayo para la muestra M-3. Los esfuerzos verticales aplicados a la muestra son de 34.54 kPa, 83.18 kPa y 156.14 kPa para cargas de 1.00 kg, 3.00 kg y 6.00 kg, respectivamente. La carga total aplicada en la muestra es constante a 4.20 kg, y el múltiplo de carga utilizado es 10.00 en todos los casos. La velocidad de desplazamiento durante el ensayo es de 0.50 mm/min.

Tabla 42
Datos de entrada de muestra M-3 para el ensayo de corte directo 1er caso

PARAMETROS DE MUESTRA	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3
Lado (cm)	6.35	6.35	6.35
Área (cm ²)	40.32	40.32	40.32
Masa húmeda (g)	152.42	152.42	152.42
Altura de la muestra (cm)	2.10	2.10	2.10
Volumen de la muestra (cm ³)	84.68	84.68	84.68
Densidad de la muestra húmeda (g/cm ³)	1.80	1.80	1.80

Tabla 43
Cohesión, ángulo de fricción y esfuerzos pico de la muestra M-3 1er caso

σ [kPa]	τ [kPa]	Parámetros de Resistencia	Pico (Máx.)
34.54	34.99	Cohesión (kPa)	16.09
83.18	60.00	Ángulo de fricción ϕ (°)	28.18
156.14	100.01	Cohesión (kg/cm ²)	0.161

Tabla 44

Datos de entrada de muestra M-6 para el ensayo de corte directo 1er caso

PARAMETROS DE MUESTRA	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3
Lado (cm)	6.35	6.35	6.35
Área (cm ²)	40.32	40.32	40.32
Masa M. húmeda (g)	113.47	113.47	113.47
Altura de la muestra (cm)	2.10	2.10	2.10
Volumen de la muestra (cm ³)	84.68	84.68	84.68
Densidad de la muestra húmeda (g/cm ³)	1.34	1.34	1.34

Tabla 45

Cohesión, ángulo de fricción y esfuerzos pico de la muestra M-6 1er caso

σ [kPa]	τ [kPa]	Parámetros de Resistencia	Pico (Máx.)
34.54	25.05	Cohesión (kPa)	10.8
83.18	45.00	Ángulo de fricción ϕ (°)	22.34
156.14	75.03	Cohesión (kg/cm ²)	0.11

Tabla 46

Datos de entrada de muestra M-7 para el ensayo de corte directo 1er caso

PARAMETROS DE MUESTRA	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3
Lado (cm)	6.35	6.35	6.35
Área (cm ²)	40.32	40.32	40.32
Masa M. húmeda (g)	133.79	133.79	133.79
Altura de la muestra (cm)	2.10	2.10	2.10
Volumen de la muestra (cm ³)	84.68	84.68	84.68
Densidad de la muestra húmeda (g/cm ³)	1.58	1.58	1.58

Tabla 47

Cohesión, ángulo de fricción y esfuerzos pico de la muestra M-7 1er caso

σ [kPa]	τ [kPa]	Parámetros de Resistencia	Pico (Máx.)
34.54	12.03	Cohesión (kPa)	2.13
83.18	23.99	Ángulo de fricción ϕ (°)	15.25
156.14	45.01	Cohesión (kg/cm ²)	0.02

Tabla 48*Datos de entrada de muestra M-9 para el ensayo de corte directo 1er caso*

PARAMETROS DE MUESTRA	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3
Lado (cm)	6.35	6.35	6.35
Área (cm ²)	40.32	40.32	40.32
Masa M. húmeda (g)	177.83	177.83	177.83
Altura de la muestra (cm)	2.10	2.10	2.10
Volumen de la muestra (cm ³)	84.68	84.68	84.68
Densidad de la muestra húmeda (g/cm ³)	2.10	2.10	2.10

Tabla 49*Cohesión, ángulo de fricción y esfuerzos pico de la muestra M-9 1er caso*

σ [kPa]	τ [kPa]	Parámetros de Resistencia	Pico (Máx.)
34.54	54.02	Cohesión (kPa)	15.1
83.18	112.00	Ángulo de fricción ϕ(°)	48.97
156.14	194.01	Cohesión (kg/cm²)	0.15

Tabla 50*Datos de entrada de muestra M-10 para el ensayo de corte directo 1er caso*

PARAMETROS DE MUESTRA	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3
Lado (cm)	6.35	6.35	6.35
Área (cm ²)	40.32	40.32	40.32
Masa M. húmeda (g)	154.12	154.12	154.12
Altura de la muestra (cm)	2.10	2.10	2.10
Volumen de la muestra (cm ³)	84.68	84.68	84.68
Densidad de la muestra húmeda (g/cm ³)	1.82	1.82	1.82

Tabla 51*Cohesión, ángulo de fricción y esfuerzos pico de la muestra M-10 1er caso*

σ [kPa]	τ [kPa]	Parámetros de Resistencia	Pico (Máx.)
34.54	31.98	Cohesión (kPa)	8.46
83.18	63.43	Ángulo de fricción ϕ(°)	33.79
156.14	113.20	Cohesión (kg/cm²)	0.08

A continuación, se muestra los resultados de los ensayos de corte de directo del segundo caso de estudio.

Tabla 52*Datos de entrada de muestra M-3 para el ensayo de corte directo 2do caso*

PARAMETROS DE MUESTRA	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3
Lado (cm)	6.35	6.35	6.35
Área (cm ²)	40.32	40.32	40.32
Masa M. húmeda (g)	156.66	156.66	156.66
Altura de la muestra (cm)	2.10	2.10	2.10
Volumen de la muestra (cm ³)	84.68	84.68	84.68
Densidad de la muestra húmeda (g/cm ³)	1.85	1.85	1.85

Tabla 53*Cohesión, ángulo de fricción y esfuerzos pico de muestra M-3 2do caso*

σ [kPa]	τ [kPa]	Parámetros de resistencia	Pico (Máx.)
34.54	31.87	Cohesión (kPa)	12.50
83.18	57.01	Ángulo de fricción ϕ(°)	28.60
156.14	97.99	Cohesión (kg/cm²)	0.13

Tabla 54*Datos de entrada de muestra M-4 para el ensayo de corte directo 2do caso*

PARAMETROS DE MUESTRA	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3
Lado (cm)	6.35	6.35	6.35
Área (cm ²)	40.32	40.32	40.32
Masa M. húmeda (g)	152.42	152.42	152.42
Altura de la muestra (cm)	2.10	2.10	2.10
Volumen de la muestra (cm ³)	84.68	84.68	84.68
Densidad de la muestra húmeda (g/cm ³)	1.80	1.80	1.80

Tabla 55*Cohesión, ángulo de fricción y esfuerzos pico de la muestra M-4 2do caso*

σ [kPa]	τ [kPa]	Parámetros de resistencia	Pico (Máx.)
34.54	31.82	Cohesión (kPa)	11.54
83.18	59.09	Ángulo de fricción ϕ(°)	30.04
156.14	102.02	Cohesión (kg/cm²)	0.115

Tabla 56*Datos de entrada de muestra M-5 para el ensayo de corte directo 2do caso*

PARAMETROS DE MUESTRA	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3
Lado (cm)	6.35	6.35	6.35
Área (cm ²)	40.32	40.32	40.32
Masa M. húmeda (g)	154.12	154.12	154.12
Altura de la muestra (cm)	2.10	2.10	2.10
Volumen de la muestra (cm ³)	84.68	84.68	84.68
Densidad de la muestra húmeda (g/cm ³)	1.82	1.82	1.82

Tabla 57*Cohesión, ángulo de fricción y esfuerzos pico de la muestra M-5 2do caso*

σ [kPa]	τ [kPa]	Parámetros de resistencia	Pico (Máx.)
34.54	35.01	Cohesión (kPa)	13.83
83.18	60.00	Ángulo de fricción ϕ (°)	30.06
156.14	105.00	Cohesión (kg/cm²)	0.138

Tabla 58*Datos de entrada de muestra M-6 para el ensayo de corte directo 2do caso*

PARAMETROS DE MUESTRA	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3
Lado (cm)	6.35	6.35	6.35
Área (cm ²)	40.32	40.32	40.32
Masa M. húmeda (g)	155.81	155.81	155.81
Altura de la muestra (cm)	2.10	2.10	2.10
Volumen de la muestra (cm ³)	84.68	84.68	84.68
Densidad de la muestra húmeda (g/cm ³)	1.84	1.84	1.84

Tabla 59*Cohesión, ángulo de fricción y esfuerzos pico de la muestra M-6 2do caso*

σ [kPa]	τ [kPa]	Parámetros de resistencia	Pico (Máx.)
34.54	33.05	Cohesión (kPa)	14.5
83.18	61.03	Ángulo de fricción ϕ (°)	28.85
156.14	100.20	Cohesión (kg/cm²)	0.15

4.1.7 Ensayos geo sísmicos

Utilizando el software sysmatrack, el cual registra las lecturas de los primeros arribos de las ondas refractadas.

4.1.7.1. Procesamiento de registro de refracción sísmica

Parámetros empleados para la realización el ensayo.

Tabla 60

Parámetros de ensayo de refracción sísmica

Parámetro	Descripción
Configuración de dispositivo	Lineal
Longitud de dispositivo	69
Intervalo de geófono	3
Número de geófonos	24 und
Tipo de geófono	Geófono de 4.5 Hz
Fuente sísmica	Comba de 25lb
Activación	Interruptor de tiro conectado al puerto del sismógrafo
Intervalo de muestreo	0.25ms
Longitud de registro	0.5 s

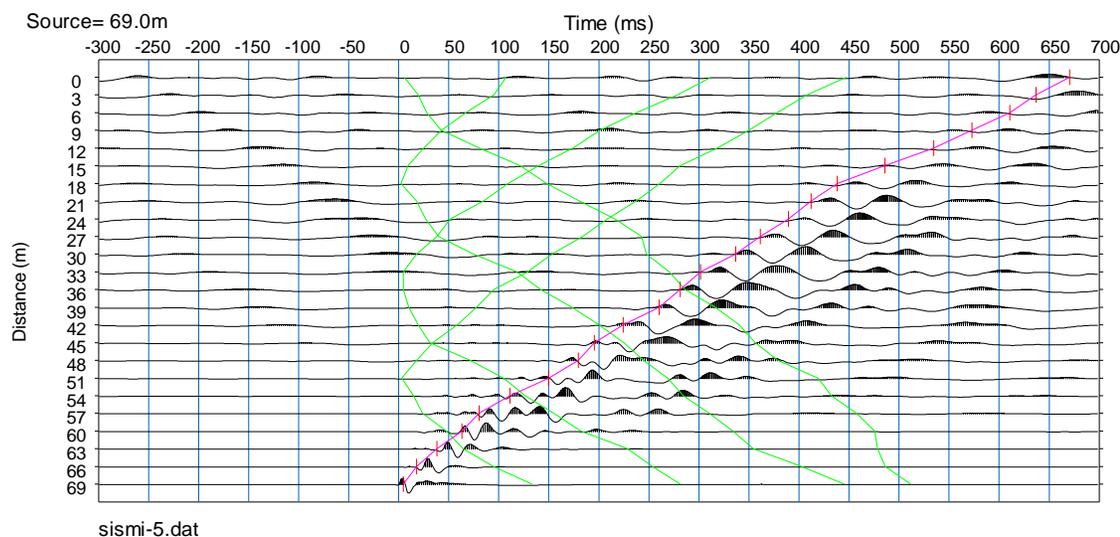
La Tabla 60 detalla los parámetros utilizados en un ensayo de refracción sísmica, un método geofísico comúnmente empleado en ingeniería civil para caracterizar las propiedades del subsuelo. La configuración del dispositivo es lineal con una longitud de 69 metros y un intervalo de geófono de 3 metros, empleando un total de 24 geófonos de 4.5 Hz. La fuente sísmica es una comba de 25 libras, activada mediante un interruptor de tiro conectado al puerto del sismógrafo, asegurando una iniciación precisa de la onda sísmica. El intervalo de muestreo es de 0.25 ms, con una longitud de registro de 0.5 s, lo cual permite capturar detalles finos de la propagación de las ondas sísmicas. Esta configuración permite obtener datos precisos sobre las velocidades de las ondas sísmicas en el subsuelo, que pueden ser utilizados para identificar capas y discontinuidades geológicas.

Con los datos registrados de refracción sísmica, se determina la velocidad primaria V_p en función al tiempo de arribo de cada geófono. Para el procesamiento ello se hace uso del software Pickwin. En el programa definen los tiempos de arribo (t_0) para cada geófono y cada disparo realizado en la línea planteada en campo y con esta información se obtiene las curvas domocrónicas para definir un agrupamiento de pendientes y obtener un vector representativo y calcular la velocidad del estrato (V_p). Este proceso es iterativo para cada sección realizada en este proyecto.

Con el ensayo de refracción sísmica se obtuvo la llegada de las ondas primarias (ondas P) el cual para el procesamiento de datos se utilizó el programa Pickwin el cual permite realizar la lectura de los sismogramas, en los sismogramas se trazaron los alineamientos para seleccionar la llegada de las ondas primarias y descartando las ondas de ruido externo.

Gráfico 5

Trazo de alineamiento de sismogramas 1er caso



En el Grafico 5 muestra los alineamientos de los sismogramas que se exportan al programa Plotrefa en cual teniendo la distancia y tiempo se produce un modelo de profundidad que se encarga de calcular la velocidad primaria, como resultado inicial se tiene las curvas llamadas

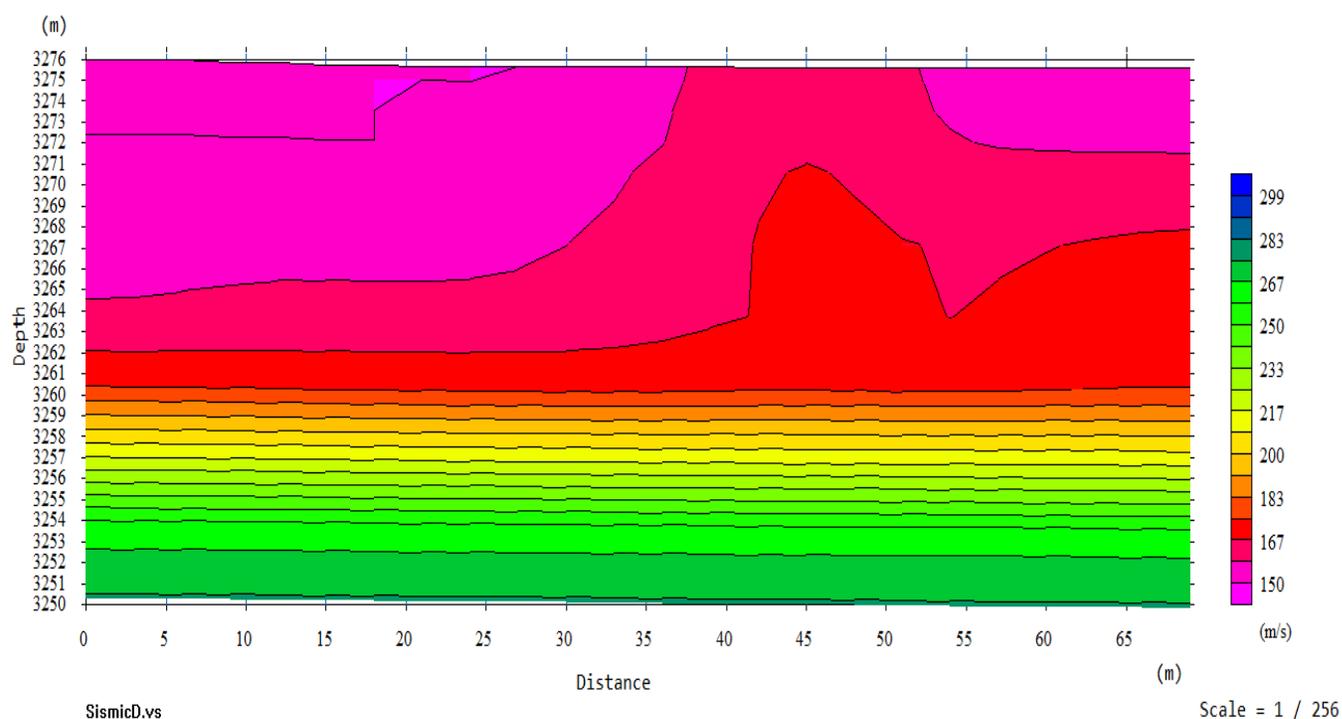
domocromas que viene a ser el conjunto de puntos pertenecientes a un refractor, la identificación de estos puntos es lo más importante para darte una interpretación adecuada, estas a su vez permiten distinguir diferentes cambios de pendientes, los cuales vienen a ser los cambios de velocidad en el suelo. El programa se encarga de ajustar mediante las interacciones las profundidades en cada estrato hasta encontrar el modelo de la geología de la zona de estudio.

Una vez tenida las domocromas se trazan las velocidades según los cambios de pendiente el cual una vez definida las velocidades el programa realiza una inversión de velocidades y obtener las velocidades primarias y la tomografía del suelo en estudio.

A continuación, se muestra la tomografía del suelo del primer caso de estudio.

Gráfico 6

Tomografía de suelo con respectivas velocidades primarias (V_p) 1er caso



A continuación se tiene la descripción del Gráfico 6

Capa 01 ($V_p=150-167$ m/s).- Capa compuesta suelo blando con presencia de material orgánico (turba, arcilla orgánica, limo orgánico). Materiales orgánicos blandos menos consolidados

Capa 02 ($V_p=167-183$ m/s).- Capa compuesta suelo blando con mezcla de partículas finas y gruesas con presencia de material orgánico presentando materiales con una consolidación intermedia.

Capa 03 ($v_p=183-200$ m/s).- Capa compuesta por materiales finos (arcilla) con mas presencia de materiales gruesos (arena) con una compacidad suelta.

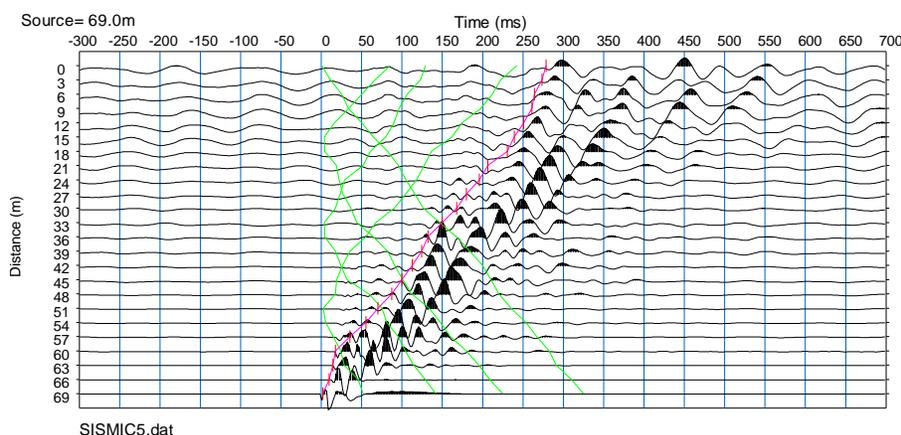
Capa 04 ($V_p=200-217$ m/s) .- Capa compuesta con materiales granulares (arena) con una compacidad intermedia.

Capa 05 ($V_p=217-267$ m/s).- Capa compuesta por materiales granulares (arena) con una compacidad densa.

En segundo caso de estudio se hizo en la universidad San Antonio Abad del Cusco específicamente en el área verde de la facultad de química y biología, se realizó una línea de refracción sísmica con 24 geófonos extendiéndose una distancia de 69 m, con una separación de geófonos de 3 m.

Gráfico 7

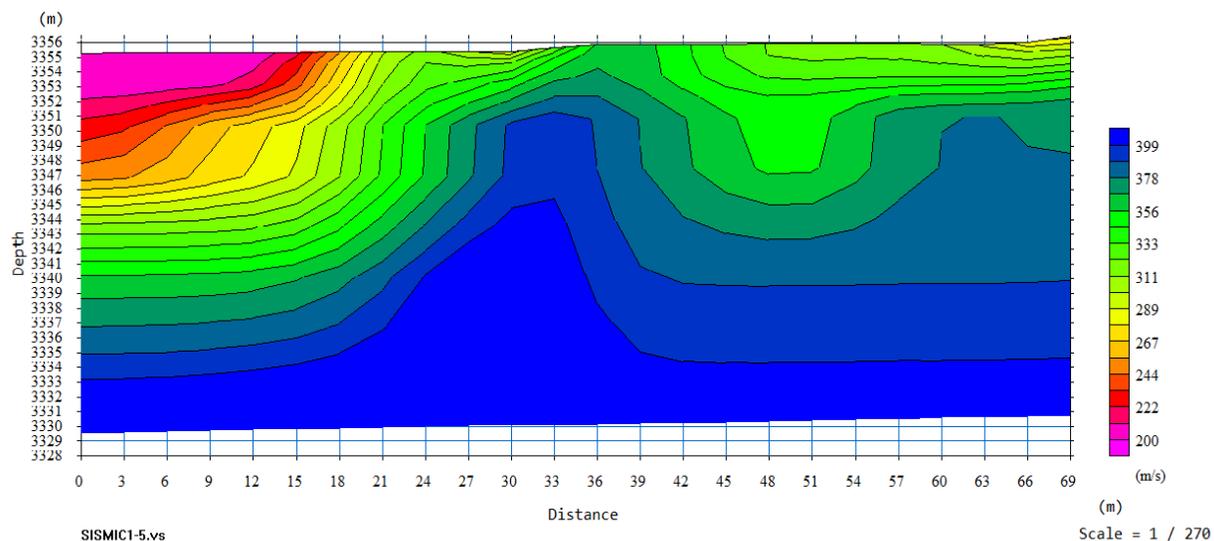
Trazo de alineamiento de sismogramas 2do caso



En el Gráfico de 7 se muestra la alineación de los sismogramas para el procesamiento

Gráfico 8

Tomografía de suelo con respectivas velocidades primarias (V_p) 2do caso



A continuación se realiza la descripción del Gráfico 8

Capa 01 ($V_p=200-267$ m/s).- Representa el material de relleno compuestas por suelos arcillosos o limosos, que tienen bajas velocidades de onda S presentando una consolidación baja.

Capa 02 ($V_p=267-333$ m/s).- Representan a suelos finos como arcilla con una velocidad V_s intermedias con suelos más firmes suelos endurecidos lo cuales presentan una consolidación intermedia.

Capa 03 ($v_p=333-400$ m/s) .- Capa compuesta por materiales finos como arcillas o limos compactos.

4.1.7.2. *Procesamiento de registro de MASW*

Parámetros empleados para la realización el ensayo.

Tabla 61

Parámetros de ensayo de MASW

Parámetro	Descripción
Configuración de dispositivo	Lineal
Longitud de dispositivo	69
Intervalo de geófono	3
Número de geófonos	24 und
Tipo de geófono	Geófono de 4.5 Hz
Fuente sísmica	Comba de 25lb
Activación	Interruptor de tiro conectado al puerto del sismógrafo
Intervalo de muestreo	0.5ms
Longitud de registro	1.0 s

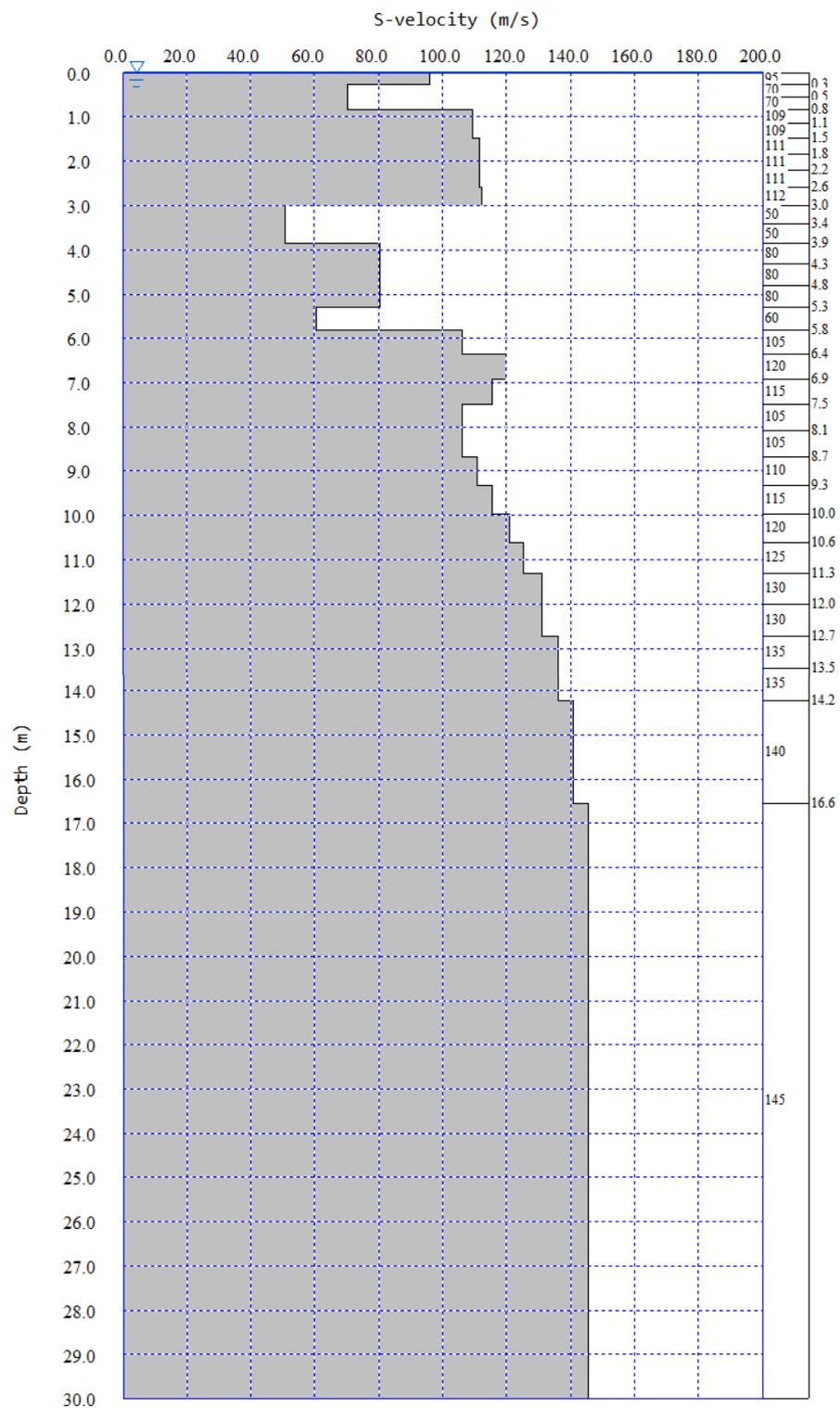
En la Tabla 61 muestra los parámetros que utilizo en el ensayo, realizándose una línea sísmica de MASW, el impacto de fuente sísmica se realizó a 3m del geófono 24 en la prolongación del alineamiento de los geófonos. Los resultados se interpretan en función a la compactación, variación de densidad que consiste tiempo que demora en viajar las ondas de corte Vs que son generados por el impacto de la comba en el plato.

Para el procesamiento de datos se utilizó el software llamado Surface Wave Analysis Wizard el cual hace un análisis cualitativo mastranto la variación de velocidad de corte en función a la profundidad.

Este tipo de análisis es útil para crear un perfil de velocidad de onda de corte (Vs) del subsuelo como se muestra en la Gráfico 9.

Gráfico 9

Variación de la velocidad en función a la profundidad 1er caso



S-velocity model :
Average Vs 30m = 118.5 m/s

El Gráfico 9 presenta la variación de la velocidad de onda de corte (V_s) en función de la profundidad en el primer punto de ensayo. Se observa que la velocidad V_s no sigue un patrón lineal con la profundidad, sino que varía de manera significativa en diferentes capas del suelo. A poca profundidad (0.3 m), la velocidad es de 95 m/s, disminuyendo a 70 m/s entre 0.5 m y 0.8 m, lo que podría indicar una capa más blanda o menos consolidada. A partir de 1.1 m, la velocidad aumenta a 109 m/s y se mantiene relativamente constante hasta los 2.6 m, sugiriendo una capa más rígida. Un nuevo incremento se observa a 3 m con 112 m/s. Entre 3.4 m y 3.9 m, hay una disminución significativa a 50 m/s, indicando posiblemente una capa más débil o suelta. La velocidad vuelve a aumentar gradualmente en las profundidades mayores, alcanzando un valor máximo de 120 m/s a 6.9 m. Estas variaciones en la velocidad V_s son cruciales para la evaluación de las propiedades dinámicas del suelo y su comportamiento bajo cargas sísmicas, proporcionando información esencial.

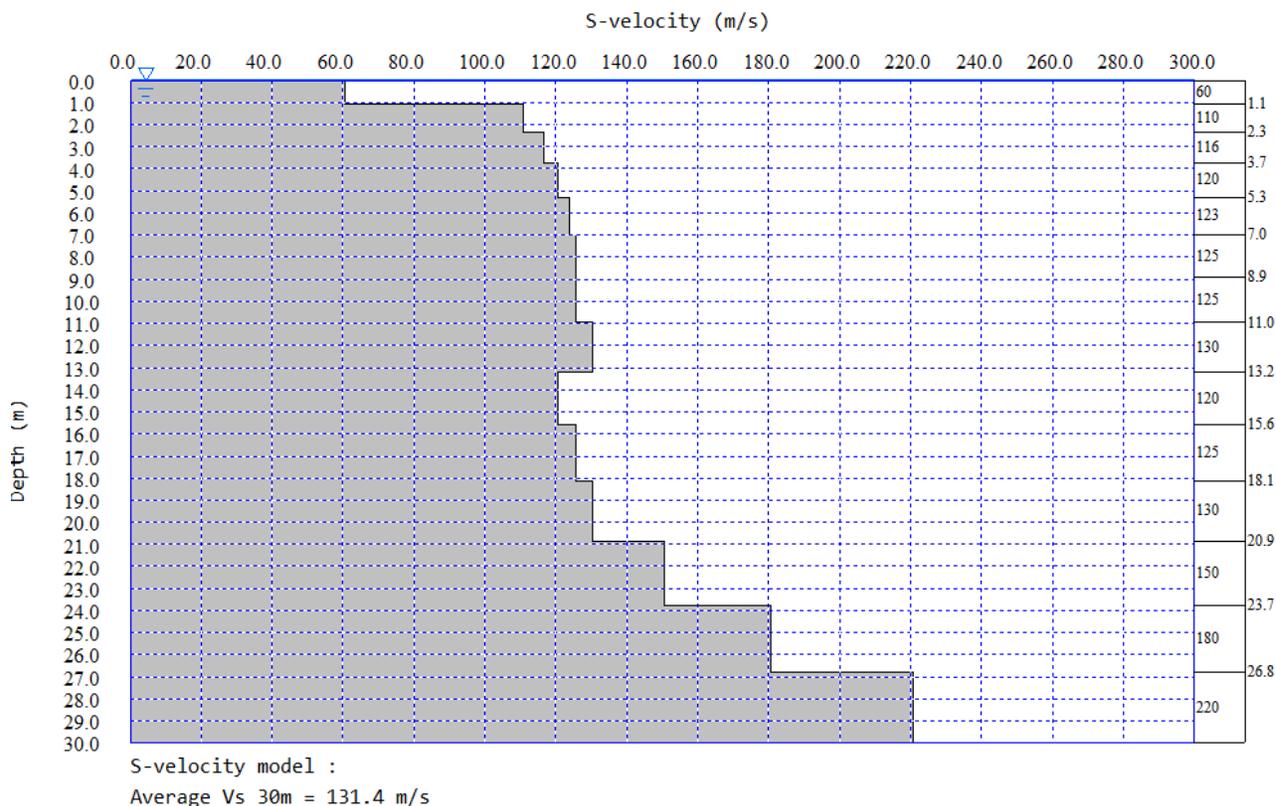
Según la clasificación sísmica IBC-2015 es un suelo blando donde la velocidad de onda V_{s30} es menor a 180 m/s.

En el segundo caso de estudio se ha realizado una línea sísmica de MASW, el impacto de fuente sísmica se realizó a 3m del geófono 1 en la prolongación del alineamiento de los geófonos. Los resultados se interpretan en función a la compactación, variación de densidad que consiste tiempo que demora en viajar las ondas de corte V_s que son generados por el impacto de la comba en el plato. Para este ensayo de MASW se tomó los mismos parámetros que el primer ensayo.

A continuación, se muestra el resultado del perfil de velocidad de onda de corte (V_s) del suelo en función a la profundidad

Gráfico 10

Variación de la velocidad de corte en función a la profundidad de 2do caso



En el Gráfico 10 presenta la variación de la velocidad de onda de corte (V_s) en función de la profundidad en el segundo punto de ensayo. Se observa que la velocidad V_s no sigue un patrón lineal con la profundidad, sino que varía de manera significativa en diferentes capas del suelo. A una profundidad (1.10 m), la velocidad es de 60 m/s, aumentando a 110 m/s entre 1.10 m y 2.30 m, lo que podría indicar una capa más consolidada. La velocidad vuelve a aumentar gradualmente en las profundidades mayores, alcanzando un valor máximo de 2.20 m/s a 26.8 m. Estas variaciones en la velocidad V_s son cruciales para la evaluación de las propiedades dinámicas del suelo y su comportamiento bajo cargas sísmicas, proporcionando información esencial.

Según la clasificación sísmica IBC-2015 es un suelo blando donde la velocidad de onda V_{s30} es menor a 180 m/s.

A continuación, se muestra el procesamiento y la obtención de datos del módulo de elasticidad y el módulo de corte en función a las velocidades V_p y V_s obtenidas del primer caso de estudio.

Tabla 62*Determinación de módulo de elasticidad y corte del 1er caso*

Profundidad	V_p	V_s	V_s/V_p	Coefficiente de Poisson (n)	Peso Volumétrico (g/cm ³)	Módulo de Elasticidad (KPa)	Módulo de corte (KPa)
0.00-0.30	150	95	0.633	0.16512	1.98	41640.24	17869.50
0.30-0.50	152	70	0.462	0.36437	1.29	17248.42	6321.00
0.50-0.80	153	70	0.457	0.36781	1.29	17291.81	6321.00
0.80-1.10	155	109	0.705	0.00604	1.8	43030.06	21385.80
1.10-1.50	156	109	0.698	0.02495	1.8	43838.66	21385.80
1.50-1.80	158	111	0.704	0.00906	1.8	44757.31	22177.80
1.80-2.20	159	111	0.697	0.02744	1.8	45572.62	22177.80
2.20-2.60	161	111	0.690	0.04465	1.8	46336.16	22177.80
2.60-3.00	162	112	0.690	0.04563	1.82	47743.71	22830.08
3.00-3.40	164	50	0.305	0.44867	1.54	11154.72	3850.00
3.40-3.90	165	50	0.302	0.44971	1.54	11162.79	3850.00
3.90-4.30	167	80	0.479	0.35109	1.34	23173.84	8576.00
4.30-4.80	170	80	0.472	0.35670	1.34	23270.06	8576.00
4.80-5.30	172	80	0.465	0.36197	1.34	23360.57	8576.00
5.30-5.80	175	60	0.344	0.43296	1.58	16301.37	5688.00
5.80-6.40	177	105	0.593	0.22850	1.81	49030.12	19955.25
6.40-6.90	180	120	0.669	0.09597	2.10	66283.98	30240.00
6.90-7.50	182	115	0.632	0.16770	1.82	56211.76	24069.50
7.50-8.10	185	105	0.569	0.26048	1.80	50109.79	19877.19
8.10-8.70	187	105	0.561	0.26978	1.80	50518.05	19892.52
8.70-9.30	193	110	0.571	0.25832	1.81	55039.23	21870.09
9.30-10.00	198	115	0.580	0.24701	1.81	59717.72	23944.33
10.00-10.60	204	120	0.588	0.23585	1.81	64549.63	26115.57
10.60-12.00	210	125	0.596	0.22483	1.82	69531.20	28384.13
12.00-12.70	216	128	0.594	0.22744	1.82	73183.84	29811.47
12.70-13.50	221	130	0.588	0.23618	1.82	76148.13	30799.77
13.50-14.20	227	130	0.573	0.25566	1.83	77470.87	30848.55
14.20-16.60	233	135	0.580	0.24601	1.83	83032.04	33319.10
16.60-30.00	253	145	0.574	0.25428	1.84	96937.41	38642.77

La Tabla 62 muestra la variación de las velocidades de ondas P (V_p) y S (V_s) con la profundidad, junto con los módulos de elasticidad y corte para la muestra M-10 en el primer punto.

A medida que la profundidad aumenta, V_p y V_s incrementan, indicando una mayor rigidez del suelo. La relación V_s/V_p y el coeficiente de Poisson (ν) varían, reflejando cambios en las propiedades elásticas del suelo. La densidad y el peso volumétrico son relativamente constantes en la mayoría de los estratos. Los módulos de elasticidad y corte aumentan significativamente con la profundidad, alcanzando valores máximos de 96,937.41 kPa y 38,642.77 kPa, respectivamente, a profundidades de 16.60-30.00 m. Estos resultados indican que el suelo se vuelve más rígido y resistente a esfuerzos de corte en capas más profundas.

Tabla 63
Cohesión y ángulo de fricción según correlación geo sísmico 1er caso

Tipo de suelo	Prof.(m)	Cohesión Drenada				Ángulo de fricción (ϕ)		Cohesión no Drenada Cu
		Limos I.G. Mindel (KPa)	Limos Prikam (KPa)	Arcillas de Prikam (KPa)	Suelo fino (KPa)	Suelos granulares (a)	Suelos granulares (b)	Suelo fino Watkins (KPa)
Relleno	0.00-0.30	8.50	13.05	8.47	6.877	31.16	38.31	19.81
Materia orgánica	0.30-0.50	2.95	4.38	2.57	2.489	25.51	26.55	10.41
Materia orgánica	0.50-0.80	2.95	4.38	2.57	2.489	25.30	26.40	10.41
Limo orgánico	0.80-1.10	10.19	15.68	10.27	8.214	32.71	115.28	26.46
Limo orgánico	1.10-1.50	10.19	15.68	10.27	8.214	32.57	76.92	26.46
Limo orgánico	1.50-1.80	10.57	16.28	10.68	8.515	32.69	104.56	27.49
Limo orgánico	1.80-2.20	10.57	16.28	10.68	8.515	32.56	74.47	27.49
Limo orgánico	2.20-2.60	10.57	16.28	10.68	8.515	32.42	62.75	27.49
Arena arcillosa	2.60-3.00	10.88	16.77	11.01	8.762	32.41	62.26	28.01
Arcilla orgánica	3.00-3.40	1.77	2.53	1.31	1.550	14.78	22.71	5.13
Arcilla orgánica	3.40-3.90	1.77	2.53	1.31	1.550	14.48	22.66	5.13
Turba	3.90-4.30	4.04	6.08	3.73	3.346	26.26	27.14	13.79
Turba	4.30-4.80	4.04	6.08	3.73	3.346	25.95	26.89	13.79
Turba	4.80-5.30	4.04	6.08	3.73	3.346	25.65	26.66	13.79
Arcilla orgánica	5.30-5.80	2.65	3.91	2.25	2.248	18.33	23.49	7.53
Arena arcillosa	5.80-6.40	9.50	14.61	9.54	7.670	30.13	33.46	24.45
Grava arcillosa	6.40-6.90	14.44	22.32	14.80	11.578	31.97	47.30	32.39
Arena arcillosa	6.90-7.50	11.47	17.70	11.64	9.233	31.13	38.07	29.62
Arena arcillosa	7.50-8.10	9.46	14.55	9.50	7.640	29.44	31.56	24.45
Arena arcillosa	8.10-8.70	9.47	14.56	9.51	7.646	29.21	31.06	24.45
Arena arcillosa	8.70-9.30	10.42	16.05	10.52	8.398	29.49	31.68	26.97
Arena arcillosa	9.30-10.00	11.41	17.60	11.58	9.186	29.75	32.33	29.62
Arena arcillosa	10.00-10.60	12.46	19.23	12.69	10.011	29.99	33.00	32.39
Arena arcillosa	10.60-12.00	13.54	20.93	13.85	10.873	30.20	33.70	35.30
Arena arcillosa	12.00-12.70	14.23	22.00	14.58	11.415	30.15	33.53	37.11
Arena arcillosa	12.70-13.50	14.70	22.74	15.08	11.791	29.98	32.98	38.34
Arena arcillosa	13.50-14.20	14.73	22.78	15.11	11.809	29.56	31.83	38.34
Arena arcillosa	14.20-16.60	15.91	24.63	16.37	12.748	29.77	32.39	41.51
Arena arcillosa	16.60-30.00	18.47	28.63	19.09	14.771	29.59	31.91	48.25

Tabla 64*Cohesión y ángulo de fricción de ensayos convencionales y geosísmicos 1er caso*

Tipo de suelo	Prof.(m)	Cohesión Drenada C (kPa)		Ángulo de fricción ϕ (°)			Cohesión no Drenada Cu (kPa)	
		Corte directo	Geo sísmico	Corte directo	Geo sísmico	SPT	SPT	Geo sísmico
Relleno	0.00-0.30	-	13.05		31.16	-	39.5	19.81
Turba	0.30-0.80	-	4.38		25.40	-	3.3	10.41
Limo orgánico	0.80-2.60	16.09	16.16	28.18	32.56		28.3	27.08
Arena arcillosa	2.60-3.00	-	11.01		32.41	29.97	30.5	28.01
Arcilla orgánica	3.00-3.90	-	1.31		14.63	-	5.4	5.13
Turba	3.90-5.30	10.80	3.73	22.34	25.95	-	14.0	13.79
Arcilla orgánica	5.30-5.80	2.13	2.25	15.25	14.63	-	8.3	7.53
Arena arcillosa	5.80-6.40	-	9.54		32.41	-	-	-
Grava arcillosa	6.40-6.90	15.1	14.44	48.97	47.30	42.68	-	-
Arena arcillosa	6.90-8.70	8.46	8.23	33.79	33.09	35.96	-	-
Arena arcillosa	8.70-9.30	-	7.65	-	31.68	-	-	-
Arena arcillosa	9.30-10.00	-	8.40	-	32.33	-	-	-
Arena arcillosa	10.00-10.60	-	9.19	-	33.00	-	-	-
Arena arcillosa	10.60-12.00	-	10.01	-	33.70	-	-	-
Arena arcillosa	12.00-12.70	-	10.87	-	33.53	-	-	-
Arena arcillosa	12.70-13.50	-	11.42	-	32.98	-	-	-
Arena arcillosa	13.50-14.20	-	11.79	-	31.83	-	-	-
Arena arcillosa	14.20-16.60	-	11.81	-	32.39	-	-	-
Arena arcillosa	16.60-30.00	-	12.75	-	31.91	-	-	-

La Tabla 64 detalla los resultados de ensayos convencionales y geo sísmicos en diversos tipos de suelos en la asociación de vivienda Suriwaylla Grande. En particular, el limo orgánico (0.80-2.60 m) muestra una cohesión de corte directo de 18.80 kPa y geo sísmico de 16.16 kPa, con ángulos de fricción de 17.98° y 32.56°, respectivamente, y cohesiones no drenadas del SPT y geo sísmico de 28.3 y 27.08 kPa. La arena arcillosa (2.60-3.00 m) tiene cohesión geo sísmico de 11.01 kPa y ángulo de fricción de 32.41° y mientras el ángulo de fricción obtenida por SPT es de 29.97° y la cohesión no drenada es de 30.5 kPa y del ensayo geo sísmico de 28.01 KPa. La arcilla orgánica (3.00-3.90 m) muestra una cohesión geo sísmico baja de 1.31 kPa, con un ángulo de fricción de 14.63° y cohesión no drenada SPT y geo sísmico de 5.4 y 5.13 kPa. Para la turba (3.90-5.30 m), la cohesión es de 10.80 kPa (directo) y 3.73 kPa (geo sísmico), con ángulos de fricción de 22.34° y 25.95°, y cohesiones no drenadas de 14.0 y 13.79 kPa. En la arena arcillosa (5.80-6.40 m), se destaca una cohesión geo sísmico de 9.54 kPa y un ángulo de fricción de 32.41°. Por último, en la grava arcillosa (6.40-6.90 m), la cohesión es de 15.1 kPa (directo) y 14.44 kPa (geo sísmico), con ángulos de fricción altos de 48.97° y 47.30°, mientras que la arena arcillosa (6.90-8.70 m) muestra cohesiones similares (8.46 kPa directo y 8.23 kPa geo sísmico) y ángulos de fricción de 33.79° (directo) y 33.09° (geo sísmico).

A continuación, se muestra el procesamiento y la obtención de datos del módulo de elasticidad y el módulo de corte en función a las velocidades V_p y V_s obtenidas del segundo caso de estudio.

Tabla 65*Determinación de módulo de elasticidad y corte 2do caso de estudio*

Prof. (m)	Vp	Vs	Vs/Vp	Coef. de Poisson (n)	Peso Volumétrico (g/cm ³)	Módulo de Elasticidad (KPa)	Módulo de corte (KPa)
0.00-1.10	200	60	0.300	0.45055	1.72	17963.60	6192.00
1.10-2.30	207	110	0.531	0.30325	1.80	56769.38	21780.00
2.30-3.70	214	116	0.542	0.29196	1.85	64323.09	24893.60
3.70-5.30	222	120	0.541	0.29360	1.80	67060.31	25920.00
5.30-7.00	233	122	0.524	0.31114	1.82	71034.67	27088.88
7.00-8.9	244	125	0.512	0.32208	1.84	76019.79	28750.00
8.90-11	255	125	0.490	0.34185	1.84	77118.17	28735.72
11.00-13.2	277	130	0.469	0.35876	1.85	84931.96	31253.38
13.20-15.60	333	120	0.360	0.42538	1.87	76914.86	26980.47
15.60-18.10	356	125	0.351	0.42969	1.88	84129.88	29422.47
18.10-20.90	378	130	0.344	0.43293	1.89	91622.78	31970.48
20.90-23.70	383	150	0.392	0.40941	1.89	120104.36	42607.96
23.70-26.80	388	180	0.464	0.36288	1.90	167410.64	61418.00
26.80-30.00	399	220	0.551	0.28159	1.90	235687.87	91951.32

La Tabla 65 muestra la variación de las velocidades de ondas P (Vp) y S (Vs) con la profundidad, junto con los módulos de elasticidad y corte para la muestra M-10 en el primer punto. A medida que la profundidad aumenta, Vp y Vs incrementan, indicando una mayor rigidez del suelo. La relación Vs/Vp y el coeficiente de Poisson (n) varían, reflejando cambios en las propiedades elásticas del suelo.

La tabla 65 presentan valores de cohesión y el ángulo de fricción (ϕ) para diferentes tipos de suelos, basados en estudios geofísicos. Los datos muestran que, a medida que se incrementa la profundidad del suelo, la cohesión tiende a aumentar, particularmente en suelos arcillosos, alcanzando su máximo valor a 30 metros de profundidad. Este comportamiento sugiere una mayor resistencia al corte con la profundidad, especialmente en las arcillas de baja plasticidad y los limos arcillosos.

Tabla 66
Cohesión y ángulo de fricción según correlación geo sísmico 2do caso

Tipo se suelo	Prof. (m)	Cohesión para I.G Mindel limos (KPa)	Cohesión para limos Prikam (KPa)	Cohesión para arcillas de Prikam (KPa)	Cohesión cualquier tipo de suelo fino (KPa)	Ángulo de fricción (ϕ) para suelos granulares (a)	Angulo de fricción para (ϕ) suelos granulares (b)	Cohesión no drenada Cu Watkins (KPa)
Material de relleno	0.00-1.10	2.89	4.29	2.51	2.440	14.23	22.61	7.53
Arcilla de mediana plasticidad	1.10-2.30	10.37	15.98	10.47	8.363	28.24	29.35	26.97
Arcilla compacta	2.30-3.70	11.87	18.31	12.06	9.547	28.60	29.91	30.16
Limo Arcilloso	3.70-5.30	12.36	19.08	12.59	9.937	28.55	29.82	32.39
Arcilla de ligera plasticidad	5.30-7.00	12.92	19.96	13.19	10.381	27.97	28.97	33.54
Arcilla de baja Plasticidad	7.00-8.9	13.72	21.21	14.03	11.012	27.56	28.46	35.30
Arcilla	8.90-11	13.71	21.20	14.03	11.007	26.71	27.55	35.30
Arcilla	11.00-13.2	14.92	23.08	15.31	11.963	25.84	26.80	38.34
Arcilla	13.20-15.60	12.87	19.88	13.13	10.340	19.62	23.85	32.39
Arcilla	15.60-18.10	14.04	21.71	14.38	11.268	18.92	23.65	35.30
Arcilla	18.10-20.90	15.27	23.62	15.68	12.236	18.34	23.49	38.34
Arcilla	20.90-23.70	20.37	31.60	21.12	16.278	21.76	24.58	51.81
Arcilla	23.70-26.80	29.40	45.71	30.73	23.426	25.60	26.62	76.06
Arcilla	26.80-30.00	44.06	68.61	46.33	35.029	28.90	30.43	116.04

Tabla 67*Cohesión y ángulo de fricción de ensayos convencionales y geo sísmico 2do caso*

Tipo de suelo	Prof.(m)	Cohesión Drenada C (kPa)		Ángulo de fricción ϕ (°)			Cohesión no Drenada Cu (kPa)	
		Corte directo	Geo sísmico	Corte directo	Geo sísmico	SPT	SPT	Geo sísmico
Relleno	0.00-1.10	-	2.51	-	22.61	-	12.05	7.5
Arcilla de mediana plasticidad	1.10-2.30	-	10.47	-	29.35	-	28.42	27.0
Arcilla compacta	2.30-3.70	12.50	12.06	28.60	29.91	-	33.64	30.2
Arcilla	3.70-5.30	11.54	12.59	30.04	29.82	-	34.05	32.4
Arcilla	5.30-7.00	13.83	13.19	30.06	28.97	-	35.52	33.5
Arcilla	7.00-8.9	14.50	14.03	28.85	28.46	-	36.98	35.3
Arcilla	8.90-11	-	14.03	-	27.55	-	-	35.3
Arcilla	11.00-13.2	-	15.31	-	26.80	-	-	38.3
Arcilla	13.20-15.60	-	13.13	-	23.85	-	-	32.4
Arcilla	15.60-18.10	-	14.38	-	23.65	-	-	35.3
Arcilla	18.10-20.90	-	15.68	-	23.49	-	-	38.3
Arcilla	20.90-23.70	-	21.12	-	24.58	-	-	51.8
Arcilla	23.70-26.80	-	30.73	-	26.62	-	-	76.1
Arcilla	26.80-30.00	-	46.33	-	30.43	-	-	116.0

La Tabla 67 resume los resultados de ensayos convencionales y geosísmicos en el segundo caso de estudio (Unsaac). La cohesión y ángulo de fricción para diferentes tipos de suelo a diferentes profundidades. En la profundidad de 2.30 y 3.70 metros, donde predomina la arcilla, se observa la cohesión obtenida por corte directo y geo sísmico es de 12.50 KPa y 12.06 kPa respectivamente, el ángulo de fricción de corte directo y geo sísmico es de 28.60° y 29.61° respectivamente mientras la cohesión no drenada obtenida por el SPT y geo sísmico son de 33.64 kPa y 30.2 kPa respectivamente y en los estratos siguientes los valores de cohesión, ángulo de fricción y cohesión no drenada guardan similitud. Estos resultados indican que, a medida que se profundiza en capas de arcilla más compacta, tanto la cohesión como la resistencia al corte aumentan, lo que sugiere una mejora del suelo.

4.2. Cálculo de la capacidad de carga del suelo

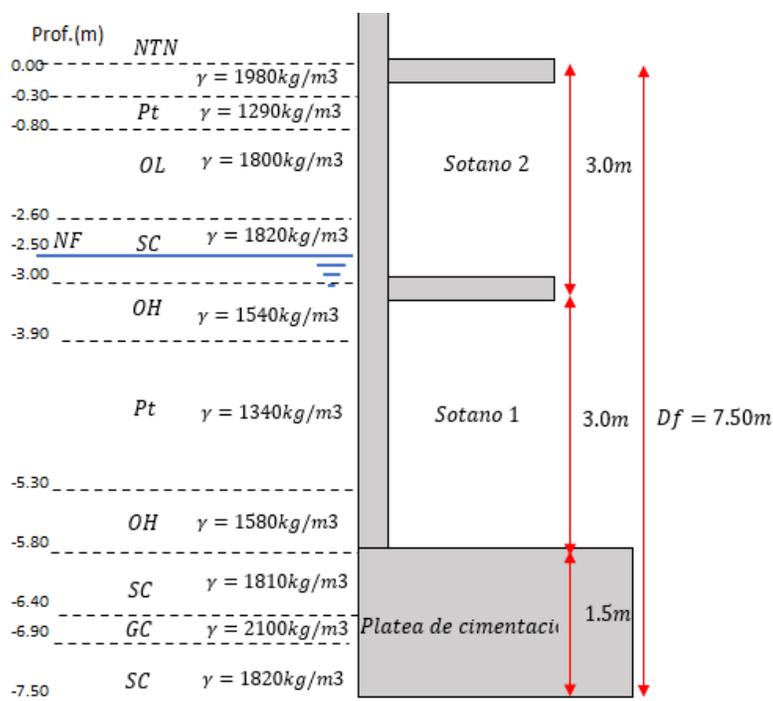
Para el cálculo de la capacidad de carga del suelo se basó estrictamente a la norma técnica E 050 suelos y cimentaciones considerando en suelos cohesivos (arcilla, arcilla limosa y limo-arcilloso) el ángulo de fricción (ϕ) igual a cero mientras en suelos friccionantes (arena, grava y gravas- arenosas) la cohesión es igual a cero.

La edificación tiene dimensiones en planta 10 m de ancho y 21.75 m de largo, posee dos sótanos con una altura de 3.0 m y 15 niveles con una altura típica de 2.50 m como se muestra los Anexo 4 y 5.

- **Primer caso de estudio**

Figura 29

Representación de platea de cimentación y estratigrafía 1er caso de estudio



Teniendo los datos de la Figura 29 se realiza el cálculo del esfuerzo efectivo a la profundidad de 7.50 m donde se encuentra el fondo de cimentación de la platea.

Tabla 68

Cálculo del esfuerzo efectivo 1er caso

Profundidad	Altura de estrato	Peso específico γ (kg/m ³)	Peso específico sumergido γ_{sum} (kg/m ³)	Esfuerzo efectivo parcial (kg/m ²)
0.00-0.30	0.3	1980	-	594
0.30-0.80	0.5	1290	-	645
0.80-2.60	1.8	1800	-	3240
2.60-3.00	0.4	1820	820	328
3.00-3.90	0.9	1540	540	486
3.90-5.30	1.4	1340	340	476
5.30-5.80	0.5	1580	580	290
5.80-6.40	0.6	1810	810	486
6.40-6.90	0.5	2100	1100	550
6.90-7.50	0.6	1820	820	492
Esfuerzo efectivo total (kg/m ²)				7587

Se procede con el cálculo de la capacidad de carga para los valores de ángulo de fricción obtenidos a 7.50 m mediante ensayos convencionales y geo sísmicos, tal como se muestra en la Tabla 68.

Tabla 69

Capacidad de carga para valores geo sísmicos y convencionales 1er caso

Fórmula	$q_u = q F_{qi} F_{qs} F_{qd} N_q + 0.5 B \gamma F_{\gamma s} F_{\gamma i} F_{\gamma d} N_\gamma$	Notación	SPT	Corte directo	Geo sísmico
Angulo de fricción (general)		$\phi(^{\circ})$	35.96	33.79	33.09
Angulo de fricción (local)	$\phi'' = \tan^{-1}(0.67 \tan \phi)$	$\phi''(^{\circ})$	25.92	24.15	23.59
Cohesión		c'	0.00	0.00	0.00
Factores de capacidad de carga	$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi'}{2} \right) e^{\pi \tan \phi'}$	N_q	11.76	9.75	9.20
	$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$	N_c	22.13	19.52	18.78
	$N_\gamma = (N_q - 1) \tan (1.4 \phi')$	N_γ	7.90	5.86	5.33
Profundidad de desplante		D_f	7.50	7.50	7.50
Ancho de la cimentación		B	10.00	10.00	10.00
Largo de la cimentación		L	21.75	21.75	21.75
	$si, \frac{D_f}{B} \leq 1$ y Para $\phi' > 0$	D_f/B	0.75	0.75	0.75
Factores de profundidad	$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi') \left(\frac{D_f}{B} \right)$	F_{qd}	1.23	1.23	1.24
	$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi'}$	F_{cd}	1.25	1.26	1.26
	$F_{\gamma d} = 1$	$F_{\gamma d}$	1.00	1.00	1.00
Factores de forma	$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_q}{N_c} \right)$	F_{cs}	1.24	1.23	1.23
	$F_{qs} = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \tan \phi'$	F_{qs}	1.22	1.21	1.20
	$F_{\gamma s} = 1 - 0.2 \left(\frac{B}{L} \right)$	$F_{\gamma s}$	0.91	0.91	0.91
Factores de inclinación	$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta^{\circ}}{90^{\circ}} \right)^2$	F_{ci}	1.00	1.00	1.00
		F_{qi}	1.00	1.00	1.00
	$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta^{\circ}}{\phi'} \right)$	$F_{\gamma i}$	1.00	1.00	1.00
Esfuerzo efectivo (kg/m2)		$q = D_f \gamma$	7587.00	7587.00	7587.00
Capacidad de carga (kg/cm2)		q_u	11.86	9.58	8.96
Esfuerzo admisible (kg/cm2) FS=3		$q_{adm} = q_u/FS$	3.95	3.19	2.99

La Tabla 69 presenta el cálculo de la capacidad de carga para tres métodos de evaluación: SPT, corte directo y geo sísmico. Se proporcionan los ángulos de fricción general y local, y los factores de capacidad de carga (N_q , N_c , N_γ), junto con parámetros como la profundidad de desplante (7.50 m), el ancho de la cimentación (10.00 m) y el largo (21.75 m). Para SPT, la capacidad de carga es de 11.86 kg/cm² con una capacidad admisible de 3.95 kg/cm² (FS=3); para corte directo, es de 9.58 kg/cm² con una capacidad admisible de 3.19 kg/cm² (FS=3); y para geo sísmico, es de 8.96 kg/cm² con una capacidad admisible de 2.99 kg/cm² (FS=3).

A continuación, en la Tabla 70, se determinamos la capacidad neta permisible para plateas de cimentación construidas sobre suelos granulares.

Tabla 70

Cálculo de esfuerzo neto permisible de la platea de cimentación 1er caso

Número de golpes corregido N ₆₀		17.92
Ancho de la cimentación (m)		10.00
Profundidad de desplante D _f (m)		7.50
Asentamiento permisible (S _e) mm		25.40
F _d	$F_d = 1 + 0.33 \left(\frac{D_f}{B} \right) \leq 1.33$	1.25
Esfuerzo neto (kN/m ²)	$q_{neto} \left(\frac{kN}{m^2} \right) = \frac{N_{60}}{0.08} \left(\frac{B + 0.3}{B} \right)^2 F_d \left(\frac{S_e}{25} \right)$	301.20
Esfuerzo neto admisible (kN/m ²) FS=3	$q_{neto adm} = q_{neto} / FS$	100.40
Esfuerzo neto admisible (kg/cm ²)		1.02

La Tabla 70 muestra el cálculo de la capacidad neta admisible de una platea de cimentación. Con un número de golpes corregido N₆₀ de 17.92, un ancho de cimentación de 10.00 m y una profundidad de desplante de 7.50 m, se establece un asentamiento permisible de 25.40 mm. El esfuerzo neto calculada es de 301.20 kN/m², mientras que el esfuerzo neto admisible con un factor de seguridad (FS) de 3 es de 100.40 kN/m², equivalente a 1.02 kg/cm².

Procedemos con el cálculo de la presión permisible neta ejercida por la edificación como se muestra en la Tabla 71, la carga total de la edificación se muestra en el Anexo 5.

Tabla 71

Cálculo de la presión neta 1er caso

Área de la edificación (m ²)	217.50
Carga del edificio (CM+CV) Kg	4362971.29
Esfuerzo efectivo a 7.50 m (Kg/m ²)	7587.00
Presión neta (kg/cm ²)	1.25

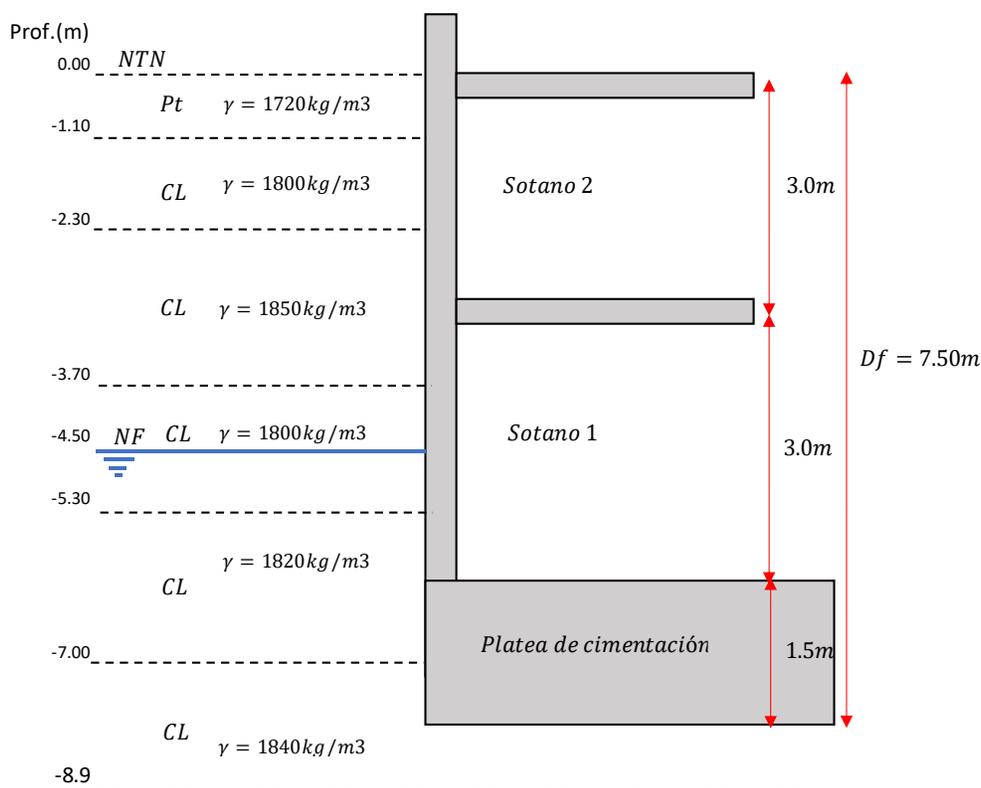
La Tabla 71 presenta los cálculos relacionados con la presión neta para una edificación. con área de 217.50 m² y una carga total del edificio de 4,362,971.29 kg, se obtiene un esfuerzo efectivo a 7.50 m de profundidad de 7,587.00 kg/m². La presión neta calculada es de 1.25 kg/cm². Como se observa la presión permisible neta es mayor al esfuerzo neto admisible del suelo lo cual amerita realizar cimentaciones profundas. Se plantea determinar la resistencia de pilotes por punta y fricción para áreas tributaria máximas para una columna central, lateral y esquinera.

- **Segundo caso de estudio**

Para el cálculo de la capacidad de carga del suelo se basó estrictamente a la norma técnica E050 suelos y cimentaciones.

Figura 30

Representación de platea de cimentación y estratigrafía 2do caso



Teniendo los datos de la Figura 30 se realiza el cálculo del esfuerzo efectivo a la profundidad de 7.50 m donde se encuentra el fondo de cimentación de la platea.

Tabla 72

Cálculo del esfuerzo efectivo 2do caso

Profundidad	Altura de estrato	Peso específico γ (kg/m ³)	Peso específico sumergido γ_{sum} (kg/m ³)	Esfuerzo efectivo parcial q' (kg/m ²)
0.00-1.10	1.10	1720		1892.00
1.10-2.30	1.20	1800		2160.00
2.30-3.70	1.40	1850		2590.00
3.70-4.50	0.80	1800		1400.00
4.50-5.30	0.80	1800	800	640.00
5.30-7.00	1.70	1820	820	1394.00
7.00-7.50	0.50	1840	840	420.00
Esfuerzo efectivo total q' (kg/m ²)				10536.00

La Tabla 72 muestra el cálculo del esfuerzo efectivo a una profundidad de 7.50 m para el segundo punto. El esfuerzo efectivo total a esta profundidad es de 10536.00 kg/m².

A continuación, se procede con el cálculo de la capacidad de carga para los valores de ángulo de fricción obtenidos a 7.50 m mediante ensayos convencionales y geo sísmicos, tal como se muestra en la tabla 73

Tabla 73

Capacidad de carga para valores geo sísmicos y convencionales 2do caso

Fórmula	$q_u = C_u N_c F_{cs} F_{cd} + q$	Notación	SPT	Geo sísmico
Cohesión no drenada (ton/m ²)		Cu	3.70	3.53
Ancho de la cimentación (m)		B	10.00	10.00
Largo de la cimentación (m)		L	21.75	21.75
Profundidad de desplante (m)		Df	7.50	7.50
	$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi'}{2} \right) e^{\pi \tan \phi'}$	Nq	1.00	1.00
Factores de capacidad de carga	$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$	Nc	5.14	5.14
	$N_\gamma = (N_q - 1) \tan (1.4 \phi')$	N \square	0.00	0.00
Factores de forma	$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_q}{N_c} \right)$	Fcs	1.09	1.09
	$F_{qs} = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \tan \phi'$	Fqs	1	1
	$F_{\gamma s} = 1 - 0.2 \left(\frac{B}{L} \right)$	F γ s	0.91	0.91
Factores de profundidad	$F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$	Fcd	1.3	1.3
	$F_{qd} = 1$	Fqd	1	1
	$F_{\gamma d} = 1$	F γ d	1	1
Factores de inclinación		Fci	1	1
		Fqi	1	1
		F γ i	1	1
Esfuerzo efectivo (kg/m ²)			10536.0	10536.0
Capacidad de carga (kg/cm ²)			3.74	3.62
Esfuerzo admisible (kg/cm ²)			1.25	1.21

La Tabla 73 muestra el cálculo de la capacidad de carga para valores geo sísmicos y convencionales en el segundo punto. Para el método SPT, la cohesión no drenada es de 3.70 ton/m², ° el ancho de la cimentación es 10.00 m, el largo es 21.75 m, y la profundidad de desplante es 7.50 m. Los factores de capacidad de carga son: $N_q = 1.00$, $N_c = 5.14$, y $N_\gamma = 0.00$. Los factores de forma son: $F_{cs} = 1.09$, $F_{qs} = 1$, y $F_{\gamma s} = 0.91$. Los factores de profundidad son: $F_{cd} = 1.3$, $F_{qd} = 1$, y $F_{\gamma d} = 1$. Los factores de inclinación son: $F_{ci} = 1$, $F_{qi} = 1$, y $F_{\gamma i} = 1$. El esfuerzo efectivo es de 10536.0 kg/m², la capacidad de carga es 3.74 kg/cm², y la capacidad de carga admisible es 1.25 kg/cm².

Para el método geo sísmico, la cohesión no drenada es de 3.53 ton/m², el ancho de la cimentación es 10.00 m, el largo es 21.75 m, y la profundidad de desplante es 7.50 m. Los factores de capacidad de carga son: $N_q = 1.00$, $N_c = 5.14$, y $N_\gamma = 0.00$. Los factores de forma son: $F_{cs} = 1.09$, $F_{qs} = 1$, y $F_{\gamma s} = 0.91$. Los factores de profundidad son: $F_{cd} = 1.3$, $F_{qd} = 1$, y $F_{\gamma d} = 1$. Los factores de inclinación son: $F_{ci} = 1$, $F_{qi} = 1$, y $F_{\gamma i} = 1$. El esfuerzo efectivo es de 10536.0 kg/m², la capacidad de carga es 3.62 kg/cm², y la capacidad de carga admisible es 1.21 kg/cm².

Determinamos el esfuerzo neto permisible para lasas construidas sobre suelos arcillosos saturados como se muestra en la tabla 74

Tabla 74

Cálculo de esfuerzo neto permisible de la platea de cimentación 2do caso

Cohesión no drenada c_u (ton/m ²)		3.70
Ancho de la cimentación B (m)		10.00
Largo de la cimentación L (m)		21.50
Profundidad de desplante D_f		7.50
Esfuerzo efectivo q' (kg/m ²)		10536.00
Esfuerzo neto (kg/cm ²)	$q_{neto} = q_u - q' = 5.14c_u \left(1 + \frac{0.195B}{L}\right) \left(1 + 0.4 \frac{D_f}{B}\right)$	2.69
Esfuerzo neto admisible (kg/cm ²) $FS=3$	$q_{neta adm} = q_{neta} / FS$	0.89

La tabla 74 presenta el cálculo de la capacidad neta permisible de la platea de cimentación. La cohesión no drenada (C_u) es de 3.70 ton/m². Las dimensiones de la cimentación tienen un ancho de 10.00 metros y un largo de 21.50 metros, con una profundidad de desplante de 7.50 metros. El esfuerzo efectivo (q') es de 10,536.00 kg/m². La capacidad neta calculada es de 2.69 kg/cm², mientras que la capacidad neta admisible, con un factor de seguridad (FS) de 3, es de 0.89 kg/cm². Procedemos con el cálculo de la presión permisible neta ejercida por la edificación como se muestra en la tabla 75, la carga total de la edificación se muestra en el Anexo 7.

Tabla75

Cálculo de la presión neta 2do caso

Área de la edificación (m ²)	217.50
Carga del edificio (CM+CV) Kg	4362971.29
Esfuerzo efectivo a 7.50 m (Kg/m ²)	10536.00
Presión neta (kg/cm ²)	0.95

La tabla 75 muestra el cálculo de la presión neta para la edificación. El área de la edificación es de 217.50 m², y la carga total del edificio, incluyendo carga muerta y carga viva, es de 4,362,971.29 kg. Con un esfuerzo efectivo a 7.50 metros de 10,536.00 kg/m², la presión permisible neta calculada es de 0.95 kg/cm².

La presión neta aplicada es mayor al esfuerzo neto admisible del suelo lo cual amerita realizar cimentaciones profundas.

4.3. Cálculo de la capacidad de carga de pilotes para columna central.

- **Primer caso de estudio**

Se plantea determinar la resistencia de pilotes por punta y fricción para la mayor área tributaria para una columna central.

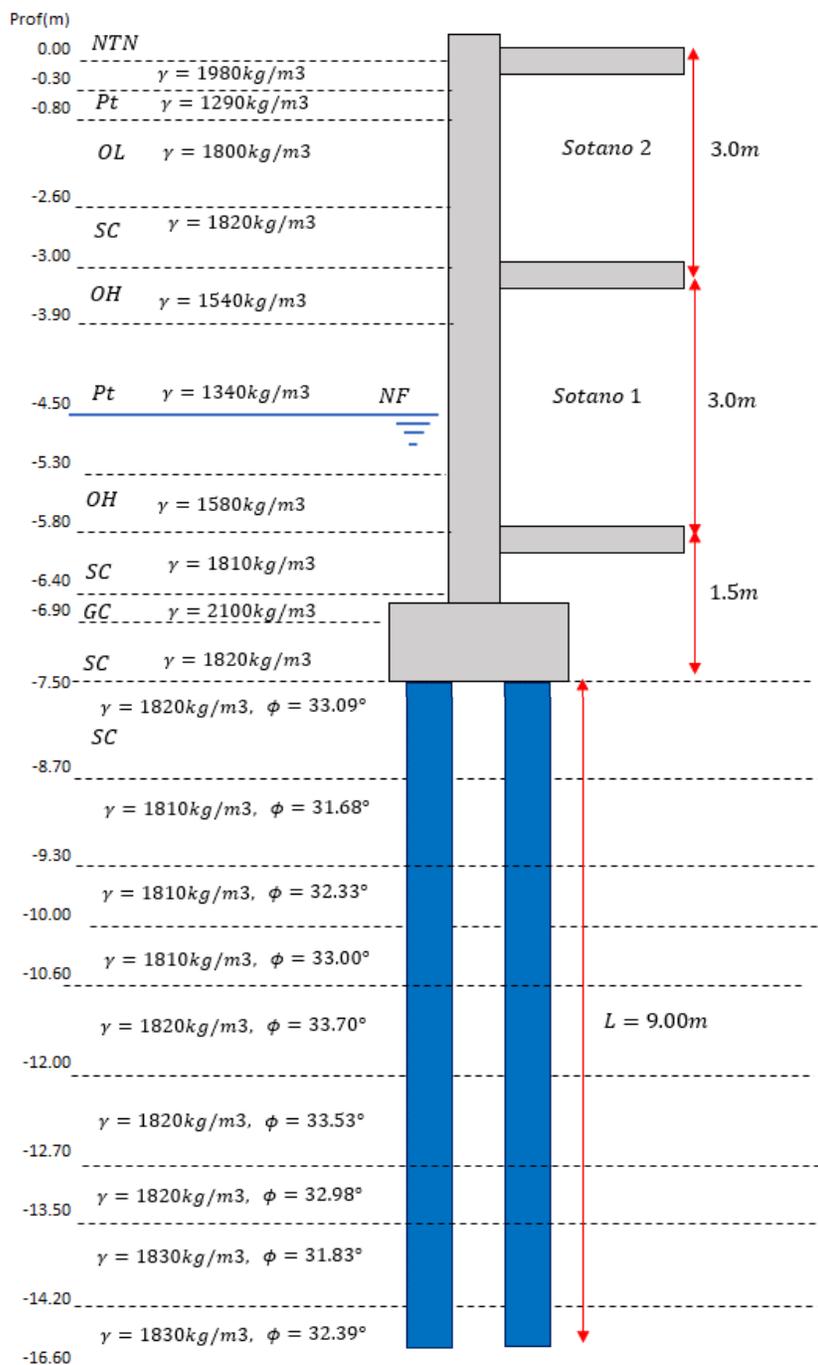
Tabla 76

Datos de entrada del grupo de pilotes para una columna central 1er caso

Longitud (L) (m)	Pilote cuadrado			Espaciamiento (m) según la norma E 050		
	Lado (m)	Área(m ²)	Perímetro(m)	L < 10	10 ≤ L ≤ 25	L ≥ 25
9	b=0.75	0.562	3	3b=2.25	4b=3.00	5b=3.75

La Tabla 76 presenta los datos de entrada para un grupo de pilotes para una columna central. Para pilotes cuadrados con un lado de 0.75 m y un área de 0.5625 m², el espaciamiento recomendado según la norma E 050 varía en función de la longitud del pilote. Para pilotes con longitud menor a 10 m, el espaciamiento es de 3 veces el lado del pilote, es decir, 2.25 m y este valor es el que corresponde para este caso.

Figura 31
Representación de grupo de pilotes y datos de estratigrafía del 1er caso



De la Figura 31 se toman los valores para el cálculo de la resistencia por punta y por fricción tomando en cuenta las ecuaciones de Meyerhof para estratos arenosos.

- **Cálculo de la suma de capacidad de carga para columna central**

Tabla 77

Valores para el cálculo de la resistencia por punta y fricción para el 1er caso

Prof. (m)	Altura de estrato Δh (m)	Peso específico γ (kg/m ³)	γ_{sum} (kg/m ³)	ϕ° grados	Factor de capacidad de carga N_q^*	$f = (1 - \sin \phi) \sigma'_0 \tan \left(\frac{\phi}{2} \right)$	$f \cdot \Delta h$
7.50-8.70	1.20	1800	800	33.09	97.71	129.49	155.38
8.70-9.30	0.60	1810	810	31.68	76.90	194.81	116.88
9.30-10.00	0.70	1810	810	32.33	85.95	271.45	190.01
10.00-10.60	0.60	1810	810	33.00	96.00	337.08	202.25
10.60-12.00	1.40	1820	820	33.70	109.30	491.70	688.39
12.00-12.70	0.70	1820	820	33.53	106.07	569.19	398.44
12.70-13.50	0.80	1820	820	32.98	95.70	657.83	526.26
13.50-14.20	0.70	1830	830	31.83	78.82	735.50	514.85
14.20-16.60	2.30	1830	830	32.39	85.99	993.47	2284.97

La Tabla 77 presenta los valores necesarios para calcular la resistencia por punta y fricción, considerando distintos estratos del suelo. Estos valores se ajustan en función del peso específico del suelo, el ángulo de fricción, y el factor de capacidad de carga N^*q , que varía significativamente entre los diferentes estratos, indicando un aumento en la resistencia del suelo a mayor profundidad.

Tabla 78

Cálculo de esfuerzo efectivo, Resistencia por punta y fricción 1er caso

Longitud de Pilote (m)	Esfuerzo efectivo (q') en kg/m ²	$q' \cdot N^*q$ (kg/m ²)	Qp:	Qs	Número de pilotes	
			Resistencia unitaria de la punta (kg)	Resistencia por fricción (kg)	n1	n2
9	7367	633503.064	356345.47	15232.32	2	2

La Tabla 78 presenta el cálculo del esfuerzo efectivo, la resistencia por punta y la fricción para una columna central en el primer punto de exploración. Con una longitud de pilote de 9.0 m, el esfuerzo efectivo es de 7367 kg/m². La resistencia total por punta (Qp) es de 356,345.47 kg, y la resistencia por fricción (Qs) es de 15,232.32 kg.

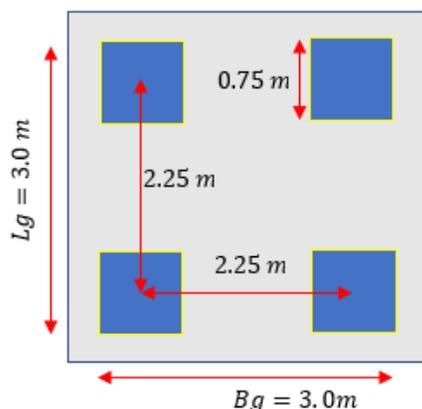
Tabla 79*Cálculo de la suma de capacidad de carga de cada pilote 1er caso*

Ecuaciones	kN	kg	ton	Aporte
$Q_s = \sum p f \Delta L$	149.38	15232.32	15.23	4.3%
$Q_p = A_p q' N_q^*$	3494.54	356345.47	356.34	95.7%
$\sum Q_u = n_1 n_2 [A_p q' N_q^* + \sum p f \Delta h]$	14575.68	1486311.16	1486.11	

La Tabla 79 presenta el resumen de la resistencia por fricción y punta lo cual permitirá el cálculo de la suma de capacidad última de soporte de cada pilote para una columna central en el primer caso de estudio. Se detalla una capacidad de 149.38 kN (15,232.32 kg o 15.23 toneladas), que representa el 4.3% del aporte total, y una capacidad de 3,494.54 kN (356,345.47 kg o 356.34 toneladas), que constituye el 95.7% del aporte total. La suma total de la capacidad carga es de 14,575.68 kN (1,486,311.16 kg o 1,486.11 ton), que corresponde al aporte total combinado de los pilotes.

- **Cálculo de la capacidad de carga de grupo de pilotes para columna central**

A continuación, se muestra la sección del grupo de pilotes para el cálculo de capacidad carga.

Figura 32*Sección del grupo de pilotes para una columna central 1er punto*

Se realiza el cálculo de la capacidad de carga por acción del grupo que se muestra en la Tabla 80 teniendo las secciones mostradas en la Figura 32.

Tabla 80*Cálculo de la capacidad carga de grupo de pilotes 1er caso*

Para pilotes que actúan en grupo		
Largo de grupo de pilotes L_g (m)		3.00
Ancho del grupo de pilotes B_g (m)		3.00
Esfuerzo efectivo (kg/m ²)		7367
Sumatoria de $f \cdot h$ de cada estrato (kg/m)		5077.44
Factor de capacidad de carga $N \cdot q$		85.99
Capacidad de carga (ton)	$\sum Q_u = L_g B_g q' N_q^* + \sum 2(L_g + B_g) f \Delta h$	5762.457

La Tabla 80 muestra el cálculo de la capacidad carga grupo de pilotes para una columna central. El grupo de pilotes tiene dimensiones de 3.00 m por 3.00 m, un esfuerzo efectivo de 7367 kg/m². La sumatoria de ($f \cdot h$) de cada estrato es 5077.44 kg/m. Utilizando un factor de capacidad de carga $N \cdot q$ de 85.99, se determina que la capacidad carga de grupo de pilotes es de 5762.457 toneladas. Este cálculo permite evaluar la capacidad carga total que el grupo de pilotes puede soportar.

Se realiza la comparación de valores de la suma de capacidad de carga de cada pilote sin el efecto del grupo con la capacidad carga del grupo de pilotes teniendo los valores de 1486.11 ton y 5762.457 ton respectivamente, de estos valores se toma el menor valor para determinar la carga permisible del grupo de pilotes con FS igual a 3.

A continuación, se realiza la comparación de la carga permisible y la carga aplicada mostrado en el Anexo 7 para una columna central.

Tabla 81*Carga permisible y la carga aplicada columna central 1er caso*

Carga permisible del grupo de pilotes (ton) $\Sigma Q_{perm} = \Sigma Q_u/FS$	Carga Aplicada (ton)
495.44	> 486.50

La Tabla 81 compara la carga permisible del grupo de pilotes con la carga aplicada para una columna central en el primer caso de estudio. La carga permisible del grupo de pilotes es de 495.44 toneladas, mientras que la carga aplicada es de 486.50 toneladas. Esta comparación muestra que la carga permisible supera la carga aplicada, lo que sugiere que el grupo de pilotes puede soportar de manera segura la carga impuesta.

Con las dimensiones y con el número de pilotes empleados para el cálculo de la carga permisible del grupo de pilotes cumple satisfactoriamente.

A continuación, se realiza el cálculo del asentamiento del grupo de pilotes

Tabla 82*Asentamiento elástico del grupo de pilote de columna central 1er caso*

Asentamiento del grupo de pilotes		
Longitud del pilote L (m)		9.00
Cálculo de la resistencia por punta (Qp)		356345.47
Cálculo de la resistencia lateral por fricción a 9 m Qs (kg)		15232.32
Carga soportada en la punta del pilote en condición de carga de trabajo Qwp = Qp/3 (kg)		118781.82
Carga soportada por la resistencia por fricción en condición de carga de trabajo Qws = Qs/3 (kg)		5077.44
Área Ap (m ²)		0.56
ξ Factor dependiente de la naturaleza de la distribución		0.5
Módulo de elasticidad del material del pilote Ep (kg/cm ²)		218819.79
Asentamiento elástico del pilote Se1 (mm)	$S_{e(1)} = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p E_p}$	0.89
Módulo de elasticidad del suelo en la punta del pilote(kg/cm ²)		846.68
Factor de influencia (Iwp)		0.85
Carga puntual por área unitaria en la punta del pilote qwp=Qwp/Ap (kg/m ²)		211167.69
Relación de Poisson del suelo u (ms)		0.246
Ancho del pilote D (m)		0.75
Asentamiento del pilote causado por la punta del pilote Se2 (mm)	$S_{e(2)} = \frac{q_{wp} D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{wp}$	14.94
Carga soportada por la resistencia por fricción en condición de carga de trabajo Qws		5077.44

Diámetro o lado del pilote (m)		0.75
Perímetro de pilote (m)		3.00
Longitud del pilote (m)		9.00
Coefficiente de Poisson del suelo en la punta μ_s		0.246
Módulo de elasticidad del suelo en la punta E_s (kg/cm ²)		846.68
Factor de influencia $I_{ws} = 2 + 0.35 \cdot (L/D)^{0.5}$		3.21
Asentamiento del pilote causada por la carga transmitida a lo largo del fuste del pilote S_{e3} (mm)		
$S_{e(3)} = \left(\frac{Q_{ws}}{pL} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws}$		0.05
Asentamiento total de un pilote $S_e = S_1 + S_2 + S_3$ (mm)		15.87
Ancho de la sección del grupo de pilotes B_g (m)		3.00
Lado del pilote D (m)		0.75
Asentamiento elástico del grupo de pilotes (mm)	$S_{g(e)} = \sqrt{\frac{B_g}{D}} S_e$	7.97

La Tabla 82 presenta el cálculo del asentamiento elástico para una columna central soportada por el grupo de pilotes, el asentamiento elástico determinado es de 7.97 mm y el asentamiento inmediato permisible según la norma E050 es de 2.54 cm, el asentamiento calculado está dentro de lo permisible. Este análisis permite evaluar el comportamiento del grupo de pilotes bajo carga y su capacidad para mantener la estabilidad estructural.

- **Segundo caso de estudio**

Tabla 83

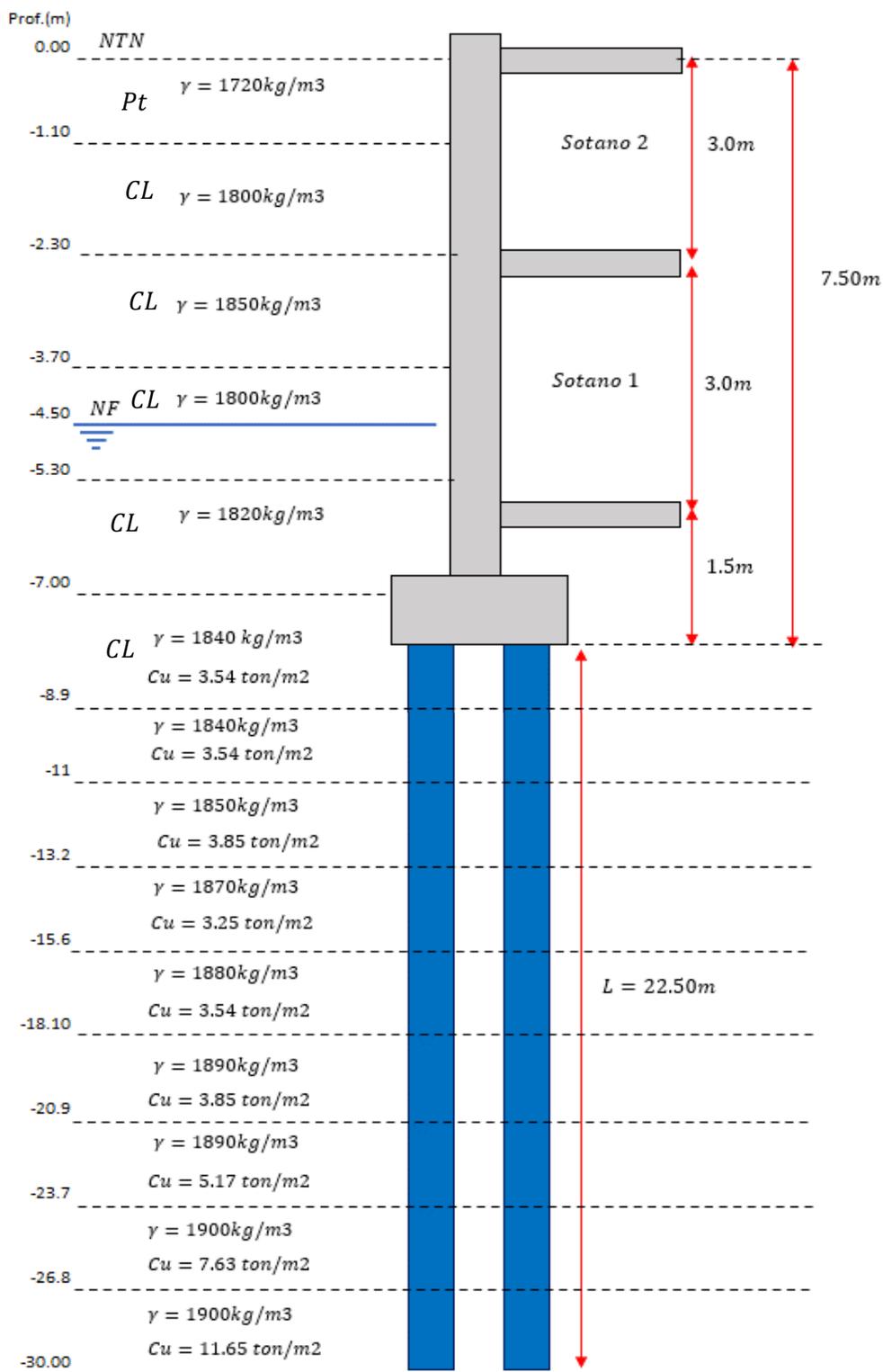
Datos de entrada del grupo de pilotes para una columna central 2do caso

Longitud (m)	Pilote cuadrado			Espaciamiento (m) según la norma E 050		
	Lado (m)	Área(m ²)	Perímetro(m)	L < 10	10 ≤ L ≤ 25	L ≥ 25
22.50	b=0.90	0.81	3.6	3b=2.70	4b=3.60	5b=4.50

La Tabla 83 presenta los datos de entrada del grupo de pilotes para una columna central en el segundo punto. La longitud del pilote es de 22.50 m y el tipo de pilote es cuadrado con un lado de 0.90 m, lo que da un área de 0.81 m² y un perímetro de 3.6 m. Según la norma E 050, el espaciamiento entre pilotes es de $4b = 3.60$ m para $10 \leq L \leq 25$ m.

Figura 33

Representación del grupo de pilotes y datos de estratigrafía del 2do caso



De la Figura 33 se toman los valores para el cálculo de la resistencia por punta y por fricción tomando en cuenta las ecuaciones de Meyerhof para estratos arcillosos

- **Cálculo de la suma de capacidad de carga para columna central**

Tabla 84

Valores para el cálculo de la resistencia por punta y fricción 2do punto

Profundidad	Altura de estrato (m) Δh	Cohesión no drenada C_u		Peso específico γ_{sat} (KN/m ³)	C_u/P_a	Factor de adhesión (α)	$\alpha \cdot p \cdot C_u \cdot \Delta h$	$C_u \cdot \Delta h$
		(ton/m ²)	(kN/m ²)					
7.50-8.90	1.40	3.54	34.75	18.04	0.348	0.78	136.970	48.66
8.90-11.00	2.10	3.54	34.75	18.04	0.348	0.78	205.454	72.98
11.00-13.20	2.20	3.85	37.81	18.14	0.378	0.76	226.829	83.17
13.20-15.60	2.40	3.25	31.89	18.34	0.319	0.80	221.763	76.53
15.60-18.10	2.50	3.54	34.75	18.44	0.348	0.78	244.588	86.88
18.10-20.90	2.80	3.85	37.81	18.53	0.378	0.76	288.691	105.86
20.90-23.70	2.80	5.17	50.71	18.53	0.507	0.68	345.421	142.00
23.70-26.80	3.10	7.63	74.88	18.63	0.749	0.66	549.178	232.14
26.80-30.00	3.20	11.65	114.25	18.63	1.142	0.44	575.486	365.58

La Tabla 84 presenta los valores para calcular la resistencia por punta y fricción en una columna central en el segundo punto. La tabla detalla diversos estratos de profundidad con datos sobre la cohesión no drenada (C_u), peso específico (γ), factor de adhesión (α), y cálculos específicos.

Donde P_a es la presión atmosférica $P_a=100 \text{ kN/m}^2$, p es el perímetro del pilote teniendo en cuenta que $n_1=2$ y $n_2=2$.

Tabla 85
Cálculo de la suma de capacidad carga de cada pilote 2do caso

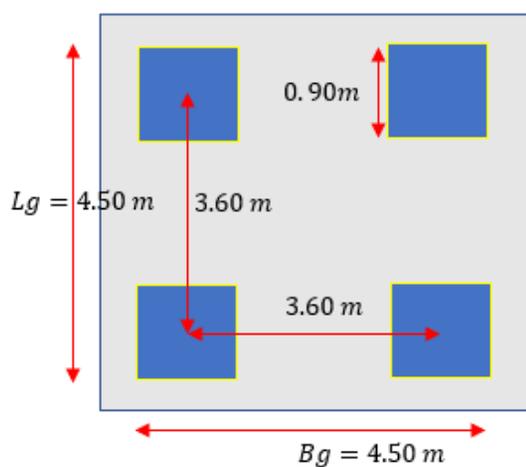
	Ecuaciones	kN	kg	ton	Aporte
Resistencia por fricción Q_s	$Q_s = \sum \alpha p C_u \Delta h$	2794.38	284948.55	284.95	70.20%
Resistencia por punta Q_p	$Q_p = A_p [9C_{u(p)}]$	832.85	84927.01	84.93	29.80%
Capacidad de carga	$\sum Q_u = n_1 n_2 [9A_p C_{u(p)} + \sum \alpha p C_u \Delta h]$	14508.91	1479502.27	1479.50	

En la tabla 85 muestra valores de resistencia por punta y por fricción y el cálculo de la capacidad carga para una columna central. La resistencia por fricción, con un valor de 2794.38 kN, equivale a 284,948.55 kg o 284.95 ton, y contribuye en un 70.20% al total. La resistencia por punta, con 832.85 kN, se traduce en 84,927.01 kg o 84.93 ton, y representa el 29.80% del total. La capacidad carga es de 1,479.50 toneladas.

- **Cálculo de la capacidad de carga de grupo de pilotes para columna central**

A continuación, se muestra la sección del grupo de pilotes para el cálculo de capacidad de carga.

Figura 34
Sección del grupo de pilotes para una columna central 2do caso



Se realiza el cálculo de la capacidad de carga por acción del grupo que se muestra en la Tabla 86 teniendo las secciones mostradas en la Figura 34.

Tabla 86

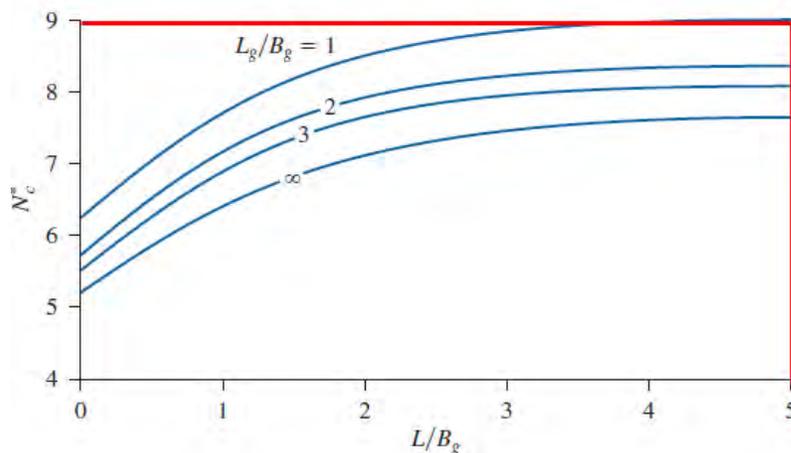
Cálculo de la capacidad carga de grupo de pilotes 2do caso

Para pilotes que actúan en grupo	
Largo del grupo L_g (m)	4.50
Ancho del grupo B_g (m)	4.50
Longitud del pilote (m)	22.5
Razón de L_g/B_g	1
L/B_g	5
Factor de capacidad de carga N^*c	9
Cohesión no drenada en la punta $C_u(p)$ (kN/m ²)	114.25
Capacidad carga en grupo (ton) $\sum Q_u = L_g B_g C_{u(p)} N_c^* + \sum 2(L_g + B_g) C_u \Delta h$	4351.11

La Tabla 86 muestra el cálculo de la capacidad carga de grupo de pilotes para una columna central para el segundo caso de estudio. Con un largo de grupo (L_g) de 4.50 m y un ancho de grupo (B_g) de 4.50 m, el pilote tiene una longitud de 22.5 m. La razón L_g/B_g es 1 y la razón L/B_g es 5. De la Figura 77 se calcula el factor de capacidad de carga N^*c que es 9 y la cohesión no drenada en la punta $C_u(p)$ es de 114.25 kN/m². La capacidad carga del grupo es de 4351.11 ton.

Gráfico 11

*Grafica para determinar el factor de capacidad de carga N^*c*



Se realiza la comparación de valores de la suma de capacidad de carga de cada pilote sin el efecto del grupo con la capacidad de carga del grupo de pilotes teniendo los valores de 1479.50 ton y 4351.11 ton respectivamente, de estos valores se toma el menor valor para determinar la carga permisible del grupo de pilotes con FS igual a 3.

Se realiza la comparación de la carga permisible y la carga aplicada para una columna central que se muestra en el Anexo 7.

Tabla 87

Carga permisible y la carga aplicada columna central 2do caso

Carga permisible del grupo de pilotes (ton) $\sum Q_{perm} = \sum Q_u/FS$	Carga Aplicada (ton)
493.17	486.49

En la Tabla 87, la carga permisible del grupo de pilotes se calcula en 493.17 ton, mientras que la carga aplicada es de 486.49 toneladas. Esto indica que la carga permisible supera la carga aplicada, sugiriendo que el grupo de pilotes tiene suficiente capacidad para soportar.

Por consiguiente, las dimensiones y con el número de pilotes empleados para el cálculo de la carga permisible del grupo de pilotes cumple satisfactoriamente siendo mayor a la carga aplicada.

A continuación, se realiza el cálculo del asentamiento del grupo de pilotes

Tabla 88

Asentamiento elástico para una columna central 2do caso

Asentamiento del grupo de pilotes		
Longitud del pilote L (m)		22.50
Cálculo de la resistencia por punta (Qp)		84927.01
Cálculo de la resistencia lateral por fricción a 9 m Qs (kg)		284948.55
Carga soportada en la punta del pilote en condición de carga de trabajo Qwp = Qp/3 (kg)		28309.00
Carga soportada por la resistencia por fricción en condición de carga de trabajo Qws = Qs/3 (kg)		94982.85
Área Ap (m ²)		0.81
ξ Factor dependiente de la naturaleza de la distribución		0.5
Módulo de elasticidad del material del pilote Ep (kg/cm ²)		218819.79
Asentamiento elástico del pilote Se1 (mm)	$S_{e(1)} = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p E_p}$	0.96
Módulo de elasticidad del suelo en la punta del pilote(kg/cm ²)		2403.30
Factor de influencia (Iwp)		0.85
Carga puntual por área unitaria en la punta del pilote qwp=Qwp/Ap (kg/m ²)		34949.39
Relación de Poisson del suelo u (ms)		0.282
Ancho del pilote D (m)		0.90
Asentamiento del pilote causado por la punta del pilote Se2 (mm)	$S_{e(2)} = \frac{q_{wp} D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{wp}$	1.02
Carga soportada por la resistencia por fricción en condición de carga de trabajo Qws		94982.85
Diámetro o lado del pilote (m)		0.90
Perímetro de pilote (m)		3.60
Longitud del pilote (m)		22.50
Coefficiente de Poisson del suelo en la punta us		0.282
Módulo de elasticidad del suelo en la punta Es (kg/cm ²)		2403.30
Factor de influencia Iws =2+0.35*(L/D) ^0.5		3.75
Asentamiento del pilote causada por la carga transmitida a lo largo del fuste del pilote Se3 (mm)		
	$S_{e(3)} = \left(\frac{Q_{ws}}{pL} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws}$	0.15
Asentamiento total de un pilote Se =S1+S2+S3 (mm)		2.14
Ancho de la sección del grupo de pilotes Bg (m)		4.50
Lado del pilote D (m)		0.90
Asentamiento elástico del grupo de pilotes (mm)	$S_{g(e)} = \sqrt{\frac{B_g}{D}} S_e$	3.27

En la tabla 88 se detalla el cálculo del asentamiento elástico para una columna central con pilotes de 22.50 metros de longitud el asentamiento inmediato permisible la norma E050 es de

2.54 cm y realizando el cálculo correspondiente de asentamiento es de 3.27 cm el cual está dentro de lo permisible.

4.4. Cálculo de la capacidad carga de pilotes para columna lateral

- **Primer caso de estudio**

Tabla 89

Datos de entrada del grupo de pilotes para una columna lateral 1er caso

Longitud L (m)	Pilote Circular			Espaciamiento (m) según la norma E 050		
	Diámetro (m)	Área(m ²)	Perímetro(m)	L < 10	10 ≤ L ≤ 25	L ≥ 25
9	b=0.75	0.442	2.35	3b=2.25	4b=3.00	5b=3.75

La Tabla 89 presenta los datos de entrada para un grupo de pilotes de sección circular utilizados en una columna lateral. Cada pilote tiene una longitud de 9.00 m y un diámetro de 0.75 m, con un área de sección transversal de 0.5625 m² y un perímetro de 3.00 m. Según la norma E 050, el espaciamiento de los pilotes se define en función de la longitud del grupo de pilotes: para longitudes menores de 10 m, el espaciamiento es de 3 veces el diámetro del pilote (2.25 m) para este caso

De la figura 31 se toman los valores para el cálculo de la resistencia por punta y por fricción tomando en cuenta las ecuaciones de Meyerhof para estratos arenosos.

- **Cálculo de la suma de capacidad carga para columna lateral**

Tabla 90

Valores para el cálculo de la resistencia por punta y fricción 1er caso

Prof. (m)	Altura de estrato Δh (m)	Peso específico γ (kg/m ³)	γ_{sum} (kg/m ³)	ϕ En grados	Factor de capacidad de carga N_q^*	$f = (1 - \sin \phi)\sigma'_0 \tan\left(\frac{\phi}{2}\right)$	$f \cdot \Delta h$
7.50-8.70	1.20	1800	800	33.09	97.71	129.49	155.38
8.70-9.30	0.60	1810	810	31.68	76.90	194.81	116.88
9.30-10.00	0.70	1810	810	32.33	85.95	271.45	190.01
10.00-10.60	0.60	1810	810	33.00	96.00	337.08	202.25
10.60-12.00	1.40	1820	820	33.70	109.30	491.70	688.39
12.00-12.70	0.70	1820	820	33.53	106.07	569.19	398.44
12.70-13.50	0.80	1820	820	32.98	95.70	657.83	526.26
13.50-14.20	0.70	1830	830	31.83	78.82	735.50	514.85
14.20-16.60	2.30	1830	830	32.39	85.99	993.47	2284.97

La Tabla 27 presenta los valores utilizados para calcular la resistencia por punta y fricción en una columna lateral del primer punto de exploración. Esta tabla incluye datos sobre la profundidad, altura de estrato, peso específico, el ángulo de fricción en grados, y los factores de capacidad de carga.

Tabla 91

Cálculo de esfuerzo efectivo, Resistencia por punta y fricción 1er caso

Longitud de Pilote (m)	Esfuerzo efectivo (q') en kg/m ²	q' · N*q (kg/m ²)	Qp:	Qs	Número de pilotes	
			Resistencia unitaria de la punta (kg)	Resistencia por fricción (kg)	n1	n2
9	7367	633503.06	279873.08	11963.43	1	3

La Tabla 91 muestra el cálculo del esfuerzo efectivo, resistencia por punta y fricción para una columna lateral en el primer caso de estudio. Para una longitud de pilote de 9 metros, el esfuerzo efectivo es de 7367 kg/m², con una resistencia unitaria de la punta de 279,873.08 kg y una resistencia por fricción de 11,963.43 kg.

Tabla 92

Cálculo de la suma de capacidad carga de cada pilote 1er caso.

Ecuaciones	kN	kg	ton	Aporte
$Q_s = \sum p f \Delta L$	117.32	11963.43	11.96	4.27%
$Q_p = A_p q' N_q^*$	2744.61	279873.08	279.87	95.73%
$\sum Q_u = n_1 n_2 [A_p q' N_q^* + \sum p f \Delta h]$	8585.78	875509.54	875.51	

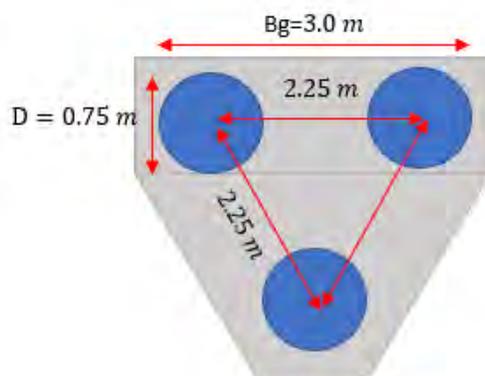
La Tabla 92 presenta el resumen de la resistencia por punta y por fricción, estos valores permitirán el cálculo de la capacidad carga de cada pilote de una columna lateral, mostrando capacidades de carga en kN, kg y ton. (875,509.54 kg o 875.51 ton).

- Cálculo de la capacidad carga de grupo de pilotes para columna lateral

A continuación, se muestra la sección del grupo de pilotes para el cálculo de capacidad carga.

Figura 35

Sección del grupo de pilotes para una columna lateral 1er caso



Se realiza el cálculo de la capacidad carga del grupo que se muestra en la tabla 93 teniendo las secciones mostradas en la Figura 35.

Tabla 93
Cálculo de la capacidad carga de grupo de pilotes 1er caso

Para pilotes que actúan en grupo	
Ancho de grupo de pilotes Bg	3.00
Área del grupo Ag (m2)	2.80
Perímetro del grupo (m) 3*Bg	9.00
Esfuerzo efectivo q' (kg/m2)	7367
Sumatoria de f*Δh de cada estrato (kg/m)	5077.44
Factor de capacidad de carga N*q	85.99
Capacidad de carga del grupo (ton)	$\sum Q_u = A_g q' N_q^* + \sum 3Bgf\Delta h$ 1821.34

La tabla 93 muestra el cálculo de la capacidad carga del grupo de pilotes para una columna lateral. El grupo de pilotes tiene un ancho de 3.00 m y un área total de 2.80 m², con un perímetro de 9.00 m. El factor de capacidad de carga es 85.99, lo que resulta en una capacidad carga de 1,821.34 ton.

Se realiza la comparación de valores de la suma de capacidad carga de cada pilote sin el efecto del grupo con la capacidad de carga del grupo de pilotes teniendo los valores de 875.51 ton y 1821.34 ton respectivamente, de estos valores se toma el menor valor para determinar la carga permisible del grupo de pilotes con FS igual a 3.

A continuación, se realiza la comparación de la carga permisible y la carga aplicada para una columna lateral que se muestra en el Anexo 7.

Tabla 94
Carga permisible y la carga aplicada columna lateral 1er caso

Carga permisible del grupo de pilotes (ton) $\sum Q_{perm} = \sum Q_u / FS$		Carga Aplicada (ton)
291.83	>	284.71

Con las dimensiones y con el número de pilotes empleados para el cálculo de la carga permisible del grupo de pilotes cumple satisfactoriamente siendo mayor a la carga aplicada.

A continuación, se realiza el cálculo del asentamiento del grupo de pilotes

Tabla 95
Asentamiento elástico para una columna lateral 1er caso

Asentamiento del grupo de pilotes		
Longitud del pilote L (m)		9.00
Cálculo de la resistencia por punta (Qp)		279873.08
Cálculo de la resistencia lateral por fricción a 9 m Qs (kg)		11963.43
Carga soportada en la punta del pilote en condición de carga de trabajo Qwp = Qp/3 (kg)		93291.03
Carga soportada por la resistencia por fricción en condición de carga de trabajo Qws = Qs/3 (kg)		3987.81
Área Ap (m ²)		0.44
ξ Factor dependiente de la naturaleza de la distribución		0.5
Módulo de elasticidad del material del pilote Ep (kg/cm ²)		218819.79
Asentamiento elástico del pilote Se1 (mm)	$S_{e(1)} = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p E_p}$	0.88
Módulo de elasticidad del suelo en la punta del pilote(kg/cm ²)		846.68
Factor de influencia (Iwp)		0.85
Carga puntual por área unitaria en la punta del pilote qwp=Qwp/Ap (kg/m ²)		211167.69
Relación de Poisson del suelo u (ms)		0.246
Ancho del pilote D (m)		0.75
Asentamiento del pilote causado por la punta del pilote Se2 (mm)	$S_{e(2)} = \frac{q_{wp} D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{wp}$	14.93
Carga soportada por la resistencia por fricción en condición de carga de trabajo Qws		3987.81
Diámetro o lado del pilote (m)		0.75
Perímetro de pilote (m)		2.35
Longitud del pilote (m)		9.00
Coefficiente de Poisson del suelo en la punta us		0.246
Módulo de elasticidad del suelo en la punta Es (kg/cm ²)		846.68
Factor de influencia Iws =2+0.35*(L/D) ^0.5		3.21
Asentamiento del pilote causada por la carga transmitida a lo largo del fuste del pilote Se3 (mm)		
	$S_{e(3)} = \left(\frac{Q_{ws}}{pL}\right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws}$	0.05
Asentamiento total de un pilote Se =S1+S2+S3 (mm)		15.87
Ancho de la sección del grupo de pilotes Bg (m)		3.00
Lado del pilote D (m)		0.75
Asentamiento elástico del grupo de pilotes (mm)	$S_{g(e)} = \sqrt{\frac{B_g}{D}} S_e$	7.96

La Tabla 95 muestra el cálculo del asentamiento elástico del grupo de pilotes para una columna lateral en el primer punto de exploración. La longitud del pilote es de 9 metros,

El asentamiento inmediato permisible la norma E050 es de 2.54 cm y realizando el cálculo correspondiente de asentamiento es de 0.79 cm el cual está dentro de lo permisible.

- **Segundo caso de estudio**

Tabla 96

Datos de entrada del grupo de pilotes para una columna lateral 2do caso

Longitud (m)	Pilote circular			Espaciamiento (m) según la norma E 050		
	Diámetro (m)	Área(m ²)	Perímetro(m)	L < 10	10 ≤ L ≤ 25	L > 25
22.50	b=0.90	0.64	2.82	3b=2.70	4b=3.60	5b=4.50

La tabla 96 presenta los datos de entrada del grupo de pilotes para una columna lateral en el segundo punto. El pilote circular tiene una longitud de 22.50 m, un diámetro de 0.90 m, un área de 0.64 m² y un perímetro de 2.82 m. Según la norma E 050, el espaciamiento recomendado es de, 4 veces el diámetro y es igual 3.60 m.

De la Figura 33 se toman los valores para el cálculo de la resistencia por punta y por fricción tomando en cuenta las ecuaciones de Meyerhof para estratos arcillosos.

- **Cálculo de la suma de capacidad carga para columna lateral**

Tabla 97

Valores para el cálculo de la resistencia por punta y fricción 2do caso

Profundidad	Altura de estrato (m) Δh	Cohesión no drenada Cu (ton/m ²)	Cu (kN/m ²)	Peso específico γ_{sat} (KN/m ³)	Cu/Pa	Factor de adhesión (α)	$\alpha \cdot p \cdot Cu \cdot \Delta h$	Cu · Δh
7.50-8.90	1.40	3.54	34.75	18.04	0.348	0.78	107.576	48.66
8.90-11.00	2.10	3.54	34.75	18.04	0.348	0.78	161.363	72.98
11.00-13.20	2.20	3.85	37.81	18.14	0.378	0.76	178.151	83.17
13.20-15.60	2.40	3.25	31.89	18.34	0.319	0.80	174.173	76.53
15.60-18.10	2.50	3.54	34.75	18.44	0.348	0.78	192.099	86.88
18.10-20.90	2.80	3.85	37.81	18.53	0.378	0.76	226.738	105.86
20.90-23.70	2.80	5.17	50.71	18.53	0.507	0.68	271.293	142.00
23.70-26.80	3.10	7.63	74.88	18.63	0.749	0.66	431.232	232.14
26.80-30.00	3.20	11.65	114.25	18.63	1.142	0.44	451.985	365.58

La Tabla 97 presenta los valores para el cálculo de la resistencia por punta y fricción para una columna lateral en el segundo punto. Se detalla la cohesión no drenada (C_u) en toneladas por metro cuadrado (ton/m^2), así como el peso específico saturado en (kN/m^3).

Donde P_a es la presión atmosférica $P_a=100 \text{ kN}/\text{m}^2$, p es el perímetro del pilote teniendo en cuenta que $n_1=1$ y $n_2=3$.

Tabla 98

Cálculo de la suma de capacidad carga de cada pilote 2do caso

	Ecuaciones	kN	kg	ton	Aporte
Resistencia por fricción Q_s	$Q_s = \sum \alpha p C_u \Delta h$	2194.70	223798.07	223.79	70.20%
Resistencia por punta Q_p	$Q_p = A_p [9C_{u(p)}]$	654.12	66701.52	84.93	29.80%
Capacidad carga	$\sum Q_u = n_1 n_2 [9A_p C_{u(p)} + \sum \alpha p C_u \Delta h]$	8546.45	871498.77	871.49	

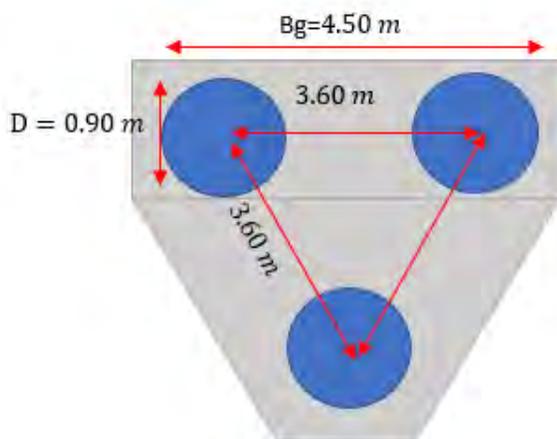
En la tabla 98 se presenta el cálculo de la suma de la capacidad carga de pilote para una columna lateral. La resistencia por fricción Q_s es 223.79 ton, representando el 70.20% del aporte total. La resistencia por punta Q_p es de 84.93 ton, representando el 29.80% del aporte total. La suma de la capacidad carga de cada pilote es de 871.49 ton.

- **Cálculo de la capacidad carga de grupo de pilotes para columna lateral**

A continuación, se muestra la sección del grupo de pilotes para el cálculo de capacidad carga.

Figura 36

Sección del grupo de pilotes para una columna lateral 2do caso



Se realiza el cálculo de la capacidad carga del grupo que se muestra en la Tabla 99 teniendo las secciones mostradas en la Figura 36.

Tabla 99

Cálculo de la capacidad carga de grupo de pilotes 2do caso

Para pilotes que actúan en grupo	
Largo del grupo L_g (m)	4.50
Ancho del grupo B_g (m)	3.90
Longitud del pilote (m)	22.5
Área del grupo A_g (m ²)	8.77
Perímetro del grupo P_g (m)	13.5
Razón de L_g/B_g	1.15
L/B_g	5.76
Factor de capacidad de carga N^*c	9
Cohesión no drenada en la punta $C_{u(p)}$ (kN/m ²)	114.25
Capacidad de carga del grupo (ton)	$\sum Q_u = A_g C_{u(p)} N_c^* + \sum (P_g) C_u \Delta h$
	2590.31

En la Tabla 99 se calcula la capacidad carga del grupo de pilotes para una columna lateral. El largo del grupo de pilotes L_g es 4.50 m, y el ancho del grupo B_g es 3.90 m, con una longitud de pilote de 22.5 m. El área del grupo A_g es 8.77 m² y el perímetro del grupo P_g es 13.5 m. La

razón de L_g/B_g es 1.15, y la relación L/B_g es 5.76. El factor de capacidad de carga es 9, y la cohesión no drenada en la punta $C_u(p)$ es 114.25 kN/m². La capacidad de carga de grupo de pilotes es de 2590.31 ton.

Se realiza la comparación de valores de la suma de capacidad de carga de cada pilote sin el efecto del grupo con la capacidad de carga del grupo de pilotes teniendo los valores de 871.49 ton y 2590.31 ton respectivamente, de estos valores se toma el menor valor para determinar la carga permisible del grupo de pilotes con FS igual a 3.

Se realiza la comparación de la carga permisible y la carga aplicada para una columna central como se muestra en el Anexo 7.

Tabla 100

Carga permisible y la carga aplicada para columna lateral 2do caso

Carga permisible del grupo de pilotes (ton) $\sum Q_{perm} = \sum Q_u/FS$		Carga Aplicada (ton)
290.50	>	284.71

La Tabla 100 compara la carga permisible del grupo de pilotes con la carga aplicada para una columna lateral en el segundo punto. La carga permisible del grupo de pilotes es de 290.50 toneladas, mientras que la carga aplicada es de 284.71 toneladas. Esto indica que la capacidad de carga supera la carga aplicada, sugiriendo que el diseño del grupo de pilotes es adecuado para soportar la carga.

Con las dimensiones y con el número de pilotes empleados para el cálculo de la carga permisible del grupo de pilotes cumple satisfactoriamente siendo mayor a la carga aplicada.

A continuación, se realiza el cálculo del asentamiento del grupo de pilotes

Tabla 101*Asentamiento elástico para una columna lateral 2do caso*

Asentamiento del grupo de pilotes	
Longitud del pilote L (m)	22.50
Cálculo de la resistencia por punta (Qp)	66701.52
Cálculo de la resistencia lateral por fricción a 9 m Qs (kg)	223798.07
Carga soportada en la punta del pilote en condición de carga de trabajo Qwp = Qp/3 (kg)	22233.84
Carga soportada por la resistencia por fricción en condición de carga de trabajo Qws = Qs/3 (kg)	74599.36
Área Ap (m ²)	0.64
ξ Factor dependiente de la naturaleza de la distribución	0.5
Módulo de elasticidad del material del pilote Ep (kg/cm ²)	218819.79
Asentamiento elástico del pilote Se1 (mm)	$S_{e(1)} = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p E_p}$ 0.96
Módulo de elasticidad del suelo en la punta del pilote(kg/cm ²)	2403.30
Factor de influencia (Iwp)	0.85
Carga puntual por área unitaria en la punta del pilote qwp=Qwp/Ap (kg/m ²)	34740.38
Relación de Poisson del suelo u (ms)	0.282
Ancho del pilote D (m)	0.90
Asentamiento del pilote causado por la punta del pilote Se2 (mm)	$S_{e(2)} = \frac{q_{wp} D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{wp}$ 1.02
Carga soportada por la resistencia por fricción en condición de carga de trabajo Qws	74599.36
Diámetro o lado del pilote (m)	0.90
Perímetro de pilote (m)	2.83
Longitud del pilote (m)	22.50
Coefficiente de Poisson del suelo en la punta us	0.282
Módulo de elasticidad del suelo en la punta Es (kg/cm ²)	2403.30
Factor de influencia Iws = 2+0.35*(L/D) ^0.5	3.75
Asentamiento del pilote causada por la carga transmitida a lo largo del fuste del pilote Se3 (mm)	$S_{e(3)} = \left(\frac{Q_{ws}}{pL}\right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws}$ 0.15
Asentamiento total de un pilote Se =S1+S2+S3 (mm)	2.13
Ancho de la sección del grupo de pilotes Bg (m)	4.50
Lado del pilote D (m)	0.90
Asentamiento elástico del grupo de pilotes (mm)	$S_{g(e)} = \sqrt{\frac{B_g}{D}} S_e$ 3.22

La Tabla 101 muestra el cálculo del asentamiento elástico para una columna lateral en el segundo punto. La longitud del pilote es de 22.50 metros, el asentamiento inmediato permisible la norma E050 es de 2.54 cm y realizando el cálculo correspondiente de asentamiento es de 0.32 cm el cual está dentro de lo permisible.

4.5. Cálculo de la capacidad carga de pilotes para columna esquinera.

Primer caso de estudio

Tabla 102

Datos de entrada del grupo de pilotes para una columna esquinera 1er caso

Longitud L (m)	Pilote Circular			Espaciamiento (m) según la norma E 050		
	Diámetro (m)	Área(m ²)	Perímetro(m)	L < 10	10 ≤ L ≤ 25	L ≥ 25
9	b=0.60	0.28	1.88	3b=2.25	4b=3.00	5b=3.75

La Tabla 102 proporciona los datos de entrada para el grupo de pilotes de una columna esquinera en el primer punto de exploración. La longitud del pilote es de 9 metros con un diámetro de 0.60 metros, un área de 0.28 m² y un perímetro de 1.88 metros. Según la norma E 050, el espaciamiento de los pilotes en función de su longitud (L) es: el espaciamiento es 3b=2.25

De la figura 31 se toman los valores para el cálculo de la resistencia por punta y por fricción tomando en cuenta las ecuaciones de Meyerhof para estratos arenosos.

- Cálculo de la suma de capacidad carga para columna esquinera

Tabla 103

Valores para el cálculo de la resistencia por punta y fricción 1er caso

Prof. (m)	Altura de estrato Δh (m)	Peso específico γ(kg/m ³)	γ _{sum} (kg/m ³)	φ En grados	Factor de capacidad de carga N*q	$f = (1 - \sin \phi) \sigma'_0 \tan \left(\frac{\phi}{2} \right)$	f*Δh
7.50-8.70	1.20	1800	800	33.09	97.71	129.49	155.38
8.70-9.30	0.60	1810	810	31.68	76.90	194.81	116.88
9.30-10.00	0.70	1810	810	32.33	85.95	271.45	190.01
10.00-10.60	0.60	1810	810	33.00	96.00	337.08	202.25
10.60-12.00	1.40	1820	820	33.70	109.30	491.70	688.39
12.00-12.70	0.70	1820	820	33.53	106.07	569.19	398.44
12.70-13.50	0.80	1820	820	32.98	95.70	657.83	526.26
13.50-14.20	0.70	1830	830	31.83	78.82	735.50	514.85
14.20-16.60	2.30	1830	830	32.39	85.99	993.47	2284.97

La 103 presenta los valores necesarios para calcular la resistencia por punta y fricción para una columna esquinera.

Tabla 104*Cálculo de esfuerzo efectivo, Resistencia por punta y fricción 1er punto*

Longitud de Pilote (m)	Esfuerzo efectivo (q') en kg/m ²	q'.N*q (kg/m ²)	Qp: Resistencia unitaria de la punta (kg)	Qs Resistencia por fricción (kg)	Número de pilotos n1	n2
9	7367.00	633503.06	179118.77	9570.75	1	2

La tabla 104 muestra el cálculo del esfuerzo efectivo, la resistencia por punta y por fricción para una columna esquinera. Con una longitud de pilote de 9 m y un esfuerzo efectivo de 7367 kg/m², la resistencia unitaria de la punta Qp es de 179,118.77 kg, y la resistencia por fricción Qs es de 9,570.75 kg.

Tabla 105*Cálculo de la suma de capacidad carga cada pilote 1er caso*

Ecuaciones	kN	kg	ton	Aporte
$Q_s = \sum p f \Delta L$	93.86	9570.75	9.57	5.30%
$Q_p = A_p q' N_q^*$	1756.55	179118.77	179.12	94.70%
$\sum Q_u = n_1 n_2 [A_p q' N_q^* + \sum p f \Delta h]$	3700.81	377379.04	377.38	

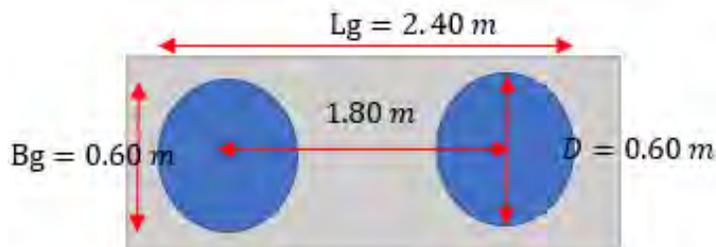
La Tabla 105 se muestra el resumen de la resistencia por fricción y punta que son necesarios para el cálculo de la suma de la capacidad carga de cada pilote para una columna esquinera en el primer punto y tiene un valor de 377.38 ton.

- **Cálculo de la capacidad carga de grupo de pilotes para columna esquinera**

A continuación, se muestra la sección del grupo de pilotes para el cálculo de capacidad carga.

Figura 37

Sección del grupo de pilotes para una columna esquinera 1er caso



Se realiza el cálculo de la capacidad última por acción del grupo que se muestra en la Tabla 106 teniendo las secciones mostradas en la Figura 37.

Tabla 106

Cálculo de la capacidad carga de grupo de pilotes 1er caso

Para pilotes que actúan en grupo	
Largo de grupo de pilotes L_g (m)	2.40
Ancho del grupo de pilotes B_g (m)	0.60
Esfuerzo efectivo (kg/m ²)	7367
Sumatoria de f^*h de cada estrato (kg/m)	5077.44
Factor de capacidad de carga N^*q	85.99
Capacidad carga de grupo (ton)	$\sum Q_u = L_g B_g q' N_q^* + \sum 2(L_g + B_g) f \Delta h$ 942.71

La Tabla 106 presenta el cálculo de la capacidad carga de grupo de pilotes para una columna esquinera en el primer punto y resulta 942.71 ton.

Se realiza la comparación de valores de la suma de capacidad carga de cada pilote sin el efecto del grupo con la capacidad carga del grupo de pilotes teniendo los valores de 377.38 ton y 942.71 ton respectivamente, de estos valores se toma el menor valor para determinar la carga permisible del grupo de pilotes con FS igual a 3.

A continuación, realiza la comparación de la carga permisible y la carga aplicada para una columna esquinera que se muestra en el Anexo 7.

Tabla 107*Carga permisible y la carga aplicada para columna esquinera 1er caso*

Carga permisible del grupo de pilotes (ton) $\Sigma Q_{perm} = \Sigma Q_u/FS$	Carga Aplicada (ton)
125.79	117.15

La Tabla 107 presenta una comparación entre la carga permisible del grupo de pilotes y la carga aplicada para una columna esquinera. La capacidad de carga permisible, calculada como la suma de las resistencias dividida por el factor de seguridad (FS), es de 125.79 ton, mientras que la carga aplicada es de 117.15 ton. Esta comparación muestra que la carga permisible supera a la carga aplicada, indicando que el diseño del grupo de pilotes es adecuado para soportar las cargas previstas con un margen de seguridad.

Con las dimensiones y con el número de pilotes empleados para el cálculo de carga permisible del grupo de pilotes cumple satisfactoriamente siendo mayor a la carga aplicada.

A continuación, se realiza el cálculo del asentamiento del grupo de pilotes

Tabla 108*Asentamiento elástico para una columna esquinera 1er caso*

Asentamiento del grupo de pilotes		
Longitud del pilote L (m)		9.00
Cálculo de la resistencia por punta Qp (kg)		179118.77
Cálculo de la resistencia lateral por fricción a 9 m Qs (kg)		9570.75
Carga soportada en la punta del pilote en condición de carga de trabajo Qwp = Qp/3 (kg)		59706.26
Carga soportada por la resistencia por fricción en condición de carga de trabajo Qws = Qs/3 (kg)		3190.25
Área Ap (m ²)		0.28
ξ Factor dependiente de la naturaleza de la distribución		0.5
Módulo de elasticidad del material del pilote Ep (kg/cm ²)		218819.79
Asentamiento elástico del pilote S _{e(1)} (mm)	$S_{e(1)} = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p E_p}$	0.89
Módulo de elasticidad del suelo en la punta del pilote(kg/cm ²)		846.68
Factor de influencia (Iwp)		0.85
Carga puntual por área unitaria en la punta del pilote qwp=Qwp/Ap (kg/m ²)		211167.69
Relación de Poisson del suelo u (ms)		0.246
Ancho del pilote D (m)		0.60

Asentamiento del pilote causado por la punta del pilote $S_{e(2)}$ (mm)	$S_{e(2)} = \frac{q_{wp} D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{wp}$	11.95
Carga soportada por la resistencia por fricción en condición de carga de trabajo Q_{ws}		3190.25
Diámetro o lado del pilote (m)		0.60
Perímetro de pilote (m)		1.88
Longitud del pilote (m)		9.00
Coefficiente de Poisson del suelo en la punta μ_s		0.246
Módulo de elasticidad del suelo en la punta E_s (kg/cm ²)		846.68
Factor de influencia $I_{ws} = 2 + 0.35 * (L/D)^{0.5}$		3.36
Asentamiento del pilote causada por la carga transmitida a lo largo del fuste del pilote $S_{e(3)}$ (mm)		
$S_{e(3)} = \left(\frac{Q_{ws}}{pL} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws}$		0.04
Asentamiento total de un pilote $S_e = S_1 + S_2 + S_3$ (mm)		12.88
Ancho de la sección del grupo de pilotes B_g (m)		2.40
Lado del pilote D (m)		0.60
Asentamiento elástico del grupo de pilotes (mm)	$S_{g(e)} = \sqrt{\frac{B_g}{D}} S_e$	7.18

La tabla 108 muestra el cálculo del asentamiento elástico para una columna esquinera. La longitud del pilote es de 9.00 metros el asentamiento inmediato permisible la norma E050 es de 2.54 cm y realizando el cálculo correspondiente de asentamiento es de 0.72 cm el cual está dentro de lo permisible.

- **Segundo caso de estudio**

Tabla 109

Datos de entrada del grupo de pilotes para una columna esquinera 2do caso

Longitud (m)	Pilote circular			Espaciamiento (m) según la norma E 050		
	Diámetro (m)	Área(m ²)	Perímetro(m)	L < 10	10 <= L <= 25	L >= 25
22.50	b=0.90	0.64	2.82	3b=2.70	4b=3.60	5b=4.50

En la Tabla 109, se presentan los datos de entrada para el diseño de un grupo de pilotes en una columna esquinera.

De la Figura 33 se toman los valores para el cálculo de la resistencia por punta y por fricción tomando en cuenta las ecuaciones de Meyerhof para estratos arcillosos.

- **Cálculo de la suma de capacidad carga para columna esquinera**

Tabla 110

Valores para el cálculo de la resistencia por punta y fricción 2do caso

Profundidad	Altura de estrato (m) Δh	Cohesión no drenada C_u		Peso específico γ_{sat} (KN/m ³)	Cu/Pa	Factor de adhesión (α)	$\alpha \cdot p \cdot C_u \cdot \Delta h$	$C_u \cdot \Delta h$
		(ton/m ²)	(kN/m ²)					
7.50-8.90	1.40	3.54	34.75	18.04	0.348	0.78	136.970	48.66
8.90-11.00	2.10	3.54	34.75	18.04	0.348	0.78	205.454	72.98
11.00-13.20	2.20	3.85	37.81	18.14	0.378	0.76	226.829	83.17
13.20-15.60	2.40	3.25	31.89	18.34	0.319	0.80	221.763	76.53
15.60-18.10	2.50	3.54	34.75	18.44	0.348	0.78	244.588	86.88
18.10-20.90	2.80	3.85	37.81	18.53	0.378	0.76	288.691	105.86
20.90-23.70	2.80	5.17	50.71	18.53	0.507	0.68	345.421	142.00
23.70-26.80	3.10	7.63	74.88	18.63	0.749	0.66	549.178	232.14
26.80-30.00	3.20	11.65	114.25	18.63	1.142	0.44	575.486	365.58

En la Tabla 110 se presentan los valores para el cálculo de la resistencia por punta y fricción de una columna esquinera.

Donde Pa es la presión atmosférica Pa=100 kN/m², p es el perímetro del pilote teniendo en cuenta que n₁=1 y n₂=2.

Tabla 111

Cálculo de la suma de capacidad carga de cada pilote 2do caso

	Ecuaciones	kN	kg	ton	Aporte
Resistencia por fricción Q_s	$Q_s = \sum \alpha p C_u \Delta h$	2794.38	284948.55	284.95	70.20%
Resistencia por punta Q_p	$Q_p = A_p [9C_{u(p)}]$	832.85	84927.01	84.93	29.80%
Capacidad carga	$\sum Q_u = n_1 n_2 [9A_p C_{u(p)} + \sum \alpha p C_u \Delta h]$	3627.23	369875.57	369.87	

En la Tabla 111 se muestra el cálculo de la capacidad carga de cada pilote para una columna esquinera que viene a ser 369.87 ton. Esta tabla destaca la importancia de la resistencia por

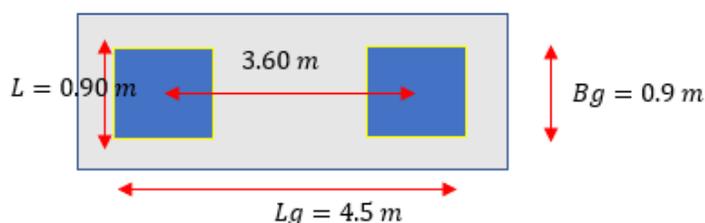
fricción, que constituye la mayor parte de la capacidad total de soporte, en comparación con la resistencia por punta, que también es significativa.

- **Cálculo de la capacidad carga de grupo de pilotes para columna esquinera**

A continuación, se muestra la sección del grupo de pilotes para el cálculo de capacidad carga.

Figura 38

Sección del grupo de pilotes para una columna esquinera 2do caso



Se realiza el cálculo de la capacidad carga del grupo que se muestra en la tabla 112 teniendo las secciones mostradas en la Figura 38.

Tabla 112

Cálculo de la capacidad carga de grupo de pilotes 2do caso

Para pilotes que actúan en grupo	
Largo del grupo L_g (m)	4.50
Ancho del grupo B_g (m)	0.90
Longitud del pilote (m)	22.5
Razón de L_g/B_g	5
L/B_g	5
Factor de capacidad de carga N^*c	7.5
Cohesión no drenada en la punta $C_u(p)$ (kN/m ²)	114.25
Capacidad carga del grupo (ton) $\sum Q_u = L_g B_g C_{u(p)} N_c^* + \sum 2(L_g + B_g) C_u \Delta h$	1690.62

En la Tabla 112 se detalla el cálculo de la capacidad de carga de un grupo de pilotes para una columna esquinera. El grupo de pilotes tiene un largo (Lg) de 4.50 m y un ancho (Bg) de 0.90 y capacidad carga en grupo calculada es de 1690.62 ton.

Se realiza la comparación de valores de la suma de capacidad de soporte de cada pilote sin el efecto del grupo con la capacidad carga del grupo de pilotes teniendo los valores de 369.87 ton y 1690.62 ton respectivamente, de estos valores se toma el menor valor para determinar la carga permisible del grupo de pilotes con FS igual a 3.

Se realiza la comparación de la carga permisible y la carga aplicada para una columna esquinera que se muestra en el Anexo 7.

Tabla 113

Carga permisible y la carga aplicada para columna esquinera 2do caso

Carga permisible del grupo de pilotes (ton) $\sum Q_{perm} = \sum Q_u/FS$		Carga Aplicada (ton)
123.29	>	117.14

En la Tabla 113 se compara la carga permisible del grupo de pilotes que es de 123.29 ton y la carga aplicada a la columna esquinera es de 117.14 ton. Esto indica que la carga permisible supera la carga aplicada, lo que sugiere que el grupo de pilotes tiene suficiente capacidad para soportar la carga aplicada con un margen de seguridad adecuado.

Con las dimensiones y con el número de pilotes empleados para el cálculo de la carga permisible del grupo de pilotes cumple satisfactoriamente siendo mayor a la carga aplicada.

A continuación, se realiza el cálculo del asentamiento del grupo de pilotes

Tabla 114*Asentamiento elástico para una columna esquinera 2do caso*

Asentamiento del grupo de pilotes		
Longitud del pilote L (m)		22.50
Cálculo de la resistencia por punta (Qp)		84927.01
Cálculo de la resistencia lateral por fricción a 9 m Qs (kg)		284948.55
Carga soportada en la punta del pilote en condición de carga de trabajo Qwp = Qp/3 (kg)		28309.00
Carga soportada por la resistencia por fricción en condición de carga de trabajo Qws = Qs/3 (kg)		94982.85
Área Ap (m2)		0.81
ξ Factor dependiente de la naturaleza de la distribución		0.5
Módulo de elasticidad del material del pilote Ep (kg/cm2)		218819.79
Asentamiento elástico del pilote Se1 (mm)	$S_{e(1)} = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p E_p}$	0.96
Módulo de elasticidad del suelo en la punta del pilote(kg/cm2)		2403.30
Factor de influencia (Iwp)		0.85
Carga puntual por área unitaria en la punta del pilote qwp=Qwp/Ap (kg/m2)		34949.39
Relación de Poisson del suelo u (ms)		0.282
Ancho del pilote D (m)		0.90
Asentamiento del pilote causado por la punta del pilote Se2 (mm)	$S_{e(2)} = \frac{q_{wp} D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{wp}$	1.02
Carga soportada por la resistencia por fricción en condición de carga de trabajo Qws		94982.85
Diámetro o lado del pilote (m)		0.90
Perímetro de pilote (m)		3.60
Longitud del pilote (m)		22.50
Coefficiente de Poisson del suelo en la punta us		0.282
Módulo de elasticidad del suelo en la punta Es (kg/cm2)		2403.30
Factor de influencia Iws =2+0.35*(L/D)^0.5		3.75
Asentamiento del pilote causada por la carga transmitida a lo largo del fuste del pilote Se3 (mm)		
	$S_{e(3)} = \left(\frac{Q_{ws}}{pL} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws}$	0.15
Asentamiento total de un pilote Se =S1+S2+S3 (mm)		2.13
Ancho de la sección del grupo de pilotes Bg (m)		4.50
Lado del pilote D (m)		0.90
Asentamiento elástico del grupo de pilotes (mm)	$S_{g(e)} = \sqrt{\frac{B_g}{D}} S_e$	3.20

En la Tabla 114 se presenta el cálculo del asentamiento elástico para una columna esquinera con un grupo de pilotes. El asentamiento inmediato permisible la norma E050 es de 2.54 cm y realizando el cálculo correspondiente de asentamiento es de 0.326 cm el cual está dentro de lo permisible.

4.6. Contraste de hipótesis general

HG: Hipótesis general

HG: Los valores de capacidad de carga obtenidos por el método geo sísmico son similares a los valores obtenidos por el método convencional para una edificación mayor a diez niveles Cusco 2023. Las Tablas 69 y 73 muestran valores de capacidad de carga similares obtenidas por métodos geosísmicos y convencionales en ambos casos de estudio los cuales respaldan la hipótesis. Siendo el valor de capacidad de carga obtenida a través método geo sísmico ligeramente conservador, por tanto, la hipótesis se **acepta**.

Primera Hipótesis específica:

H1: Los valores de resistencia obtenidos por el método geo sísmico permiten determinar la capacidad de carga en cimentaciones superficiales y profundas para una edificación mayor a diez niveles cusco 2023. La tabla 69 y 73 muestran los valores de resistencia según la profundidad obtenido por el método geo sísmico el cual ofrecen una base sólida para determinar la capacidad de carga en cimentaciones superficiales y profundas. El método geosísmicos logra captar según la profundidad la variación de valores de resistencia de manera efectiva, lo que respalda su uso para exploración geotécnica para edificaciones mayor a diez niveles. Por lo tanto, la hipótesis se **acepta**.

Segunda hipótesis específica:

H2: Los valores de capacidad de carga obtenidos por el método convencional son adecuados en cimentaciones superficiales y no en cimentaciones profundas para una edificación mayor a diez niveles Cusco 2023. Los resultados obtenidos por el método convencional para el cálculo de la capacidad de carga, reflejados en la Tabla 69 y 73 indican que los valores de resistencia son adecuados y suficientes para el cálculo de capacidad de carga para cimentaciones superficiales, mientras para profundidades mayores especialmente para cimentaciones profundas, los valores de cohesión y ángulo de fricción son limitados. Esta limitación podría generar cálculos

de capacidad de carga inadecuados para edificaciones mayores a diez niveles. Debido a la insuficiencia de los valores de resistencia para cimentaciones profundas, la hipótesis se **acepta**, sugiriendo que el método convencional es limitado para cimentaciones profundas.

Tercera hipótesis específica:

H₃: Los parámetros de resistencia obtenidos por el método geosísmico y convencional son similares para determinar la capacidad de carga para una edificación mayor a diez niveles Cusco 2023. De acuerdo a los valores presentados en la Tabla 66 y 67, los resultados muestran que los parámetros de resistencia obtenidos por el método convencional tanto por el ensayo geosísmicos ofrecen valores similares en la mayoría de los estratos y esto implica el cálculo adecuado de la capacidad de carga por ambos métodos y de esta manera el método geosísmicos logra obtener valores suficientes y adecuados a mayores profundidades de manera efectiva, lo que respalda para la exploración geotécnica y uso para edificaciones mayor a diez niveles ya sea con cimentaciones superficiales o profundas. Por lo tanto, la hipótesis se **acepta**.

4.7. Discusión de resultados

En la presente investigación, se comparó los parámetros de resistencia y capacidad de carga obtenidos por métodos geosísmicos y convencionales. Según el estudio de Ramírez & Ángel (2017) establece una correlación cuantitativa entre parámetros geotécnicos y variables geofísicas. En su análisis de investigación indica que a una profundidad de 10 m con un estrato arcilloso con presencia de materia orgánica la velocidad de corte varía entre 112-214 m/s y determinó una cohesión promedio de 6KPa. Siguiendo el antecedente para el primer caso de estudio se realiza una comparación similar a una profundidad de 0.80-9.30 m estratos de limo y arcilla con presencia de material orgánico presenta una cohesión promedio de 8.25 KPa con una variación de velocidad de corte entre de 80-120 m/s, mientras en el segundo caso de estudio la variación de velocidad V_s

es de 110-125 m/s a una profundidad que varía entre 1.10-8.90 m presenta una cohesión promedio de 12.96 KPa. Lo cual implica que la cohesión y la velocidad de corte en los suelos es altamente dependiente de las características propias del suelo como la compactación en suelos finos.

En la investigación de Naranjo y Dranichnikov (2012) sobre la obtención de capacidad portante del suelo en el caso del puente sobre el río Maicito. La capacidad portante obtenida a una profundidad de 5.0 es de 6.12 kg/cm² mediante método geo sísmico, 6.54 kg/cm² mediante método convencional (SPT) y 6.39 kg/cm² mediante (triaxial) los resultados de capacidad portante mediante ambos métodos no difieren. Siguiendo el antecedente los valores obtenidos en la investigación para el primer caso de estudio se obtuvo la capacidad de carga a 7.50 m de profundidad de 8.97 kg/cm² mediante método geo sísmico, 11.85 kg/cm² mediante SPT y 9.57 kg/cm² mediante corte directo. Mientras para el segundo caso de estudio la capacidad de carga obtenida es 3.75 kg/cm² mediante ensayo SPT, 3.63 kg/cm² mediante ensayo geosísmicos. Los valores de capacidad de carga en ambos casos no presentan una variación significativa.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La capacidad de carga para plateas de cimentación a una profundidad de desplante 7.5 m por el método geo sísmico y convencional en el primer caso de estudio se obtuvo 8.96 kg/cm² mediante geo sísmico, 9.58 kg/cm² mediante corte directo, 11.86 kg/cm² mediante SPT estos valores presentan moderada variabilidad con un coeficiente de variación menor al 20%, los valores no se alejan demasiado de la media por lo que se consideran similares y para el segundo caso se obtuvo 3.62 kg/cm² mediante geo sísmico, 3.74 kg/cm² mediante SPT estos valores tienen baja variabilidad con un coeficiente de variación menor a 10%, los valores son homogéneos y similares.

Se concluye que los valores de capacidad de carga obtenidos por ambos métodos son similares en cada caso de estudio siendo más conservador el valor de capacidad de carga obtenida por método geosísmicos. Los resultados obtenidos de capacidad de carga demuestran que el método geo sísmico no solo proporciona valores similares a los métodos convencionales, si no también ofrece datos adicionales que pueden complementar al método convencional, aumentando así la precisión en la determinación de la capacidad de carga. Con esto se puede demostrar que los métodos geosísmicos y convencionales se integran de manera eficaz para ofrecer una evaluación más completa y confiable de la capacidad de carga en cimentaciones de edificaciones mayor a diez niveles.

Al aplicar el método geo sísmico, los resultados obtenidos muestran que la capacidad de carga del suelo para primer caso de estudio es de 8.96 kg/cm² mientras en segundo caso de estudio,

es de 3.62 kg/cm². Estos resultados sugieren que el método geo sísmico puede ser una herramienta útil para determinar la capacidad de carga, garantizando una exploración del suelo más detallada.

Al aplicar el método convencional como el SPT y el corte directo el valor de capacidad de carga obtenidos en el primer caso de estudio es de 11.86 kg/cm² mediante SPT, 9.58 kg/cm² mediante corte directo y en el segundo caso de estudio, la capacidad de carga es de 3.74 kg/cm² mediante SPT. Estos resultados son fundamentales para la planificación y el diseño de cimentaciones y se tuvo las limitaciones en la profundidad de exploración debido a la dificultad en su operación.

Los valores de resistencia obtenidos por método geo sísmico y convencional en el primer caso de estudio presentan valores de cohesión con una distribución normal según el indicador estadístico Shapiro-Wilk Test con un nivel de significancia de 0.05 como resultado las medias de 8.6 kPa para corte directo y 8.30 kPa de geo sísmico. De la misma manera para el caso de valores de ángulo de fricción tiene una distribución normal con valores de media 32.7° para corte directo y 31.5° para geo sísmico.

En el segundo caso de estudio presentan una distribución normal según el indicador estadístico Shapiro-Wilk Test con un nivel de significancia de 0.05 y como resultado de medias de 13.09 kPa para corte directo y 12.97 kPa para geosísmicos. De la misma manera los valores de ángulo de fricción tienen distribución normal siendo los valores de media 32.32° para corte directo y 31.32° para geo sísmico. Se concluye que los valores tienen la distribución normal en ambos casos de estudio, es decir, no hay diferencias significativas entre las medias de cohesión y ángulo de fricción obtenido por ambos métodos (geo sísmico y convencional) por ende los valores de ambos métodos son similares.

5.2. Recomendaciones

Dado que los métodos geosísmicos han demostrado ser efectivos en la identificación de variaciones de propiedades del suelo a mayores profundidades, se recomienda su uso complementario junto con los métodos convencionales en futuros proyectos de exploración geotécnica para la construcción de edificaciones mayores a diez niveles y otras obras civiles. Esta combinación permitirá una evaluación más precisa para determinar los valores de resistencia para el cálculo de la capacidad de carga del suelo, garantizando una mejor decisión.

Actualmente los ensayos geosísmicos (MASW y refracción sísmica) quedan reducidos a determinar las profundidades y condiciones litológicas, sin embargo, se les debería dar uso en cuanto a la determinación de parámetros geotécnicos y de esta manera complementa en proporcionar los valores de resistencia a mayores profundidades de prospección.

Para una comparación integral de los valores de resistencia obtenidos por métodos convencionales y geosísmicos según la variación de la profundidad es recomendable que el método convencional se realice al menos hasta 30 m de profundidad y realizar en distintos lugares de la ciudad del Cusco.

CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, A. (2020). Clasificación de las investigaciones. *Universidad de Lima*, 3.
<https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/10818/Nota%20Acad%3%20a9mica%20%20%2818.04.2021%29%20-%20Clasificaci%3%b3n%20de%20Investigaciones.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Árcos, J., & Juan, M. (2007). Pilotes Prefabricados: Una Solucion Óptima Para Cimentaciones Profundas. *Extraordinario*, 6-105.
https://www.andece.org/images/BIBLIOTECA/pilotes_prefabricados.pdf
- Arévalo, G., Ramos, A., & Prada, L. (2016). Análisis numérico de la influencia de la granulometría para la generación de flujos secos de detritos mediante el DEM. *Tecnológicas*, 20(38). <http://www.scielo.org.co/pdf/teclo/v20n38/v20n38a08.pdf>
- Bautista , B. (2015). *Determinación del Límite Líquido y el Límite Pástico de un Suelo*. FIC-UNSA. <https://es.slideshare.net/beatrizbautistagutierrez/lmites-de-atterberg>
- Boiero, A. (2020). *Sistema Unificado de Clasificación del Suelo (SUCS) en la Ingeniería Geotécnica*. Geo-Webonline: <https://geo-webonline.com/sistema-unificado-de-clasificacion-del-suelo/>
- Borselli, L. (2023). *GEOTECNIA I*. Instituto de Geología. https://www.lorenzo-borselli.eu/geotecnia1/Geotecnia_1_parte_II.pdf
- Corporación OSSO. (2001). *REFRACCIÓN SÍSMICA*. Corporación OSSO.
<https://www.osso.org.co/docu/tesis/2001/comportamiento/refraccion.pdf>
- cotecno.cl. (2024). *Sísmica de refracción*. cotecno.cl: <https://www.cotecno.cl/sismica-de-refraccion/#:~:text=sism%3%B3grafo%20y%20computadora%20utilizada%20para%20la%20adquisici%3%B3n%20s%3%ADsmica%20de%20refracci%3%B3n.>

- Dranichnikov, T., & Naranjo, H. (2012). *calculo de capacidad portante basado en geofísica y metodo convencional*. Universidad Politécnica Salesiana.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6133/1/calculo%20de%20capacidad%20portante%20basado%20en%20geofisica%20y%20metodo%20convencional.pdf>
- Duque, G., & Escobar, C. (2016). GEOMECÁNICA PARA INGENIEROS. En *Geomecánica* (págs. 11-28). Universidad Nacional de Colombia.
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/57121>
- Gavidia , A. (2020). *Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)*. Ingeotecnia:
<https://ingetecnica.com/sistema-unificado-de-clasificacion-de-suelos-sucs>
- Geometrics. (2009). *SeisImager/2DTM Manual*. Geometrics.com. https://geometrics.com/wp-content/uploads/2019/05/SeisImager2D_Manual_v3.3.pdf
- Geotecnia. (2022). *Ensayo de corte directo: Metodología, procedimientos y cálculos*. Geotecnia facil: <https://geotecniafacil.com/ensayo-de-corte-directo/>
- ISO 22476-3. (2005). *Geotechnical Engineering Investigation Handbook*. CRC Press.
- Lima, C. (02 de octubre de 2019). *Limites de Atterberg*. SCRIBD:
<https://es.scribd.com/document/428494743/t31-Limites-de-Atterberg>
- Lopez, J., Mejia , J., & Danilo, N. (2008). *Aplicación del metodo de refraccion sismica para la determinacion de velocidades de ondas P*. Universidad de El Salvador.
- Maldonado, J. (2018). *Metodología de la investigación social, paradigmas: cuantitativo, sociocrítico, cualitativo, complementario* (Primera ed.). Bogotá: Ediciones de la U.
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=FTSjDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA23&dq=metodologia+tipo+de+investigacion+&ots=6l7I2MGC_1&sig=L0kUWMspqk9JcEkTQ-OtK5uA6vY#v=onepage&q&f=false

National Research Council (U.S.). Panel on Solid Earth Problems. (1968). Sismología. En N. R. Problems, *Geofísica de la tierra sólida panorama actual y perspectivas : Mesa Redonda sobre Problemas de la Tierra Solida Problemas de la Tierra Solida* (págs. 121-158).

Instituto Panamericano de Geografía e Historia.

https://mttmlr.com/geoTS_files/geo_ts_cap4.pdf

Ortega, C. (2021). *Análisis comparativo: Qué es y cómo se realiza*. QuestionPro:

<https://www.questionpro.com/blog/es/analisis-comparativo/>

Puy, A. (2005). *Influencia de la temperatura en el límite líquido para suelos con diferentes índices de plasticidad*. UPC.

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3282/53973-5.pdf>

Rodríguez, M., & Mendivelso, F. (2018). Diseño de investigación de corte transversal . *Revista Médica Sanitas* , 141-147;142.

Salager, J. (2007). *Granulometría teoría*. Universidad de los Andes. Merida Venezuela.

<https://es.firp-ula.org/wp-content/uploads/2019/07/S554A.pdf>

Sánchez, D., Howard, R., & Tobón, G. (2016). *ONDAS SÍSMICAS*. Universidad Nacional de Colombia.

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/45312614/Trabajo_2.ONDAS_SISMICAS-libre.pdf?1462283852=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DTrabajo_2_ONDAS_SISMICAS.pdf&Expires=1718843347&Signature=STVfnhhaLZBYCzSLbd7dRS~Quj4053C~CBY8quesu02635dAbOPZ~H

Sellés, J. (2005). ¿Qué nos Cuentan las Ondas Sísmicas? *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 13(1), 20-36.

SISMICA . (2024). *Sondeo de Penetración Estándar (SPT)*. Sismica de Suelos:

<https://sismica.com.mx/procedimientos/sondeo-penetracion-estandar.php>

SONAMI. (2016). *Manejo de explosivos*. SONAMI. [https://www.sonami.cl/v2/wp-](https://www.sonami.cl/v2/wp-content/uploads/2016/03/5.Manejo-Explosivos.pdf)

[content/uploads/2016/03/5.Manejo-Explosivos.pdf](https://www.sonami.cl/v2/wp-content/uploads/2016/03/5.Manejo-Explosivos.pdf)

Supo, J. (2020). *Metodología de la investigación científica*. Arequipa: Bioestadístico EEDU.

Supo, J. (2020). *Metodología de la investigación científica*. Arequipa: Bioestadístico EEDU.

Toirac, J. (2012). Caracterización Granulométrica De Las Plantas Productoras De Arena En La

República Dominicana, Su Impacto En La Calidad Y Costo Del Hormigón. *Ciencia y*

Sociedad, XXXVII(3), 293-334. <https://www.redalyc.org/pdf/870/87024622003.pdf>

Van, A. (2006). *Agricultura orgánica. El suelo. Sus componente físicos*. Estación Experimental Agropecuaria.

https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/16254/INTA_CRPatagoniaNorte_EEAValleInferior_VanKonijnenburg_A_Agricultura_organica_componentes_fisicos_MD1.pdf?sequence=2&isAllowed=y

CAPÍTULO VII: ANEXOS

Anexo 1 Matriz de Consistencia

TÍTULO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023						
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
¿De qué manera se puede comparar la capacidad de carga por métodos geo sísmico y métodos convencionales para una edificación mayor a diez niveles Cusco 2023?	Determinar la capacidad de carga por métodos geo sísmico y comparar con la capacidad de carga obtenido por el método convencional para una edificación mayor a diez niveles Cusco 2023.	Los valores de capacidad de carga obtenidos por el método geo sísmico son similares a los valores obtenidos por el método convencional para una edificación mayor a diez niveles Cusco 2023.	Ensayo geo sísmico	<ul style="list-style-type: none"> ➤ MASW (Análisis Multicanal de Onda Superficial) ➤ Refracción sísmica 	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad de onda de corte (Vs) • velocidad de onda P (Vp) • Propiedades Dinámicas • Propiedad Elástica • Parámetros de resistencia 	<p>Tipo: Analítico Nivel: Correlacional y comparativo Diseño: No experimental Enfoque: Cuantitativo POBLACIÓN Y MUESTRA Población: ciudad de Cusco TÉCNICA E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS: Técnica Ficha de observaciones Instrumentos Análisis documental MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS: Para el procesamiento de datos se utilizará tablas Excel y programas.</p>
PROBLEMA ESPECÍFICOS	OBJETIVO ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	Método convencional	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ensayo SPT (Standard Penetration Test) ➤ Ensayo de corte directo 	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a la penetración • Parámetros de Resistencia 	
<p>P.E.1: ¿Cuál es el valor de capacidad de carga por método geo sísmico para una edificación mayor a diez niveles Cusco 2023?</p> <p>P.E.2: ¿Cuál es el valor de la capacidad de carga por método convencional para una edificación mayor a diez niveles en Cusco 2023?</p> <p>P.E.3: ¿Cuáles son los parámetros de resistencia para determinar la capacidad de carga del suelo obtenido por ensayos convencionales y geo sísmico para una edificación mayor a diez niveles Cusco 2023?</p>	<p>O.E.1: Determinar la capacidad de carga por método geo sísmico para una edificación mayor a diez niveles Cusco 2023.</p> <p>O.E.2: Determinar la capacidad de carga por método convencional para una edificación mayor a diez niveles. Cusco 2023.</p> <p>O.E.3: Comparar los parámetros de resistencia para determinar la capacidad de carga del suelo obtenidos por ensayos convencionales y geo sísmico para una edificación mayor a diez niveles Cusco 2023.</p>	<p>H.E.1: Los valores de resistencia obtenido por el método geo sísmico permiten determinar la capacidad de carga en cimentaciones superficiales y profundas para una edificación mayor a diez niveles cusco 2023</p> <p>H.E.2: Los valores de capacidad de carga obtenido por el método convencional son adecuados en cimentaciones superficiales y no en cimentaciones profundas para una edificación mayor a diez niveles Cusco 2023</p> <p>H.E.3: Los parámetros de resistencia obtenido por el método geo sísmico y convencional son similares para determinar la capacidad de carga para una edificación mayor a diez niveles cusco 2023.</p>	Capacidad de carga	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Teoría de la Capacidad de carga 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad admisible en losas de cimentación • Resistencia admisible cimentaciones profundas 	

Anexo 2 Metrado de cargas

Propiedades de materiales

Albañilería

- Resistencia a compresión por unidad $f'_b = 145 \text{ kg/cm}^2$.
- Resistencia a compresión axial de la albañilería $f'_m = 65 \text{ kg/cm}^2$.
- Resistencia al corte de la albañilería $V_m = 8.1 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad $E_m = 500 * f'_m = 32500 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de corte $G_m = 0.4 * E_m = 13000 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de Poisson $\mu = 0.25$
- Peso volumétrico $\gamma_m = 1500 \text{ kg/m}^3$

Concreto

- Resistencia nominal a compresión $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad $E = 15000\sqrt{f'_c} = 217370.65 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de Poisson $\mu = 0.15$
- Módulo de corte $G_c = \frac{E_c}{2(1+\mu)} = 94508.98 \text{ kg/cm}^2$
- Peso volumétrico $\gamma_m = 2400 \text{ kg/m}^3$

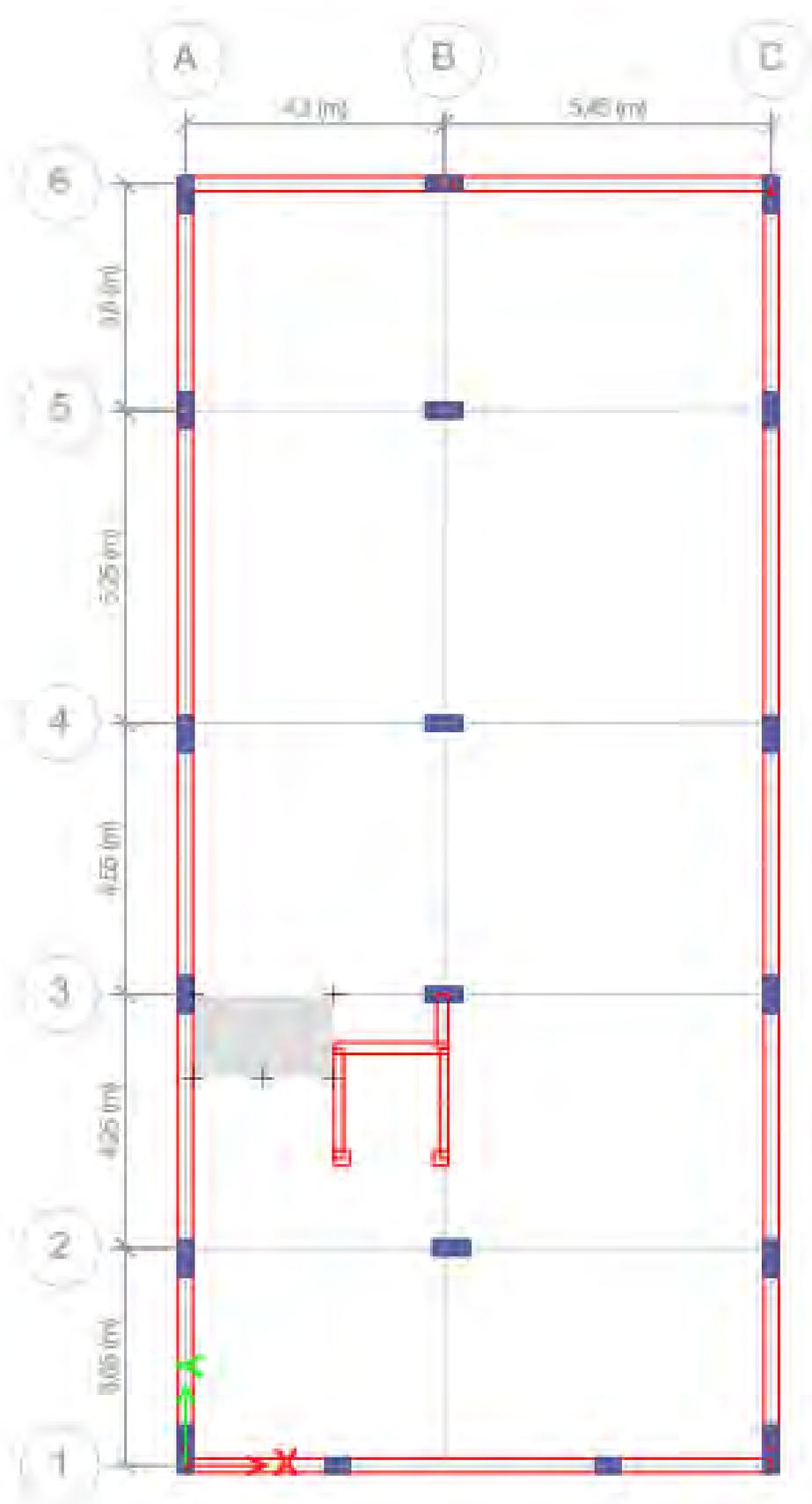
Cargas unitarias

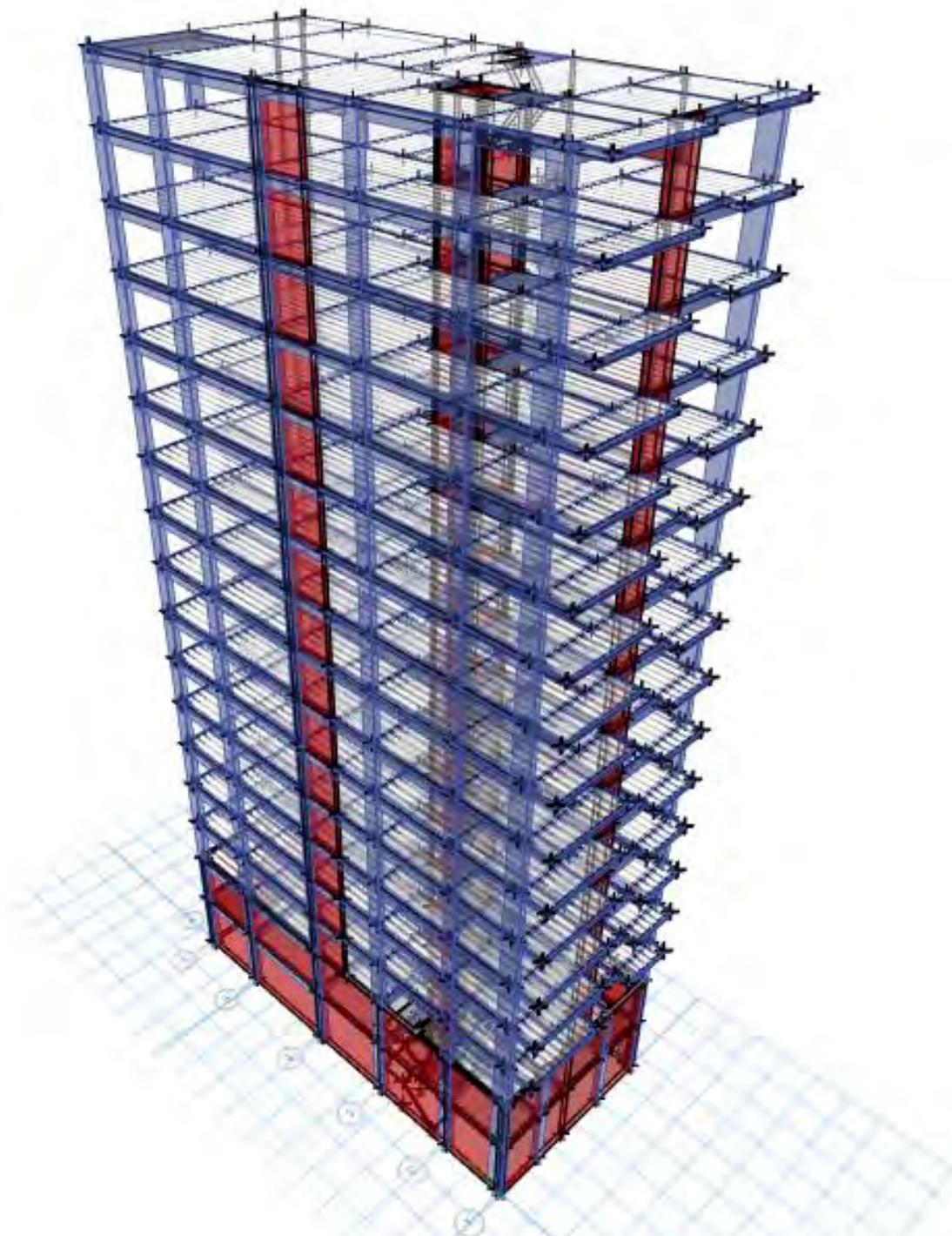
Las cargas unitarias consideradas según la norma técnica E 020 cargas.

- Peso específico de la albañilería: 1500 Kg/m³
- Peso específico del concreto armado: 2400 Kg/m³
- Peso propio de la losa aligerada: 300 Kg/m²
- Sobrecargas en pisos típicos: 200 Kg/m²
- Sobrecarga en sótano: 250 kg/cm²
- Sobrecarga en azotea: 100 kg/cm²
- Acabados: 100 Kg/m²

Geometría de la edificación

- Largo: 21.75 m
- Ancho: 10.00 m
- Área: 217.5 m²
- Altura de entrepiso típico: 2.50 m
- Altura de sótano: 3.00 m

Anexo 3 Geometría de la edificación en planta

Anexo 4 Geometría en altura de la edificación

Anexo 5 Tabla de resultado de cargas por nivel dado por el programa Etabs

Story	Output Case	Case Type	Location	Peso por nivel (kgf)	Peso acumulado (kgf)
TECHO15	Peso=100%CM+100%CV	Combination	Bottom	215109.5	215109.53
TECHO14	Peso=100%CM+100%CV	Combination	Bottom	251905.5	467015.06
TECHO13	Peso=100%CM+100%CV	Combination	Bottom	251905.5	718920.59
TECHO12	Peso=100%CM+100%CV	Combination	Bottom	251905.5	970826.12
TECHO11	Peso=100%CM+100%CV	Combination	Bottom	251905.5	1222731.65
TECHO10	Peso=100%CM+100%CV	Combination	Bottom	251905.5	1474637.18
TECHO9	Peso=100%CM+100%CV	Combination	Bottom	251905.5	1726542.71
TECHO8	Peso=100%CM+100%CV	Combination	Bottom	251905.5	1978448.24
TECHO7	Peso=100%CM+100%CV	Combination	Bottom	251905.5	2230353.77
TECHO6	Peso=100%CM+100%CV	Combination	Bottom	251905.5	2482259.30
TECHO5	Peso=100%CM+100%CV	Combination	Bottom	251905.5	2734164.83
TECHO4	Peso=100%CM+100%CV	Combination	Bottom	251905.5	2986070.36
TECHO3	Peso=100%CM+100%CV	Combination	Bottom	251905.5	3237975.89
TECHO2	Peso=100%CM+100%CV	Combination	Bottom	251905.5	3489881.42
TECHO1	Peso=100%CM+100%CV	Combination	Bottom	251905.5	3741786.95
SOTANO 2	Peso=100%CM+100%CV	Combination	Bottom	289246.1	4031033.05
SOTANO 1	Peso=100%CM+100%CV	Combination	Bottom	331938.2	4362971.29

Anexo 6 Tabla de áreas tributarias de columnas

Columnas en la intersección de ejes	Ancho tributario (m)	Largo tributario (m)	Área tributaria (m)
a-1	2.27	2.05	4.65
a-2	2.27	3.76	8.54
a-3	2.27	4.4	9.99
a-4	2.27	4.98	11.30
a-5	2.27	4.58	10.40
a-6	2.27	1.96	4.45
b-1	4.87	2.05	9.98
b-2	4.87	3.76	18.31
b-3	4.87	4.4	21.43
b-4	4.87	4.98	24.25
b-5	4.87	4.58	22.30
b-6	4.87	1.96	9.55
c-1	2.85	2.05	5.84
c-2	2.85	3.76	10.72
c-3	2.85	4.4	12.54
c-4	2.85	4.98	14.19
c-5	2.85	4.58	13.05
c-6	2.86	1.96	5.59

Anexo 7 Tabla de columnas con áreas tributarias máxima y peso distribuido

Eje	Columna	Área tributaria (m2)	Peso (kgf)
b-4	Central	24.25	486498.38
b-4	Lateral	14.19	284706.44
c-1	Esquinera	5.84	117148.29

Anexo 8 Ensayo de contenido de humedad



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES
PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS -GEOMECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

Lugar: Asociación de vivienda Suriwaylla Grande del Distrito de San Sebastián

MUESTRA M-1, PROF: 0.00-0.40 m	F-1	F-2	F-3
MASA DEL FRASCO	36.54	41.14	42.51
MASA DEL FRASCO + MUESTRA HUMEDA	90.24	101.47	98.4
MASA DEL FRASCO + MUESTRA SECA	83.5	93.89	91.5
PESO DEL AGUA	6.74	7.58	6.9
PESO DEL SUELO SECO	46.96	52.75	48.99
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	14.35%	14.37%	14.08%
PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	14.27%		

MUESTRA M-2 PROF: 0.40-0.80 m	F-3	F-4	F-5
MASA DEL FRASCO	39.25	40.9	39.56
MASA DEL FRASCO + MUESTRA HUMEDA	76.16	78.94	78.51
MASA DEL FRASCO + MUESTRA SECA	66.51	69.12	68.51
PESO DEL AGUA	9.65	9.82	10
PESO DEL SUELO SECO	27.26	28.22	28.95
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	35.40%	34.80%	34.54%
PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	34.91%		

MUESTRA M-3 PROF: 0.80-2.60 m	F-6	F-7	F-8
MASA DEL FRASCO	40.65	39.72	39.45
MASA DEL FRASCO + MUESTRA HUMEDA	93.63	95.39	98.4
MASA DEL FRASCO + MUESTRA SECA	82.67	83.44	85.9
PESO DEL AGUA	10.96	11.95	12.5
PESO DEL SUELO SECO	42.02	43.72	46.45
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	26.08%	27.33%	26.91%
PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	26.78%		

MUESTRA M-4 PROF: 2.60-3.00 m	F-9	F-10	F-11
MASA DEL FRASCO	40.24	39.15	32.15
MASA DEL FRASCO + MUESTRA HUMEDA	113.31	98.08	91.05
MASA DEL FRASCO + MUESTRA SECA	87.6	78.43	71.39
PESO DEL AGUA	25.71	19.65	19.66
PESO DEL SUELO SECO	47.36	39.28	39.24
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	54.29%	50.03%	50.10%
PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	51.47%		

MUESTRA M-5 PROF: 3.00-3.90 m	F-12	F-13	F-14
MASA DEL FRASCO	40	39.82	31.82
MASA DEL FRASCO + MUESTRA HUMEDA	45.04	45.7	46.72
MASA DEL FRASCO + MUESTRA SECA	42.95	43.28	40.56
PESO DEL AGUA	2.09	2.42	6.16
PESO DEL SUELO SECO	2.95	3.46	8.74
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	70.85%	69.94%	70.48%
PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	70.42%		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS -GEOMECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

Lugar: Asociación de vivienda Suriwaylla Grande del Distrito de San Sebastián

MUESTRA M-6 PROF: 3.90-5.30 m	F-15	F-16	F-17
MASA DEL FRASCO	39.31	40.03	40.27
MASA DEL FRASCO + MUESTRA HUMEDA	42.55	44	47.44
MASA DEL FRASCO + MUESTRA SECA	40.28	41.31	42.22
PESO DEL AGUA	2.27	2.69	5.22
PESO DEL SUELO SECO	0.97	1.28	1.95
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	234.02%	210.16%	267.69%
PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	237.29%		

MUESTRA M-7 PROF: 5.30-5.80 m	F-18	F-19	F-20
MASA DEL FRASCO	39.58	14.43	16.42
MASA DEL FRASCO + MUESTRA HUMEDA	48.47	24.48	42.51
MASA DEL FRASCO + MUESTRA SECA	43.3	18.69	27.5
PESO DEL AGUA	5.17	5.79	15.01
PESO DEL SUELO SECO	3.72	4.26	11.08
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	138.98%	135.92%	135.47%
PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	136.79%		

MUESTRA M-8 PROF: 5.80-6.40 m	F-21	F-22	F-23
MASA DEL FRASCO	40.39	42.58	40.65
MASA DEL FRASCO + MUESTRA HUMEDA	46.57	47.43	48.12
MASA DEL FRASCO + MUESTRA SECA	43.93	45.35	44.91
PESO DEL AGUA	2.64	2.08	3.21
PESO DEL SUELO SECO	3.54	2.77	4.26
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	74.58%	75.09%	75.35%
PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	75.01%		

MUESTRA M-9 PROF: 6.40-6.90 m	F-7	F-8	F-9
MASA DEL FRASCO	41.58	40.35	42.12
MASA DEL FRASCO + MUESTRA HUMEDA	49.12	49.47	47.54
MASA DEL FRASCO + MUESTRA SECA	47.94	48.1	46.73
PESO DEL AGUA	1.18	1.37	0.81
PESO DEL SUELO SECO	6.36	7.75	4.61
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	18.55%	17.68%	17.57%
PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	17.93%		

MUESTRA M-10 PROF: 6.90-8.90 m	F-7	F-8	F-9
MASA DEL FRASCO	39.6	41.22	40.32
MASA DEL FRASCO + MUESTRA HUMEDA	45.23	48.24	46.72
MASA DEL FRASCO + MUESTRA SECA	43.38	45.95	44.63
PESO DEL AGUA	1.85	2.29	2.09
PESO DEL SUELO SECO	3.78	4.73	4.31
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	48.94%	48.41%	48.49%
PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	48.62%		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023"

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS -GEOMECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

Lugar: Universidad San Antonio Abad del Cusco Distrito de Wanchaq

MUESTRA M-1 PROF: 0.00-1.10 m	F-1	F-2	F-3
MASA DEL FRASCO	38.47	39.81	32.42
MASA DEL FRASCO + MUESTRA HUMEDA	86.33	100.92	86.52
MASA DEL FRASCO + MUESTRA SECA	79.6	92.28	78.8
PESO DEL AGUA	6.73	8.64	7.72
PESO DEL SUELO SECO	41.13	52.47	46.38
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	16.36%	16.47%	16.65%
PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	16.49%		

MUESTRA M-2 PROF: 1.10-2.30 m	F-3	F-4	F-5
MASA DEL FRASCO	40.2	39.3	39.42
MASA DEL FRASCO + MUESTRA HUMEDA	67.39	75.1	78.52
MASA DEL FRASCO + MUESTRA SECA	62.58	68.74	71.61
PESO DEL AGUA	4.81	6.36	6.91
PESO DEL SUELO SECO	22.38	29.44	32.19
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	21.49%	21.60%	21.47%
PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	21.52%		

MUESTRA M-3 PROF: 2.30-3.70 m	F-6	F-7	F-8
MASA DEL FRASCO	39.21	40.09	42.56
MASA DEL FRASCO + MUESTRA HUMEDA	64.64	65.58	85.62
MASA DEL FRASCO + MUESTRA SECA	59.5	60.51	77.12
PESO DEL AGUA	5.14	5.07	8.5
PESO DEL SUELO SECO	20.29	20.42	34.56
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	25.33%	24.83%	24.59%
PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	24.92%		

MUESTRA M-4 PROF: 3.70-5.30 m	F-9	F-10	F-11
MASA DEL FRASCO	38.27	40.61	40.32
MASA DEL FRASCO + MUESTRA HUMEDA	75.83	77.27	92.36
MASA DEL FRASCO + MUESTRA SECA	65.01	66.51	77.05
PESO DEL AGUA	10.82	10.76	15.31
PESO DEL SUELO SECO	26.74	25.9	36.73
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	40.46%	41.54%	41.68%
PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	41.23%		

MUESTRA M-5 PROF: 5.30-7.00 m	F-12	F-13	F-14
MASA DEL FRASCO	42.53	42.51	45.26
MASA DEL FRASCO + MUESTRA HUMEDA	68.52	79.85	78.89
MASA DEL FRASCO + MUESTRA SECA	63.56	72.82	72.51
PESO DEL AGUA	4.96	7.03	6.38
PESO DEL SUELO SECO	21.03	30.31	27.25
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	23.59%	23.19%	23.41%
PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	23.40%		

MUESTRA M-6 PROF: 7.00-9.00 m	F-15	F-16	F-17
MASA DEL FRASCO	40.21	40.61	39.21
MASA DEL FRASCO + MUESTRA HUMEDA	78.23	77.58	74.12
MASA DEL FRASCO + MUESTRA SECA	72.02	71.56	68.49
PESO DEL AGUA	6.21	6.02	5.63
PESO DEL SUELO SECO	31.81	30.95	29.28
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	19.52%	19.45%	19.23%
PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	19.40%		

Anexo 9 Ensayo de peso volumétrico



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES
PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS -GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO DEL SUELO COHESIVO

NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.139

Lugar: Asociación de vivienda Suriwaylla Grande del Distrito de San Sebastián

Muestra : M-1

Profundidad : 0.00-0.40 m

MASA DE SUELO (g)	25.56	24.89	24.59
MASA DE SUELO +MASA DE PARINA (g)	28.51	26.53	26.85
MASA DEL SUELO +MASA DE PARAFINA SUMERGIDA (g)	12.15	12.13	11.81
DENSIDAD DEL AGUA (g/cm ³)	1.00	1.000	1.000
DENSIDAD DE PARAFINA (g/cm ³)	0.87	0.870	0.870
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm ³)	1.97	1.99	1.98
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm ³)	1.98		

Muestra : M-2

Profundidad : 0.30-0.80 m

MASA DE SUELO (g)	17.91	19.65	18.51
MASA DE SUELO +MASA DE PARINA (g)	19.44	20.23	18.72
MASA DEL SUELO +MASA DE PARAFINA SUMERGIDA (g)	3.73	4.3	4.14
DENSIDAD DEL AGUA (g/cm ³)	1.00	1.000	1.000
DENSIDAD DE PARAFINA (g/cm ³)	0.87	0.870	0.870
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm ³)	1.28	1.29	1.29
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm ³)	1.29		

Muestra : M-3

Profundidad : 0.80-2.60m

MASA DE SUELO (g)	16.84	17.98	16.45
MASA DE SUELO +MASA DE PARINA (g)	18.32	19.32	18.58
MASA DEL SUELO +MASA DE PARAFINA SUMERGIDA (g)	7.25	7.8	7.01
DENSIDAD DEL AGUA (g/cm ³)	1.00	1.000	1.000
DENSIDAD DE PARAFINA (g/cm ³)	0.87	0.870	0.870
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm ³)	1.80	1.80	1.80
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm ³)	1.80		

Muestra : M-4

Profundidad : 2.60-3.00 m

MASA DE SUELO (g)	15.42	18.45	15.89
MASA DE SUELO +MASA DE PARINA (g)	17.52	20.36	17.45
MASA DEL SUELO +MASA DE PARAFINA SUMERGIDA (g)	6.69	8.01	6.95
DENSIDAD DEL AGUA (g/cm ³)	1.00	1.000	1.000
DENSIDAD DE PARAFINA (g/cm ³)	0.87	0.870	0.870
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm ³)	1.83	1.82	1.82
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm ³)	1.82		

Muestra : M-5

Profundidad : 3.0-3.90 m

MASA DE SUELO (g)	16.89	15.48	14.85
MASA DE SUELO +MASA DE PARINA (g)	18.52	17.46	16.23
MASA DEL SUELO +MASA DE PARAFINA SUMERGIDA (g)	5.72	5.1	5.04
DENSIDAD DEL AGUA (g/cm ³)	1.00	1.000	1.000
DENSIDAD DE PARAFINA (g/cm ³)	0.87	0.870	0.870
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm ³)	1.55	1.54	1.55
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm ³)	1.54		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES
PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS -GEOMECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO DEL SUELO COHESIVO

NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.139

Lugar: Asociación de vivienda Suriwaylla Grande del Distrito de San Sebastián

Muestra : M-6

Profundidad : 3.90-5.30 m

MASA DE SUELO (g)	16.91	18.64	17.42
MASA DE SUELO +MASA DE PARINA (g)	18.44	20.21	17.75
MASA DEL SUELO +MASA DE PARAFINA SUMERGIDA (g)	3.72	5.04	4.12
DENSIDAD DEL AGUA (g/cm3)	1.00	1.000	1.000
DENSIDAD DE PARAFINA (g/cm3)	0.87	0.870	0.870
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm3)	1.30	1.39	1.31
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm3)	1.34		

Muestra : M-7

Profundidad : 5.30-5.80 m

MASA DE SUELO (g)	14.56	15.45	16.25
MASA DE SUELO +MASA DE PARINA (g)	16.23	17.56	18.45
MASA DEL SUELO +MASA DE PARAFINA SUMERGIDA (g)	5.12	5.31	5.56
DENSIDAD DEL AGUA (g/cm3)	1.00	1.000	1.000
DENSIDAD DE PARAFINA (g/cm3)	0.87	0.870	0.870
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm3)	1.58	1.57	1.57
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm3)	1.58		

Muestra : M-8

Profundidad : 5.80-6.40 m

MASA DE SUELO (g)	16.45	18.98	17.56
MASA DE SUELO +MASA DE PARINA (g)	18.45	20.56	19.85
MASA DEL SUELO +MASA DE PARAFINA SUMERGIDA (g)	7.05	8.21	7.51
DENSIDAD DEL AGUA (g/cm3)	1.00	1.000	1.000
DENSIDAD DE PARAFINA (g/cm3)	0.87	0.870	0.870
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm3)	1.81	1.80	1.81
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm3)	1.81		

Muestra : M-9

Profundidad : 6.40-6.90 m

MASA DE SUELO (g)	39.45	36.38	36.06
MASA DE SUELO +MASA DE PARINA (g)	41.06	38.49	38.81
MASA DEL SUELO +MASA DE PARAFINA SUMERGIDA (g)	20.41	18.8	18.45
DENSIDAD DEL AGUA (g/cm3)	1.00	1.000	1.000
DENSIDAD DE PARAFINA (g/cm3)	0.87	0.870	0.870
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm3)	2.10	2.11	2.10
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm3)	2.10		

Muestra : M-10

Profundidad : 6.90-8.90 m

MASA DE SUELO (g)	18.45	19.23	18.56
MASA DE SUELO +MASA DE PARINA (g)	20.35	21.35	20.32
MASA DEL SUELO +MASA DE PARAFINA SUMERGIDA (g)	8.05	8.29	8.12
DENSIDAD DEL AGUA (g/cm3)	1.00	1.000	1.000
DENSIDAD DE PARAFINA (g/cm3)	0.87	0.870	0.870
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm3)	1.82	1.81	1.82
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm3)	1.82		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023"

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS -GEOMECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO DEL SUELO COHESIVO

NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.139

Lugar: Universidad San Antonio Abad del Cusco Distrito de Wanchaq

Muestra : M-1

Profundidad : 0.00-1.10m

MASA DE SUELO (g)	25.56	22.23	24.56
MASA DE SUELO +MASA DE PARAFINA (g)	27.48	24.78	26.87
MASA DEL SUELO +MASA DE PARAFINA SUMERGIDA (g)	10.32	9.01	9.88
DENSIDAD DEL AGUA (g/cm ³)	1.00	1.000	1.000
DENSIDAD DE PARAFINA (g/cm ³)	0.87	0.870	0.870
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm ³)	1.71	1.73	1.71
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm ³)	1.72		

Muestra : M-2

Profundidad : 1.10-2.30m

MASA DE SUELO (g)	18.42	15.42	15.78
MASA DE SUELO +MASA DE PARAFINA (g)	20.42	17.63	17.98
MASA DEL SUELO +MASA DE PARAFINA SUMERGIDA (g)	7.82	6.51	6.75
DENSIDAD DEL AGUA (g/cm ³)	1.00	1.000	1.000
DENSIDAD DE PARAFINA (g/cm ³)	0.87	0.870	0.870
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm ³)	1.79	1.80	1.81
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm ³)	1.80		

Muestra : M-3

Profundidad : 2.30-3.70 m

MASA DE SUELO (g)	18.23	17.64	17.85
MASA DE SUELO +MASA DE PARAFINA (g)	20.12	19.84	19.42
MASA DEL SUELO +MASA DE PARAFINA SUMERGIDA (g)	8.11	7.82	7.85
DENSIDAD DEL AGUA (g/cm ³)	1.00	1.000	1.000
DENSIDAD DE PARAFINA (g/cm ³)	0.87	0.870	0.870
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm ³)	1.85	1.86	1.83
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm ³)	1.85		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023"

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS -GEOMECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO DEL SUELO COHESIVO

NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.139

Lugar: Universidad San Antonio Abad del Cusco Distrito de Wanchaq

Muestra : M-4

Profundidad : 3.70-5.30 m

MASA DE SUELO (g)	16.45	17.23	18.56
MASA DE SUELO +MASA DE PARAFINA (g)	18.24	19.54	20.21
MASA DEL SUELO +MASA DE PARAFINA SUMERGIDA (g)	7.01	7.31	8.04
DENSIDAD DEL AGUA (g/cm3)	1.00	1.000	1.000
DENSIDAD DE PARAFINA (g/cm3)	0.87	0.870	0.870
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm3)	1.79	1.80	1.81
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm3)	1.80		

Muestra : M-5

Profundidad : 5.30-7.00 m

MASA DE SUELO (g)	18.42	17.58	16.42
MASA DE SUELO +MASA DE PARAFINA (g)	20.23	19.56	18.25
MASA DEL SUELO +MASA DE PARAFINA SUMERGIDA (g)	8.05	7.53	7.13
DENSIDAD DEL AGUA (g/cm3)	1.00	1.000	1.000
DENSIDAD DE PARAFINA (g/cm3)	0.87	0.870	0.870
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm3)	1.82	1.80	1.82
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm3)	1.82		

Muestra : M-6

Profundidad : 7.00-9.00 m

MASA DE SUELO (g)	17.23	18.24	16.25
MASA DE SUELO +MASA DE PARAFINA (g)	19.21	20.23	18.43
MASA DEL SUELO +MASA DE PARAFINA SUMERGIDA (g)	7.61	7.99	7.08
DENSIDAD DEL AGUA (g/cm3)	1.00	1.000	1.000
DENSIDAD DE PARAFINA (g/cm3)	0.87	0.870	0.870
DENSIDAD DEL SUELO(g/cm3)	1.85	1.83	1.84
DENSIDAD DEL SUELO PROMEDIO (g/cm3)	1.84		

Anexo 10 Ensayo de límites de consistencia



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS -GEOMECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 Y MTC E 111 RESPECTIVAMENTE , NTP 339.129 SUELOS

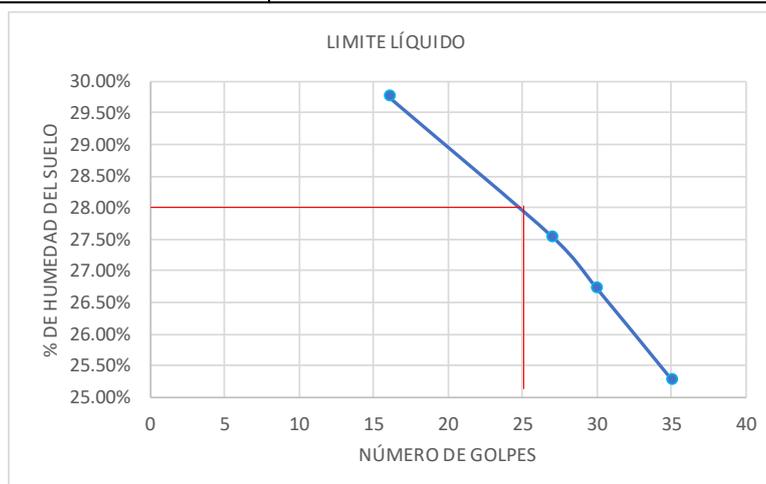
Lugar: Asociación de vivienda Suriwaylla Grande del Distrito de San Sebastián

Profundidad : 0.80-2.90m

Muestra : M-3

LIMITE LIQUIDO

CÁPSULA	R-1	R-2	R-3	R-4
Nro. DE GOLPES	16	27	30	35
PESO DE CÁPSULA	14.43	14.42	38.3	14.12
PESO TARA+SUELO HUMEDO (gr)	21.36	19.42	45.08	19.57
PESO TARA+MUESTRA SECA (gr)	19.77	18.34	43.65	18.47
PESO DEL AGUA	1.59	1.08	1.43	1.1
PESO DEL SUELO SECO	5.34	3.92	5.35	4.35
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	29.78%	27.55%	26.73%	25.29%
LIMITE LIQUIDO (LL)	27.90%			



LIMITE PLÁSTICO

Profundidad : 0.80-2.90m

Muestra : M-3

CÁPSULA	R-5	R-6	R-7
PESO DE CÁPSULA	14.39	15.28	14.95
PESO TARA+SUELO HUMEDO (gr)	15.51	16.06	15.54
PESO TARA+MUESTRA SECA (gr)	15.29	15.9	15.42
PESO DEL AGUA	0.22	0.16	0.12
PESO DEL SUELO SECO	0.9	0.62	0.47
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	24.44%	25.81%	25.53%
LIMITE PLÁSTICO (LP)	25.26%		
INDICE PLÁSTICO (IP) = LL-LP	2.64%		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS -GEOMECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 Y MTC E 111 RESPECTIVAMENTE , NTP 339.129 SUELOS

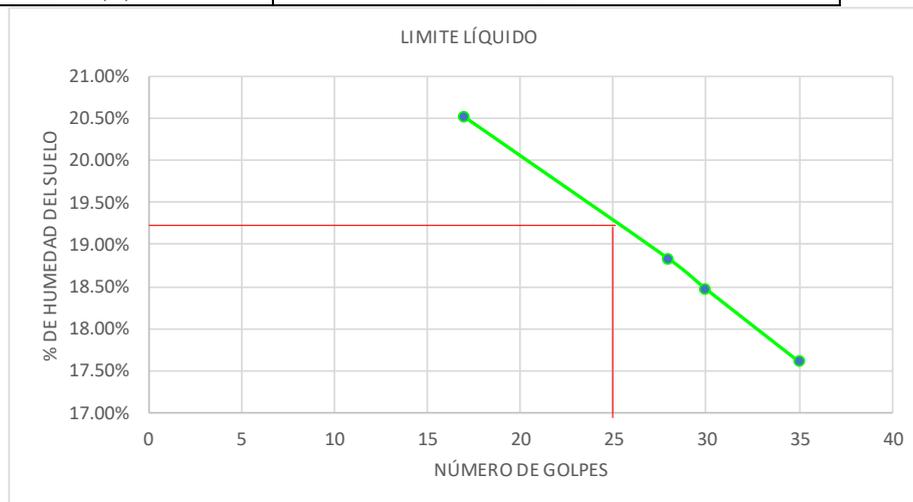
Lugar: Asociación de vivienda Suriwaylla Grande del Distrito de San Sebastián

Profundidad : 2.60-3.00 m

Muestra : M-4

LIMITE LIQUIDO

CÁPSULA	R-8	R-9	R-10	R-11
Nro. DE GOLPES	17	28	30	35
PESO DE CÁPSULA	16.43	15.28	15.78	16.83
PESO TARA+SUELO HUMEDO (gr)	24.36	23.61	22.45	20.57
PESO TARA+MUESTRA SECA (gr)	23.01	22.29	21.41	20.01
PESO DEL AGUA	1.35	1.32	1.04	0.56
PESO DEL SUELO SECO	6.58	7.01	5.63	3.18
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	20.52%	18.83%	18.47%	17.61%
LIMITE LIQUIDO (LL)	19.25%			



LIMITE PLÁSTICO

Profundidad : 2.60-3.00 m

Muestra : M-4

CÁPSULA	R-12	R-13	R-14
PESO DE CÁPSULA	15.45	15.89	15.48
PESO TARA+SUELO HUMEDO (gr)	16.72	16.52	16.48
PESO TARA+MUESTRA SECA (gr)	16.6	16.46	16.39
PESO DEL AGUA	0.12	0.06	0.09
PESO DEL SUELO SECO	1.15	0.57	0.91
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.43%	10.53%	9.89%
LIMITE PLÁSTICO (LP)	10.28%		
INDICE PLÁSTICO (IP) = LL-LP	8.97%		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 Y MTC E 111 RESPECTIVAMENTE , NTP 339.129 SUELOS

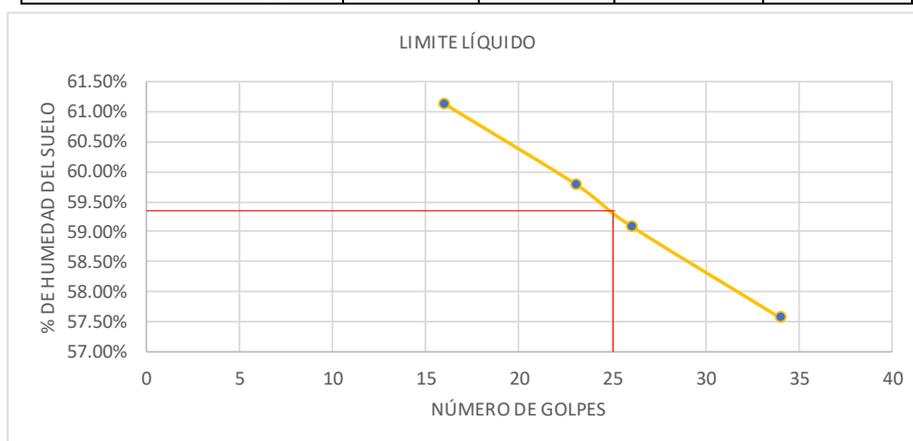
Lugar: Asociación de vivienda Suriwaylla Grande del Distrito de San Sebastián

Profundidad : 3.0-3.90m

Muestra : M-5

LIMITE LIQUIDO

CÁPSULA	R-15	R-16	R-17	R-18
Nro. DE GOLPES	16	23	26	34
PESO DE CÁPSULA	40.03	40.8	40.69	39.6
PESO TARA+SUELO HUMEDO (gr)	44.59	45.77	45.32	44.17
PESO TARA+MUESTRA SECA (gr)	42.86	43.91	43.6	42.5
PESO DEL AGUA	1.73	1.86	1.72	1.67
PESO DEL SUELO SECO	2.83	3.11	2.91	2.9
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	61.13%	59.81%	59.11%	57.59%

LIMITE PLÁSTICO

Profundidad : 3.0-3.90m

Muestra : M-5

CÁPSULA	R-19	R-20	R-21
PESO DE CÁPSULA	39.23	36.27	39.46
PESO TARA+SUELO HUMEDO (gr)	40.47	37.9	41.16
PESO TARA+MUESTRA SECA (gr)	40.05	37.36	40.58
PESO DEL AGUA	0.42	0.54	0.58
PESO DEL SUELO SECO	0.82	1.09	1.12
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	51.22%	49.54%	51.79%
LIMITE PLÁSTICO (LP)	50.85%		
INDICE PLÁSTICO (IP) = LL-LP	8.55%		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS -GEOMECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 Y MTC E 111 RESPECTIVAMENTE , NTP 339.129 SUELOS

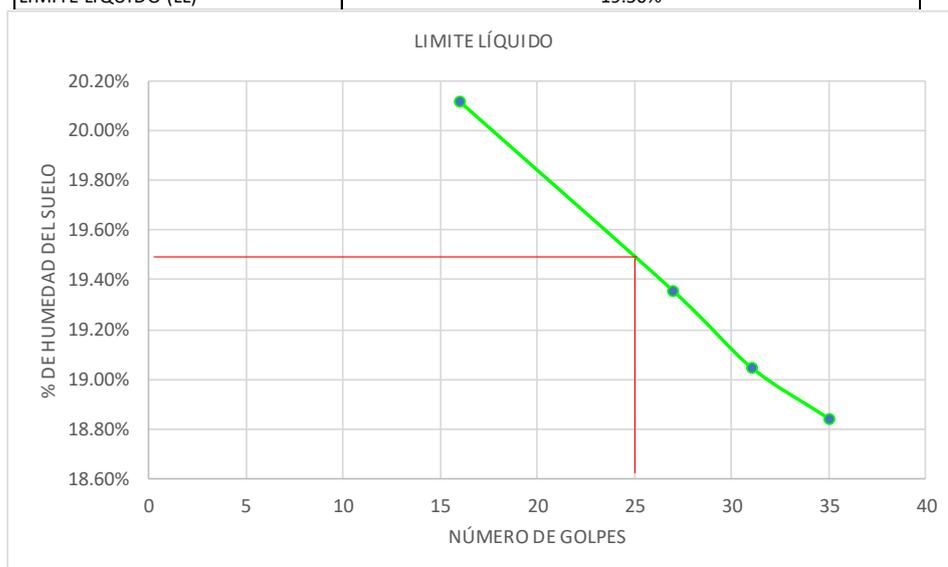
Lugar: Asociación de vivienda Suriwaylla Grande del Distrito de San Sebastián

Profundidad : 5.80-6.40 m

Muestra : M-8

LIMITE LIQUIDO

CÁPSULA	R-22	R-23	R-24	R-25
Nro. DE GOLPES	16	27	31	35
PESO DE CÁPSULA	15.42	15.48	15.89	15.75
PESO TARA+SUELO HUMEDO (gr)	17.45	16.96	17.14	16.98
PESO TARA+MUESTRA SECA (gr)	17.11	16.72	16.94	16.785
PESO DEL AGUA	0.34	0.24	0.2	0.195
PESO DEL SUELO SECO	1.69	1.24	1.05	1.035
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	20.12%	19.35%	19.05%	18.84%
LIMITE LIQUIDO (LL)	19.50%			



LIMITE PLÁSTICO

Profundidad : 5.80-6.40 m

Muestra : M-8

CÁPSULA	R-26	R-27	R-28
PESO DE CÁPSULA	15.42	15.8	15.41
PESO TARA+SUELO HUMEDO (gr)	16.74	16.62	16.24
PESO TARA+MUESTRA SECA (gr)	16.61	16.54	16.16
PESO DEL AGUA	0.13	0.08	0.08
PESO DEL SUELO SECO	1.19	0.74	0.75
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.92%	10.81%	10.67%
LIMITE PLÁSTICO (LP)	10.80%		
INDICE PLÁSTICO (IP) = LL-LP	8.70%		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS -GEOMECAICA DE SUELOS Y CONCRETO

DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 Y MTC E 111 RESPECTIVAMENTE , NTP 339.129 SUELOS

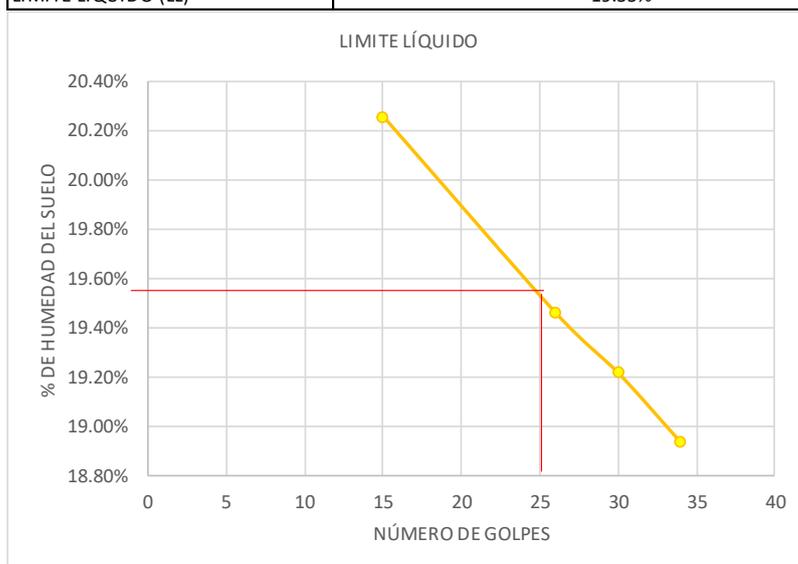
Lugar: Asociación de vivienda Suriwaylla Grande del Distrito de San Sebastián

Profundidad : 6.40-6.90 m

Muestra : M-9

LIMITE LIQUIDO

CÁPSULA	R-29	R-30	R-31	R-32
Nro. DE GOLPES	15	26	30	34
PESO DE CÁPSULA	16.61	16.54	16.4	16.15
PESO TARA+SUELO HUMEDO (gr)	20.35	20.53	23.1	22.18
PESO TARA+MUESTRA SECA (gr)	19.72	19.88	22.02	21.22
PESO DEL AGUA	0.63	0.65	1.08	0.96
PESO DEL SUELO SECO	3.11	3.34	5.62	5.07
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	20.26%	19.46%	19.22%	18.93%
LIMITE LIQUIDO (LL)	19.55%			

LIMITE PLÁSTICO

Profundidad : 5.80-6.40 m

Muestra :	M--9			
CÁPSULA	R-33	R-34	R-35	
PESO DE CÁPSULA	16.42	16.44	16.15	
PESO TARA+SUELO HUMEDO (gr)	17.48	17.34	17.52	
PESO TARA+MUESTRA SECA (gr)	17.37	17.25	17.38	
PESO DEL AGUA	0.11	0.09	0.14	
PESO DEL SUELO SECO	0.95	0.81	1.23	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	11.58%	11.11%	11.38%	
LIMITE PLÁSTICO (LP)	11.36%			
INDICE PLÁSTICO (IP) = LL-LP	8.19%			



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS -GEOMECAICA DE SUELOS Y CONCRETO

DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 Y MTC E 111 RESPECTIVAMENTE , NTP 339.129 SUELOS

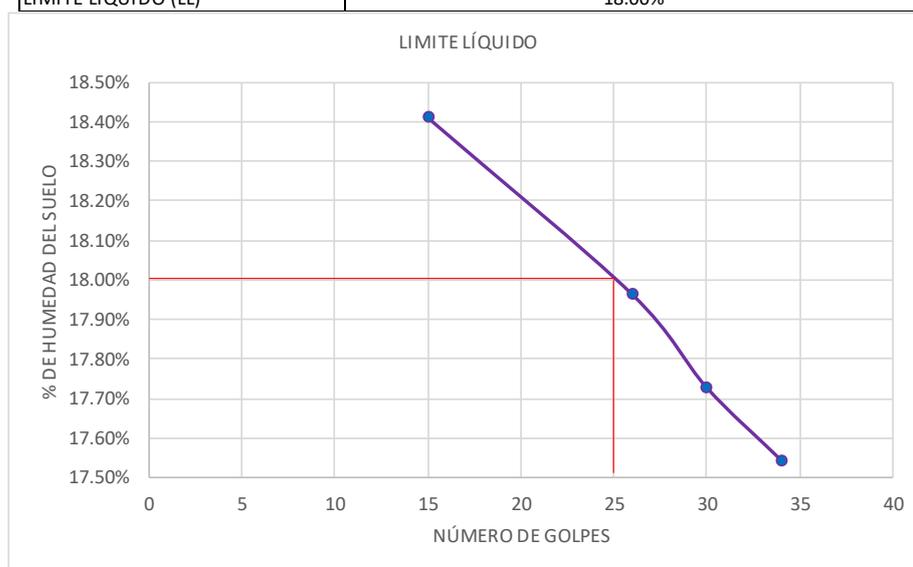
Lugar: Asociación de vivienda Suriwaylla Grande del Distrito de San Sebastián

Profundidad : 6.90-8.90 m

Muestra : M-10

LIMITE LIQUIDO

CÁPSULA	R-36	R-37	R-38	R-39
Nro. DE GOLPES	15	26	30	34
PESO DE CÁPSULA	16.6	16.58	16.4	16.12
PESO TARA+SUELO HUMEDO (gr)	20.33	20.52	23.24	22.15
PESO TARA+MUESTRA SECA (gr)	19.75	19.92	22.21	21.25
PESO DEL AGUA	0.58	0.6	1.03	0.9
PESO DEL SUELO SECO	3.15	3.34	5.81	5.13
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	18.41%	17.96%	17.73%	17.54%
LIMITE LIQUIDO (LL)	18.00%			

LIMITE PLÁSTICO

Profundidad : 6.90-8.90 m

Muestra : M-10

CÁPSULA	R-40	R-41	R-42
PESO DE CÁPSULA	16.45	16.42	16.12
PESO TARA+SUELO HUMEDO (gr)	17.12	17.2	17.5
PESO TARA+MUESTRA SECA (gr)	17.06	17.13	17.38
PESO DEL AGUA	0.06	0.07	0.12
PESO DEL SUELO SECO	0.61	0.71	1.26
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.84%	9.86%	9.52%
LIMITE PLÁSTICO (LP)	9.74%		
INDICE PLÁSTICO (IP) = LL-LP	8.26%		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

**"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES
PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023"**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS -GEOMECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 Y MTC E 111 RESPECTIVAMENTE , NTP 339.129 SUELOS

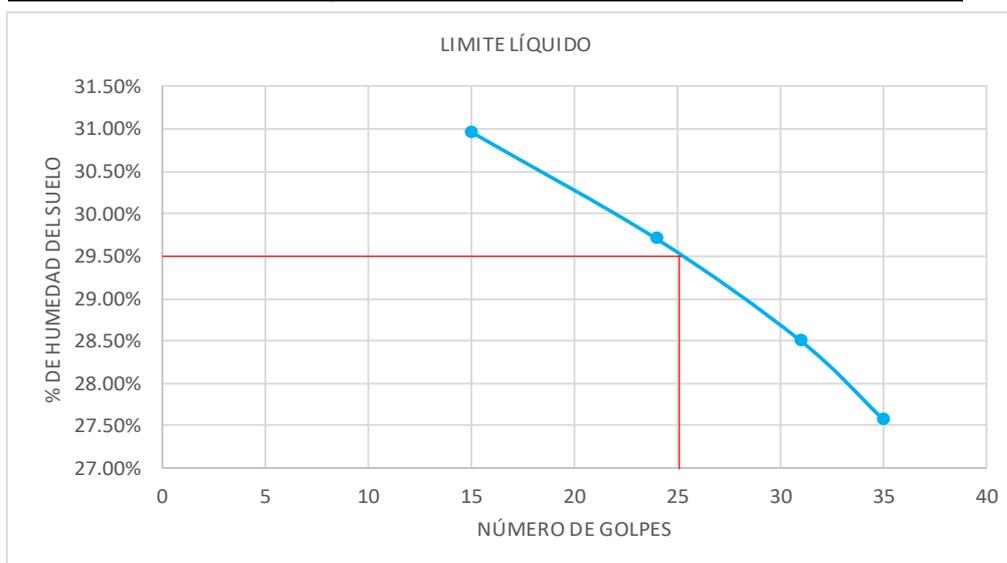
Lugar: Universidad San Antonio Abad del Cusco Distrito de Wanchaq

Profundidad : 1.10-2.30 m

Muestra : M-2

LIMITE LIQUIDO

CÁPSULA	R-1	R-2	R-3	R-4
Nro. DE GOLPES	15	24	31	35
PESO DE CÁPSULA	15.85	15.12	15.75	14.98
PESO TARA+SUELO HUMEDO (gr)	21.56	20.36	20.89	19.56
PESO TARA+MUESTRA SECA (gr)	20.21	19.16	19.75	18.57
PESO DEL AGUA	1.35	1.2	1.14	0.99
PESO DEL SUELO SECO	4.36	4.04	4	3.59
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	30.96%	29.70%	28.50%	27.58%
LIMITE LIQUIDO (LL)	29.50%			

**LIMITE PLÁSTICO**

Profundidad : 1.10-2.30 m

Muestra : M-2

CÁPSULA	R-12	R-13	R-14
PESO DE CÁPSULA	40.51	39.25	39.26
PESO TARA+SUELO HUMEDO (gr)	42.86	42.94	42.14
PESO TARA+MUESTRA SECA (gr)	42.65	42.61	41.88
PESO DEL AGUA	0.21	0.33	0.26
PESO DEL SUELO SECO	2.14	3.36	2.62
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.81%	9.82%	9.92%
LIMITE PLÁSTICO (LP)	9.85%		
INDICE PLÁSTICO (IP) = LL-LP	19.65%		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

**"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES
PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023"**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - GEOMECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 Y MTC E 111 RESPECTIVAMENTE , NTP 339.129 SUELOS

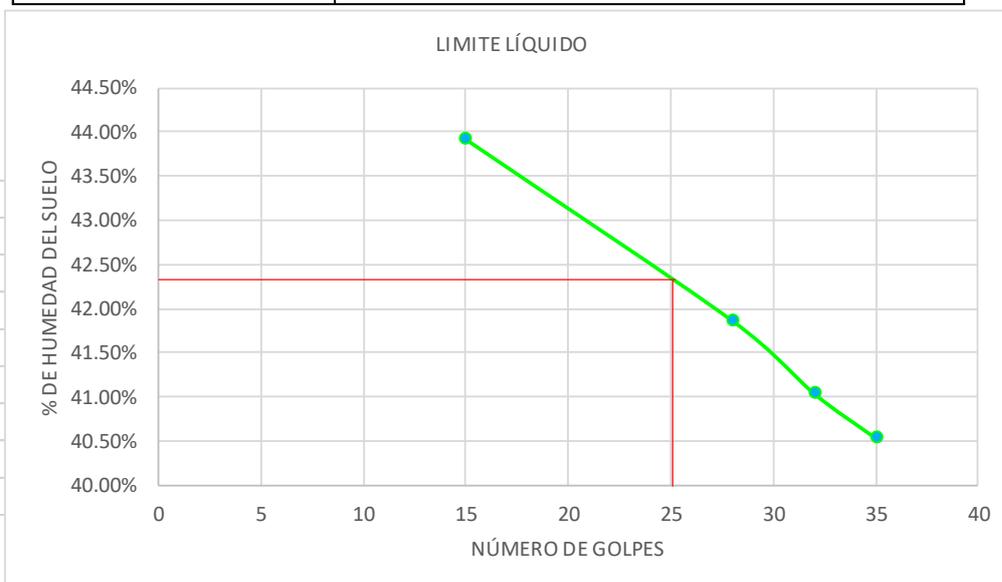
Lugar: Universidad San Antonio Abad del Cusco Distrito de Wanchaq

Profundidad : 2.70-3.70 m

Muestra : M-3

LIMITE LIQUIDO

CÁPSULA	R-8	R-9	R-10	R-11
Nro. DE GOLPES	15	28	32	35
PESO DE CÁPSULA	40.42	40.09	40.19	40.13
PESO TARA+SUELO HUMEDO (gr)	49.53	46.02	51.84	48.52
PESO TARA+MUESTRA SECA (gr)	46.75	44.27	48.45	46.1
PESO DEL AGUA	2.78	1.75	3.39	2.42
PESO DEL SUELO SECO	6.33	4.18	8.26	5.97
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	43.92%	41.87%	41.04%	40.54%
LIMITE LIQUIDO (LL)	42.40%			

**LIMITE PLÁSTICO**

Profundidad : 2.70-3.70 m

Muestra : M-3

CÁPSULA	R-12	R-13	R-14
PESO DE CÁPSULA	40.51	39.25	39.26
PESO TARA+SUELO HUMEDO (gr)	42.86	42.94	42.14
PESO TARA+MUESTRA SECA (gr)	42.71	42.71	41.96
PESO DEL AGUA	0.15	0.23	0.18
PESO DEL SUELO SECO	2.2	3.46	2.7
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.82%	6.65%	6.67%
LIMITE PLÁSTICO (LP)	6.71%		
INDICE PLÁSTICO (IP) = LL-LP	35.69%		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES
PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023”**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS -GEOMECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 Y MTC E 111 RESPECTIVAMENTE , NTP 339.129 SUELOS

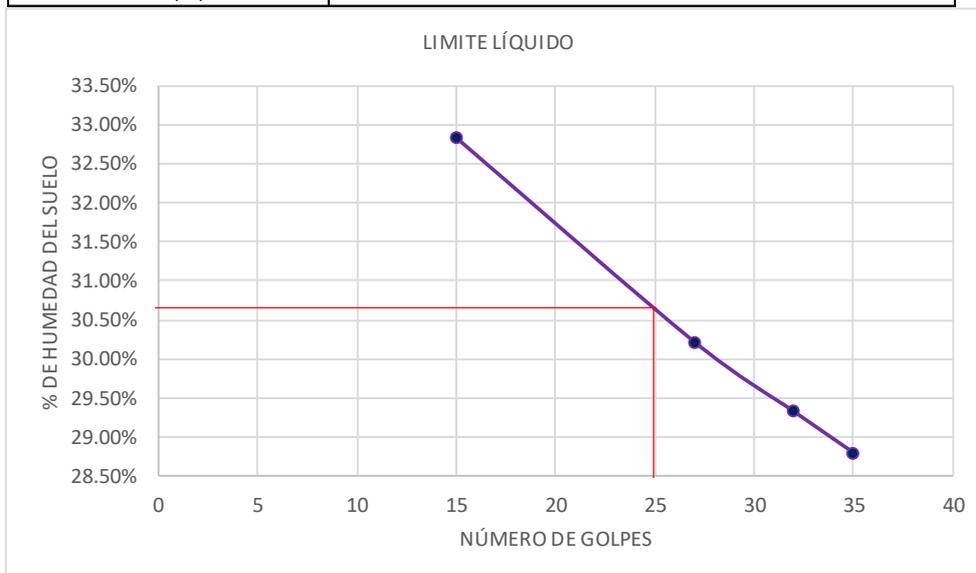
Lugar: Universidad San Antonio Abad del Cusco Distrito de Wanchaq

Profundidad : 3.70-5.30 m

Muestra : M-4

LIMITE LIQUIDO

CÁPSULA	R-15	R-16	R-17	R-18
Nro. DE GOLPES	15	27	32	35
PESO DE CÁPSULA	42.58	38.59	39.9	39.45
PESO TARA+SUELO HUMEDO (gr)	49.66	48.89	47.75	43.52
PESO TARA+MUESTRA SECA (gr)	47.91	46.5	45.97	42.61
PESO DEL AGUA	1.75	2.39	1.78	0.91
PESO DEL SUELO SECO	5.33	7.91	6.07	3.16
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	32.83%	30.21%	29.32%	28.80%
LIMITE LIQUIDO (LL)	30.60%			

LIMITE PLÁSTICO

Profundidad : 3.70-5.30 m

Muestra : M-4

CÁPSULA	R-19	R-20	R-21
PESO DE CÁPSULA	36.35	40.56	41.23
PESO TARA+SUELO HUMEDO (gr)	42.04	42.86	43.52
PESO TARA+MUESTRA SECA (gr)	41.52	42.65	43.31
PESO DEL AGUA	0.52	0.21	0.21
PESO DEL SUELO SECO	5.17	2.09	2.08
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.06%	10.05%	10.10%
LIMITE PLÁSTICO (LP)	10.07%		
INDICE PLÁSTICO (IP) = LL-LP	20.53%		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES
PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023"

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS -GEOMECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 Y MTC E 111 RESPECTIVAMENTE , NTP 339.129 SUELOS

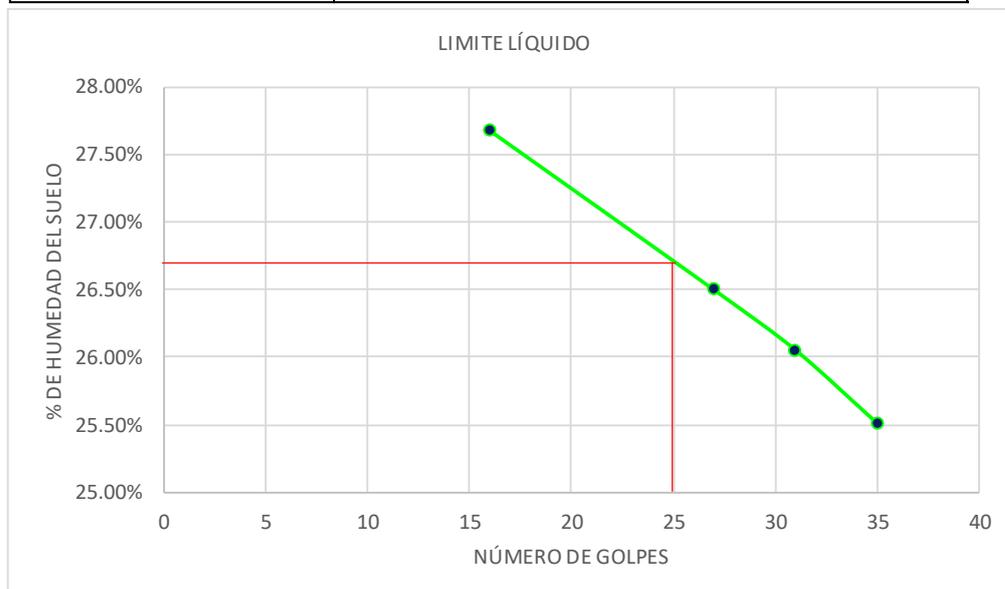
Lugar: Universidad San Antonio Abad del Cusco Distrito de Wanchaq

Profundidad : 5.30-7.00 m

Muestra : M-5

LIMITE LIQUIDO

CÁPSULA	R-22	R-23	R-24	R-25
Nro. DE GOLPES	16	27	31	35
PESO DE CÁPSULA	15.42	15.48	15.89	15.75
PESO TARA+SUELO HUMEDO (gr)	17.45	16.96	17.24	16.98
PESO TARA+MUESTRA SECA (gr)	17.01	16.65	16.96	16.73
PESO DEL AGUA	0.44	0.31	0.279	0.25
PESO DEL SUELO SECO	1.59	1.17	1.071	0.98
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	27.67%	26.50%	26.05%	25.51%
LIMITE LIQUIDO (LL)	26.75%			



LIMITE PLÁSTICO

Profundidad : 5.30-7.00 m

Muestra : M-5

CÁPSULA	R-26	R-27	R-28
PESO DE CÁPSULA	15.42	15.8	15.41
PESO TARA+SUELO HUMEDO (gr)	16.74	16.62	16.24
PESO TARA+MUESTRA SECA (gr)	16.61	16.54	16.16
PESO DEL AGUA	0.13	0.08	0.08
PESO DEL SUELO SECO	1.19	0.74	0.75
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.92%	10.81%	10.67%
LIMITE PLÁSTICO (LP)	10.80%		
INDICE PLÁSTICO (IP) = LL-LP	15.95%		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES
PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023"

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS -GEOMECAICA DE SUELOS Y CONCRETO

DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 Y MTC E 111 RESPECTIVAMENTE , NTP 339.129 SUELOS

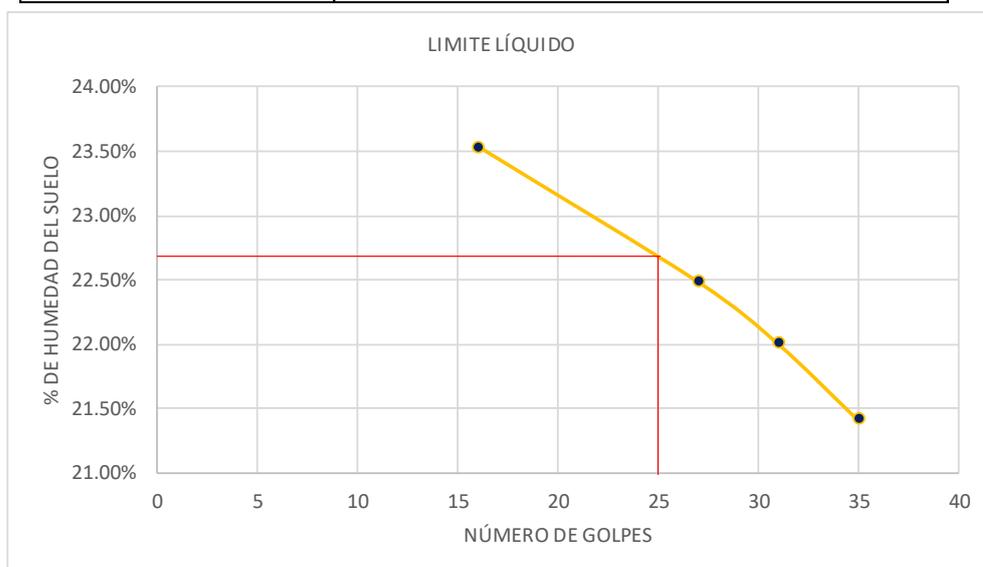
Lugar: Universidad San Antonio Abad del Cusco Distrito de Wanchaq

Profundidad : 7.00-9.00 m

Muestra : M-6

LIMITE LIQUIDO

CÁPSULA		R-30	R-31	R-32
Nro. DE GOLPES	16	27	31	35
PESO DE CÁPSULA	17.41	16.48	16.42	16.45
PESO TARA+SUELO HUMEDO (gr)	20.35	20.13	22.02	22.63
PESO TARA+MUESTRA SECA (gr)	19.79	19.46	21.01	21.54
PESO DEL AGUA	0.56	0.67	1.01	1.09
PESO DEL SUELO SECO	2.38	2.98	4.59	5.09
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	23.53%	22.48%	22.00%	21.41%
LIMITE LIQUIDO (LL)	22.70%			

LIMITE PLÁSTICO

Profundidad : 7.00-9.00 m

Muestra : M-6

CÁPSULA	R-33	R-34	R-35
PESO DE CÁPSULA	15.41	15.23	16.23
PESO TARA+SUELO HUMEDO (gr)	17.4	17.35	18.36
PESO TARA+MUESTRA SECA (gr)	17.20	17.13	18.14
PESO DEL AGUA	0.2	0.22	0.22
PESO DEL SUELO SECO	1.79	1.9	1.91
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	11.17%	11.58%	11.52%
LIMITE PLÁSTICO (LP)	11.42%		
INDICE PLÁSTICO (IP) = LL-LP	11.28%		

Anexo 11 Ensayo de granulometría



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS -GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

Lugar: Asociación de vivienda Suriwaylla Grande del Distrito de San Sebastián

Profundidad: 0.80-2.60m

SUCS: OL

Muestra M-3

Peso de la Muestra

Fraciones de Grava, Arena, Finos

Peso Total Seco (gr.)	205.7	% de Grava (Ret. Tamiz N°4)	0.00%
Peso Después de lavar (gr.)	57.5	% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200)	27.92%
Pérdida por Lavado (gr.)	148.2	% de Finos (Pasa Tamiz N° 200)	72.08%

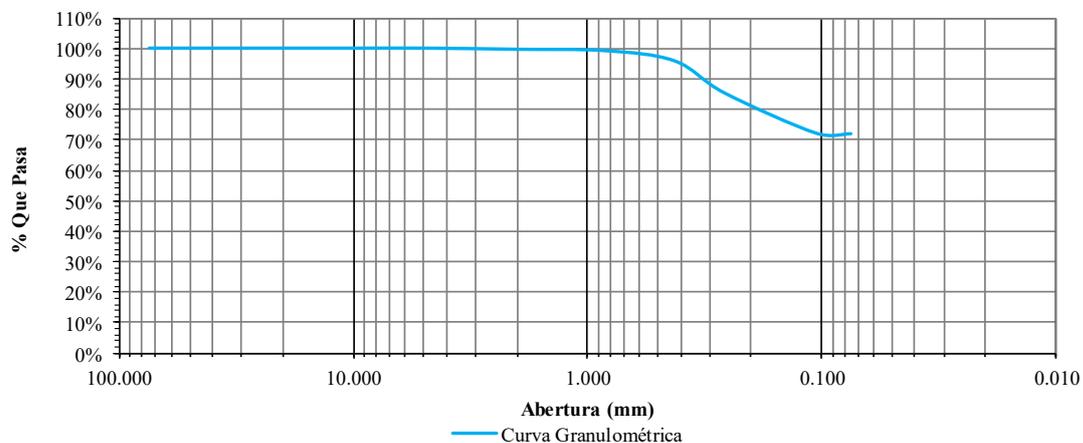
Datos Generales

Cálculo de Parametros Granulométricos

% de Gruesos	27.92%	D60 = NP	Cu = NP
% de Finos	72.08%	D30 = NP	Cc = NP
Total	100.00%	D10 = NP	

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	9.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N°4	4.760	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N°8	2.000	0.75	0.36%	0.36%	99.64%
N°16	0.840	0.93	0.45%	0.82%	99.18%
N°30	0.425	6.88	3.34%	4.16%	95.84%
N°50	0.260	21.54	10.47%	14.63%	85.37%
N°100	0.106	26.85	13.05%	27.69%	72.31%
N°200	0.075	0.49	0.24%	27.92%	72.08%
<N°200	Cazuela	0.02	0.01%	27.93%	-
Lavado	-	148.20	72.05%	99.98%	-
	Peso total		99.98%	Error	0.02%

CURVA GRANULOMÉTRICA





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS -GEOMECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

Lugar: Asociación de vivienda Suriwaylla Grande del Distrito de San Sebastián

Profundidad: 2.60-3.00 m SUCS SC

Muestra: M-4

Peso de la Muestra

Peso Total Seco (gr.) 358.23
 Peso Después de lavar (gr.) 207.63
 Pérdida por Lavado (gr.) 150.6

Fraciones de Grava, Arena, Finos

% de Grava (Ret. Tamiz N°4) 0.24%
 % de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200) 57.71%
 % de Finos (Pasa Tamiz N° 200) 42.05%

Datos Generales

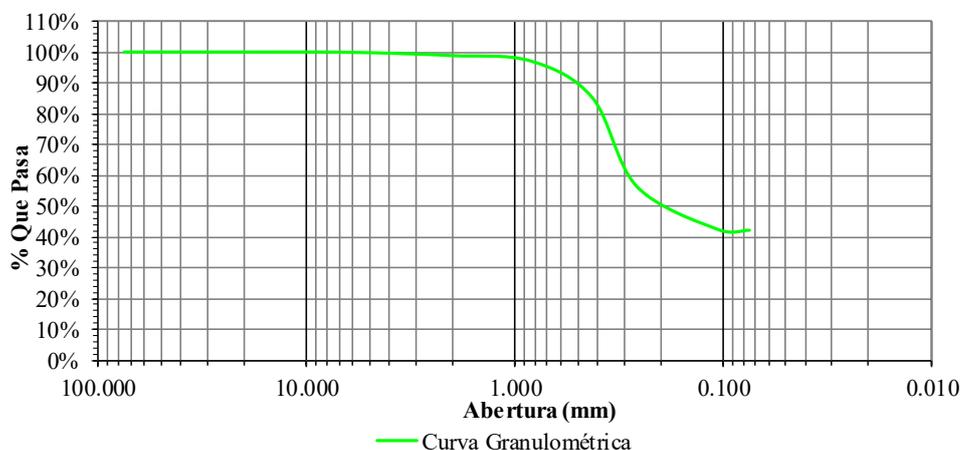
% de Gruesos 57.95%
 % de Finos 42.05%
 Total 100.00%

Cálculo de Parametros Granulométricos

D60 = NP Cu = NP
 D30 = NP Cc = NP
 D10 = NP

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	9.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N°4	4.760	0.86	0.24%	0.24%	99.76%
N°8	2.000	3.30	0.92%	1.16%	98.84%
N°16	0.840	6.27	1.75%	2.91%	97.09%
N°30	0.425	42.77	11.94%	14.85%	85.15%
N°50	0.260	103.45	28.88%	43.73%	56.27%
N°100	0.106	50.08	13.98%	57.71%	42.29%
N°200	0.075	0.85	0.24%	57.95%	42.05%
<N°200	Cazuela	0.00	0.00%	57.95%	-
Lavado	-	150.60	42.04%	99.99%	-
	Peso total	358.18	99.99%	Error	0.01%

CURVA GRANULOMÉTRICA





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS -GEOMECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

Lugar: Asociación de vivienda Suriwaylla Grande del Distrito de San Sebastián

Profundidad: 3.0-3.90 m SUCS OH

Muestra: M-5

Peso de la MuestraFracciones de Grava, Arena, Finos

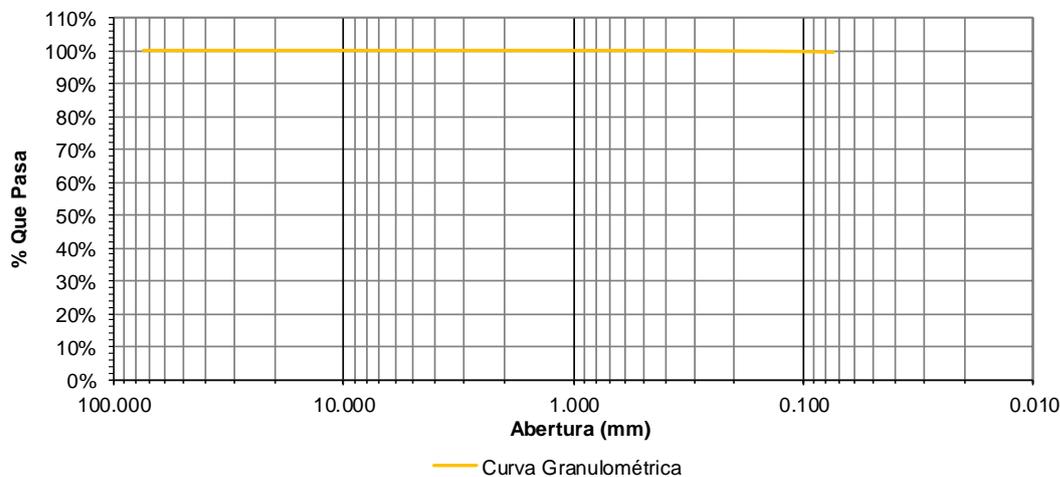
Peso Total Seco (gr.)	400.48	% de Grava (Ret. Tamiz N°4)	0.00%
Peso Después de lavar (gr.)	1.18	% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200)	0.29%
Pérdida por Lavado (gr.)	399.3	% de Finos (Pasa Tamiz N° 200)	99.71%

Datos GeneralesCálculo de Parametros Granulométricos

% de Gruesos	0.29%	D60 = NP	Cu = NP
% de Finos	99.71%	D30 = NP	Cc = NP
Total	100.00%	D10 = NP	

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	9.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N°4	4.760	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N°8	2.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N°16	0.840	0.01	0.00%	0.00%	100.00%
N°30	0.425	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N°50	0.260	0.18	0.04%	0.05%	99.95%
N°100	0.106	0.48	0.12%	0.17%	99.83%
N°200	0.075	0.48	0.12%	0.29%	99.71%
<N°200	Cazuela	0.00	0.00%	0.29%	-
Lavado	-	399.30	99.71%	99.99%	-
	Peso Total	400.45	99.99%	Error	0.01%

CURVA GRANULOMÉTRICA





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS -GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

Lugar: Asociación de vivienda Suriwaylla Grande del Distrito de San Sebastián

Profundidad: 5.80 -6.40m SUCS SC

Muestra: M-8

Peso de la Muestra

Peso Total Seco (gr.) 346.26
 Peso Después de lavar (gr.) 201.03
 Pérdida por Lavado (gr.) 145.23

Fraciones de Grava, Arena, Finos

% de Grava (Ret. Tamiz N°4) 0.19%
 % de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200) 57.86%
 % de Finos (Pasa Tamiz N° 200) 41.95%

Datos Generales

% de Gruesos 58.05%
 % de Finos 41.95%
 Total 100.00%

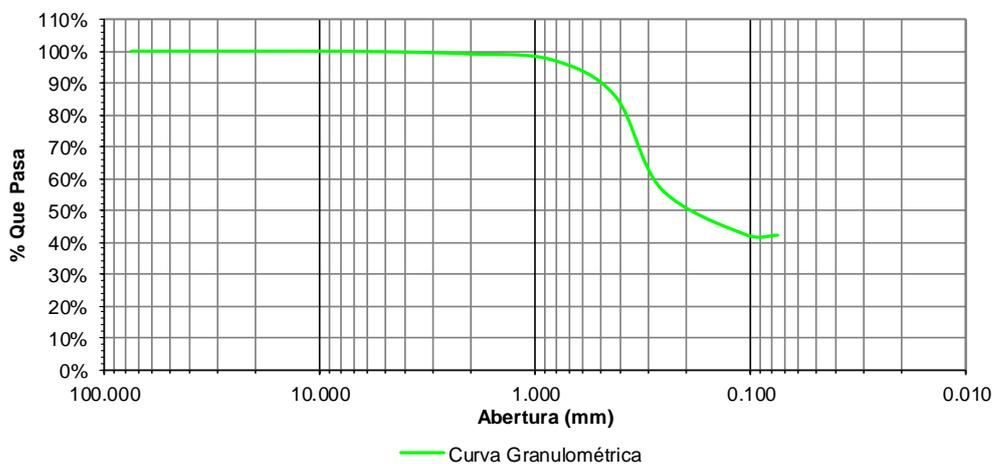
Cálculo de Parametros Granulométricos

D60 = NP Cu = NP
 D30 = NP Cc = NP
 D10 = NP

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	9.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N°4	4.760	0.66	0.19%	0.19%	99.81%
N°8	2.000	2.40	0.69%	0.88%	99.12%
N°16	0.840	6.24	1.80%	2.69%	97.31%
N°30	0.425	39.78	11.49%	14.17%	85.83%
N°50	0.260	101.25	29.24%	43.42%	56.58%
N°100	0.106	49.85	14.40%	57.81%	42.19%
N°200	0.075	0.81	0.23%	58.05%	41.95%
<N°200	Cazuela	0.00	0.00%	58.05%	-
Lavado		145.23	41.94%	99.99%	-
	Peso Total	346.22	99.99%	Error	0.01%

D60

CURVA GRANULOMÉTRICA



— Curva Granulométrica



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS -GEOMECAICA DE SUELOS Y CONCRETO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

Lugar: Asociación de vivienda Suriwaylla Grande del Distrito de San Sebastián

Profundidad: 6.40-6.9m SUCS GC

Muestra: M-9

Peso de la MuestraFracciones de Grava, Arena, Finos

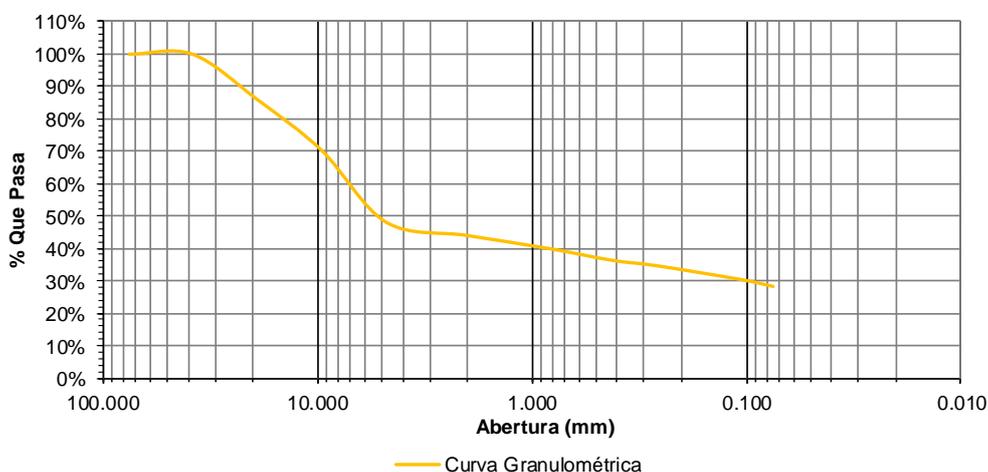
Peso Total Seco (gr.)	250.23	% de Grava (Ret. Tamiz N°4)	51.98%
Peso Después de lavar (gr.)	179.75	% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200)	19.82%
Pérdida por Lavado (gr.)	70.48	% de Finos (Pasa Tamiz N° 200)	28.21%

Datos GeneralesCalculo de Parametros Granulométricos

% de Gruesos	71.79%	D60 = NP	Cu = NP
% de Finos	28.21%	D30 = NP	Cc = NP
Total	100.00%	D10 = NP	

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.000	35.12	14.04%	14.04%	85.96%
3/8"	9.500	39.52	15.79%	29.83%	70.17%
N°4	4.760	55.42	22.15%	51.98%	48.02%
N°8	2.000	10.21	4.08%	56.06%	43.94%
N°16	0.840	9.94	3.97%	60.03%	39.97%
N°30	0.425	9.16	3.66%	63.69%	36.31%
N°50	0.260	4.37	1.75%	65.44%	34.56%
N°100	0.106	10.59	4.23%	69.67%	30.33%
N°200	0.075	5.32	2.13%	71.79%	28.21%
<N°200	Cazuela		0.00%	71.79%	-
Lavado		70.48	28.17%	99.96%	-
	Peso Total	250.13	99.96%	Error	0.04%

CURVA GRANULOMÉTRICA





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS -GEOMECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

Lugar: Asociación de vivienda Suriwaylla Grande del Distrito de San Sebastián

Profundidad: 6.90-8.90 m

Muestra: M-10

Peso de la Muestra

Peso Total Seco (gr.) 733.02
 Peso Después de lavar (gr.) 511.88
 Pérdida por Lavado (gr.) 221.14

Fraciones de Grava, Arena, Finos

% de Grava (Ret. Tamiz N°4) 30.77%
 % de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200) 39.05%
 % de Finos (Pasa Tamiz N° 200) 30.18%

Datos Generales

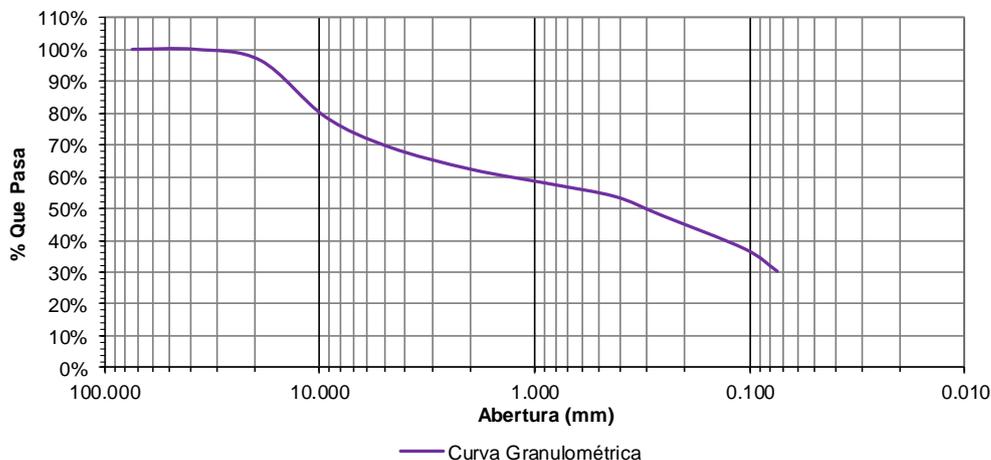
% de Gruesos 69.82%
 % de Finos 30.18%
 Total 100.00%

Calculo de Parametros Granulométricos

D60 = NP Cu = NP
 D30 = NP Cc = NP
 D10 = NP

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.000	25.53	3.48%	3.48%	96.52%
3/8"	9.500	129.91	17.72%	21.21%	78.79%
N°4	4.760	70.12	9.57%	30.77%	69.23%
N°8	2.000	50.90	6.94%	37.72%	62.28%
N°16	0.840	34.47	4.70%	42.42%	57.58%
N°30	0.425	28.70	3.92%	46.33%	53.67%
N°50	0.260	42.84	5.84%	52.18%	47.82%
N°100	0.106	77.96	10.64%	62.81%	37.19%
N°200	0.075	51.40	7.01%	69.82%	30.18%
<N°200	Cazuela		0.00%	69.82%	-
Lavado		221.14	30.17%	99.99%	-
		732.97	99.99%	Error	0.01%

CURVA GRANULOMÉTRICA





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

Lugar: Universidad San Antonio Abad del Cusco Distrito de Wanchaq

Profundidad: 1.10-2.30 m SUCS: CL

Muestra M-2

Peso de la Muestra

Peso Total Seco (gr.) 205.7
 Peso Después de lavar (gr.) 57.5
 Pérdida por Lavado (gr.) 148.2

Fracciones de Grava, Arena, Finos

% de Grava (Ret. Tamiz N°4) 0.00%
 % de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200) 27.92%
 % de Finos (Pasa Tamiz N° 200) 72.08%

Datos Generales

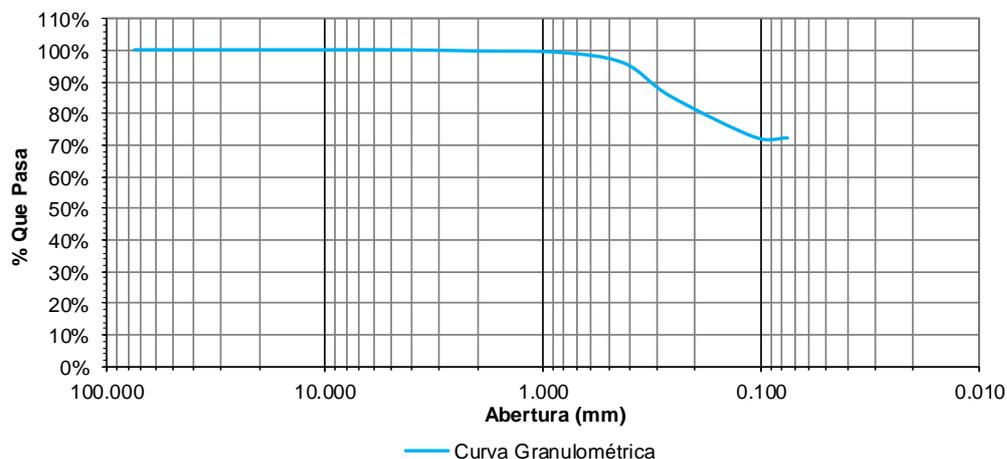
% de Gruesos 27.92%
 % de Finos 72.08%
 Total 100.00%

Cálculo de Parametros Granulométricos

D60 = NP Cu = NP
 D30 = NP Cc = NP
 D10 = NP

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	9.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N°4	4.760	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N°8	2.000	0.75	0.36%	0.36%	99.64%
N°16	0.840	0.93	0.45%	0.82%	99.18%
N°30	0.425	6.88	3.34%	4.16%	95.84%
N°50	0.260	21.54	10.47%	14.63%	85.37%
N°100	0.106	26.85	13.05%	27.69%	72.31%
N°200	0.075	0.49	0.24%	27.92%	72.08%
<N°200	Cazuela	0.02	0.01%	27.93%	-
Lavado	-	148.20	72.05%	99.98%	-
	Peso total		99.98%	Error	0.02%

CURVA GRANULOMÉTRICA





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS -GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

Lugar: Universidad San Antonio Abad del Cusco Distrito de Wanchaq

Profundidad: 2.30-3.70 m SUCS CL

Muestra: M-3

Peso de la Muestra

Peso Total Seco (gr.) 380.77
Peso Después de lavar (gr.) 46.8
Pérdida por Lavado (gr.) 333.97

Fraciones de Grava, Arena, Finos

% de Grava (Ret. Tamiz N°4) 0.19%
% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200) 11.98%
% de Finos (Pasa Tamiz N° 200) 87.83%

Datos Generales

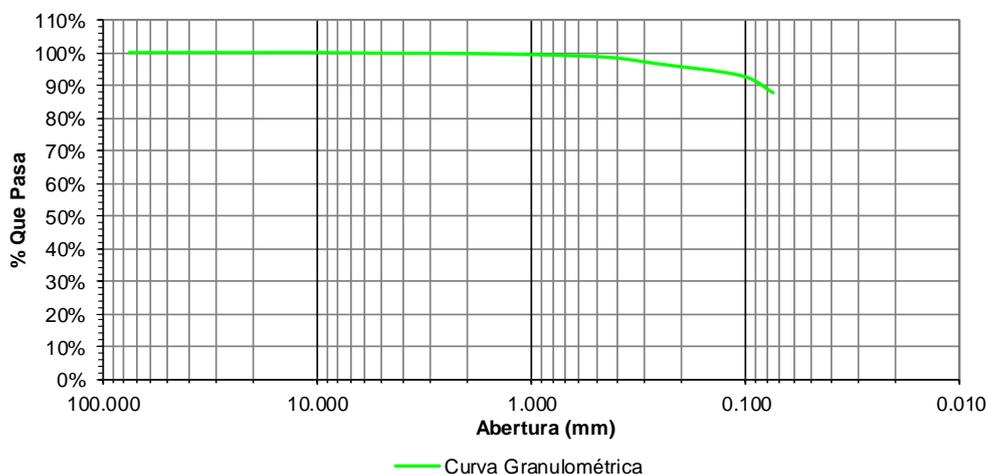
% de Gruesos 12.17%
% de Finos 87.83%
Total 100.00%

Cálculo de Parametros Granulométricos

D60 = NP Cu = NP
D30 = NP Cc = NP
D10 = NP

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	9.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N°4	4.760	0.72	0.19%	0.19%	99.81%
N°8	2.000	0.34	0.09%	0.28%	99.72%
N°16	0.840	1.68	0.44%	0.72%	99.28%
N°30	0.425	2.98	0.78%	1.50%	98.50%
N°50	0.260	7.12	1.87%	3.37%	96.63%
N°100	0.106	13.65	3.58%	6.96%	93.04%
N°200	0.075	19.86	5.22%	12.17%	87.83%
<N°200	Cazuela	0.18	0.05%	12.22%	-
Lavado	-	333.97	87.71%	99.93%	-
	Peso total	380.50	99.93%	Error	0.07%

CURVA GRANULOMÉTRICA





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS -GEOMECAICA DE SUELOS Y CONCRETO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

Lugar: Universidad San Antonio Abad del Cusco Distrito de Wanchaq

Profundidad: 3.70-5.30 SUCS CL

Muestra: M-4

Peso de la Muestra

Peso Total Seco (gr.) 430.01
Peso Después de lavar (gr.) 106.08
Pérdida por Lavado (gr.) 323.93

Fraciones de Grava, Arena, Finos

% de Grava (Ret. Tamiz N°4) 1.46%
% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200) 23.59%
% de Finos (Pasa Tamiz N° 200) 75.57%

Datos Generales

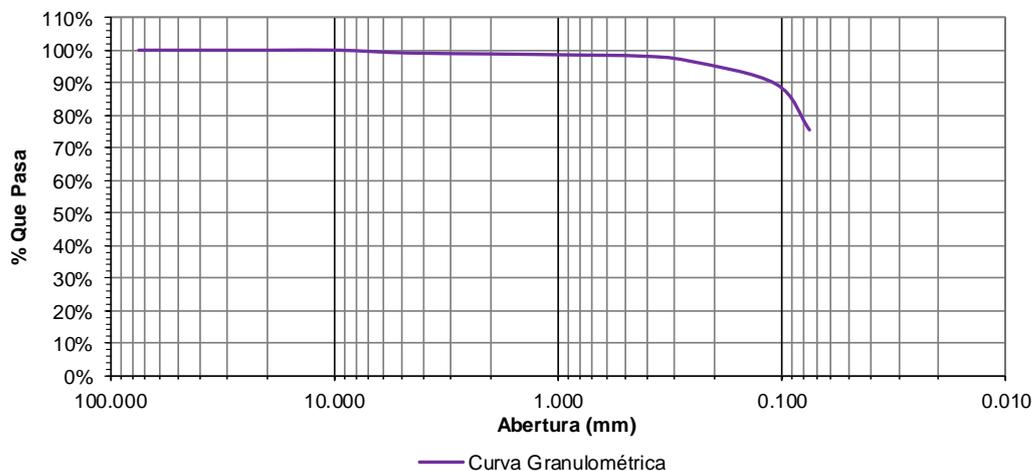
% de Gruesos 24.43%
% de Finos 75.57%
Total 100.00%

Cálculo de Parametros Granulométricos

D60 = NP Cu = NP
D30 = NP Cc = NP
D10 = NP

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	9.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N°4	4.760	3.59	0.83%	0.83%	99.17%
N°8	2.000	1.26	0.29%	1.13%	98.87%
N°16	0.840	1.41	0.33%	1.46%	98.54%
N°30	0.425	1.51	0.35%	1.81%	98.19%
N°50	0.260	6.33	1.47%	3.28%	96.72%
N°100	0.106	30.45	7.08%	10.36%	89.64%
N°200	0.075	60.50	14.07%	24.43%	75.57%
<N°200	Cazuela	1.00	0.23%	24.66%	-
Lavado	-	323.93	75.33%	99.99%	-
	Peso Total	429.98	99.99%	Error	0.01%

CURVA GRANULOMÉTRICA





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS -GEOMECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

Lugar: Universidad San Antonio Abad del Cusco Distrito de Wanchaq

Profundidad: 5.30-7.00 m SUCS CL

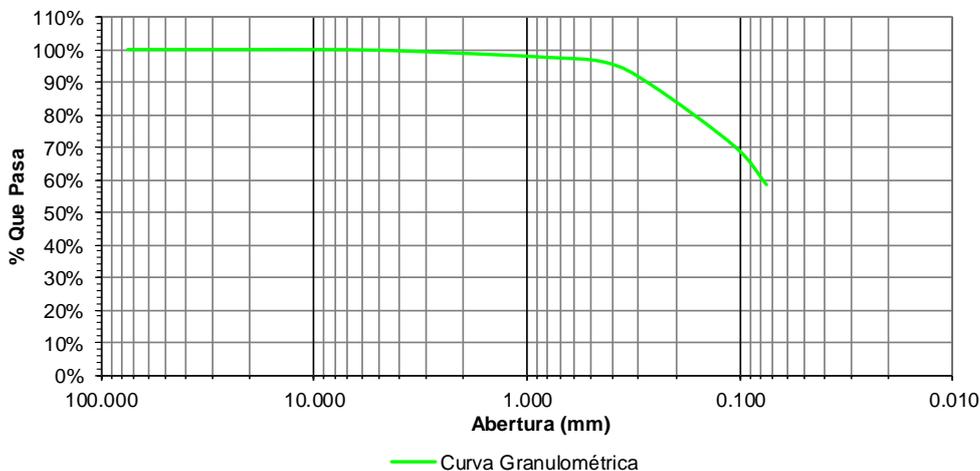
Muestra: M-5

<u>Peso de la Muestra</u>	<u>Fraciones de Grava, Arena,Finos</u>
Peso Total Seco (gr.) 463.55	% de Grava (Ret. Tamiz N°4) 0.22%
Peso Después de lavar (gr.) 195.13	% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200) 41.27%
Pérdida por Lavado (gr.) 268.42	% de Finos (Pasa Tamiz N° 200) 58.50%

<u>Datos Generales</u>	<u>Cálculo de Parametros Granulométricos</u>
% de Gruesos 41.50%	D60 = NP Cu = NP
% de Finos 58.50%	D30 = NP Cc = NP
Total 100.00%	D10 = NP

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	9.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N°4	4.760	1.04	0.22%	0.22%	99.78%
N°8	2.000	4.30	0.93%	1.15%	98.85%
N°16	0.840	5.46	1.18%	2.33%	97.67%
N°30	0.425	7.65	1.65%	3.98%	96.02%
N°50	0.260	32.13	6.93%	10.91%	89.09%
N°100	0.106	87.19	18.81%	29.72%	70.28%
N°200	0.075	54.60	11.78%	41.50%	58.50%
<N°200	Cazuela	2.68	0.58%	42.08%	-
Lavado		268.42	57.91%	99.98%	-
	Peso total	463.47	99.98%	Error	0.02%

CURVA GRANULOMÉTRICA





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

Lugar: Universidad San Antonio Abad del Cusco Distrito de Wanchaq

Profundidad: 7.00-9.00 SUCS CL

Muestra: M-6

Peso de la Muestra

Fraciones de Grava, Arena, Finos

Peso Total Seco (gr.)	307.54	% de Grava (Ret. Tamiz N°4)	1.11%
Peso Después de lavar (gr.)	146.34	% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200)	45.73%
Pérdida por Lavado (gr.)	161.2	% de Finos (Pasa Tamiz N° 200)	53.16%

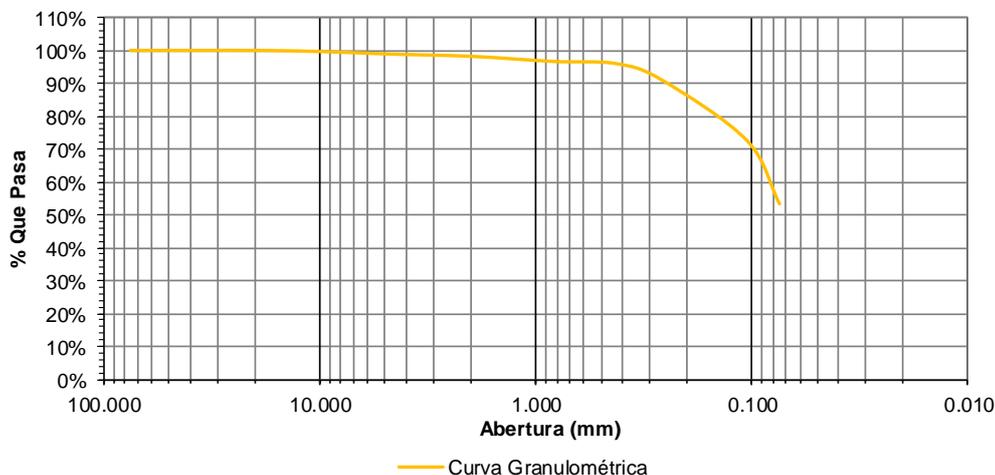
Datos Generales

Calculo de Parametros Granulométricos

% de Gruesos	46.84%	D60 = NP	Cu = NP
% de Finos	53.16%	D30 = NP	Cc = NP
Total	100.00%	D10 = NP	

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	9.500	1.15	0.37%	0.37%	99.63%
N°4	4.760	2.26	0.73%	1.11%	98.89%
N°8	2.000	2.15	0.70%	1.81%	98.19%
N°16	0.840	4.75	1.54%	3.35%	96.65%
N°30	0.425	2.12	0.69%	4.04%	95.96%
N°50	0.260	15.78	5.13%	9.17%	90.83%
N°100	0.106	56.48	18.37%	27.54%	72.46%
N°200	0.075	59.35	19.30%	46.84%	53.16%
<N°200	Cazuela	2.20	0.72%	47.55%	-
Lavado		161.20	52.42%	99.97%	-
	Peso Total	307.44	99.97%	Error	0.03%

CURVA GRANULOMÉTRICA



Anexo 12 Ensayo de corte directo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



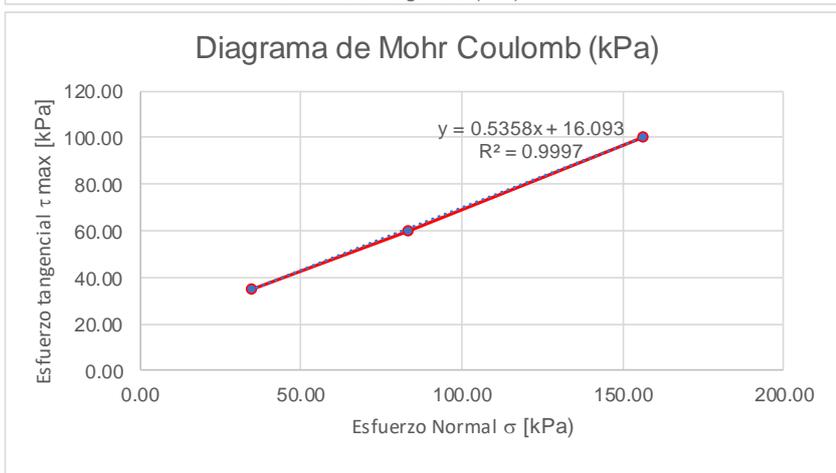
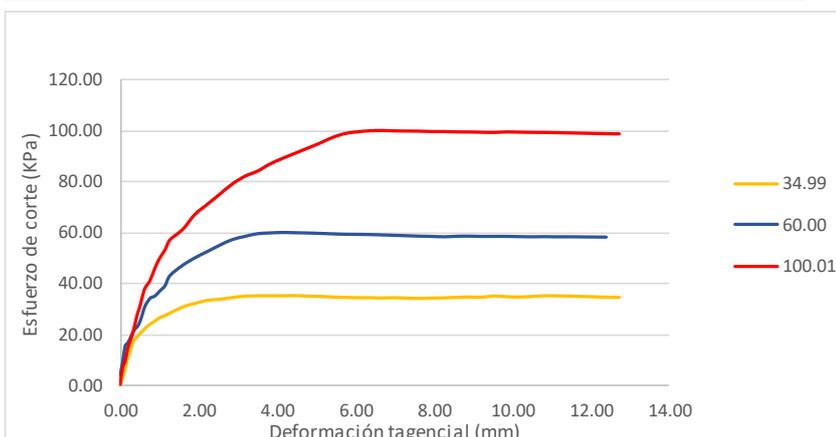
TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023"

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 123

Lugar: Asociación de vivienda Suriwaylla Grande del Distrito de San Sebastián

Muestra: M-3 Prof: 0.80-2.60 m

PARAMETROS DE MUESTRA	Item 1	Item 2	Item 3
Lado (cm)	6.35	6.35	6.35
Area (cm ²)	40.32	40.32	40.32
Masa M. húmeda (g)	152.42	152.42	152.42
Altura de la muestra (cm)	2.10	2.10	2.10
Volumen de la muestra (cm ³)	84.68	84.68	84.68
Densidad de la muestra húmeda (g/cm ³)	1.80	1.80	1.80
PARAMETROS DE ENSAYO	Item 1	Item 2	Item 3
Pesas en el brazo	1.00	3.00	6.00
Carga total en la muestra (kg)	4.20	4.20	4.20
Multiplo (5 / 10)	10.00	10.00	10.00
Esfuerzo Vertical (kpa)	34.54	83.18	156.14
Velocidad de desplazamiento (mm/min)	0.50	0.50	0.50



σ [kPa]	τ max [kPa]
34.54	34.99
83.18	60.00
156.14	100.01

Parametros de Resistencia	Pico (Máx)
Cohesión (kPa)	16.09
Ángulo de fricción ϕ (°)	28.18
Cohesion (kg/cm ²)	0.16



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023"



ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 123

Lugar: Asociación de vivienda Suriwaylla Grande del Distrito de San Sebastián

Muestra: M-3 Prof: 0.80-2.60 m

Def. Horizontal (%)	Def. Horizontal (mm)	Area corregida	Fuerza (N)			Esfuerzo Cortante (kPa)		
0	0.00	40.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	0.06	40.28	10.23	15.60	26.80	2.54	3.87	6.65
0.2	0.13	40.24	24.75	35.40	36.22	6.15	8.80	9.00
0.3	0.19	40.20	41.81	61.11	56.28	10.40	15.20	14.00
0.4	0.25	40.16	52.21	65.86	68.27	13.00	16.40	17.00
0.5	0.32	40.12	65.80	73.02	80.24	16.40	18.20	20.00
0.6	0.38	40.08	72.00	81.80	96.19	17.96	20.41	24.00
0.7	0.44	40.04	75.80	88.09	112.11	18.93	22.00	28.00
0.8	0.51	40.00	80.40	92.00	124.00	20.10	23.00	31.00
0.9	0.57	39.96	84.00	99.90	139.86	21.02	25.00	35.00
1	0.64	39.92	88.00	111.77	151.69	22.04	28.00	38.00
1.2	0.76	39.84	94.60	123.50	163.34	23.75	31.00	41.00
1.4	0.89	39.76	99.40	135.18	182.89	25.00	34.00	46.00
1.6	1.02	39.68	104.60	138.87	198.39	26.36	35.00	50.00
1.8	1.14	39.60	107.40	146.51	209.86	27.12	37.00	53.00
2	1.27	39.52	111.00	154.11	225.24	28.09	39.00	57.00
2.5	1.59	39.31	119.80	169.05	239.82	30.47	43.00	61.00
3	1.91	39.11	124.80	183.83	262.06	31.91	47.00	67.00
3.5	2.22	38.91	128.80	194.56	276.27	33.10	50.00	71.00
4	2.54	38.71	129.80	203.23	290.32	33.53	52.50	75.00
4.5	2.86	38.51	131.80	211.79	304.21	34.23	55.00	79.00
5	3.18	38.31	133.00	219.11	314.11	34.72	57.20	82.00
5.5	3.49	38.10	133.00	222.61	320.08	34.90	58.42	84.00
6	3.81	37.90	132.40	225.52	329.00	34.93	59.50	86.80
6.5	4.13	37.70	131.60	225.46	335.54	34.91	59.80	89.00
7	4.45	37.50	131.20	225.00	341.25	34.99	60.00	91.00
7.5	4.76	37.30	129.80	223.42	346.87	34.80	59.90	93.00
8	5.08	37.10	128.60	221.84	352.42	34.67	59.80	95.00
8.5	5.40	36.90	127.00	220.08	358.73	34.42	59.65	97.23
9	5.72	36.69	125.80	218.18	362.46	34.28	59.46	98.78
9.5	6.03	36.49	124.60	216.40	363.02	34.14	59.30	99.48
10	6.35	36.29	124.00	215.02	362.47	34.17	59.25	99.88
10.5	6.67	36.09	122.80	213.57	360.92	34.03	59.18	100.01
11	6.99	35.89	122.60	211.88	358.33	34.16	59.04	99.85
11.5	7.30	35.69	121.20	210.12	356.14	33.96	58.88	99.80
12	7.62	35.48	120.20	208.36	353.95	33.87	58.72	99.75
12.5	7.94	35.28	120.00	206.58	351.41	34.01	58.55	99.60
13	8.26	35.08	119.60	205.05	349.37	34.09	58.45	99.59
13.5	8.57	34.88	119.60	203.34	346.87	34.29	58.30	99.45
14	8.89	34.68	119.40	202.86	344.76	34.43	58.50	99.42
14.5	9.21	34.48	118.40	201.86	342.41	34.34	58.55	99.32
15	9.53	34.27	119.40	200.33	340.17	34.84	58.45	99.25
15.5	9.84	34.07	117.60	199.19	338.85	34.51	58.46	99.45
16	10.16	33.87	116.60	198.01	336.51	34.42	58.46	99.35
16.5	10.48	33.67	116.60	196.49	334.27	34.63	58.36	99.28
17	10.80	33.47	116.80	195.12	332.17	34.90	58.30	99.25
17.5	11.11	33.27	116.00	194.11	329.83	34.87	58.35	99.15
18	11.43	33.06	115.00	192.73	327.50	34.78	58.29	99.05
18.5	11.75	32.86	113.84	191.59	325.18	34.64	58.30	98.95
19	12.07	32.66	112.65	190.25	322.82	34.49	58.25	98.84
19.5	12.38	32.46	111.50	188.95	320.51	34.35	58.21	98.74
20	12.70	32.26	110.58	187.64	318.35	34.28	58.17	98.69



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023"



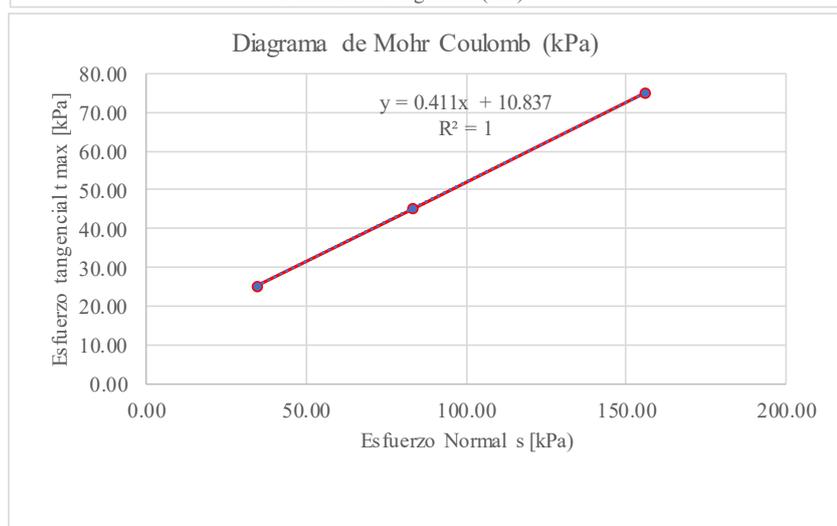
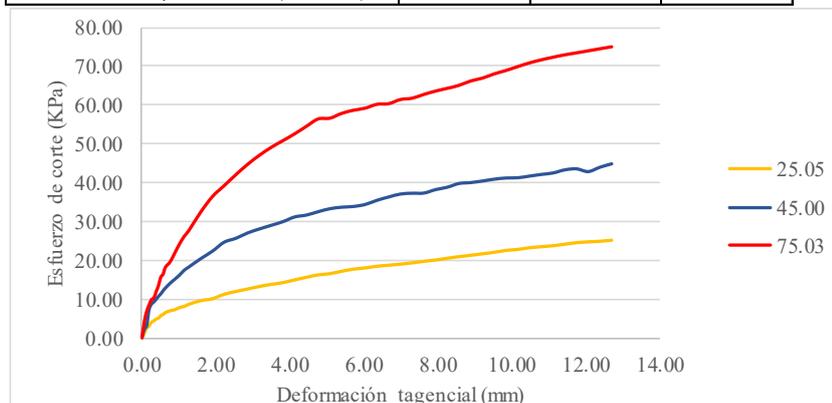
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 123

Lugar: Asociación de vivienda Suriwaylla Grande del Distrito de San Sebastián

Muestra: M-6 Prof: 3.90-5.30 m

PARAMETROS DE MUESTRA	Item 1	Item 2	Item 3
Lado (cm)	6.35	6.35	6.35
Area (cm ²)	40.32	40.32	40.32
Masa M. húmeda (g)	113.47	113.47	113.47
Altura de la muestra (cm)	2.10	2.10	2.10
Volumen de la muestra (cm ³)	84.68	84.68	84.68
Densidad de la muestra húmeda (g/cm ³)	1.34	1.34	1.34
PARAMETROS DE ENSAYO	Item 1	Item 2	Item 3
Pesas en el brazo	1.00	3.00	6.00
Carga total en la muestra (kg)	4.20	4.20	4.20
Multiplo (5 / 10)	10.00	10.00	10.00
Esfuerzo Vertical (kpa)	34.54	83.18	156.14
Velocidad de desplazamiento (mm/min)	0.50	0.50	0.50



σ [kPa]	τ max [kPa]
34.54	25.05
83.18	45.00
156.14	75.03

Parametros de Resistencia	Pico (Máx)
Cohesión (kPa)	10.80
Ángulo de fricción ϕ (°)	22.34
Cohesion (kg/cm ²)	0.11



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023"



ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 123

Lugar: Asociación de vivienda Suriwaylla Grande del Distrito de San Sebastián

Muestra: M-6 Prof: 3.90-5.30 m

Def. Horizontal (%)	Area corregida (mm)	Area corregida	Fuerza (N)			Esfuerzo Cortante (kPa)		
0	0.00	40.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	0.06	40.28	4.40	8.80	16.80	1.09	2.18	4.17
0.2	0.13	40.24	10.00	12.60	27.40	2.48	3.13	6.81
0.3	0.19	40.20	12.20	29.20	33.80	3.03	7.26	8.41
0.4	0.25	40.16	15.80	34.80	39.40	3.93	8.67	9.81
0.5	0.32	40.12	17.40	37.00	40.80	4.34	9.22	10.17
0.6	0.38	40.08	19.20	39.80	47.60	4.79	9.93	11.88
0.7	0.44	40.04	20.20	42.80	53.60	5.04	10.69	13.39
0.8	0.51	40.00	22.60	45.40	62.40	5.65	11.35	15.60
0.9	0.57	39.96	24.00	48.60	65.60	6.01	12.16	16.42
1	0.64	39.92	25.80	51.40	72.60	6.46	12.88	18.19
1.2	0.76	39.84	27.60	56.20	78.00	6.93	14.11	19.58
1.4	0.89	39.76	28.60	60.20	87.00	7.19	15.14	21.88
1.6	1.02	39.68	30.80	64.40	96.00	7.76	16.23	24.20
1.8	1.14	39.60	31.80	69.20	103.60	8.03	17.48	26.16
2	1.27	39.52	34.00	72.40	109.40	8.60	18.32	27.68
2.5	1.59	39.31	37.40	80.40	127.40	9.51	20.45	32.41
3	1.91	39.11	39.20	87.60	142.40	10.02	22.40	36.41
3.5	2.22	38.91	43.40	96.20	152.60	11.15	24.72	39.22
4	2.54	38.71	46.00	99.60	162.80	11.88	25.73	42.06
4.5	2.86	38.51	48.20	104.40	172.20	12.52	27.11	44.72
5	3.18	38.31	50.40	107.80	180.20	13.16	28.14	47.04
5.5	3.49	38.10	52.20	110.80	187.00	13.70	29.08	49.08
6	3.81	37.90	53.60	113.80	192.60	14.14	30.02	50.81
6.5	4.13	37.70	56.00	117.80	198.20	14.85	31.25	52.57
7	4.45	37.50	58.20	119.00	204.40	15.52	31.73	54.51
7.5	4.76	37.30	60.20	121.60	210.40	16.14	32.60	56.41
8	5.08	37.10	61.00	123.80	210.00	16.44	33.37	56.61
8.5	5.40	36.90	63.00	124.60	213.40	17.08	33.77	57.84
9	5.72	36.69	64.60	124.60	215.20	17.61	33.96	58.65
9.5	6.03	36.49	65.40	125.80	216.00	17.92	34.47	59.19
10	6.35	36.29	66.60	129.00	218.40	18.35	35.55	60.18
10.5	6.67	36.09	67.20	131.40	217.80	18.62	36.41	60.35
11	6.99	35.89	67.80	133.40	220.40	18.89	37.17	61.41
11.5	7.30	35.69	68.60	133.40	220.40	19.22	37.38	61.76
12	7.62	35.48	69.60	132.80	222.60	19.61	37.43	62.73
12.5	7.94	35.28	70.40	135.20	224.40	19.95	38.32	63.60
13	8.26	35.08	71.60	136.60	225.60	20.41	38.94	64.31
13.5	8.57	34.88	72.60	139.20	227.00	20.81	39.91	65.08
14	8.89	34.68	73.40	139.20	229.60	21.17	40.14	66.21
14.5	9.21	34.48	74.30	139.80	230.80	21.55	40.55	66.95
15	9.53	34.27	75.20	140.60	233.20	21.94	41.02	68.04
15.5	9.84	34.07	76.40	140.80	234.80	22.42	41.32	68.91
16	10.16	33.87	76.80	140.20	236.80	22.67	41.39	69.91
16.5	10.48	33.67	77.80	140.80	238.60	23.11	41.82	70.87
17	10.80	33.47	78.20	141.40	239.80	23.37	42.25	71.65
17.5	11.11	33.27	78.60	141.80	240.60	23.63	42.63	72.33
18	11.43	33.06	79.40	143.60	241.20	24.01	43.43	72.95
18.5	11.75	32.86	80.20	143.60	241.40	24.40	43.70	73.46
19	12.07	32.66	80.40	140.40	241.63	24.62	42.99	73.98
19.5	12.38	32.46	80.40	143.20	241.85	24.77	44.12	74.51
20	12.70	32.26	80.80	145.16	242.02	25.05	45.00	75.03



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023"

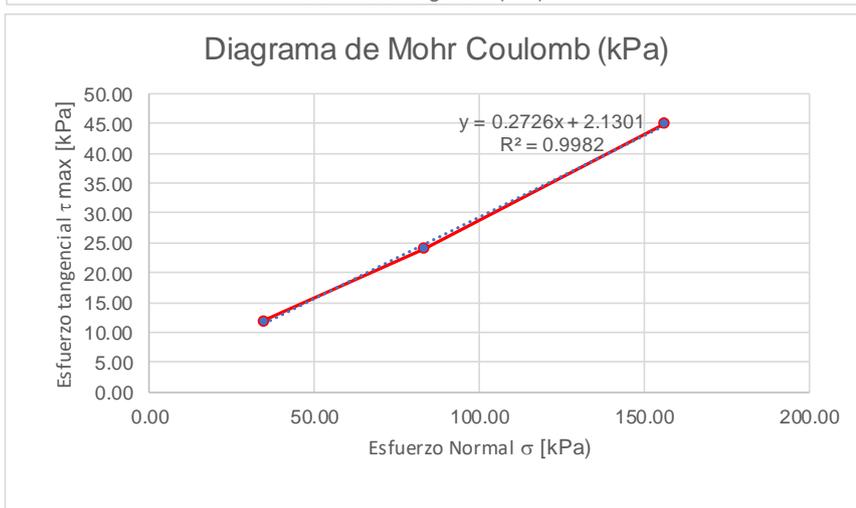
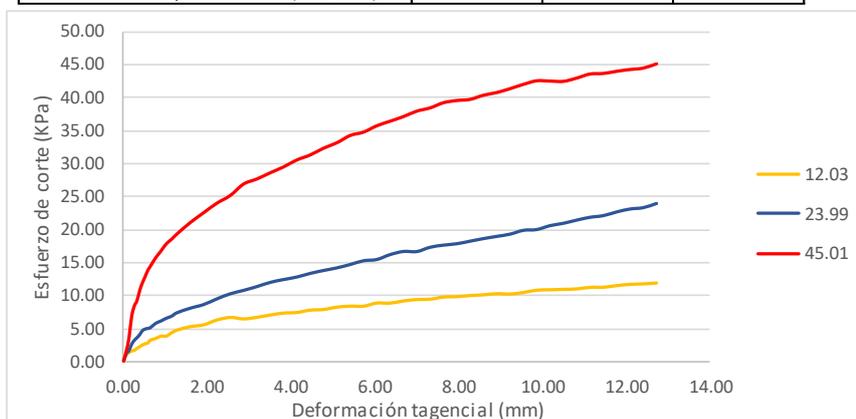


ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 123

Lugar: Asociación de vivienda Suriwaylla Grande del Distrito de San Sebastián

Muestra: M-7 Prof: 5.30-5.80 m

PARAMETROS DE MUESTRA	Item 1	Item 2	Item 3
Lado (cm)	6.35	6.35	6.35
Area (cm ²)	40.32	40.32	40.32
Masa M. húmeda (g)	133.79	133.79	133.79
Altura de la muestra (cm)	2.10	2.10	2.10
Volumen de la muestra (cm ³)	84.68	84.68	84.68
Densidad de la muestra húmeda (g/cm ³)	1.58	1.58	1.58
PARAMETROS DE ENSAYO	Item 1	Item 2	Item 3
Pesas en el brazo	1.00	3.00	6.00
Carga total en la muestra (kg)	4.20	4.20	4.20
Multiplo (5 / 10)	10.00	10.00	10.00
Esfuerzo Vertical (kpa)	34.54	83.18	156.14
Velocidad de desplazamiento (mm/min)	0.50	0.50	0.50



σ [kPa]	τ_{max} [kPa]
34.54	12.03
83.18	23.99
156.14	45.01

Parametros de Resistencia	Pico (Máx)
Cohesión (kPa)	2.13
Ángulo de fricción ϕ (°)	15.25
Cohesion (kg/cm ²)	0.02



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023"



ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 123

Lugar: Asociación de vivienda Suriwaylla Grande del Distrito de San Sebastián
Muestra: M-7 Prof: 5.30-5.80 m

Def. Horizontal (%)	Def. Horizontal (mm)	Area corregida	Fuerza (N)			Esfuerzo Cortante (kPa)		
0	0.00	40.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	0.06	40.28	4.00	4.43	6.04	0.99	1.10	1.50
0.2	0.13	40.24	5.20	6.40	14.00	1.29	1.59	3.48
0.3	0.19	40.20	6.20	10.20	27.00	1.54	2.54	6.72
0.4	0.25	40.16	6.60	12.60	33.40	1.64	3.14	8.32
0.5	0.32	40.12	7.80	14.20	36.60	1.94	3.54	9.12
0.6	0.38	40.08	8.80	16.00	42.60	2.20	3.99	10.63
0.7	0.44	40.04	9.80	18.40	47.20	2.45	4.60	11.79
0.8	0.51	40.00	10.60	19.40	50.80	2.65	4.85	12.70
0.9	0.57	39.96	11.00	19.80	54.60	2.75	4.96	13.66
1	0.64	39.92	12.80	20.20	57.20	3.21	5.06	14.33
1.2	0.76	39.84	13.80	22.80	62.20	3.46	5.72	15.61
1.4	0.89	39.76	15.20	24.20	66.20	3.82	6.09	16.65
1.6	1.02	39.68	15.20	25.80	70.40	3.83	6.50	17.74
1.8	1.14	39.60	17.20	27.00	73.00	4.34	6.82	18.44
2	1.27	39.52	18.80	29.00	76.00	4.76	7.34	19.23
2.5	1.59	39.31	20.80	31.60	82.40	5.29	8.04	20.96
3	1.91	39.11	21.80	33.60	87.80	5.57	8.59	22.45
3.5	2.22	38.91	24.60	36.80	93.00	6.32	9.46	23.90
4	2.54	38.71	26.00	39.60	97.00	6.72	10.23	25.06
4.5	2.86	38.51	25.00	41.40	103.20	6.49	10.75	26.80
5	3.18	38.31	25.80	43.40	105.60	6.74	11.33	27.57
5.5	3.49	38.10	27.00	45.60	108.60	7.09	11.97	28.50
6	3.81	37.90	28.00	47.00	111.40	7.39	12.40	29.39
6.5	4.13	37.70	28.20	48.20	114.80	7.48	12.78	30.45
7	4.45	37.50	29.40	50.00	117.00	7.84	13.33	31.20
7.5	4.76	37.30	29.60	51.40	120.20	7.94	13.78	32.23
8	5.08	37.10	30.80	52.60	122.60	8.30	14.18	33.05
8.5	5.40	36.90	31.20	54.20	126.00	8.46	14.69	34.15
9	5.72	36.69	31.00	56.00	127.20	8.45	15.26	34.67
9.5	6.03	36.49	32.60	56.40	130.00	8.93	15.46	35.62
10	6.35	36.29	32.40	58.80	131.80	8.93	16.20	36.32
10.5	6.67	36.09	33.40	60.20	133.60	9.25	16.68	37.02
11	6.99	35.89	34.00	59.80	135.80	9.47	16.66	37.84
11.5	7.30	35.69	34.00	61.80	136.80	9.53	17.32	38.33
12	7.62	35.48	35.00	62.60	138.80	9.86	17.64	39.12
12.5	7.94	35.28	35.00	63.00	139.20	9.92	17.86	39.45
13	8.26	35.08	35.40	64.00	139.00	10.09	18.24	39.62
13.5	8.57	34.88	35.60	65.00	140.40	10.21	18.64	40.25
14	8.89	34.68	36.00	65.80	141.00	10.38	18.97	40.66
14.5	9.21	34.48	35.60	66.60	142.20	10.33	19.32	41.25
15	9.53	34.27	36.20	68.20	143.60	10.56	19.90	41.90
15.5	9.84	34.07	37.20	68.20	144.60	10.92	20.02	42.44
16	10.16	33.87	37.20	69.80	143.60	10.98	20.61	42.40
16.5	10.48	33.67	37.20	70.60	142.60	11.05	20.97	42.35
17	10.80	33.47	37.20	71.80	143.40	11.12	21.45	42.85
17.5	11.11	33.27	37.80	72.80	144.60	11.36	21.88	43.47
18	11.43	33.06	37.60	73.20	144.00	11.37	22.14	43.55
18.5	11.75	32.86	38.20	74.60	144.20	11.62	22.70	43.88
19	12.07	32.66	38.60	75.60	144.20	11.82	23.15	44.15
19.5	12.38	32.46	38.60	75.80	144.00	11.89	23.35	44.36
20	12.70	32.26	38.80	77.40	145.20	12.03	23.99	45.01



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023"

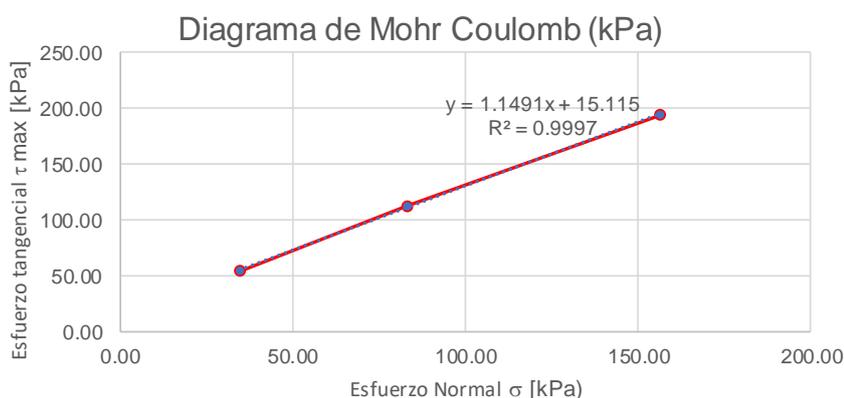
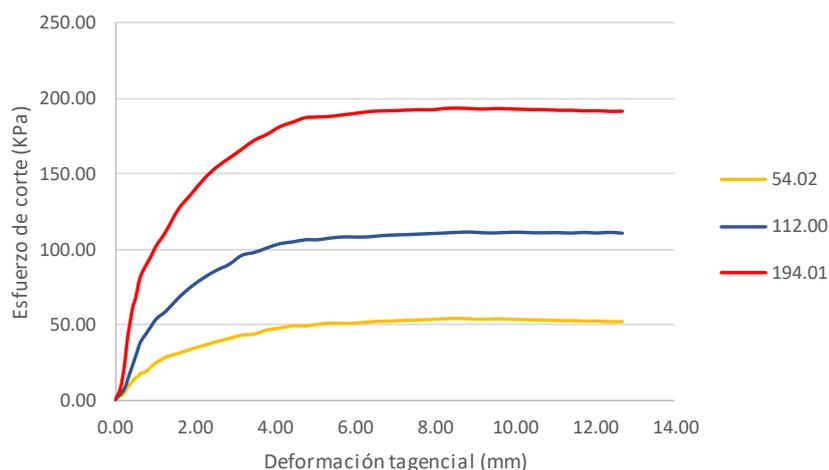


ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 123

Lugar: Asociación de vivienda Suriwaylla Grande del Distrito de San Sebastián

Muestra: M-9 Prof: 6.40-6.90 m

PARAMETROS DE MUESTRA	Item 1	Item 2	Item 3
Lado (cm)	6.35	6.35	6.35
Area (cm ²)	40.32	40.32	40.32
Masa M. húmeda (g)	177.83	177.83	177.83
Altura de la muestra (cm)	2.10	2.10	2.10
Volumen de la muestra (cm ³)	84.68	84.68	84.68
Densidad de la muestra húmeda (g/cm ³)	2.10	2.10	2.10
PARAMETROS DE ENSAYO	Item 1	Item 2	Item 3
Pesas en el brazo	1.00	3.00	6.00
Carga total en la muestra (kg)	4.20	4.20	4.20
Multiplo (5 / 10)	10.00	10.00	10.00
Esfuerzo Vertical (kpa)	34.54	83.18	156.14
Velocidad de desplazamiento (mm/min)	0.50	0.50	0.50



σ [kPa]	τ_{max} [kPa]
34.54	54.02
83.18	112.00
156.14	194.01

Parametros de Resistencia	Pico (Máx)
Cohesión (kPa)	15.10
Ángulo de fricción ϕ (°)	48.97
Cohesion (kg/cm ²)	0.15



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023"



ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 123

Lugar: Asociación de vivienda Suriwaylla Grande del Distrito de San Sebastián

Muestra: M-9 Prof: 6.40-6.90 m

Def. Horizontal (%)	Def. Horizontal (mm)	Area corregida	Fuerza (N)			Esfuerzo Cortante (kPa)		
0	0.00	40.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	0.06	40.28	7.21	7.40	11.64	1.79	1.84	2.89
0.2	0.13	40.24	10.22	14.20	27.70	2.54	3.53	6.88
0.3	0.19	40.20	13.67	22.20	59.90	3.40	5.52	14.90
0.4	0.25	40.16	22.40	34.20	107.90	5.58	8.52	26.87
0.5	0.32	40.12	34.20	54.20	168.10	8.52	13.51	41.90
0.6	0.38	40.08	42.00	74.40	207.90	10.48	18.56	51.87
0.7	0.44	40.04	50.00	94.00	247.70	12.49	23.48	61.86
0.8	0.51	40.00	58.00	114.00	267.50	14.50	28.50	66.88
0.9	0.57	39.96	61.80	133.80	299.10	15.47	33.48	74.85
1	0.64	39.92	69.80	153.60	326.90	17.49	38.48	81.89
1.2	0.76	39.84	73.60	173.40	354.10	18.47	43.53	88.88
1.4	0.89	39.76	85.40	192.80	377.10	21.48	48.49	94.85
1.6	1.02	39.68	97.20	212.20	403.90	24.50	53.48	101.80
1.8	1.14	39.60	104.20	223.60	422.70	26.32	56.47	106.75
2	1.27	39.52	112.40	233.20	441.90	28.44	59.01	111.83
2.5	1.59	39.31	121.20	267.40	498.50	30.83	68.02	126.80
3	1.91	39.11	131.60	295.20	535.10	33.65	75.47	136.81
3.5	2.22	38.91	140.40	317.00	571.10	36.08	81.47	146.77
4	2.54	38.71	149.40	334.60	599.10	38.60	86.44	154.77
4.5	2.86	38.51	157.00	348.20	618.90	40.77	90.42	160.72
5	3.18	38.31	164.40	369.40	638.70	42.92	96.43	166.73
5.5	3.49	38.10	166.40	375.00	658.10	43.67	98.41	172.71
6	3.81	37.90	175.80	384.40	669.70	46.38	101.42	176.69
6.5	4.13	37.70	179.40	392.80	684.90	47.58	104.19	181.66
7	4.45	37.50	183.80	395.20	692.50	49.01	105.39	184.67
7.5	4.76	37.30	183.00	398.40	699.90	49.06	106.81	187.65
8	5.08	37.10	185.80	396.40	697.90	50.09	106.86	188.13
8.5	5.40	36.90	187.80	398.40	695.70	50.90	107.98	188.56
9	5.72	36.69	186.20	399.00	695.70	50.74	108.74	189.60
9.5	6.03	36.49	185.80	396.40	695.50	50.92	108.63	190.59
10	6.35	36.29	187.60	394.80	695.70	51.69	108.79	191.70
10.5	6.67	36.09	188.20	395.40	693.50	52.15	109.56	192.17
11	6.99	35.89	187.80	394.80	690.30	52.33	110.01	192.35
11.5	7.30	35.69	188.20	393.40	687.70	52.74	110.24	192.71
12	7.62	35.48	188.20	392.60	684.90	53.04	110.64	193.02
12.5	7.94	35.28	188.40	391.60	680.70	53.40	110.99	192.93
13	8.26	35.08	188.80	390.60	679.90	53.82	111.34	193.81
13.5	8.57	34.88	188.40	389.80	676.70	54.02	111.76	194.01
14	8.89	34.68	186.40	388.40	671.90	53.75	112.00	193.76
14.5	9.21	34.48	184.20	384.40	666.70	53.43	111.50	193.38
15	9.53	34.27	184.20	381.80	664.10	53.74	111.40	193.76
15.5	9.84	34.07	182.40	380.80	659.50	53.53	111.76	193.56
16	10.16	33.87	180.40	378.80	654.70	53.26	111.84	193.29
16.5	10.48	33.67	178.60	375.40	650.10	53.05	111.50	193.08
17	10.80	33.47	177.20	373.20	645.90	52.95	111.51	192.99
17.5	11.11	33.27	174.80	371.20	640.70	52.55	111.59	192.60
18	11.43	33.06	173.80	368.00	636.90	52.56	111.30	192.62
18.5	11.75	32.86	171.60	367.20	631.70	52.22	111.74	192.22
19	12.07	32.66	170.80	363.60	628.10	52.29	111.32	192.31
19.5	12.38	32.46	168.40	362.80	622.90	51.88	111.77	191.90
20	12.70	32.26	167.60	358.80	619.30	51.96	111.23	191.98



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023"



ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 123

Lugar: Asociación de vivienda Suriwaylla Grande del Distrito de San Sebastián

Muestra: M-10 Prof: 6.90-9.00 m

PARAMETROS DE MUESTRA	Item 1	Item 2	Item 3
Lado (cm)	6.35	6.35	6.35
Area (cm ²)	40.32	40.32	40.32
Masa M. húmeda (g)	154.12	154.12	154.12
Altura de la muestra (cm)	2.10	2.10	2.10
Volumen de la muestra (cm ³)	84.68	84.68	84.68
Densidad de la muestra húmeda (g/cm ³)	1.82	1.82	1.82
PARAMETROS DE ENSAYO	Item 1	Item 2	Item 3
Pesas en el brazo	1.00	3.00	6.00
Carga total en la muestra (kg)	4.20	4.20	4.20
Multiplo (5 / 10)	10.00	10.00	10.00
Esfuerzo Vertical (kpa)	34.54	83.18	156.14
Velocidad de desplazamiento (mm/min)	0.50	0.50	0.50

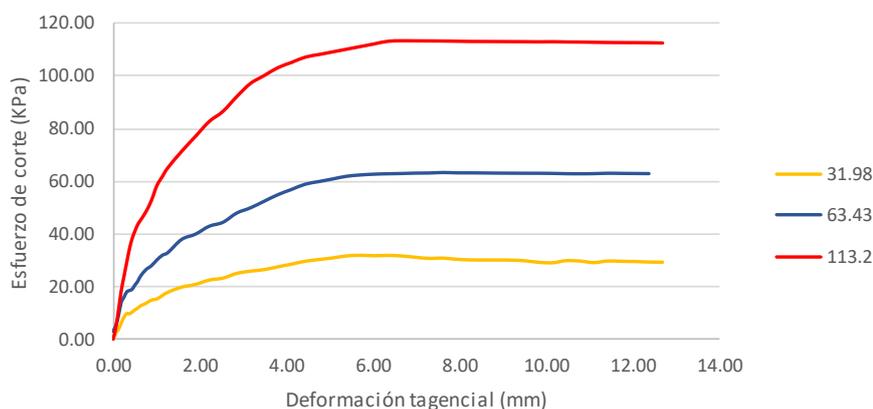
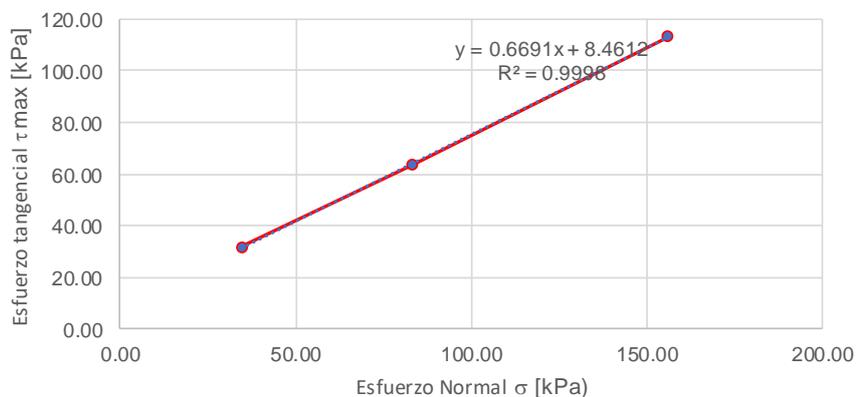


Diagrama de Mohr Coulomb (kPa)



σ [kPa]	τ_{max} [kPa]
34.54	31.98
83.18	63.43
156.14	113.20

Parametros de Resistencia	Pico (Máx)
Cohesión (kPa)	8.46
Ángulo de fricción ϕ (°)	33.79
Cohesion (kg/cm ²)	0.08



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023"



ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 123

Lugar: Asociación de vivienda Suriwaylla Grande del Distrito de San Sebastián

Muestra: M-10 Prof: 6.90-9.00 m

Def. Horizontal (%)	Def. Horizontal (mm)	Area corregida	Fuerza (N)			Esfuerzo Cortante (kPa)		
0	0.00	40.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	0.06	40.28	10.00	12.40	16.80	2.48	3.08	4.17
0.2	0.13	40.24	15.40	20.40	44.40	3.83	5.07	11.03
0.3	0.19	40.20	25.20	35.60	73.80	6.27	8.86	18.36
0.4	0.25	40.16	34.13	56.23	95.80	8.50	14.00	23.85
0.5	0.32	40.12	39.73	64.19	117.00	9.90	16.00	29.16
0.6	0.38	40.08	39.53	72.20	137.60	9.86	18.01	34.33
0.7	0.44	40.04	41.93	74.40	153.40	10.47	18.58	38.31
0.8	0.51	40.00	45.33	76.20	164.40	11.33	19.05	41.10
0.9	0.57	39.96	47.73	82.60	174.00	11.94	20.67	43.54
1	0.64	39.92	51.13	87.82	180.40	12.81	22.00	45.19
1.2	0.76	39.84	54.93	95.61	193.00	13.79	24.00	48.45
1.4	0.89	39.76	59.73	105.36	209.60	15.02	26.50	52.72
1.6	1.02	39.68	61.33	111.10	231.60	15.46	28.00	58.37
1.8	1.14	39.60	66.33	119.58	244.80	16.75	30.20	61.82
2	1.27	39.52	71.13	126.45	257.40	18.00	32.00	65.14
2.5	1.59	39.31	78.33	129.74	280.40	19.92	33.00	71.32
3	1.91	39.11	81.93	148.63	301.00	20.95	38.00	76.96
3.5	2.22	38.91	87.93	155.64	321.40	22.60	40.00	82.60
4	2.54	38.71	90.33	166.45	334.60	23.34	43.00	86.44
4.5	2.86	38.51	96.73	171.36	354.27	25.12	44.50	92.00
5	3.18	38.31	99.53	183.87	371.57	25.98	48.00	97.00
5.5	3.49	38.10	101.13	190.52	381.05	26.54	50.00	100.00
6	3.81	37.90	104.73	198.99	390.40	27.63	52.50	103.00
6.5	4.13	37.70	107.93	207.36	395.87	28.63	55.00	105.00
7	4.45	37.50	111.53	213.75	401.25	29.74	57.00	107.00
7.5	4.76	37.30	113.33	220.06	402.82	30.38	59.00	108.00
8	5.08	37.10	114.93	222.58	404.35	30.98	60.00	109.00
8.5	5.40	36.90	117.13	225.06	405.85	31.75	61.00	110.00
9	5.72	36.69	117.33	227.50	407.30	31.98	62.00	111.00
9.5	6.03	36.49	116.13	228.07	408.71	31.82	62.50	112.00
10	6.35	36.29	115.93	227.90	410.08	31.95	62.80	113.00
10.5	6.67	36.09	114.53	227.18	408.52	31.74	62.95	113.20
11	6.99	35.89	112.13	226.27	406.17	31.25	63.05	113.18
11.5	7.30	35.69	109.93	225.53	403.78	30.81	63.20	113.15
12	7.62	35.48	109.73	224.40	401.32	30.92	63.24	113.10
12.5	7.94	35.28	107.53	223.80	398.76	30.48	63.43	113.02
13	8.26	35.08	106.12	222.06	396.24	30.25	63.30	112.95
13.5	8.57	34.88	105.33	220.75	393.89	30.20	63.29	112.93
14	8.89	34.68	104.69	219.33	391.51	30.19	63.25	112.90
14.5	9.21	34.48	103.94	217.89	389.16	30.15	63.20	112.88
15	9.53	34.27	102.48	216.51	386.78	29.90	63.17	112.85
15.5	9.84	34.07	99.90	215.17	384.34	29.32	63.15	112.80
16	10.16	33.87	98.77	213.86	382.20	29.16	63.14	112.84
16.5	10.48	33.67	100.87	212.42	379.62	29.96	63.09	112.75
17	10.80	33.47	99.70	210.78	377.21	29.79	62.98	112.71
17.5	11.11	33.27	97.24	209.41	374.64	29.23	62.95	112.62
18	11.43	33.06	98.60	208.31	372.14	29.82	63.00	112.55
18.5	11.75	32.86	97.60	207.53	369.74	29.70	63.15	112.51
19	12.07	32.66	96.78	206.09	367.41	29.63	63.10	112.49
19.5	12.38	32.46	95.50	204.66	365.01	29.42	63.05	112.45
20	12.70	32.26	94.77	203.26	362.45	29.38	63.01	112.36



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023"

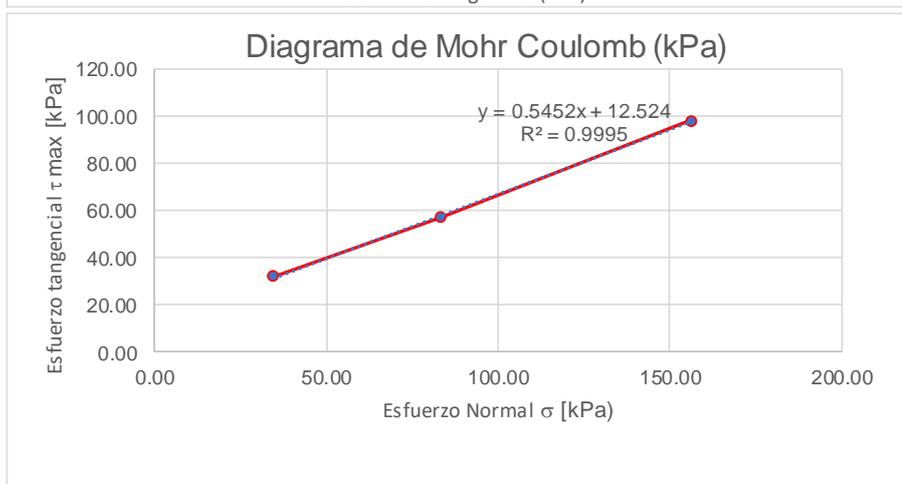
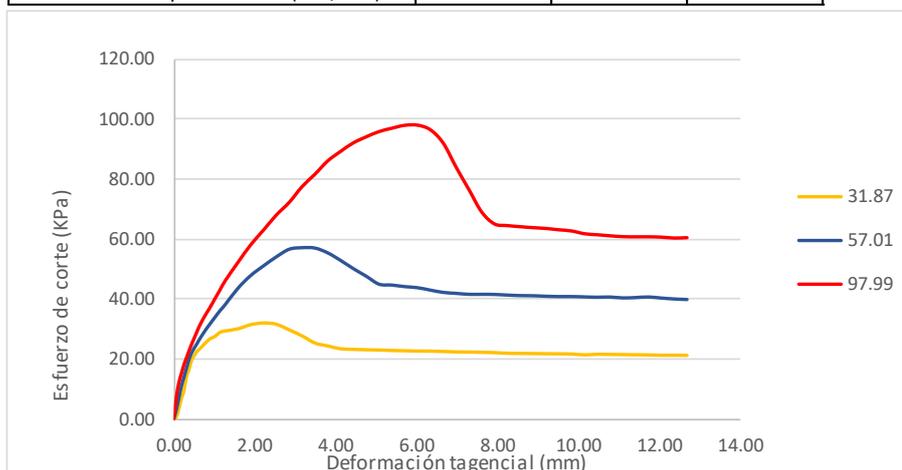


ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 123

Lugar: Universidad San Antonio Abad del Cusco Distrito de Wanchaq

Muestra: M-3 Prof: 2.30-3.70 m

PARAMETROS DE MUESTRA	Item 1	Item 2	Item 3
Lado (cm)	6.35	6.35	6.35
Area (cm ²)	40.32	40.32	40.32
Masa M. húmeda (g)	156.66	156.66	156.66
Altura de la muestra (cm)	2.10	2.10	2.10
Volumen de la muestra (cm ³)	84.68	84.68	84.68
Densidad de la muestra húmeda (g/cm ³)	1.85	1.85	1.85
PARAMETROS DE ENSAYO	Item 1	Item 2	Item 3
Pesas en el brazo	1.00	3.00	6.00
Carga total en la muestra (kg)	4.20	4.20	4.20
Multiplo (5 / 10)	10.00	10.00	10.00
Esfuerzo Vertical (kpa)	34.54	83.18	156.14
Velocidad de desplazamiento (mm/min)	0.50	0.50	0.50



σ [kPa]	τ max [kPa]
34.54	31.87
83.18	57.01
156.14	97.99

Parametros de Resistencia	Pico (Máx)
Cohesión (kPa)	12.50
Ángulo de fricción ϕ (°)	28.60
Cohesion (kg/cm ²)	0.13



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023"

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 123

Lugar: Universidad San Antonio Abad del Cusco Distrito de Wanchaq

Muestra: M-3 Prof: 2.30-3.70 m

Def. Horizontal (%)	Def. Horizontal (mm)	Area corregida	Fuerza (N)			Esfuerzo Cortante (kPa)		
0.00	0.00	40.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.06	40.28	2.60	12.00	29.00	0.65	2.98	7.20
0.20	0.13	40.24	13.20	28.20	48.60	3.28	7.01	12.08
0.30	0.19	40.20	27.60	44.20	61.00	6.87	10.99	15.17
0.40	0.25	40.16	37.80	56.00	72.80	9.41	13.94	18.13
0.50	0.32	40.12	57.00	68.20	82.20	14.21	17.00	20.49
0.60	0.38	40.08	66.20	80.00	91.40	16.52	19.96	22.80
0.70	0.44	40.04	78.60	88.20	100.00	19.63	22.03	24.97
0.80	0.51	40.00	84.00	94.40	108.00	21.00	23.60	27.00
0.90	0.57	39.96	89.40	99.80	115.80	22.37	24.98	28.98
1.00	0.64	39.92	92.40	105.60	123.60	23.15	26.45	30.96
1.20	0.76	39.84	99.20	116.00	136.20	24.90	29.12	34.19
1.40	0.89	39.76	105.40	125.20	147.00	26.51	31.49	36.97
1.60	1.02	39.68	108.60	134.00	158.80	27.37	33.77	40.02
1.80	1.14	39.60	113.80	142.60	170.20	28.74	36.01	42.98
2.00	1.27	39.52	115.40	150.20	181.80	29.20	38.01	46.01
2.50	1.59	39.31	117.60	171.00	205.20	29.91	43.50	52.19
3.00	1.91	39.11	122.40	186.80	227.20	31.29	47.76	58.09
3.50	2.22	38.91	124.00	198.40	245.20	31.87	50.99	63.02
4.00	2.54	38.71	121.60	209.00	263.40	31.41	53.99	68.05
4.50	2.86	38.51	113.80	217.60	278.20	29.55	56.51	72.24
5.00	3.18	38.31	105.60	218.40	296.80	27.57	57.01	77.48
5.50	3.49	38.10	96.00	216.80	311.00	25.19	56.90	81.62
6.00	3.81	37.90	91.80	209.60	326.20	24.22	55.30	86.06
6.50	4.13	37.70	87.80	199.00	336.40	23.29	52.78	89.23
7.00	4.45	37.50	86.60	187.60	345.40	23.09	50.03	92.11
7.50	4.76	37.30	85.60	177.20	351.00	22.95	47.51	94.11
8.00	5.08	37.10	84.80	166.40	355.60	22.86	44.86	95.86
8.50	5.40	36.90	83.80	164.40	357.80	22.71	44.56	96.98
9.00	5.72	36.69	83.00	161.60	359.40	22.62	44.04	97.95
9.50	6.03	36.49	82.20	159.40	357.60	22.53	43.68	97.99
10.00	6.35	36.29	81.60	155.60	350.00	22.49	42.88	96.44
10.50	6.67	36.09	80.77	152.00	332.00	22.38	42.12	92.00
11.00	6.99	35.89	79.80	150.00	301.40	22.24	41.80	83.99
11.50	7.30	35.69	79.20	148.00	273.00	22.19	41.47	76.50
12.00	7.62	35.48	78.40	147.20	244.80	22.09	41.48	68.99
12.50	7.94	35.28	77.60	146.20	229.40	21.99	41.44	65.02
13.00	8.26	35.08	76.40	144.60	226.20	21.78	41.22	64.48
13.50	8.57	34.88	75.80	143.20	223.60	21.73	41.06	64.11
14.00	8.89	34.68	75.20	142.20	221.20	21.69	41.01	63.79
14.50	9.21	34.48	74.60	140.80	219.00	21.64	40.84	63.52
15.00	9.53	34.27	74.00	139.60	216.20	21.59	40.73	63.08
15.50	9.84	34.07	73.40	138.80	213.60	21.54	40.74	62.69
16.00	10.16	33.87	72.00	137.60	209.20	21.26	40.62	61.76
16.50	10.48	33.67	72.20	136.40	206.80	21.44	40.51	61.42
17.00	10.80	33.47	71.60	135.80	204.40	21.39	40.58	61.07
17.50	11.11	33.27	71.00	134.00	202.20	21.34	40.28	60.78
18.00	11.43	33.06	70.40	133.60	200.80	21.29	40.41	60.73
18.50	11.75	32.86	69.80	133.40	199.60	21.24	40.59	60.74
19.00	12.07	32.66	69.00	131.40	198.00	21.13	40.23	60.62
19.50	12.38	32.46	68.60	129.60	195.80	21.13	39.93	60.32
20.00	12.70	32.26	68.00	128.20	195.00	21.08	39.74	60.45



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023"

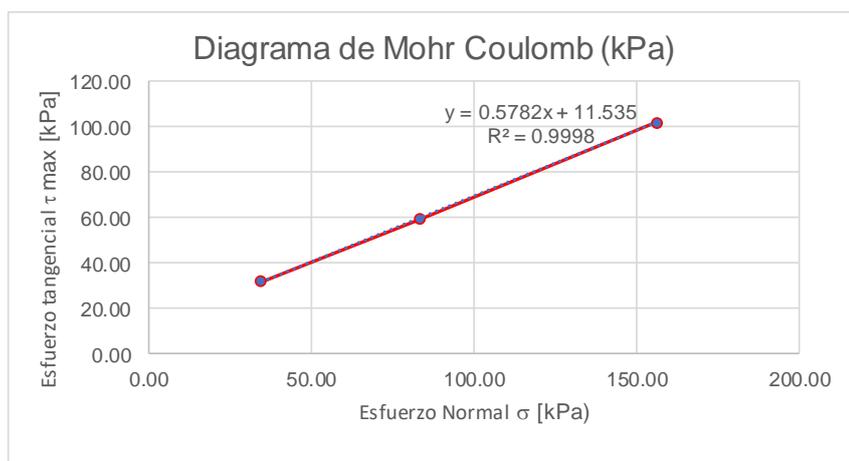
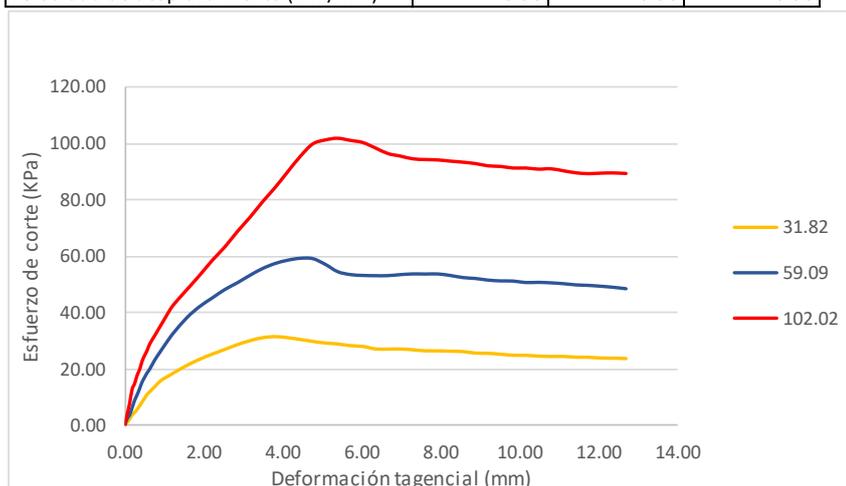


ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 123

Lugar: Universidad San Antonio Abad del Cusco Distrito de Wanchaq

Muestra: M-4 Prof: 3.70-5.30 m

PARAMETROS DE MUESTRA	Item 1	Item 2	Item 3
Lado (cm)	6.35	6.35	6.35
Area (cm ²)	40.32	40.32	40.32
Masa M. húmeda (g)	152.42	152.42	152.42
Altura de la muestra (cm)	2.10	2.10	2.10
Volumen de la muestra (cm ³)	84.68	84.68	84.68
Densidad de la muestra húmeda (g/cm ³)	1.80	1.80	1.80
PARAMETROS DE ENSAYO	Item 1	Item 2	Item 3
Pesas en el brazo	1.00	3.00	6.00
Carga total en la muestra (kg)	4.20	4.20	4.20
Multiplo (5 / 10)	10.00	10.00	10.00
Esfuerzo Vertical (kpa)	34.54	83.18	156.14
Velocidad de desplazamiento (mm/min)	0.50	0.50	0.50



σ [kPa]	τ max [kPa]
34.54	31.82
83.18	59.09
156.14	102.02

Parametros de Resistencia	Pico (Máx)
Cohesión (kPa)	11.54
Ángulo de fricción ϕ (°)	30.04
Cohesion (kg/cm ²)	0.12



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023"

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 123

Lugar: Universidad San Antonio Abad del Cusco Distrito de Wanchaq

Muestra: M-4 Prof: 3.70-5.30 m

Def. Horizontal (%)	Def. Horizontal (mm)	Area corregida	Fuerza (N)			Esfuerzo Cortante (kPa)		
0.00	0.00	40.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.06	40.28	4.80	10.00	16.10	1.19	2.48	4.00
0.20	0.13	40.24	9.60	15.60	32.20	2.39	3.88	8.00
0.30	0.19	40.20	15.60	25.60	52.20	3.88	6.37	12.98
0.40	0.25	40.16	19.20	36.20	60.20	4.78	9.01	14.99
0.50	0.32	40.12	23.40	44.00	72.00	5.83	10.97	17.95
0.60	0.38	40.08	28.80	52.80	80.20	7.19	13.17	20.01
0.70	0.44	40.04	34.00	62.00	92.00	8.49	15.48	22.98
0.80	0.51	40.00	39.60	68.60	100.00	9.90	17.15	25.00
0.90	0.57	39.96	44.80	74.80	107.00	11.21	18.72	26.78
1.00	0.64	39.92	48.40	79.80	115.80	12.12	19.99	29.01
1.20	0.76	39.84	55.60	92.40	127.40	13.96	23.19	31.98
1.40	0.89	39.76	62.80	102.80	139.20	15.80	25.86	35.01
1.60	1.02	39.68	67.60	113.00	150.80	17.04	28.48	38.01
1.80	1.14	39.60	71.40	122.80	162.40	18.03	31.01	41.01
2.00	1.27	39.52	75.60	131.60	171.80	19.13	33.30	43.48
2.50	1.59	39.31	85.00	150.60	190.60	21.62	38.31	48.48
3.00	1.91	39.11	93.00	164.80	209.20	23.78	42.13	53.49
3.50	2.22	38.91	99.60	175.60	228.60	25.60	45.13	58.75
4.00	2.54	38.71	105.60	186.20	245.80	27.28	48.10	63.50
4.50	2.86	38.51	111.60	194.40	265.60	28.98	50.48	68.97
5.00	3.18	38.31	116.40	203.40	283.40	30.39	53.10	73.98
5.50	3.49	38.10	119.80	211.40	302.80	31.44	55.48	79.47
6.00	3.81	37.90	120.60	217.00	320.40	31.82	57.25	84.53
6.50	4.13	37.70	118.60	220.20	339.60	31.46	58.41	90.08
7.00	4.45	37.50	115.60	221.60	358.20	30.83	59.09	95.52
7.50	4.76	37.30	112.40	220.00	372.93	30.14	58.98	99.99
8.00	5.08	37.10	109.60	211.40	376.20	29.54	56.99	101.41
8.50	5.40	36.90	107.80	200.60	376.40	29.22	54.37	102.02
9.00	5.72	36.69	105.00	195.80	371.60	28.62	53.36	101.27
9.50	6.03	36.49	103.40	193.60	366.80	28.34	53.05	100.52
10.00	6.35	36.29	99.60	192.20	357.80	27.45	52.96	98.59
10.50	6.67	36.09	98.80	191.20	348.60	27.38	52.98	96.60
11.00	6.99	35.89	98.40	191.40	343.40	27.42	53.33	95.69
11.50	7.30	35.69	96.80	191.20	338.00	27.13	53.58	94.72
12.00	7.62	35.48	95.00	190.00	335.20	26.77	53.55	94.47
12.50	7.94	35.28	94.40	189.00	332.80	26.76	53.57	94.33
13.00	8.26	35.08	93.40	186.00	329.40	26.62	53.02	93.90
13.50	8.57	34.88	92.40	182.40	326.20	26.49	52.30	93.52
14.00	8.89	34.68	90.00	180.20	322.60	25.95	51.96	93.03
14.50	9.21	34.48	89.20	177.20	318.00	25.87	51.40	92.24
15.00	9.53	34.27	87.60	175.20	315.40	25.56	51.12	92.02
15.50	9.84	34.07	85.80	174.00	311.60	25.18	51.07	91.45
16.00	10.16	33.87	85.20	171.20	309.80	25.15	50.54	91.46
16.50	10.48	33.67	83.80	170.40	306.60	24.89	50.61	91.06
17.00	10.80	33.47	82.80	168.80	305.20	24.74	50.44	91.19
17.50	11.11	33.27	82.40	166.80	301.00	24.77	50.14	90.48
18.00	11.43	33.06	81.00	164.40	296.80	24.50	49.72	89.76
18.50	11.75	32.86	80.40	162.80	294.00	24.47	49.54	89.46
19.00	12.07	32.66	79.00	160.80	292.80	24.19	49.23	89.65
19.50	12.38	32.46	78.40	158.60	291.20	24.15	48.86	89.71
20.00	12.70	32.26	77.40	156.00	288.80	23.99	48.36	89.53



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023"

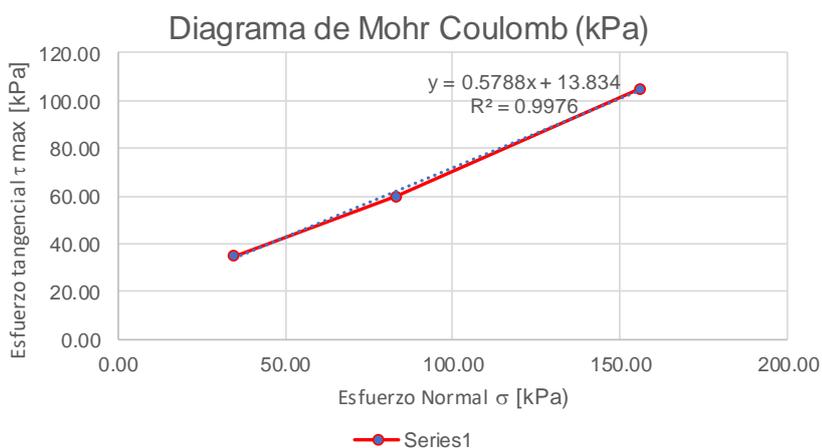
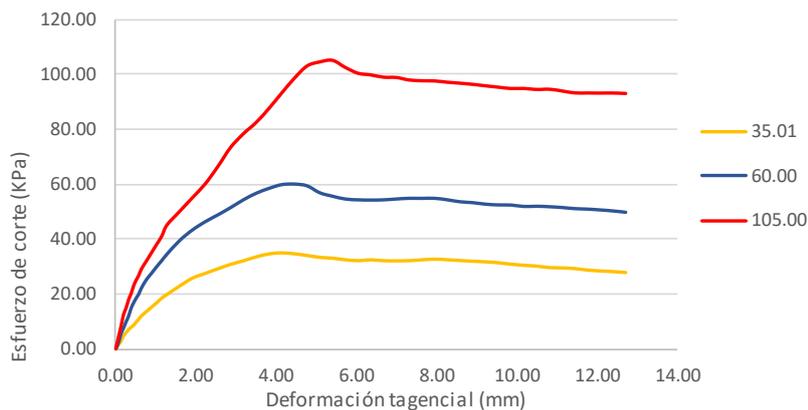


ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 123

Lugar: Universidad San Antonio Abad del Cusco Distrito de Wanchaq

Muestra: M-5 Prof: 5.30-7.00 m

PARAMETROS DE MUESTRA	Item 1	Item 2	Item 3
Lado (cm)	6.35	6.35	6.35
Area (cm ²)	40.32	40.32	40.32
Masa M. húmeda (g)	154.12	154.12	154.12
Altura de la muestra (cm)	2.10	2.10	2.10
Volumen de la muestra (cm ³)	84.68	84.68	84.68
Densidad de la muestra húmeda (g/cm ³)	1.82	1.82	1.82
PARAMETROS DE ENSAYO	Item 1	Item 2	Item 3
Pesas en el brazo	1.00	3.00	6.00
Carga total en la muestra (kg)	4.20	4.20	4.20
Multiplo (5 / 10)	10.00	10.00	10.00
Esfuerzo Vertical (kpa)	34.54	83.18	156.14
Velocidad de desplazamiento (mm/min)	0.50	0.50	0.50



σ [kPa]	τ max [kPa]
34.54	35.01
83.18	60.00
156.14	105.00

Parametros de Resistencia	Pico (Máx)
Cohesión (kPa)	13.83
Ángulo de fricción ϕ (°)	30.06
Cohesion (kg/cm ²)	0.14



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023"

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 123

Lugar: Universidad San Antonio Abad del Cusco Distrito de Wanchaq

Muestra: M-5 Prof: 5.30-7.00 m

Def. Horizontal (%)	Area (mm)	Area corregida	Fuerza (N)			Esfuerzo Cortante (kPa)		
0.00	0.00	40.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.06	40.28	6.00	8.40	16.80	1.49	2.09	4.17
0.20	0.13	40.24	11.20	21.80	32.60	2.78	5.42	8.10
0.30	0.19	40.20	18.80	30.20	50.00	4.68	7.51	12.44
0.40	0.25	40.16	23.60	39.40	59.40	5.88	9.81	14.79
0.50	0.32	40.12	28.00	47.80	71.80	6.98	11.91	17.90
0.60	0.38	40.08	31.60	59.40	80.70	7.88	14.82	20.13
0.70	0.44	40.04	34.40	67.20	92.20	8.59	16.78	23.03
0.80	0.51	40.00	39.20	74.00	100.20	9.80	18.50	25.05
0.90	0.57	39.96	43.20	79.80	107.00	10.81	19.97	26.78
1.00	0.64	39.92	47.80	88.20	115.80	11.97	22.09	29.01
1.20	0.76	39.84	54.20	100.40	127.40	13.60	25.20	31.98
1.40	0.89	39.76	60.40	109.40	139.20	15.19	27.52	35.01
1.60	1.02	39.68	66.60	118.60	150.80	16.79	29.89	38.01
1.80	1.14	39.60	73.20	127.20	162.40	18.49	32.12	41.01
2.00	1.27	39.52	78.20	136.00	177.80	19.79	34.42	44.99
2.50	1.59	39.31	90.00	155.00	196.60	22.89	39.43	50.01
3.00	1.91	39.11	100.80	169.20	215.00	25.77	43.26	54.97
3.50	2.22	38.91	107.00	180.00	233.40	27.50	46.26	59.98
4.00	2.54	38.71	113.00	188.80	256.80	29.19	48.77	66.34
4.50	2.86	38.51	118.60	198.00	282.20	30.80	51.42	73.28
5.00	3.18	38.31	123.00	207.80	299.80	32.11	54.25	78.26
5.50	3.49	38.10	127.80	215.80	313.80	33.54	56.63	82.35
6.00	3.81	37.90	131.20	221.40	331.40	34.61	58.41	87.43
6.50	4.13	37.70	132.00	225.40	350.80	35.01	59.79	93.05
7.00	4.45	37.50	130.00	225.00	369.20	34.67	60.00	98.45
7.50	4.76	37.30	127.00	221.40	384.00	34.05	59.36	102.95
8.00	5.08	37.10	123.80	210.80	387.40	33.37	56.82	104.43
8.50	5.40	36.90	122.00	205.00	387.40	33.07	55.56	105.00
9.00	5.72	36.69	119.20	200.20	375.80	32.49	54.56	102.42
9.50	6.03	36.49	117.40	198.00	366.00	32.17	54.26	100.30
10.00	6.35	36.29	117.80	196.60	361.80	32.46	54.17	99.70
10.50	6.67	36.09	116.00	195.80	356.80	32.14	54.26	98.87
11.00	6.99	35.89	115.20	195.80	354.40	32.10	54.56	98.75
11.50	7.30	35.69	114.80	195.60	349.20	32.17	54.81	97.86
12.00	7.62	35.48	115.20	194.40	346.20	32.47	54.79	97.57
12.50	7.94	35.28	115.40	193.40	344.00	32.71	54.82	97.50
13.00	8.26	35.08	114.00	190.40	340.40	32.50	54.28	97.03
13.50	8.57	34.88	112.40	186.80	337.20	32.23	53.56	96.68
14.00	8.89	34.68	110.80	184.60	333.80	31.95	53.23	96.26
14.50	9.21	34.48	109.40	181.60	330.00	31.73	52.67	95.72
15.00	9.53	34.27	107.60	179.60	326.40	31.39	52.40	95.23
15.50	9.84	34.07	105.20	178.40	322.80	30.88	52.36	94.74
16.00	10.16	33.87	103.20	175.60	321.00	30.47	51.84	94.77
16.50	10.48	33.67	101.60	174.80	317.80	30.18	51.92	94.39
17.00	10.80	33.47	99.20	173.20	316.20	29.64	51.75	94.48
17.50	11.11	33.27	98.20	171.20	312.20	29.52	51.46	93.85
18.00	11.43	33.06	96.80	168.80	308.00	29.28	51.05	93.15
18.50	11.75	32.86	94.40	167.20	306.00	28.73	50.88	93.11
19.00	12.07	32.66	92.80	165.20	304.00	28.41	50.58	93.08
19.50	12.38	32.46	91.40	163.00	302.20	28.16	50.22	93.10
20.00	12.70	32.26	89.80	160.40	299.80	27.84	49.72	92.94



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023"

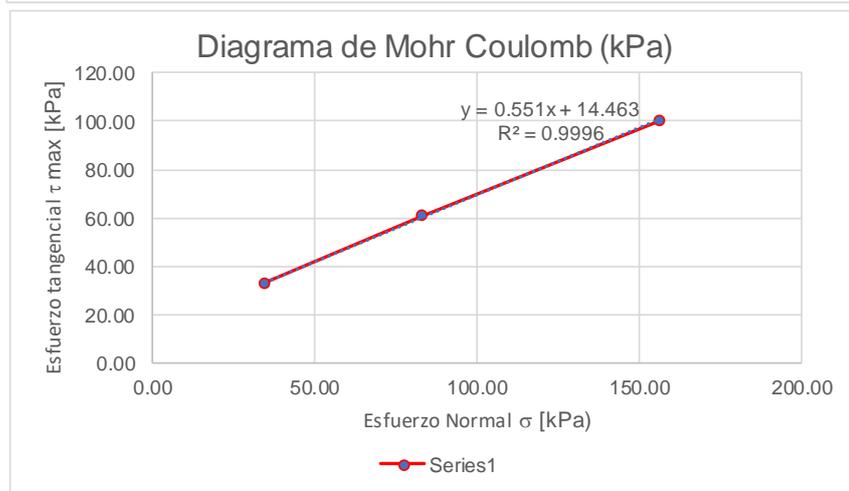
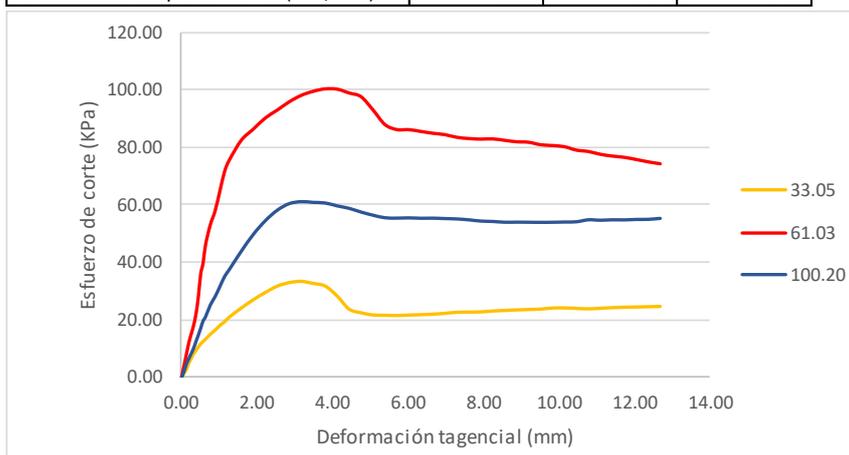


ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 123

Lugar: Universidad San Antonio Abad del Cusco Distrito de Wanchaq

Muestra: M-6 Prof: 7.00-9.00 m

PARAMETROS DE MUESTRA	Item 1	Item 2	Item 3
Lado (cm)	6.35	6.35	6.35
Area (cm ²)	40.32	40.32	40.32
Masa M. húmeda (g)	155.81	155.81	155.81
Altura de la muestra (cm)	2.10	2.10	2.10
Volumen de la muestra (cm ³)	84.68	84.68	84.68
Densidad de la muestra húmeda (g/cm ³)	1.84	1.84	1.84
PARAMETROS DE ENSAYO	Item 1	Item 2	Item 3
Pesas en el brazo	1.00	3.00	6.00
Carga total en la muestra (kg)	4.20	4.20	4.20
Multiplo (5 / 10)	10.00	10.00	10.00
Esfuerzo Vertical (kpa)	34.54	83.18	156.14
Velocidad de desplazamiento (mm/min)	0.50	0.50	0.50



σ [kPa]	τ_{max} [kPa]
34.54	33.05
83.18	61.03
156.14	100.20

Parametros de Resistencia	Pico (Máx)
Cohesión (kPa)	14.50
Ángulo de fricción ϕ (°)	28.85
Cohesion (kg/cm ²)	0.15



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023"

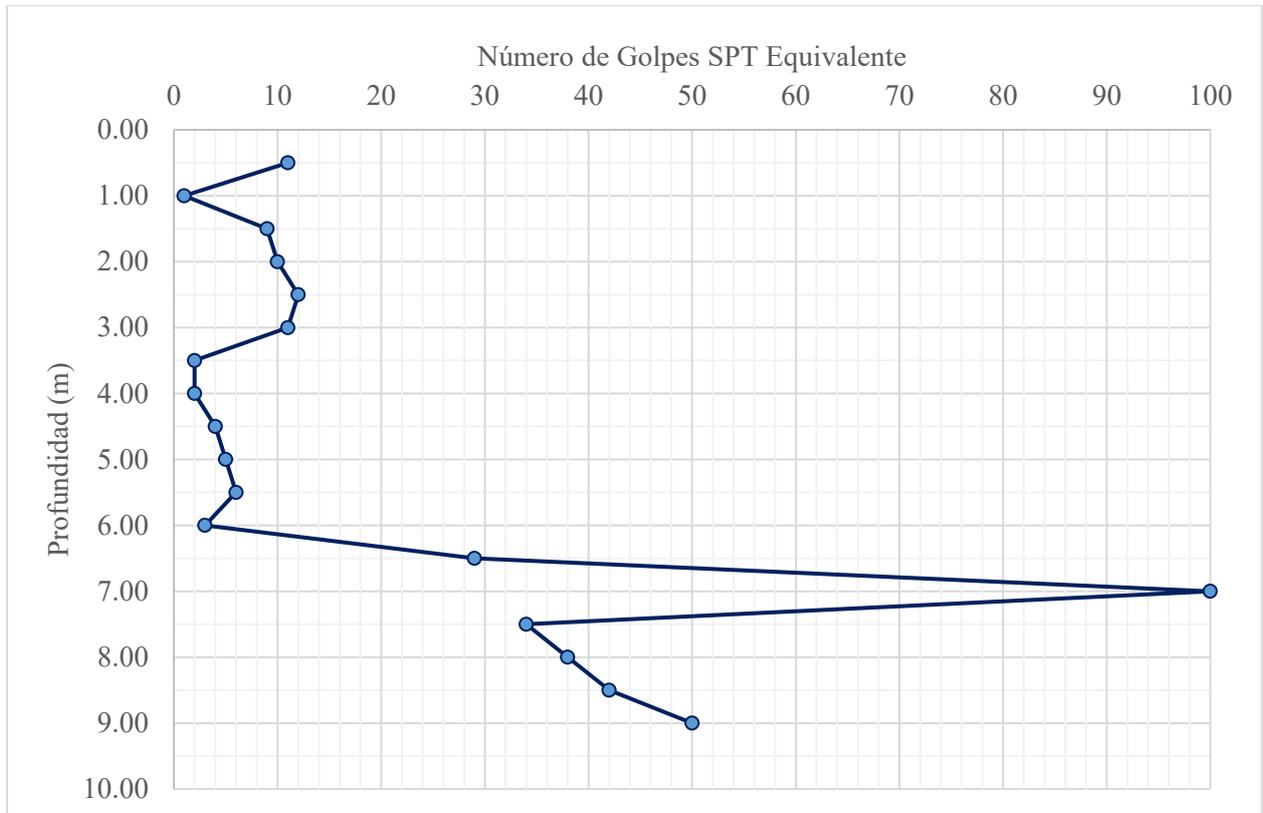
ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 123

Lugar: Universidad San Antonio Abad del Cusco Distrito de Wanchaq

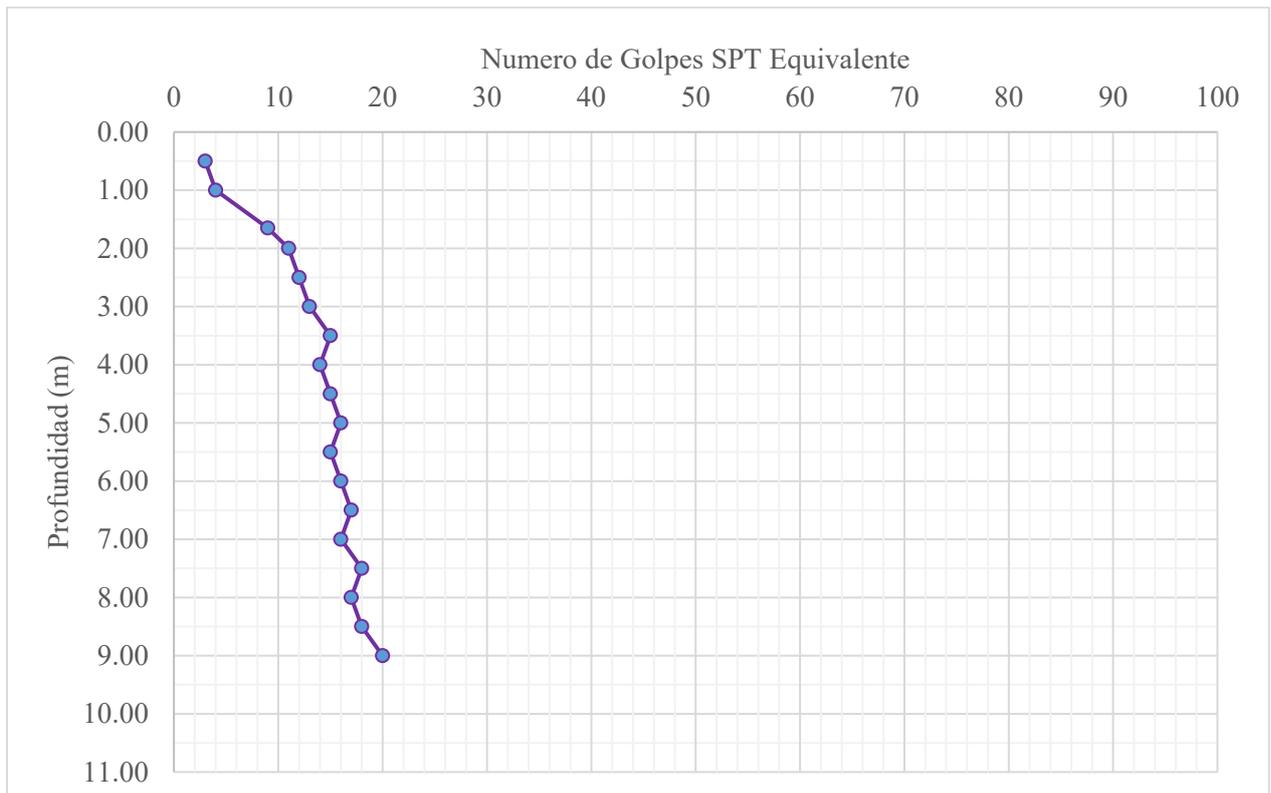
Muestra: M-6 Prof: 7.00-9.00 m

Def. Horizontal (%)	Area (mm)	Area corregida	Fuerza (N)			Esfuerzo Cortante (kPa)		
0.00	0.00	40.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.06	40.28	6.00	8.40	16.20	1.49	2.09	4.02
0.20	0.13	40.24	10.80	18.80	32.20	2.68	4.67	8.00
0.30	0.19	40.20	19.60	26.20	48.20	4.88	6.52	11.99
0.40	0.25	40.16	26.20	33.40	60.40	6.52	8.32	15.04
0.50	0.32	40.12	32.40	40.60	72.20	8.08	10.12	18.00
0.60	0.38	40.08	37.20	50.00	88.00	9.28	12.47	21.96
0.70	0.44	40.04	42.00	59.00	112.00	10.49	14.74	27.97
0.80	0.51	40.00	46.40	68.60	144.00	11.60	17.15	36.00
0.90	0.57	39.96	49.60	78.60	158.80	12.41	19.67	39.74
1.00	0.64	39.92	52.60	84.00	183.60	13.18	21.04	45.99
1.20	0.76	39.84	59.20	100.20	211.20	14.86	25.15	53.01
1.40	0.89	39.76	64.80	111.60	229.80	16.30	28.07	57.80
1.60	1.02	39.68	71.00	125.20	256.80	17.89	31.55	64.72
1.80	1.14	39.60	76.00	139.00	283.40	19.19	35.10	71.57
2.00	1.27	39.52	82.20	148.40	298.60	20.80	37.55	75.56
2.50	1.59	39.31	94.00	172.60	324.00	23.91	43.90	82.41
3.00	1.91	39.11	104.60	194.40	337.40	26.74	49.70	86.26
3.50	2.22	38.91	113.80	211.80	350.60	29.25	54.43	90.10
4.00	2.54	38.71	121.60	224.80	359.40	31.41	58.07	92.85
4.50	2.86	38.51	125.60	232.40	368.60	32.62	60.35	95.72
5.00	3.18	38.31	126.60	233.80	375.20	33.05	61.03	97.95
5.50	3.49	38.10	123.20	231.60	378.60	32.33	60.78	99.36
6.00	3.81	37.90	119.20	229.60	379.80	31.45	60.58	100.20
6.50	4.13	37.70	105.60	224.60	377.40	28.01	59.57	100.10
7.00	4.45	37.50	88.20	220.20	370.40	23.52	58.72	98.77
7.50	4.76	37.30	83.00	214.20	363.60	22.25	57.43	97.48
8.00	5.08	37.10	79.80	209.00	344.60	21.51	56.34	92.89
8.50	5.40	36.90	79.00	204.60	324.00	21.41	55.45	87.82
9.00	5.72	36.69	78.20	203.00	315.80	21.31	55.32	86.06
9.50	6.03	36.49	78.40	202.20	314.00	21.48	55.41	86.05
10.00	6.35	36.29	78.40	200.60	310.00	21.60	55.28	85.42
10.50	6.67	36.09	78.60	199.60	306.00	21.78	55.31	84.79
11.00	6.99	35.89	79.20	198.00	302.60	22.07	55.17	84.32
11.50	7.30	35.69	80.00	196.40	297.60	22.42	55.04	83.40
12.00	7.62	35.48	79.80	194.20	294.40	22.49	54.73	82.97
12.50	7.94	35.28	79.60	191.60	292.00	22.56	54.31	82.76
13.00	8.26	35.08	80.20	190.00	290.60	22.86	54.16	82.84
13.50	8.57	34.88	80.40	188.00	287.20	23.05	53.90	82.34
14.00	8.89	34.68	80.60	187.00	283.80	23.24	53.93	81.84
14.50	9.21	34.48	80.60	185.80	281.60	23.38	53.89	81.68
15.00	9.53	34.27	80.60	184.60	277.00	23.52	53.86	80.82
15.50	9.84	34.07	81.40	183.60	274.40	23.89	53.89	80.53
16.00	10.16	33.87	81.00	182.80	271.40	23.91	53.97	80.13
16.50	10.48	33.67	80.00	182.00	265.80	23.76	54.06	78.94
17.00	10.80	33.47	79.00	183.20	262.60	23.60	54.74	78.46
17.50	11.11	33.27	79.20	181.60	257.80	23.81	54.59	77.50
18.00	11.43	33.06	79.40	181.00	254.20	24.01	54.74	76.88
18.50	11.75	32.86	79.40	179.80	251.20	24.16	54.71	76.44
19.00	12.07	32.66	79.20	179.20	247.20	24.25	54.87	75.69
19.50	12.38	32.46	79.00	178.20	243.00	24.34	54.90	74.86
20.00	12.70	32.26	78.80	178.20	239.40	24.43	55.24	74.21

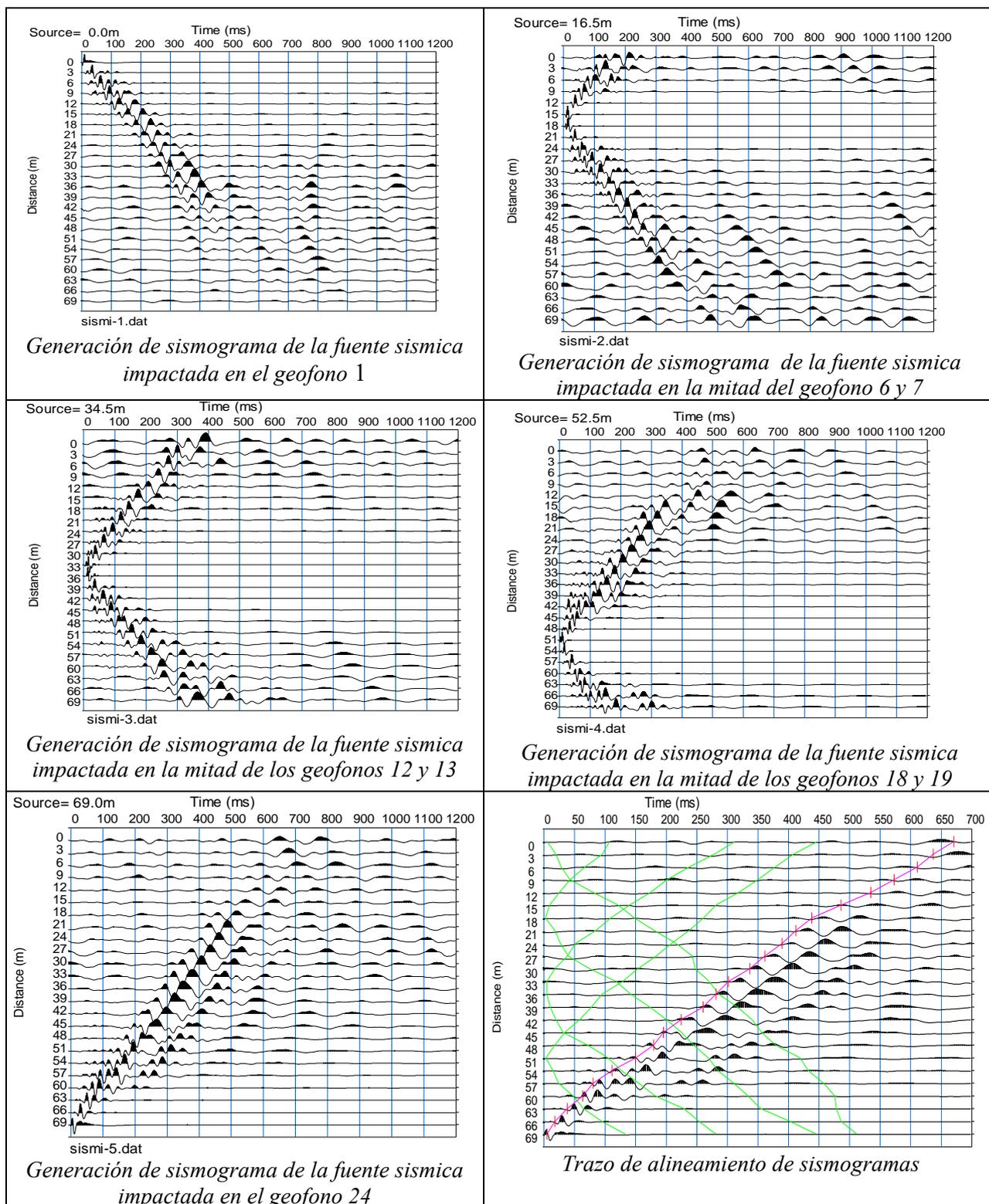
Anexo 13 Gráfico de ensayo SPT 1er caso de estudio



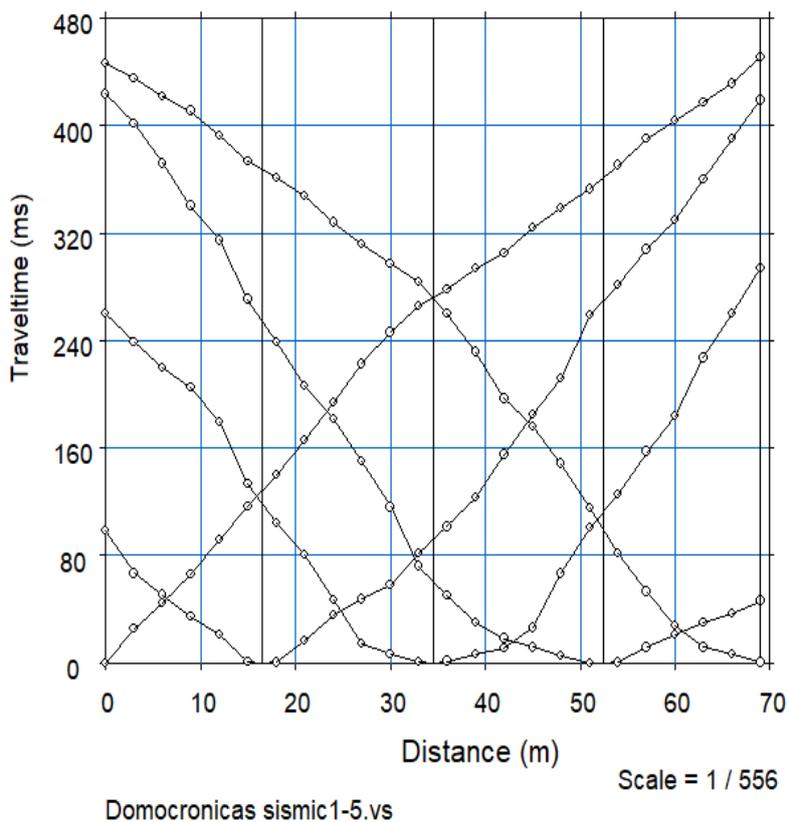
Anexo 14 Gráfico de ensayo SPT 2do caso de estudio



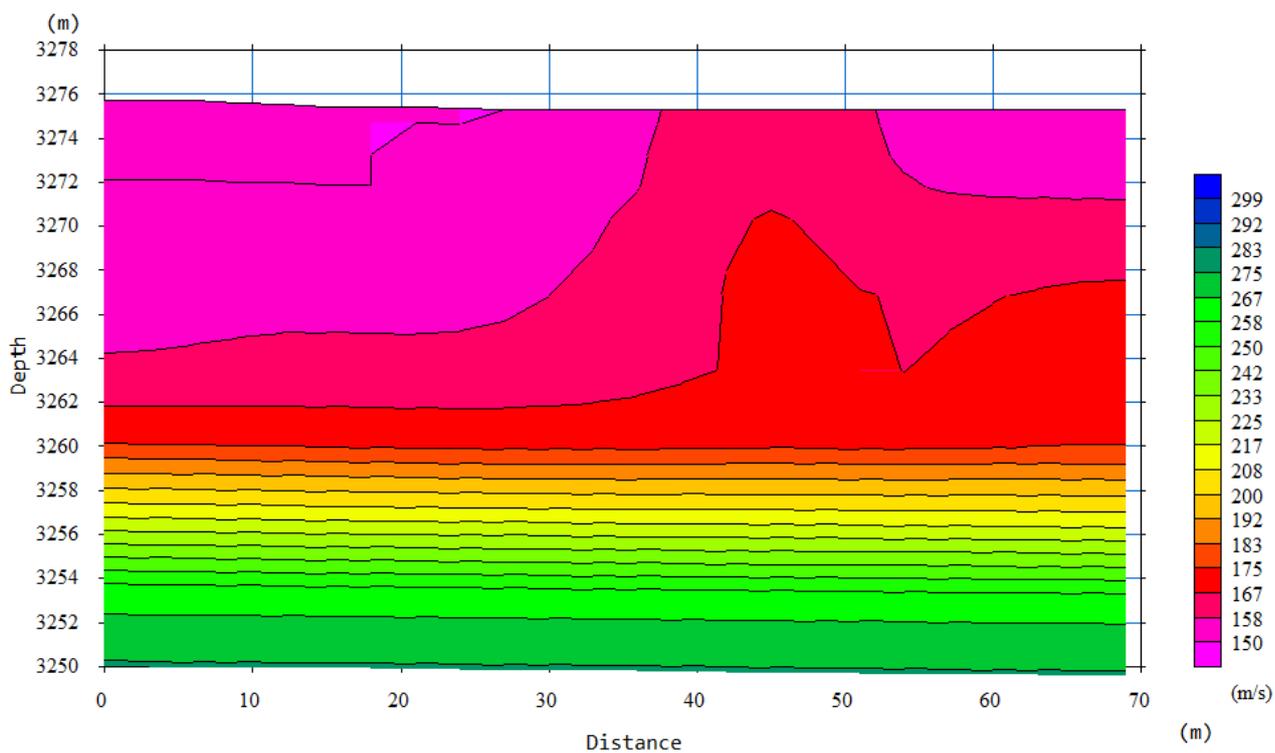
Anexo 15 Sismogramas de refracción sísmica 1er caso de estudio



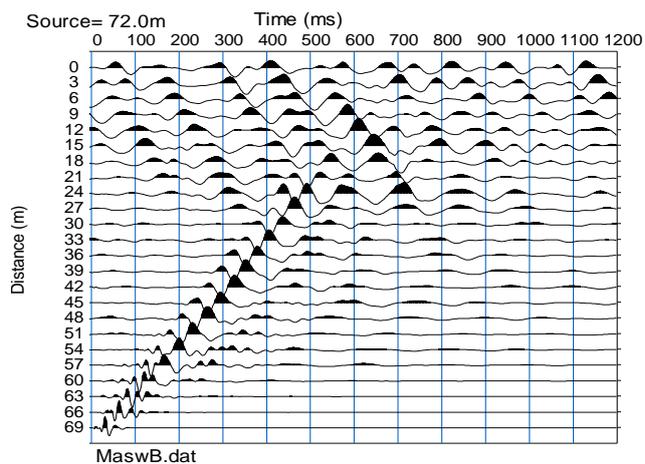
Anexo 16 Domocronicas 1er caso de estudio



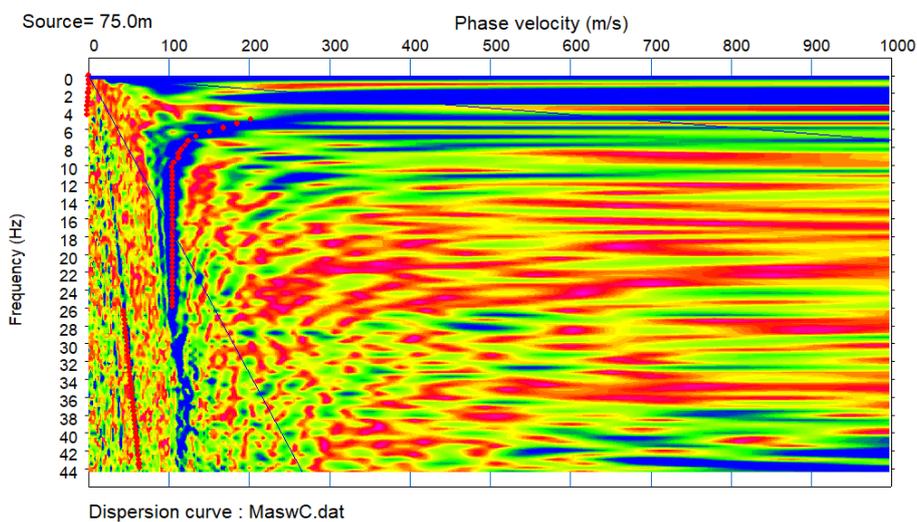
Anexo 17 Tomografía del suelo 1er caso de estudio



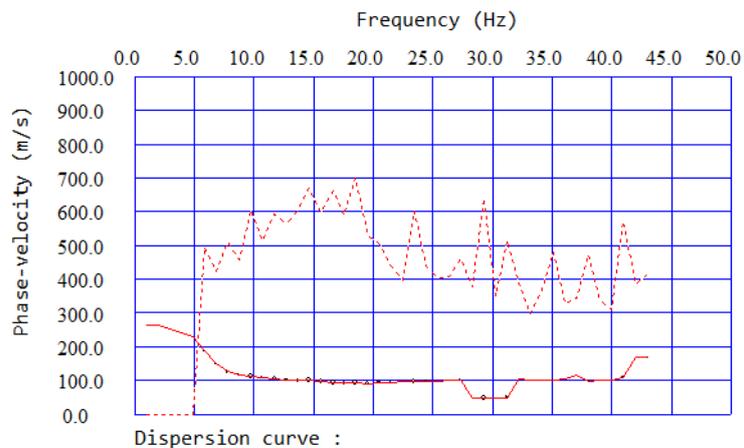
Anexo 18 Sismograma del ensayo MASW 1er caso de estudio



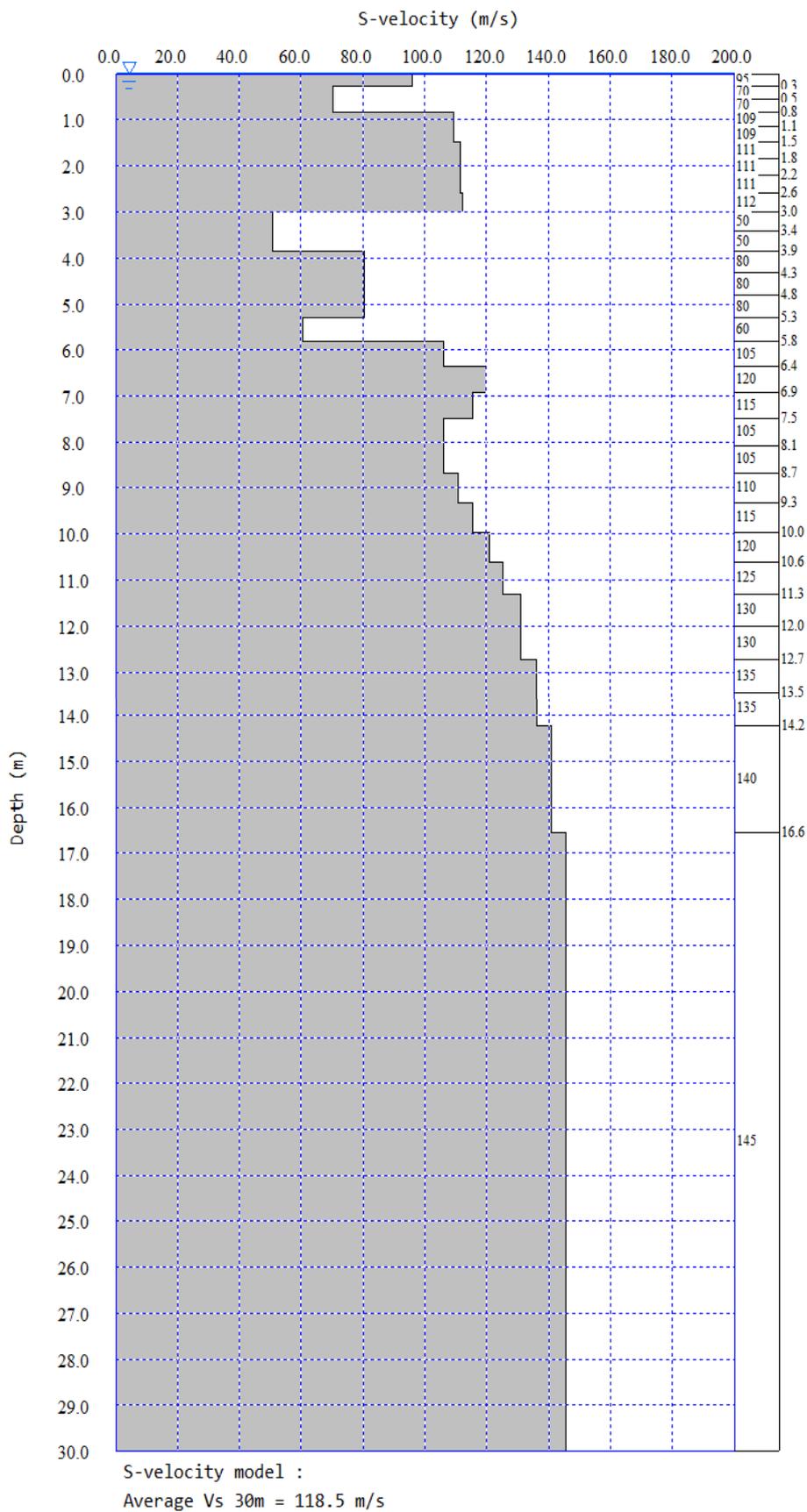
Anexo 19 Grafico de velocidad vs frecuencia 1er caso de estudio



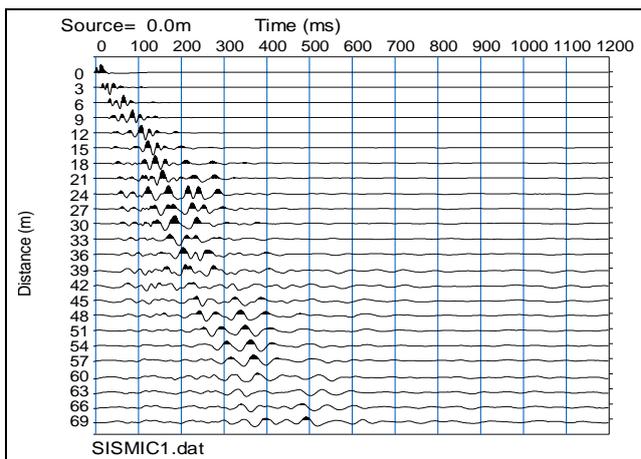
Anexo 20 Curva de dispersión del ensayo MASW 1er punto de exploración



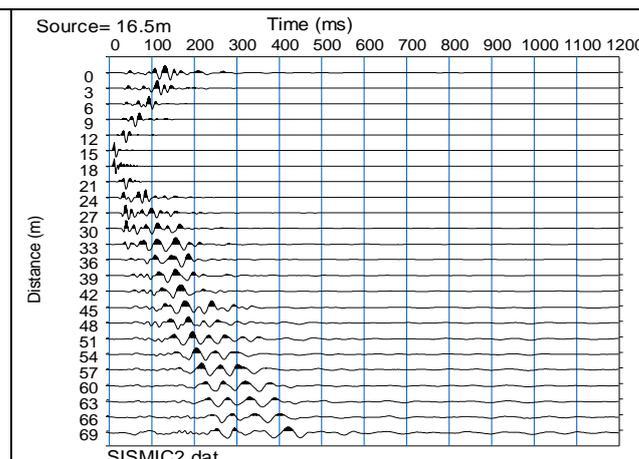
Anexo 21 Variación de la velocidad de corte con la profundidad 1er caso de estudio



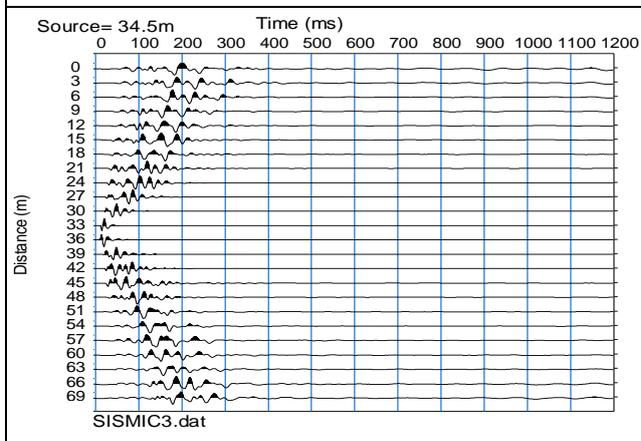
Anexo 22 Sismogramas de refracción sísmica 2do caso de estudio



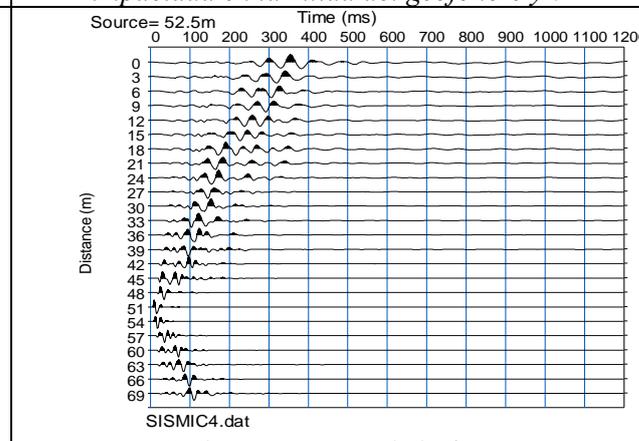
Generación de sismograma de la fuente sísmica impactada en el geofono 1



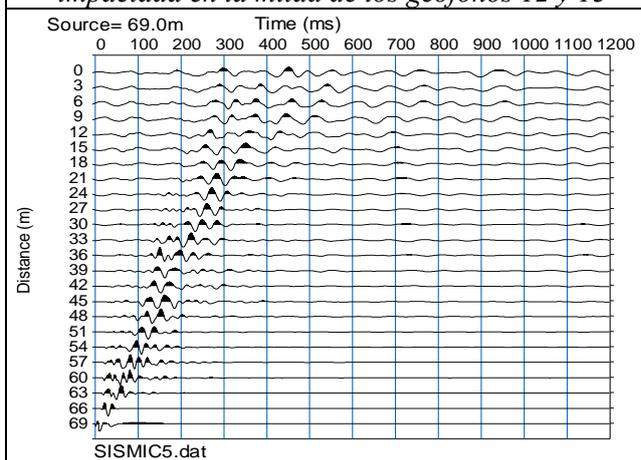
Generación de sismograma de la fuente sísmica impactada en la mitad del geofono 6 y 7



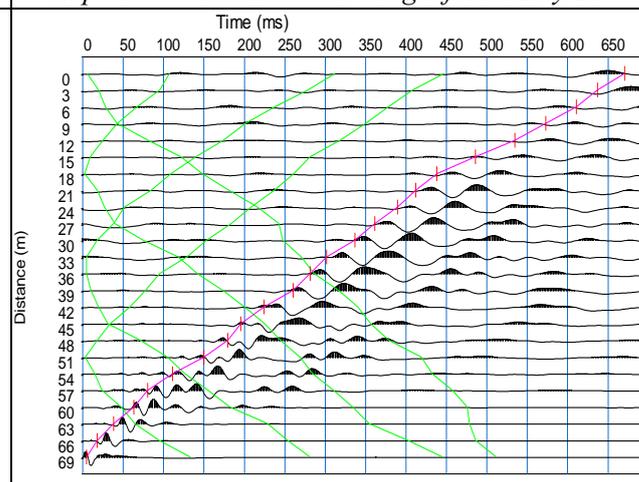
Generación de sismograma de la fuente sísmica impactada en la mitad de los geofonos 12 y 13



Generación de sismograma de la fuente sísmica impactada en la mitad de los geofonos 18 y 19

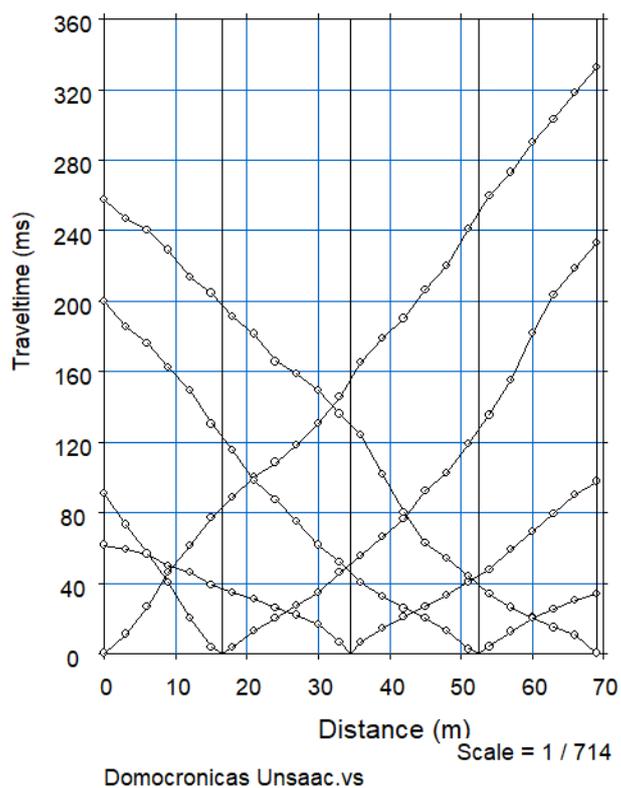


Generación de sismograma de la fuente sísmica impactada en el geofono 24

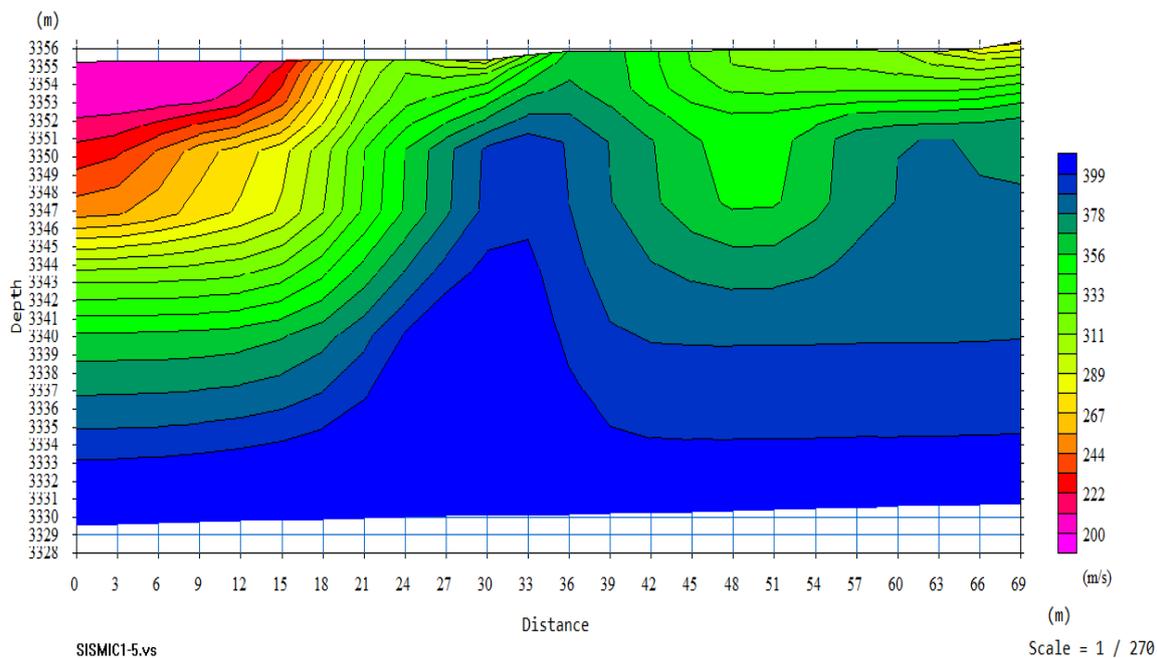


Trazo de alineamiento de sismogramas de los

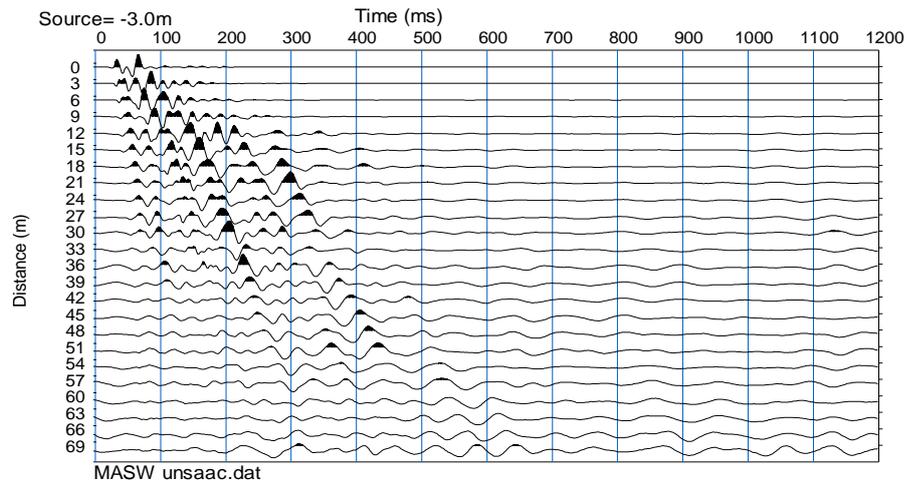
Anexo 23 Domocronicas 2do caso de estudio



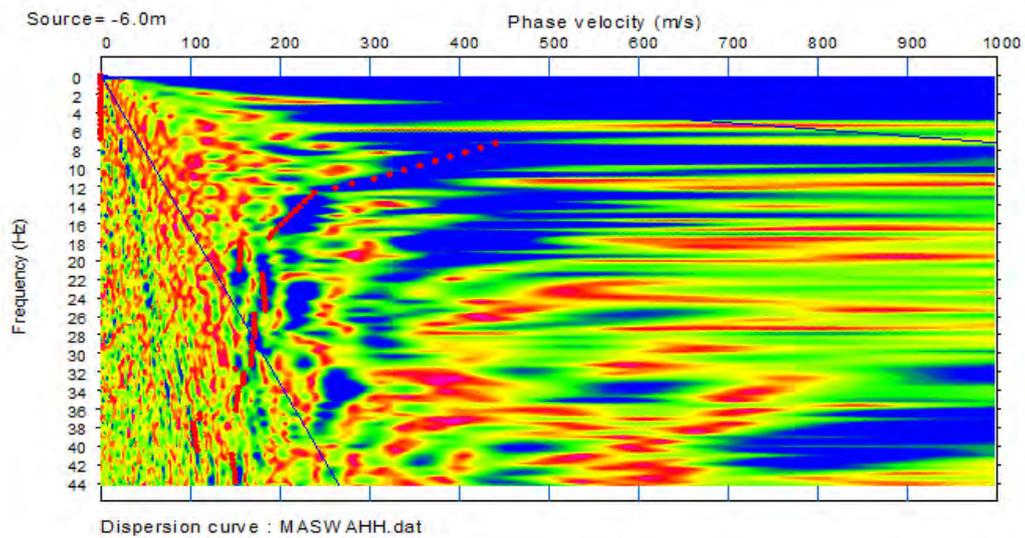
Anexo 24 Tomografía del suelo 2do caso de estudio



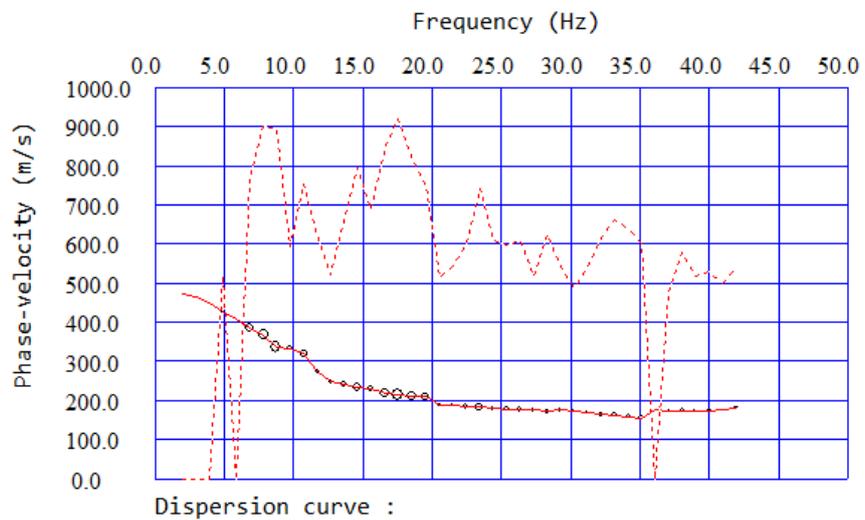
Anexo 25 Sismograma del ensayo MASW 2do caso de estudio



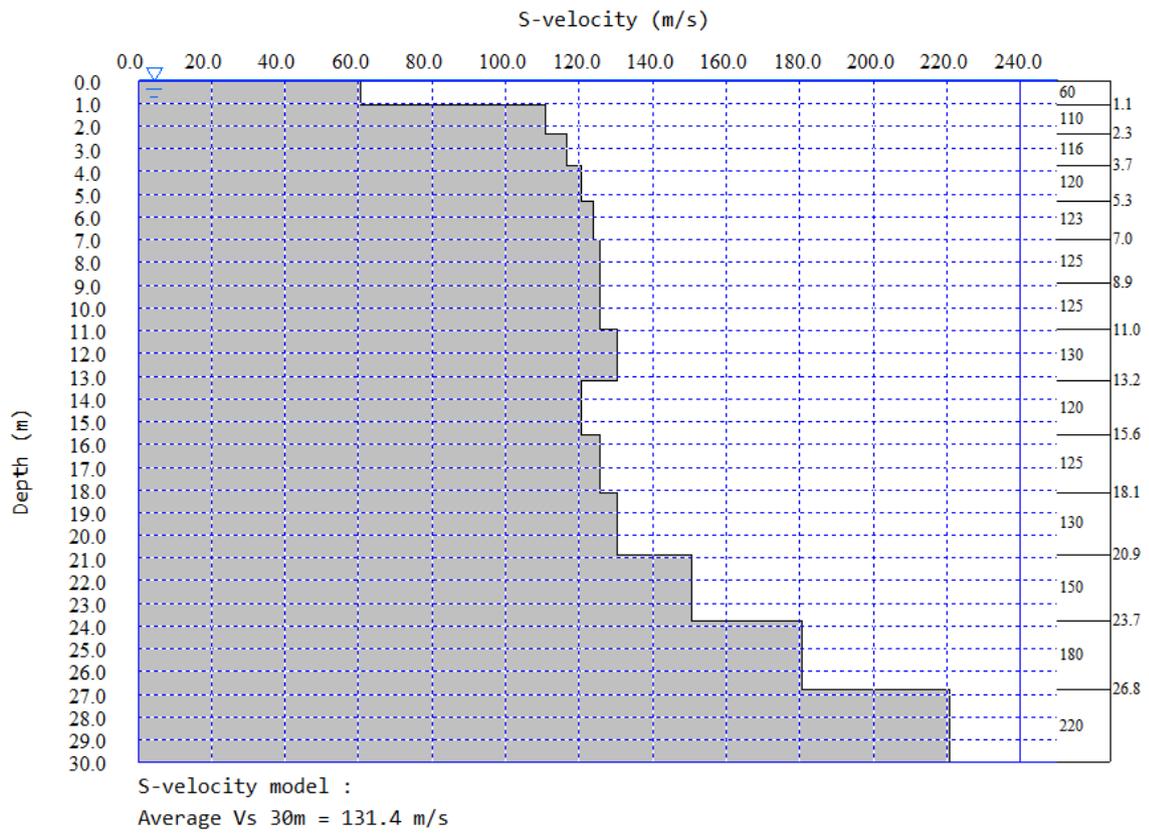
Anexo 26 Gráfico de velocidad vs frecuencia 2do caso de estudio



Anexo 27 Curva de dispersión del ensayo MASW 2do caso de estudio



Anexo 28 Variación de la velocidad de corte con la profundidad 2do caso de estudio



Anexo 29 Fotografías del ensayo de refracción sísmica y MASW 1er caso de estudio



Colocación de geófonos en la línea sísmica



Colocación del sismógrafo y ordenador



Conexión geófonos a los cables sísmicos



Cable de contacto entre percutor sísmico y sismógrafo



Impacto en la fuente sísmica para refracción sísmica



Impacto en la fuente sísmica para MASW

Anexo 30 Fotografías del ensayo SPT en el 1er caso de estudio



Colocación del equipo de SPT



Medición para controlar el número de golpe cada 15cm



Impacto de martinete al cabezal de golpeo



Extracción de muestras de los primeros estratos



Extracción de muestra de los estratos intermedios



Culminación del ensayo SPT



Operación y maniobra del ensayo SPT y conteo del número de golpes cada 15 cm

Anexo 31 Contenido de humedad, granulometría y límites de consistencia 1er caso



Selección de muestras para el contenido de humedad



Muestras para el contenido de humedad



Muestras secas sacados del horno



Lavado de muestras de suelo de los diferentes estratos



Granulometría por tamizado de muestras extraídas



Muestra de suelo retenido en cada malla del tamizado



Realización de limite liquido de las muestras de suelo



Muestra de suelo en la cuchara Casagrande



Ensayo de limite plástico de las muestras de suelo

Anexo 32 Fotografías de ensayo de peso volumétrico y de corte directo 1er caso



Ensayo del peso volumétrico



Sumergido en agua de muestra de suelo con parafina



Muestras de suelo con parafina



Muestra de suelo remoldeado para el ensayo



Pesado de la muestra de suelo remoldeado



Colocación de la muestra en la caja de corte



Ensayo de corte en proceso



Muestras de suelo después del corte directo profundidad de 4.00 m



Muestras de suelo después del corte directo profundidad de 7.00 m

Anexo 33 Fotografías del ensayo de refracción sísmica y MASW 2do caso de estudio



Colocación de geófonos en la línea sísmica



Colocación del sismógrafo y ordenador



Conexión geófonos a los cables sísmicos



Cable de contacto entre percutor sísmico y sismógrafo



Impacto en la fuente sísmica para refracción sísmica



Impacto en la fuente sísmica para MASW

Anexo 34 Fotografías del ensayo SPT 2do caso de estudio



Instalación del equipo de SPT



Medición para controlar el número de golpe cada 15cm



Impacto de martinete al cabezal de golpeo



Extracción de muestras de los primeros estratos



Desajuste de la cuchara partida para la extracción de muestra



Muestra de suelo extraído



Operación y maniobra del ensayo SPT y conteo del número de golpes cada 15 cm

Anexo 35 Contenido de humedad, granulometría y límites de consistencia 2do caso



Selección de muestras para el contenido de humedad



Pesado de muestras húmedas



Pesado de muestras después del secado en horno



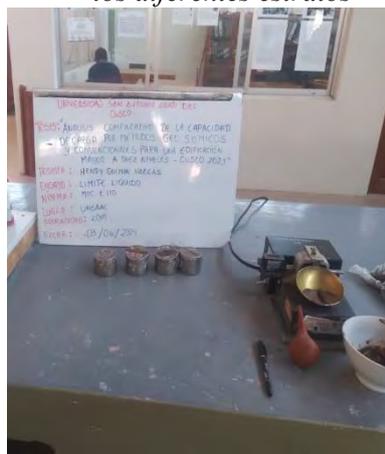
Lavado de muestras de suelo de los diferentes estratos



Granulometría por tamizado de muestras extraídas



Muestra de suelo retenido en cada malla del tamizado



Realización de limite liquido de las muestras de suelo

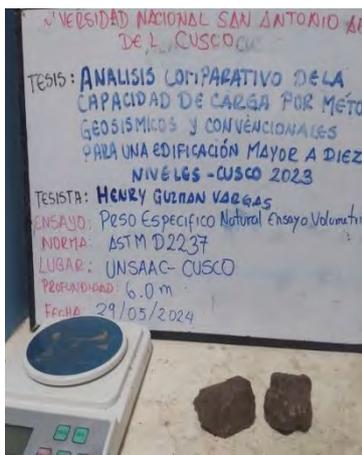


Muestra de suelo en la cuchara Casagrande



Ensayo de limite plástico de las muestras de suelo

Anexo 36 Fotografías del ensayo de peso volumétrico y corte directo 2do caso de estudio



Muestras de suelo con parafina



Sumergido en agua de muestra de suelo con parafina



Pesado de muestra con parafina sumergida en agua



Muestra de suelo remoldeado para el ensayo



Muestra de suelo remoldeado



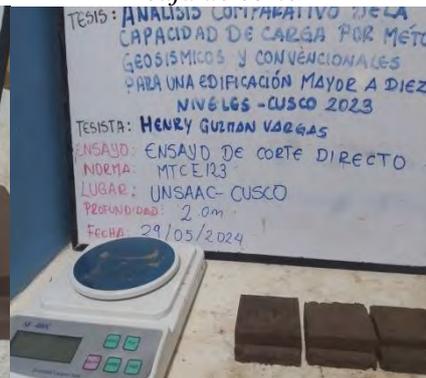
Colocación de la muestra en la caja de corte



Ensayo de corte en proceso



Muestras de suelo después del corte directo

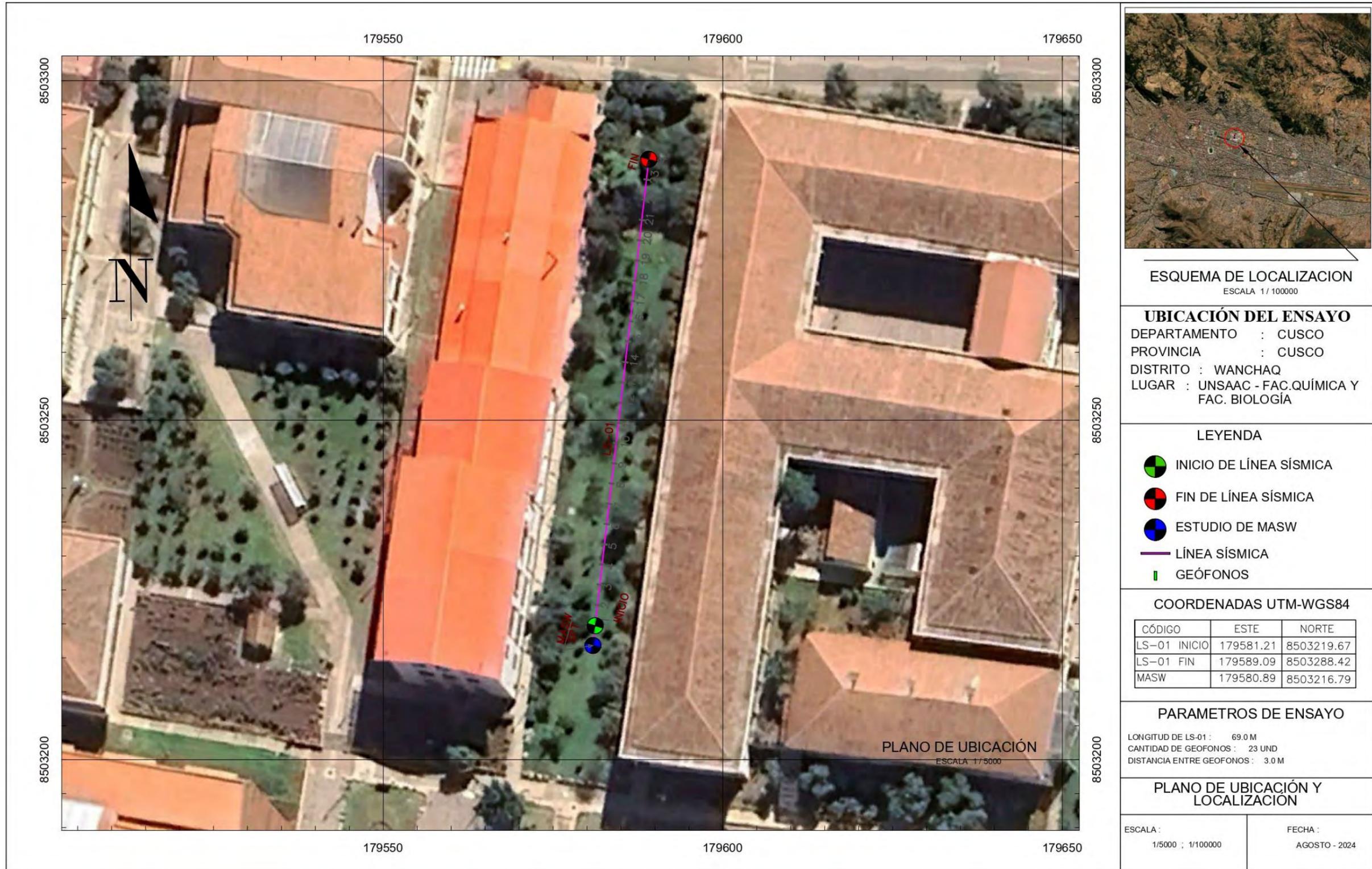


Muestras de suelo después del corte directo

Anexo 37 Plano de ubicación del 1er caso de estudio



Anexo 38 Plano de ubicación del 2do caso de estudio





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
 Av. de la cultura Nro. 733 – Escuela Profesional de Ingeniería Civil



CERTIFICADO DE USO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES PARA TESIS DE INVESTIGACIÓN

EL QUE SUSCRIBE JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

HACE CONSTAR:

Que los tesisas; conducentes a la obtención del título profesional de Ingeniero Civil; Bach. **HENRY GUZMAN VARGAS**, hizo uso del laboratorio para ejecución de la tesis de investigación: **“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR MÉTODOS GEO SÍSMICOS Y CONVENCIONALES PARA UNA EDIFICACIÓN MAYOR A DIEZ NIVELES – CUSCO 2023”**.

Los ensayos que realizaron son los siguientes:

Nro	ENSAYO	NORMA	CANT.
01	Contenido de humedad total evaporable de un suelo	MTC E 108	16
02	Determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos	MTC E 110 y MTC E 111	11
03	Análisis granulométrico de suelos por tamizado	MTC E 107	11
04	Ensayo de Penetración Estándar (SPT) de suelos	ASTM D 1586	02

Se le expide la presente constancia a solicitud escrita por los interesados; con fines académicos para la tesis de investigación.

Cusco, 17 de setiembre del 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 Facultad de Ingeniería Civil
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

Luz Marlene Nieto Palomino
 Ing. Luz Marlene Nieto Palomino
 Jefe de Laboratorio