

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN  
DE TALUD A TRAVÉS DE MÉTODOS GEODÉSICOS  
Y CORTE TRIAXIAL DEL DISTRITO COMAS - LIMA  
2021**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. ANA CECILIA CABEZAS SORIANO**

**Bach. MANUEL JESUS ROSALES ASENJO**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:**

Nuevas Tecnologías y Procesos

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2022**

---

Ing. Vladimir Ordoñez Camposano  
**Asesor**

## **DEDICATORIA**

Va dedicado a mis hermosos padres Víctor y Cecilia que siempre están a mi lado apoyándome en mis proyectos y confían en mí, a ustedes se los dedico los quiero mucho. También se lo dedico a mi abuelito lucho que, aunque no estes presente físicamente, sé que espiritualmente estás conmigo abuelo querido a mis hermanos que siempre me brindan su apoyo y me alientan a seguir superándome.

Ana Cecilia Cabezas Soriano

## **DEDICATORIA**

A mis queridos padres José y Manuela, así mismo a mis hermanos, José Luis y Eduardo que constituyen la fuerza, constancia y motivación que me impulsan a seguir adelante para materializar los objetivos trazados.

Manuel Jesús Rosales Asenjo.

### **AGRADECIMIENTO**

A Dios por permitirme seguir con vida y a mi familia con salud, para seguir adelante y demostrando los logros que puedo alcanzar.

A pesar de las adversidades que están pasando en el mundo entero es el quien nos cuida y protege día con día, y nos enseña a valorar cada día más su presencia y existencia en cada uno de nosotros.

Ana Cecilia Cabezas Soriano

### **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por mi familia, que siempre estuvo para mí en todo momento, por los valores que me inculcaron.

Agradezco también a la Universidad Peruana de los Andes por permitirme convertir en un profesional respetado y apasionado en lo que me hago, gracias a cada maestro por las enseñanzas en todo el proceso de formación; esta tesis, va a perdurar dentro de los conocimientos y desarrollo de nuevos profesionales.

Manuel Jesús Rosales Asenjo

## CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0206 - FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la **Tesis**; titulada:

### EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A TRAVÉS DE MÉTODOS GEODÉSICOS Y CORTE TRIAXIAL DEL DISTRITO COMAS- LIMA 2021

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : **Bach. CABEZAS SORIANO ANA CECILIA**  
**Bach. ROSALES ASENJO MANUEL JESUS**

Facultad : **INGENIERÍA**

Escuela Académica : **INGENIERÍA CIVIL**

Asesor(a) : **Ing. ORDOÑEZ CAMPOSANO VLADIMIR**

Fue analizado con fecha **31/05/2024**; con **222 págs.**; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

**Excluye Bibliografía.**

X

**Excluye citas.**

X

**Excluye Cadenas hasta 20 palabras.**

X

Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de **25 %**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.**

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.



Huancayo, 31 de mayo del 2024.

**MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI**  
**JEFA**

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

## HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

---

Dr. Casio Aurelio Torres López.  
Presidente

---

JURADO

---

JURADO

---

JURADO

---

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza  
Secretario docente

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO .....	VI
HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS .....	VII
ÍNDICE.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVI
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	14
1.2. Planteamiento del problema.....	14
1.3. Formulación y sistematización del problema.....	17
1.3.1. Problema General .....	17
1.3.2. Problema (s) Específico (s) .....	17
1.4. Justificación .....	18
1.3.3. Práctica o Social .....	18
1.3.4. Científica o Teórica .....	18
1.5. Metodológica .....	18
1.6. Delimitaciones.....	19
1.6.1. Espacial .....	19
1.6.2. Temporal .....	19
1.6.3. Económica.....	19
1.7. Limitaciones.....	19
1.8. Objetivos.....	20
1.8.1. Objetivo General.....	20
1.8.2. Objetivo(s) Específico(s).....	20
MARCO TEÓRICO .....	21
2.1. Antecedentes (nacionales e internacionales).....	21
2.1.1. Nacionales .....	21
2.1.2. Internacionales.....	23
2.2. Marco conceptual .....	25
2.2.1. Corona. El material que se encuentra en el sitio más alto del escarpe principal.....	27
2.2.2. Estabilidad de taludes.....	27
2.2.3. Procedimientos de análisis de estabilidad .....	28

2.2.4.	Medidas de estabilización .....	29
2.2.5.	Métodos Geofísicos .....	31
2.2.6.	Métodos geofísicos para la estabilidad de Talud .....	31
2.2.7.	Definición de términos .....	33
2.3.	Hipótesis .....	35
2.3.1.	Hipótesis general .....	35
2.3.2.	Hipótesis(s) específica(s) .....	35
2.4.	VARIABLES .....	35
2.4.1.	Definición conceptual de la variable.....	35
2.5.	Definición operacional de la variable .....	36
2.6.	Operacionalización de la variable .....	37
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....		41
3.1.	Método de Investigación.....	41
3.2.	Tipo de Investigación .....	41
3.3.	Nivel de Investigación .....	41
3.4.	Diseño de la Investigación .....	42
3.5.	Población y muestra.....	42
3.6.	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos .....	42
RESULTADOS .....		45
4.1.	Descripción de resultados .....	45
4.2.	Geología del área en estudio .....	48
4.3.	Investigación de campo .....	64
4.3.1.	Excavaciones.....	64
4.3.2.	Ubicación de excavaciones .....	65
4.3.3.	Equipos e instrumentos utilizados para las excavaciones .....	65
4.3.4.	Procedimiento de excavación.....	66
4.4.	Ensayo de Penetración Estándar SPT .....	69
4.5.	Ensayos de laboratorio.....	72
4.6.	Ensayos estándar .....	72
4.7.	Exploraciones Geofísicas.....	78
4.8.	Estabilidad de taludes .....	83
4.9.	Contrastación de hipótesis .....	90
DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....		93
CONCLUSIONES.....		102
RECOMENDACIONES.....		104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		105

5. Referencias bibliográficas .....	105
ANEXOS .....	110
Anexo N°01: Matriz de consistencia .....	110
Anexo N°02: Plano de Ubicación de Exploraciones .....	113
Anexo N°03: Registro de los Puntos de Investigación .....	117
Anexo N°04: Ensayos de Laboratorio .....	130
Anexo N°05: Registro fotográfico.....	151
Anexo N°06: Planos Topográficos .....	168
Anexo N°06: Memorias de calculo.....	177
Anexo N°07: Geofísica .....	184
Anexo 7N°08: Dips .....	201

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Operacionalización de las variables.....	38
<b>Tabla 2</b>	Ubicación del área del proyecto.....	45
<b>Tabla 3</b>	Clasificación de los perfiles de suelo.....	59
<b>Tabla 4</b>	Valores de factor suelo.....	60
<b>Tabla 5</b>	Valores de periodo TP y TL.....	60
<b>Tabla 6</b>	Categoría de las edificaciones y factor de Uso (U).....	62
<b>Tabla 7</b>	Espectros de diseño para edificaciones.....	64
<b>Tabla 8</b>	Ubicación de excavaciones en coordenadas UTM WGS84.....	65
<b>Tabla 9</b>	Resumen de la clasificación de los estratos.....	67
<b>Tabla 10</b>	Resultados de los ensayos.....	68
<b>Tabla 11</b>	Resultados de ensayos de campo.....	69
<b>Tabla 12</b>	Ubicación de Ensayo de Penetración Estándar SPT.....	70
<b>Tabla 13</b>	Factores de Corrección Para Obtener (N) <sub>60</sub> .....	70
<b>Tabla 14</b>	Sondaje SPT – 01.....	71
<b>Tabla 15</b>	Sondaje SPT-02.....	71
<b>Tabla 16</b>	Resultados de ensayos estándar de clasificación SUCS.....	73
<b>Tabla 17</b>	Resultados de ensayos químicos – suelo.....	74
<b>Tabla 18</b>	Resultados de ensayos de campo.....	75
<b>Tabla 19</b>	Resultados de ensayo de Proctor Modificado.....	75
<b>Tabla 20</b>	Resultados de ensayo de CBR.....	76
<b>Tabla 21</b>	Resultados de ensayo de Corte.....	76
<b>Tabla 22</b>	Resultados de ensayo de Carga Puntual.....	77
<b>Tabla 23</b>	Resumen de los ensayos laboratorios.....	77
<b>Tabla 24</b>	Ubicación y Coordenadas UTM de las Líneas Sísmicas (WGS-84).....	78
<b>Tabla 25</b>	Resumen del Ensayo Geofísico Refracción Sísmica.....	78
<b>Tabla 26</b>	Ubicación y Coordenadas UTM del Sondaje MASW (WGS-84).....	79
<b>Tabla 27</b>	Resumen del Sondaje MASW.....	79
<b>Tabla 28</b>	Resumen de los Parámetros Elásticos MASW-01 / LRS-01.....	80
<b>Tabla 29</b>	Resumen de los Parámetros Elásticos MASW-02 / LRS-02.....	80
<b>Tabla 30</b>	Resumen de los Parámetros Elásticos MASW-03 / LRS-03.....	80
<b>Tabla 31</b>	Clasificación Sísmica del Suelo.....	81
<b>Tabla 32</b>	Factores Sísmicos de la Zona de Estudio.....	81
<b>Tabla 33</b>	Rangos de valoración RMR.....	82
<b>Tabla 34</b>	Ubicación de las estaciones geomecánicas.....	82
<b>Tabla 35</b>	Resumen de valoración de los macizos rocosos.....	83
<b>Tabla 36</b>	Clases de estabilidad según el SMR.....	83
<b>Tabla 37</b>	Condición de estabilidad de las familias según SMR.....	84

<b>Tabla 38</b>	Análisis de fallas del macizo rocoso en condiciones actuales.....	85
<b>Tabla 39</b>	Resultados del ensayo Corte Triaxial .....	90
<b>Tabla 40</b>	Clasificación Sísmica del Suelo .....	94
<b>Tabla 41</b>	Resumen de los Parámetros Elásticos MASW-01 / LRS-01 .....	95
<b>Tabla 42</b>	Resumen de los Parámetros Elásticos MASW-02 / LRS-02.....	95
<b>Tabla 43</b>	Resumen de los Parámetros Elásticos MASW-03 / LRS-03.....	95
<b>Tabla 44</b>	Resumen del Ensayo Geofísico Refracción Sísmica .....	96
<b>Tabla 45</b>	Resumen del Sondaje MASW .....	96
<b>Tabla 46</b>	Resumen de Refracción Sísmica .....	97
<b>Tabla 47</b>	Resumen de MASW .....	98
<b>Tabla 48</b>	Resultados del ensayo Corte Triaxial .....	99
<b>Tabla 49</b>	Clasificación geomecánica RMR .....	100
<b>Tabla 50</b>	Condición de estabilidad de las familias según SMR.....	100
<b>Tabla 51</b>	Análisis de fallas del macizo rocoso en condiciones actuales.....	101

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Inventario de peligros geológicos en las regiones de Lima y Callao .....	15
<b>Figura 2</b> Ocurrencia de peligros geológicos .....	15
<b>Figura 3</b> Plano de ubicación del A.A.H.H Lomas de Bentin, distrito de Comas, provincia de Lima, departamento de Lima .....	46
<b>Figura 4</b> Croquis de Acceso .....	47
<b>Figura 5</b> Columna estratigráfica a nivel regional .....	52
<b>Figura 6</b> Mapa Geológico del Cuadrángulo de Chancay, Hoja 24i de la Zona del Proyecto .	55
<b>Figura 7</b> Vista fotográfica de las rocas areniscas con niveles de lutitas .....	56
<b>Figura 8</b> Vista fotográfica de los depósitos antrópicos conformado por muros rústicos.....	56
<b>Figura 9</b> Mapa de Macrozonas sísmicas del territorio peruano .....	58
<b>Figura 10</b> Análisis de discontinuidades de la estación 01 por fallas planar, cuña y volteo .....	85
<b>Figura 11</b> Análisis de discontinuidades de la estación 02 por fallas planar, cuña y volteo .....	86
<b>Figura 12</b> Análisis de discontinuidades de la estación 03 por fallas planar, cuña y volteo .....	87
<b>Figura 13</b> Análisis de discontinuidades de la estación 04 por fallas planar, cuña y volteo .....	88
<b>Figura 14</b> Análisis de discontinuidades de la estación 05 por fallas planar, cuña y volteo .....	89
<b>Figura 15</b> Clasificación sísmica por sondaje MASW.....	91

## RESUMEN

En el presente plan de tesis se ha planteado como problema general: ¿Cuánto cambia la estabilización de talud a través de métodos geofísicos y corte triaxial en el distrito de Comas – Lima 2021?, siendo el objetivo de la investigación fue determinar el cambio de la estabilización de talud a través de métodos geofísicos y corte triaxial en el distrito de Comas – Lima, 2021. El tipo de estudio fue aplicado, de enfoque cuantitativo, con nivel descriptivo – explicativo y de diseño no experimental – corte transversal. La muestra consistía del talud en roca con mayor índice de inestabilidad ubicado en el A.H. Las Lomas de Bentin, Carmen Alto Sr. de los Milagros, zonal 03 – Distrito de Comas (Lima – Lima). Los instrumentos de ingeniería aplicados fueron los topográficos para el levantamiento de dicho talud, los geotécnicos para la toma de muestra en campo, de los cuales fueron llevados al laboratorio para sus respectivos ensayos ya sean estándar, de CBR, de corte directo, corte triaxial y carga puntual. Por último, para las exploraciones geofísicas se aplicaron ciertas herramientas que favorecieron a llevar a cabo los ensayos de refracción sísmicos, MASW para calcular los parámetros elásticos. Cabe resaltar debido a la geología de zona, el suelo fue clasificado como roca o suelos muy rígidos (según norma E.030), debido a esto se analizó la estabilidad del talud geomecánicamente, a parte de los métodos directos e indirectos, es decir se utilizaron la clasificación RMR y el índice de SMR. En conclusión, de las 5 estaciones ubicada en el macizo rocoso solo la estación 4, evidencio un probable deslizamiento de bloques de roca por falla planar y por cuña. Por lo que se sugirió una remoción de material inestable para que el riesgo se elimine.

**Palabra clave:** Estabilidad, Talud en roca, corte triaxial, métodos geofísicos, RMR, SMR.

## **ABSTRACT**

The general problem of this thesis plan is: How much does slope stabilization change through geophysical methods and triaxial cutting in the district of Comas - Lima 2021? The objective of the research was to determine the change in slope stabilization through geophysical methods and triaxial cutting in the district of Comas - Lima, 2021. The type of study was applied, of quantitative approach, with descriptive - explanatory level and non-experimental design - transversal cut. The sample consisted of the rock slope with the highest instability index located in the A.H. Las Lomas de Bentin, Carmen Alto Sr. de los Milagros, zonal 03 - District of Comas (Lima - Lima). The engineering instruments applied were topographic for the survey of the slope, geotechnical for field sampling, which were taken to the laboratory for their respective tests, whether standard, CBR, direct shear, triaxial shear and point load. Finally, for the geophysical explorations, certain tools were applied to carry out the seismic refraction tests, MASW to calculate the elastic parameters. Due to the geology of the area, the soil was classified as rock or very rigid soils (according to E.030 standard), therefore the slope stability was analyzed geomechanically, apart from the direct and indirect methods, i.e. the RMR classification and the SMR index were used. In conclusion, of the 5 stations located in the rock massif, only station 4 evidenced a probable sliding of rock blocks by planar and wedge failure. Therefore, removal of unstable material was suggested to eliminate the risk.

**Keywords:** Stability, rock slope, triaxial shear, geophysical methods, RMR, SMR.

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis comprenderá un tema importante, su título es “EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A TRAVÉS DE MÉTODOS GEOFÍSICOS Y CORTE TRIAXIAL EN EL DISTRITO DE COMAS – LIMA, 2021” es un trabajo de enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, con nivel descriptivo – explicativo y de diseño no experimental de corte longitudinal, que trata justamente en determinar si hay una resistencia suficiente en los suelos rocosos del talud para soportar los esfuerzos cortantes que tienden a generar la falla o deslizamiento. Dichos resultados podrán ser aplicados por las autoridades locales como regionales, con la finalidad de brindar mayor seguridad a las personas que habitan cerca de la zona de estudio o que se traslada al pie del talud.

Para llevar a cabo este trabajo, se desarrollará nueve (9) capítulos. El Capítulo I comprende la exposición del problema de investigación, es decir una breve descripción de la realidad problemática, la formulación del problema, las razones que justifican el presente estudio, las delimitaciones como limitaciones y el planteamiento de los objetivos a lograr esta investigación. En el Capítulo II se hace una referencia de la terminología para comprender más acerca de la Estabilización de Talud, como los métodos geofísicos y corte triaxial, asimismo se mencionan los antecedentes tanto nacionales como internacionales, las bases teóricas, el marco conceptual, la definición de términos, la formulación de las hipótesis y la definición de las variables de investigación. El Capítulo III contiene la metodología de la investigación, describiéndose los métodos, tipo, nivel y diseño de investigación; a la vez se identifica la población, muestra, técnicas aplicadas en la recolección de la información, con sus respectivos instrumentos, además, del posterior procesamiento de datos y su análisis respectivo. El Capítulo IV contiene el desarrollo de los resultados que son discutidos en el capítulo V, asimismo se presentan las conclusiones, recomendaciones y las referencias bibliográficas usadas en esta tesis y, finalmente se culmina este trabajo con un listado de anexos.

## **CAPITULO I**

### **EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Planteamiento del problema**

Los desprendimientos de tierra se producen en todo el mundo debido a diversas razones, como las fuertes lluvias, los terremotos, las erupciones volcánicas y las estructuras creadas por el hombre, como minas, canteras, carreteras de montaña, zonas deforestadas, etc. A lo largo del tiempo, el hombre ha desarrollado diversas actividades para proporcionar un entorno más cómodo y aprovechar la naturaleza, lo que ha provocado una importante degradación del suelo. Esta modificación del suelo provocada por las obras de construcción hace que el suelo pierda sus propiedades biológicas, provocando la erosión y, en consecuencia, desprendimientos de suelo, rocas y materia orgánica (Julca, Linares y Quinteros, 2021).

Sólo en la región de Lima y Callao se inventariaron 4329 amenazas geológicas y, según su origen, se produjeron movimientos en masa en 3272 casos, es decir, el 75,6% del total, amenazas geohidrológicas en 447 casos, es decir, el 10,3% del total, y las llamadas otras amenazas geológicas en 610 casos, es decir, el 14,1% del total (Luque, Rosado, Pari, Peña, y Huamán, 2020).

Uno de los inconvenientes de las colinas o montañas son los procesos geotécnicos activos que se producen en las laderas y colinas, que corresponden a movimientos hacia abajo y hacia fuera de los materiales que componen el talud rocoso, el suelo natural o el relleno, o una combinación de ambos. Estos movimientos

suelen producirse en las superficies de las fallas como resultado de la caída libre, la erosión, el movimiento de masas o el flujo (Suárez, 1998).

**Figura 1**

*Inventario de peligros geológicos en las regiones de Lima y Callao*



Fuente: Luque et al., 2020.

**Figura 2**

*Ocurrencia de peligros geológicos*



**Fuente:** Luque et al., 2020.

No obstante, Lima está en proceso de modernización y ahora es considerada por la mayoría de la gente como una de las ciudades más modernas de América Latina, debido a las obras e infraestructuras que se están desarrollando en Lima. El foco está puesto en los grandes barrios que se desarrollan dentro de Lima, mientras que por otro lado, los barrios jóvenes intentan surgir en diferentes aspectos y sectores, uno de ellos es la infraestructura, pero es aquí donde prevalece la mala infraestructura habitacional por sobre la buena debido al poco conocimiento que presentan los propios vecinos, perjudicando no solo a los propios usuarios sino también al medio ambiente, aumentando la vulnerabilidad ante cualquier peligro (Pesantes, 2017).

Este problema tampoco es desconocido en el distrito de Comas, donde hay zonas y/o asentamientos humanos que no son lugares seguros para vivir, siendo una de las razones la falta de estabilidad de las laderas que suele tener la zona. Muchas personas han vivido durante muchos años en estas zonas donde el terreno es muy escarpado, no tienen un lugar seguro para vivir y las laderas son propensas a derrumbarse.

Además, la ciudad de Lima, el distrito de Comas en particular, está expuesta a mayor cantidad de temblores debido a la fuerte actividad provocada por los constantes deslizamientos de los bordes de la placa de Nazca bajo la placa sudamericana, estos chocan cerca de la costa peruano-chilena. Esta peligrosidad sísmica se incrementa debido a que en Comas existen suelos que presentan condiciones desfavorables durante un evento sísmico fuerte, produciendo daños importantes no sólo en las edificaciones sino también en la integridad física de los residentes (CISMID, 2011).

Debido a esta situación, ya se han producido accidentes en sectores de la zona de Comas, como el deslizamiento de materiales (rocas o cantos rodados de tierra) hacia las casas o las personas que pasan por allí; además, la pendiente crea un movimiento tan fácil de las personas hacia sus casas. Una de estas áreas se encuentra en el Asentamiento Humano Las Lomas de Bentín, Carmen Alto Sr. De los Milagros, zonal 03, donde existen perchas empíricas que fueron construidas sin ningún estudio

técnico por parte de un profesional, con el resultado de que son inestables y pueden causar fácilmente accidentes en un evento sísmico de gran magnitud.

Además, se desarrollará un edificio de cuatro plantas, construido con materiales nobles, bajo un sistema combinado de muros de carga y soporte, con columnas y cubierta ligera, que consiste básicamente en un pabellón con aulas, laboratorios, oficinas administrativas, aseos, etc. Sin embargo, debido a las características geológicas de la zona, es necesario realizar un estudio geotécnico de la inestabilidad de los taludes sobre los que se cimentará el edificio en cuestión, ya que suelen ceder por el aumento de carga durante la construcción en la parte superior y muy cerca del borde de los taludes, por la pendiente y altura de los taludes cortados, por la presencia de agua en el talud creada por las lluvias o la presencia de arroyos y ríos, etc.

Por ello, esta investigación propone realizar un análisis de la estabilidad de los taludes mediante ensayos triaxiales y métodos geofísicos para mejorar la calidad de vida de los habitantes.

## **1.2. Formulación y sistematización del problema**

### **1.3.1. Problema General**

¿Cuál es la variación de la evaluación geotécnica de estabilización de talud a través de métodos geofísicos y corte triaxial en el distrito de Comas – Lima 2021?

### **1.3.2. Problema (s) Específico (s)**

- a. ¿Cuáles son los resultados de evaluación geotécnica de la estabilización de talud mediante la refracción sísmica, MASW en el distrito de Comas – Lima 2021?
- b. ¿Cuánto varía la evaluación geotécnica de la estabilización de talud a través del índice SMR en el distrito de Comas – Lima 2021?
- c. ¿De qué manera el ensayo de corte triaxial incide en la evaluación geotécnica de la estabilización de talud en el distrito de Comas – Lima 2021?

### **1.3. Justificación**

#### **1.3.3. Justificación práctica o social**

Esta investigación tendrá beneficios sociales, ya que mediante esta evaluación de la estabilidad de los taludes para el desarrollo de edificios se podrán analizar los posibles fallos por deslizamiento, vuelco, desprendimiento, etc. Esto proporcionará una mayor seguridad a las personas que viven cerca del proyecto o que caminan al pie del talud, ya que no correrán el riesgo de que las rocas u otros materiales del talud se derrumben con él.

#### **1.3.4. Justificación científica o teórica**

La investigación propuesta busca, mediante el uso de la teoría y los conceptos básicos de la estabilización de taludes, encontrar explicaciones a la posibilidad de riesgo geológico en el asentamiento Las Lomas de Bentin, Carmen Alto Sr. De los Milagros, zona 03, utilizando ensayos geofísicos y triaxiales. Por lo tanto, esta evaluación geotécnica contribuirá a mejorar la calidad de vida de los habitantes, que están constantemente en riesgo debido a la falta de implicación de las autoridades locales en el aumento de los factores de seguridad en la zona estudiada.

#### **1.3.5. Justificación metodológica**

Para alcanzar los objetivos de esta tesis se utilizan técnicas de investigación como la observación y el análisis de documentos, así como el uso de herramientas pertinentes como las tarjetas de registro. Todos estos datos recogidos durante el trabajo de campo y de laboratorio se analizarán y procesarán mediante diferentes programas informáticos para medir la estabilidad de los taludes (variable independiente). Así pues, los resultados de este estudio se basan en técnicas y herramientas que han sido validadas sobre el terreno.

## **1.4. Delimitaciones**

### **1.4.1. Espacial**

La investigación se llevó a cabo en el Asentamiento Humano Las Lomas de Bentin, Carmen Alto Sr. De los Milagros, zonal 03 ubicado en el distrito de Comas, que conforma la provincia de Lima del departamento de Lima.

### **1.4.2. Temporal**

La investigación se realizó a lo largo de 6 meses (junio – noviembre) del 2021.

### **1.4.3. Económica**

Los recursos económicos no serán elevados debido a que se dispone del software geotécnico, el estudio de suelos, la elaboración de los planos, documentos y del presupuesto total del estudio de suelo llevado en campo como laboratorio. Cabe resaltar que los gastos en relación al fotocopiado, anillado, empastado u otros serán asumidos por los tesisistas.

## **1.5. Limitaciones**

Las limitaciones para llevar a cabo esta investigación fueron las siguientes:

Ampliaciones del cronograma de trabajo debido a los contagios COVID en la zona de estudio.

El análisis de estabilidad de talud se realizó con el software dips tomando como referencia las discontinuidades del macizo rocoso (suelo rocoso), sin embargo, no se complementó con otra herramienta tecnológica del Rocscience.

Para este trabajo se llevó a cabo 11 calicatas para la exploración geotécnica, así como 3 líneas sísmicas como 3 sondajes para la exploración geofísica; sin embargo, es muy limitado estos números para que el análisis del talud sea más detallado y no generalizado.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo General**

Evaluar la variación de la evaluación geotécnica de la estabilización de talud a través de métodos geofísicos y corte triaxial en el distrito de Comas – Lima, 2021.

### **1.6.2. Objetivo(s) Específico(s)**

- a) Analizar los resultados de la evaluación geotécnica de la estabilización de talud mediante la refracción sísmica, MASW en el distrito de Comas – Lima 2021.
- b) Determinar la variación de la evaluación geotécnica de la estabilización de talud a través del índice SMR en el distrito de Comas – Lima 2021.
- c) Identificar la incidencia del ensayo de corte triaxial en la evaluación geotécnica estabilización de talud en el distrito de Comas – Lima 2021.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes (nacionales e internacionales)**

##### **2.1.1. Nacionales**

Díaz y Rodríguez (2017) realizaron un análisis de estabilidad de taludes en roca entre los Km 95 al 97 de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca. Se aplicó el tipo de estudio, con un diseño descriptivo transversal y no experimental. La muestra consistía en discontinuidades en el macizo rocoso, y se utilizaron como instrumentos los métodos de campo: infiltración de agua, martillo de Schimidt, peine de Barton y prueba de inclinación. Los resultados mostraron que la cohesión varía entre 0,013 MPa y 0,092 MPa y que los ángulos de fricción interna fluctúan entre 32,10° y 41,04°. Por otro lado, mediante el análisis cinemático de los taludes, demostraron que existe un potencial de deslizamiento planar en las rocas. En conclusión, determinaron con el software Slide que el factor de seguridad estático varía entre 0,68 y 1,12 y el factor de seguridad pseudoestático entre 0,54 y 0,94.

Jurado y Pérez (2019) determinaron los métodos destructivos y no destructivos que facilitan la obtención de los parámetros geotécnicos más precisos para la evaluación de la estabilidad de taludes en Costa Verde - Miraflores. Se aplicó el tipo de estudio, con un enfoque cuantitativo, un nivel descriptivo y un diseño transversal no experimental. La muestra consistió en un tramo de la vertiente de la Costa Verde situada en el distrito de Miraflores,

que va desde el parque Yitzhak Rabin hasta el parque Miguel Grau (700 m de longitud). Aplicó métodos como el MASW, la refracción sísmica y el seccionamiento directo para recoger datos sobre el terreno. Entre los resultados, obtuvo que los factores de seguridad para condiciones estáticas de 1,443, 1,633, 1,609 y 1,975 por Obispo, son aceptables para condiciones naturales y para condiciones pseudoestáticas los valores del factor de seguridad fueron de 1,098, 1,259, 1,216 y 1,459, indicando una inestabilidad técnica en algunas secciones del talud. En conclusión, es imprescindible realizar un análisis de taludes para condiciones pseudoestáticas, ya que la Costa Verde está situada en una zona de alta vulnerabilidad sísmica, por lo que el F.S. debe respetar los valores definidos por la normativa vigente.

Chuquiruna (2019) realizó una evaluación geotécnica utilizando criterios estáticos y pseudoestáticos para calcular inestabilidad en un talud ubicado sobre 139 km de carretera (500 a 450) en el distrito de San Juan en la región Cajamarca. Se utilizaron enfoques descriptivos y cuantitativos, así como diseños transversales no experimentales. La prueba consta de un talud situado en el km 139 (del 500 al 450). Herramientas utilizadas: brújula, bastón, GPS, cabrestante, cuaderno de campo, guía topográfica, geológico, satelital, mapa de sensibilidad, bolsa de muestreo y cámara. Entre los resultados, pudo determinar el mecanismo de fallo del talud y la causa del desprendimiento. Por otro lado, el análisis estático se realizó en una situación sin movimiento sísmico mediante técnicas de captación y herramientas tecnológicas como Slide, lo que permitió obtener una pendiente entre 1 y 1,3, que según OSINERGMIN es de corto plazo. Sin embargo, para un análisis pseudoestático, el resultado es que la pendiente es inestable. En conclusión, la evaluación geotécnica permite comprender la estabilidad de un talud en condiciones sísmicas y, por tanto, determina la vulnerabilidad de la zona.

Breña (2019) evaluó los resultados de los parámetros geotécnicos de interacción roca-suelo que afectan la estabilidad de taludes en la carretera longitudinal de montaña, tramos Cochabamba - Cutervo - Chiple. Se aplicó la fórmula de estudio, con enfoque cuantitativo, nivel descriptivo y diseño

transversal no experimental. La muestra constaba de 10 tramos de carretera, desde el kilometraje 0+300 hasta el 65+500. Entre los resultados, fue posible identificar juntas o fallas locales y regionales, así como microfisuras que son huellas de desplazamiento de los materiales del suelo y la roca. Al mismo tiempo, se comprobó que en las progresiones 23 y 61 hay una mayor concentración de rocas alteradas, descompuestas y en descomposición. En conclusión, se informó que al modelar el deslizamiento en la sección 61+ 100, se obtuvo F.S. 0.869, lo que significa que el talud es inestable debido a las condiciones actuales, sin embargo, al aplicar ripra en la parte inferior del talud, el F.S. aumenta a 1.568. Sin embargo, la inestabilidad en la parte superior del talud se mantiene, por lo que recomendó proyectos de drenaje y un muro en la punta del talud.

### **2.1.2. Internacionales**

Sequeira (2020) realizó una caracterización geotécnica de la finca privada Jaboncillos por medio de prospección geotécnica y geofísica, análisis geomorfológico y de estabilidad de laderas, con el fin de determinar los sectores más aptos para la construcción de un edificio de apartamentos. Para ello empleó 4 etapas: la primera recopiló y revisó fuentes bibliográficas, luego ejecutó pruebas de campo, también pruebas de laboratorio y por último procesó y analizó todos los datos conseguidos en gabinete. Entre los resultados alcanzó que los F.S. vinculados a los perfiles P-1, P-2 y P-3, son los más bajos en la finca, siendo el análisis de Fellenius o el Ordinario, el más conservador entre los demás autores. Aun considerando el nivel de agua subterránea, los F.S. no se redujeron, de allí infirió que la estabilidad está asociada a la pendiente y las bajas resistencias al corte de materiales. En conclusión, señaló que la zonificación geotécnica integral de la finca determinó que un 8.2% del total del área es considerado como apto para levantar el edificio habitacional con una infraestructura complementaria, esta área correspondió al sector 2.A.

Fuentes (2021) evaluó la estabilidad de talud con mayor susceptibilidad a movimientos en masa en la Av. Simón Bolívar en el tramo comprendido entre “La Forestal” y el “Colegio Ludoteca”, mediante el método de Evaluación

Espacial Multicriterio (MCDA). Para ello categorizo los factores condicionantes y desencadenantes para el suceso de un fenómeno de remisión en masa a través del uso método Saaty y MCDA. En el caso de los factores condicionantes considero la elevación, pendiente, geología, hidrología, la geología estructural y el tipo de suelo. En cambio, para los factores desencadenantes tuvo en cuenta a la actividad antrópica, precipitaciones y sismicidad. Entre los resultados obtenido a partir del trabajo en campo y la revisión bibliográfica, reconoció que los factores condicionantes impactan significativamente en los taludes de estudio, tales como el tipo de material, pendientes moderadas a fuertes y la falta de vegetación; a la vez, está influenciado por los ciertos factores desencadenantes como: el agua de escorrentía y el factor antrópico. En conclusión, para el análisis de la estabilidad efectuó un perfil transversal en condiciones pseudoestáticas consiguiendo un F.S. de 0.61 por el método Bishop Simplificado y 0.54 por el método Jambu Simplificado. De estos valores infirió que existe inestabilidad en el talud, el cual se encuentran debajo del F.S. determinado por la NEC – SE – DS. Para ello propuso obras de mitigación para el talud como el saneo de bloques sueltos en la zona de interés, implementación de un geomanta para utilizar el método de hidrosiembra y el desarrollo de cunetas de coronación para el manejo de agua de escorrentía.

Vaca (2018) evaluó la estabilidad de taludes, en San Antonio de Pichincha a través de la caracterización de macizos rocosos para el estudio de la susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa. Para eso, efectuó un análisis a los 41 macizos rocosos con respecto a sus propiedades físico – mecánicas, a través del registro de datos conseguidos en campo y laboratorio. Adicional a ello, el estudio de los minerales de alteración accedió complementar el estudio en campo, permitiendo ajustar el índice RQD y obtener datos más cercanos a la realidad. Empleo programas ArcGIS y SGeMS que faculto reconocer la estabilidad y calidad del talud en distintos sectores. En conclusión, enfatizo que la configuración geométrica correcta de un talud otorga estabilidad y seguridad en cualquier labor que se ejecuta cerca o en dentro del macizo rocoso, a su vez, un mapa geotécnico ajustado y un mapa de

susceptibilidad brindan datos adecuados para definir medidas de contingencia y programas de mitigación para las amenazas que existen en el área de estudio.

Portela (2020) analizó la estabilidad del talud en Charo Rico Alto, en el sector de El Totumo del municipio de Ibagué, para lo cual recolectó datos de la topografía, determinó las propiedades mecánicas y gravimétricas del suelo mediante investigaciones geotécnicas y ensayos de laboratorio, y así obtuvo las variables para desarrollar un modelo de taludes utilizando el software Slide. Al procesar los datos, obtuvo un F.S. de 0,581 en la parte más baja de la pendiente, un rango que no compromete la estabilidad en gran medida, pero que puede provocar una inclinación gradual de la masa de suelo con el tiempo. Por otro lado, definió una superficie de falla que atraviesa la base del talud y que incluye una gran cantidad de masa de suelo, y aquí calculó F.S. 1.117. Es decir, el talud tiene una mayor estabilidad en esta zona, pero si hay un cambio en la topografía y en la acción del agua, esto puede causar una disminución del F.S. y hacer que el talud falle. Con todos los valores, pudo concluir proponiendo una solución a nivel de ingeniería, que consistía en cambiar la geometría del talud para enmarcar la configuración del mismo y crear una relación fija entre su altura y su longitud, de manera que su F.S. aumentara, dando así más estabilidad al talud. al talud.

## **2.2. Marco conceptual**

### **a) Generalidades de los taludes**

La evaluación de la estabilidad de taludes es uno de los problemas que se encuentran al desencadenar movimientos del suelo, frecuentemente en la construcción de caminos, canales, diques y presas. Además, algunos taludes naturales son o pueden volverse inestables como las laderas de las regiones montañosas y costeras (Djeffal, 2011).

Como se menciona en Fredy (2015) En la mayoría de las situaciones, los estudios estos estudios no pueden llevarse a cabo a nivel general, sino de talud a talud, porque la inestabilidad a menudo se asocia con discontinuidades en alguna orientación particular. Cuando el factor de seguridad de un talud calculado correctamente es menor a 1, la posibilidad de su falla es alta.

## **b) Taludes**

Son elementos fundamentales para el funcionamiento y estabilidad de una vía. Además, la pendiente es una masa de tierra que presenta cambios significativos en la pendiente o la altura. Técnicamente hablando, cuando su conformación actual proviene de un proceso natural, se define como Ladera; cuando se forma artificialmente, se define como Talud (Cruz, 2013 citado de Barboza et al, 2021).

De lo anteriormente mencionado podemos entender que los taludes son cualquier superficie con una pendiente desde la horizontal en la que existan permanentemente movimientos de tierra. Es una forma compleja que requiere de análisis, ya que en su estudio convergen los problemas de mecánica de suelos y mecánica de rocas, sin olvidar el papel principal de la geología utilizada en el desarrollo de los criterios de aceptación. Además, se clasifican en dos tipos que son los naturales y artificiales.

## **c) Nomenclatura de taludes y ladera**

- Los terraplenes,
- Los cortes de laderas naturales y
- Los muros de contención.

## **d) Partes del Talud**

- Altura: Medición de forma vertical que parte desde la parte inferior hasta el punto más alto.
- Pie, pata o base. Parte inferior de la pendiente del talud
- Cabeza, cresta, cima o escarpe. Parte superior en la que cambia la pendiente del talud.
- Pendiente. Es la inclinación del talud.
- Altura de nivel freático. Distancia medida de forma vertical que parte desde la parte inferior hasta el nivel de agua medido debajo de la cabeza.

## **e) Movimiento de un talud**

Los movimientos de los taludes y laderas corresponden a procesos geotécnicos activos, principalmente hacia abajo y hacia afuera de los materiales que componen un talud de piedra, suelo natural o relleno, o una mezcla de ellos. Llamado deslizamiento y definido como el desplazamiento de una masa de

suelo suelto o rocoso a lo largo de una superficie de falla por corte que a menudo corresponde a una discontinuidad preexistente. Ocurre como resultado de un evento natural, por ejemplo: fuertes lluvias, erosión de bancos, terremotos, o por acciones humanas: movimiento de tierras o deforestación (Djeffal, 2011).

Las partes de un talud en un proceso de deslizamiento son las siguientes:

- Escarpe principal. Superficie inclinada de la periferia del área en movimiento.
- Escarpe secundario. Una superficie muy inclinada producida por desplazamientos diferenciales dentro de la masa que se mueve
- Cabeza. La parte superior del material del talud que se encuentra entre el material perturbado y el escarpe principal.
- Cima. El punto más alto del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.

### **2.2.1. Corona. El material que se encuentra en el sitio más alto del escarpe principal.**

### **2.2.2. Estabilidad de taludes**

#### **a) Factores de falla en taludes**

Los taludes pueden ser estables o estáticos, pero la primera será inestable con el tiempo y la ocurrencia de deslizamientos de tierra. Este es el caso, es así, por lo que se debe conocer el talud en detalle desde su interior para saber qué diagnóstico tomar dependiendo de su comportamiento (Chaverra y Tamayo, 2019 citado por Barboza et al, 2021).

#### **b) La estabilidad**

Se refiere a la seguridad de una masa de tierra contra cualquier falla o movimiento que se presente. Allí se deben definir criterios de estabilidad de taludes, como lo son la inclinación en un corte, casi siempre escarpada será la mejor opción para el que se sostenga en el mayor tiempo posible (De Matteis, 2003 citado por Barboza et al, 2021).

- Superficie de falla. Es el área debajo del talud que delimita el volumen de material desplazado.

- Pie de la superficie de falla. Es la línea de interceptación entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie del terreno.
- Base. área cubierta de material perturbado que se encuentra en el pie de la superficie de falla.
- Punta o uña. El punto de la base del talud.
- Superficie original del terreno. Es la superficie que existía antes de que se presentara el movimiento.

### **2.2.3. Procedimientos de análisis de estabilidad**

Como se menciona en Valeriano (2015) este es un término utilizado en investigación para identificar posibles anomalías de taludes, que dependen en gran medida de la presencia, distribución espacial y naturaleza de defectos o planos vacíos de los materiales que los forman.

También es importante mencionar lo citado en Valeriano (2015):

El análisis de la estabilidad debe considerar o establecer el coeficiente de resistencia al deslizamiento. Por esta razón es de mayor importancia descubrir los parámetros geométricos de la pendiente, así como los parámetros geotécnicos del material del que está construido. Una vez que se ha determinado la cinemática de la pendiente, el siguiente paso es realizar un análisis de estabilidad utilizando el método de balance límite porque es necesario comparar las fuerzas de resistencia con aquellas a favor del movimiento.

#### **a) Metodologías de estabilidad de taludes**

Como se menciona en Valeriano (2015)

La investigación geológica y geotécnica de taludes tiene como objetivo diseñar taludes estables en función de las condiciones requeridas (corto, mediano o largo plazo, relación costo-seguridad, nivel de riesgo aceptable), recepción, etc.), así como la estabilidad de taludes inestables. La metodología utilizada en los estudios de estabilidad de taludes se basa en el conocimiento geológico, hidrogeológico y geotécnico de la masa rocosa o del suelo.

#### **b) Fallas**

Según Djefal (2011) es la deformación más significativa es el desplazamiento o fallamiento causado por el movimiento del suelo, donde diferentes formas de falla de taludes están asociadas con diferentes estructuras geológicas.

#### **c) Factor de seguridad**

Según Perry (1998), es la relación entre el arrastre y la fuerza cortante que actúa a lo largo de la superficie de un deslizamiento potencial, por lo que un factor de seguridad más alto indica estabilidad de taludes, mientras que los valores de costo menores a uno indican inestabilidad de taludes. y es peligroso.

#### **d) Estabilidad de talud en roca**

En los taludes, la inestabilidad es el resultado de las propiedades geográficas y mecánicas del cúmulo de roca, el estado en que se debe conservar el talud y sus condiciones de permeabilidad. Los diferentes tipos de grietas están determinados por el tipo de fractura en la roca, la dirección y ubicación de las grietas en relación con la pendiente, y la estabilidad determinada por los parámetros de resistencia de grieta y esqueleto de piedra. El propósito de la medición geotécnica es identificar, controlar y corregir los factores inestables ubicados en la pendiente rocosa. Existen tres tipos de inestabilidad que son la rotura plana, rotura de cuña y vuelco de estratos.

### **2.2.4. Medidas de estabilización**

#### **a) Métodos de refuerzo para talud de roca**

Se realizan estructuras auxiliares para la estabilidad del talud de roca entre los cuales se encuentra el uso del concreto reforzado con el fin de que la roca esté apoyada en el talud y mantenga su estabilidad, de esta manera prevenir deslizamiento de rocas y losas en la cresta.

## **b) Métodos de remoción de rocas para estabilización de talud**

En este proceso se retira el material inestable y desprendido del talud, el cual genera una estabilidad, entre los procesos realizados se encuentra, eliminar la roca saliente utilizando el proceso de voladura, y el despeje de árboles que puedan generar grietas en las rocas, entre otros.

## **c) Geofísica**

Es importante seleccionar el método que se va a utilizar para el análisis de estabilidad de taludes; sin embargo, la precisión depende en gran medida de la información que se ingrese.

Los datos ingresados o de entrada ideales requieren una comprensión profunda de las condiciones del subsuelo de la pendiente, incluidos los tipos de suelo, el grosor de las capas, los parámetros de resistencia del suelo, los pesos unitarios del suelo, la ubicación del nivel freático y las elevaciones relativas a lo largo de la pendiente. La ausencia de cualquiera de estos parámetros disminuye la precisión y confiabilidad del modelo. Tradicionalmente, el método más popular para recopilar información del subsuelo ha sido la perforación y el muestreo. Los registros de perforación brindan datos precisos para puntos seleccionados a lo largo de una pendiente; sin embargo, no brindan ninguna información sobre el perfil del suelo entre ubicaciones de perforación. Esto disminuye la comprensión de un ingeniero de la estratigrafía general del talud y aumenta la posibilidad de hacer interpretaciones no conservadoras, o incluso demasiado conservadoras, entre las perforaciones.

Agregar perforaciones adicionales puede ser costoso, invasivo e incluso poco práctico debido a problemas de accesibilidad o pendiente. Otra opción es utilizar técnicas geofísicas, o no invasivas, que tienen varias ventajas. Los métodos geofísicos no son destructivos y son más eficientes y rentables para áreas más grandes en comparación con la perforación o la excavación. Además, estas técnicas se han utilizado y mejorado durante más de medio siglo haciéndolas cada vez más confiables (Everett, 2014; EEGS, 2018, citado

por LeBow,2019). Cabe señalar, sin embargo, que el uso de datos geofísicos tiene algunos aspectos negativos de igual forma se discutieron los siguientes tres inconvenientes de la geofísica:

- La resolución disminuye con la profundidad,
- Los datos producen una solución no única que puede requerir calibración
- Los resultados generalmente producen información indirecta del subsuelo en lugar de propiedades geotécnicas.

También afirma que, aunque los métodos geofísicos presentan limitaciones, generalmente se pueden superar cuando se usan junto con la perforación y otras prácticas geotécnicas. Algunos de los métodos geofísicos más comunes incluyen tomografía de resistividad eléctrica (ERT), resistividad acoplada capacitivamente (CCR), relación espectral horizontal a vertical (HVSr), análisis multicanal de ondas superficiales (MASW), refracción sísmica y radar de penetración terrestre. (GPR). De los cuales en este estudio se verá técnicas Como el MASW, y el método de Refracción sísmica (LRS)

#### **2.2.5. Métodos Geofísicos**

Según Mendoza, (2016) se utilizan para estudiar las propiedades de los suelos y afloramientos rocosos, pero también se utilizan para determinar las propiedades dinámicas del suelo, es decir, las propiedades de compresión y corte, las velocidades de onda del suelo, el módulo y la fuerza de corte del suelo.

#### **2.2.6. Métodos geofísicos para la estabilidad de Talud**

Desde la década de 1970, geofísicos, geólogos e ingenieros han estado utilizando diferentes tipos de métodos geofísicos en el análisis de estabilidad de taludes. Pazzi et al. (2019) mostraron que en estudios donde se utilizó la geofísica para analizar un deslizamiento de tierra, más del 68 % solo empleó el uso de un solo método geofísico junto con métodos geotécnicos, aunque se cree que hay beneficios de usar más de uno.

Siendo el MASW un método no destructivo mayormente utilizado para la evaluación y extracción de información de la velocidad de onda de corte a partir de ondas superficiales, vinculado al mismo módulo de corte, facilitando de esta forma la obtención de un modelo unidimensional. (Macedo, 2018)

LeBow (2019) nos dice acerca del análisis multicanal de ondas superficiales (MASW) como un mecanismo distinto para recopilar datos geofísicos en la que se evalúan las condiciones de rigidez o elasticidad del suelo. Un impacto, como un mazo que golpea una placa de metal, se usa para crear ondas sísmicas en la superficie que viajan a través del material subterráneo. Las velocidades de estas ondas se miden usando geófonos espaciados uniformemente.

**a) Ensayos MASW**

Según Rebata (2021) este es un método sísmico que se puede utilizar para determinar las propiedades geotécnicas de los materiales del subsuelo. Esta es una forma alternativa de reconocimiento del sitio, cuando se desconoce la información geotécnica inicial sobre el área.

**b) Método Línea De Refracción Sísmica (LRS)**

Según Macedo (2018) Este es un método no invasivo para medir el tiempo de dispersión de la onda (P y S) en una serie de puntos separados por espacios a lo largo de una recta en el suelo. Esta recta se llama línea de control y en cada punto hay dispositivos que reciben datos de las olas, llamados geófonos. Estas ondas son generadas por una fuente de energía pulsada provocada por una explosión o por el impacto de un objeto contra el suelo.

**c) Ensayo de refracción sísmica**

Según Alpizar (2012) con su ayuda se estudia el interior de la Tierra de forma no destructiva mediante la transmisión de ondas sísmicas generadas por una fuente artificial, lo que permite obtener una precisión relativa del espesor de las capas y la velocidad de onda longitudinal.

**d) Velocidades P**

Como se cita en Araujo y Quiroz (2021) esta es la velocidad a la que llegan las ondas P, viajan más rápido que las ondas S por lo que son más fáciles de generar y registrar.

**e) Ensayo Triaxial**

Es uno de los métodos más precisos y confiables para determinar los parámetros de resistencia al corte; Debido a su complejidad, a medida que se complementan las pruebas realizadas para determinar los aspectos relevantes.

**f) Corte Triaxial**

Es uno de los métodos más certeros para evaluar los distintos parámetros de resistencia al cortante. Valerio (2011) nos dice que, en este método, dentro de una cámara a presión se combina una muestra cilíndrica del suelo combinada con una membrana de látex. La parte superior e inferior de la muestra tienen discos porosos conectados al sistema de drenaje con el objetivo de saturar o drenar la muestra. Durante estas pruebas, la presión se puede aplicar a la muestra de suelo en tres direcciones, lo que permite una medición completa de sus propiedades mecánicas.

**2.2.7. Definición de términos**

**a) Estabilidad del Talud**

Es el termino denominado utilizado en estudios enfocados en determinar posibles irregularidades de un talud, el cual depende en gran parte de la existencia, distribución espacial y naturaleza de planos defectuosos o discontinuidades dentro del material que lo forma (Cosillo, 1999 citado por Valeriano, 2015).

**b) Fallas**

Es la deformación más significativa es la dislocación o ruptura provocada por el desplazamiento del terreno, de los cuales los diferentes modos de falla en taludes están asociados con diferentes estructuras geológicas (Djeffal,2011).

### **c) Factor de seguridad**

Es la de relación entre fuerzas resistentes y fuerzas deslizantes que actúan a lo largo de la superficie del potencial deslizamiento, así que un factor de seguridad mayor de 1 indica estabilidad del talud y un valor menor de 1 indica inestabilidad del talud (Perri, 1999).

### **d) Métodos Geofísicos**

Son con los cuales se realizan la investigación de las propiedades de los suelos y los afloramientos rocosos, pero también son utilizados para determinar las propiedades dinámicas de los suelos, en particular los de compresión y cortante, velocidades de las ondas del suelo, así como los módulos de elasticidad y de corte del suelo (Mendoza, 2016).

### **e) Ensayo de refracción sísmica**

Es con el cual se estudia de forma no destructiva el subsuelo terrestre a través de la propagación de las ondas sísmicas producidas por una fuente artificial, el cual permite obtener con relativa precisión los espesores de los estratos y las velocidades de ondas P (Alpízar, 2012).

### **f) Velocidades P**

Son las velocidades alcanzadas por las ondas P, estas se desplazan a una mayor velocidad que las ondas S por lo que son más fáciles de generar y registrar (Lazcano, 2007 citado por Araujo y Quiroz, 2021).

### **g) Ensayos MASW**

es un método sísmico que puede ser usado para la caracterización geotécnica de materiales cercanos a la superficie. Siendo forma alternativa de investigación del terreno, cuando se desconoce previa información geotécnica del terreno (Rebata, 2021).

### **h) Ensayo triaxial**

Es uno de los métodos de mayor precisión y más confiables para determinar los parámetros de la resistencia al cortante; debido a su complejidad, puesto que se las pruebas realizadas se complementan para determinar los aspectos importantes (Jurado y Pérez, 2019).

## **2.3. Hipótesis**

### **2.3.1. Hipótesis general**

La evaluación geofísica de la estabilización de talud a través de métodos geofísicos y corte triaxial permite recopilar información de forma precisa en el distrito de Comas – Lima, 2021.

### **2.3.2. Hipótesis(s) específica(s)**

- a) El método de refracción sísmica MASW logra satisfactoriamente una caracterización de la Clasificación Sísmica del Suelo, Parámetros Elásticos y Perfiles Sísmicos en la estabilización de talud en el distrito de Comas – Lima 2021.
- b) El índice SMR define de forma concreta el análisis de discontinuidades y posibles fallas en la estabilización de talud en el distrito de Comas – Lima 2021.
- c) El ensayo de corte triaxial logra establecer correctamente la propiedad de resistencia al esfuerzo cortante en la estabilización de talud en el distrito de Comas – Lima 2021.

## **2.4. Variables**

### **2.4.1. Definición conceptual de la variable**

#### **Variable 1: Estabilización de talud**

##### **- Definición conceptual**

En el estudio de la estabilización de los taludes se abordan fenómenos de estado último o de rotura de masas de suelo. El agente externo responsable de la inestabilidad es una fuerza de masa, el peso y, eventualmente, los efectos de filtración, a los cuales hay que añadir otros factores como las sobrecargas (estáticas/dinámicas) (Valiente et al., 2016).

### **Variable 2: Métodos geofísicos**

#### **- Definición conceptual**

La prospección geofísica tiene aplicaciones específicas en el campo de la Ingeniería Civil, tal es el caso de los métodos sísmicos (como el de refracción sísmica, microtemblores o microtrepidaciones, cross-hole, down-hole, up-hole, entre otros), que sirven para la realización de estudios de estabilidad y riesgos geológicos (detección de fallas y detección de cavidades), determinación de parámetros elásticos, determinación de la excavabilidad - ripabilidad en suelo y roca, clasificación geomecánica del subsuelo, etc. (Armando, 2016).

### **Variable 3: Corte Triaxial**

#### **- Definición conceptual**

A diferencia de otros equipos para la medición de la resistencia al corte de suelos en laboratorio, el equipo triaxial no fija a priori la rotura de la muestra, sino que permite que este se genere de forma natural y adopte la orientación más desfavorable. Además, que es posible controlar a voluntad el drenaje de la muestra y la velocidad de aplicación de la carga, lo que permite reproducir cualquier situación presente en el suelo (Chinchay, 2017).

## **2.5. Definición operacional de la variable**

### **Variable 1: Estabilización de talud**

#### **- Definición operacional**

Esta variable tiene como dimensiones a los estudios preliminares, tipos de fallas y el cálculo del factor de seguridad. De igual modo no será medido por un diseño experimental.

### **Variable 2: Métodos geofísicos**

#### **- Definición operacional**

Esta variable tiene como dimensiones al ensayo de refracción sísmica y el ensayo MASW. Igualmente, no será medido por un diseño experimental.

### **Variable 3: Corte Triaxial**

- **Definición operacional**

Esta variable tiene como dimensiones al ensayo triaxial.

Además, no será medido por un diseño experimental.

### **2.6. Operacionalización de variables**

**Tabla 1**

*Operacionalización de las variables*

VARIABLE	D.CONCEPTUAL	D.OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<p><b>Variable Independiente:</b></p> <p>Estabilización de talud</p>	<p>En el estudio de la estabilidad de los taludes se abordan fenómenos de estado último o de rotura de masas de suelo. El agente externo responsable de la inestabilidad es una fuerza de masa, el peso y, eventualmente, los efectos de filtración, a los cuales hay que añadir otros factores como las sobrecargas (estáticas/dinámicas) (Valiente et al., 2016).</p>	<p>Esta variable tiene como dimensiones a los estudios preliminares, tipos de fallas y el cálculo del factor de seguridad. De igual modo no será medido por un diseño experimental.</p>	Estudios preliminares	Topografía
				Hidrología
				Mecánica de suelos
			Tipos de fallas	Falla por deslizamiento superficial
				Falla por deslizamiento rotacional
				Falla local
				Falla por traslación
				Falla por flujo
				Falla por licuación
				Fallas con superficies compuestas
				Fallas múltiples
			Cálculo del factor de seguridad	Método de Fellenius
				Método de Bishop
				Método de Spencer
Método de Janbu				
Método de Morgenstern y Price				

<p><b>Variable dependiente:</b> Métodos geofísicos</p>	<p>La prospección geofísica tiene aplicaciones específicas en el campo de la Ingeniería Civil, tal es el caso de los métodos sísmicos (como el de refracción sísmica, micro temblores o micro trepidaciones, cross-hole, down-hole, up-hole, entre otros), que sirven para la realización de estudios de estabilidad y riesgos geológicos (detección de fallas y detección de cavidades), determinación de parámetros elásticos, determinación de la excavabilidad - ripabilidad en suelo y roca, clasificación geomecánica del subsuelo, etc. (Armando, 2016)</p>	<p>Esta variable tiene como dimensiones al ensayo de refracción sísmica y MASW y en ensayo de índice SMR. Igualmente, no será medido por un diseño experimental.</p>	<p>Refracción Sísmica, MASW</p>	Velocidades P para suelo
				Velocidades P para roca
				Velocidades P para grava
				Velocidades P para arena
				Velocidades P para arcilla
				Velocidades P para turba
				Velocidades P para suelo meteorizado
<p><b>Variable dependiente:</b> Corte triaxial</p>	<p>A diferencia de otros equipos para la medición de la resistencia al corte de suelos en laboratorio, el equipo triaxial no fija a priori la rotura de la muestra, sino que permite que este se genere de forma natural y adopte la orientación más desfavorable. Además, que es posible controlar a voluntad el</p>	<p>Esta variable tiene como dimensiones al ensayo triaxial. Además, no será medido por un diseño experimental.</p>	<p>Corte triaxial</p>	Resistencia a compresión simple de la roca intacta
				Espaciado de las discontinuidades
				Estado de las discontinuidades
				Condiciones hidráulicas de las discontinuidades
				Prueba con consolidación y con drenaje (CD)
				Prueba con consolidación y sin drenaje (CU)
				Prueba sin consolidación y sin drenaje (UU)

	drenaje de la muestra y la velocidad de aplicación de la carga, lo que permite reproducir cualquier situación presente en el suelo (Chinchay, 2017)			
--	---	--	--	--

**Fuente:** Elaboración propia.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Método de Investigación**

El estudio es cuantitativo, ya que se centrará en el análisis numérico de los datos obtenidos en las encuestas. Hernández et al. (2014) tiene en cuenta que utiliza la recopilación de datos para probar hipótesis basadas en mediciones numéricas y análisis estadísticos con el fin de aplicar modelos de comportamiento y justificar teorías.

#### **3.2. Tipo de Investigación**

El tipo de investigación del presente trabajo fue de forma Aplicada. Según Cabezas et al. (2018) las generaciones de nuevos conocimientos pueden tener un uso inmediato en la resolución de un problema en específico.

#### **3.3. Nivel de Investigación**

El nivel de la investigación fue descriptivo-explicativo. Según Hernández et al. (2014), el nivel es descriptivo ya que busca identificar las propiedades y características básicas del fenómeno en estudio. También describe las tendencias de una población o grupo. El nivel explicativo, por su parte, busca identificar las causas de los fenómenos o eventos analizados (Hernández et al., 2014).

### **3.4. Diseño de la Investigación**

El diseño de la presente investigación fue el No experimental de corte Transversal. Como afirman Hernández et al. (2014) son estudios que se ejecutan sin manejar las variables y en los que solo se visualiza los fenómenos en su contexto natural para poder analizarlos. Aparte los estudios Transversales se refieren a los estudios que se recolectan información en un momento único (Hernández et al., 2014).

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

Según Ñaupas et al. (2018), es un conjunto de entidades de prueba (personas, objetos, conglomerados, hechos o fenómenos) que contienen las propiedades requeridas. Por lo tanto, se definió la población en base al elemento roca con mayor índice de inestabilidad en el Asentamiento Humano Las Lomas de Bentin, Carmen Alto Sr. De los Milagros, zona 03 - Distrito de Comas - Provincia de Lima - Condado de Lima.

#### **3.5.2. Muestra y muestreo**

Por otro lado, se debe entender que la muestra es un subconjunto limitado y representativo que difiere de la población disponible (Arias, 2012). Asimismo, para determinar el número de muestras se utilizó un muestreo no probabilístico y de conveniencia, ya que la selección de los sujetos no depende de la probabilidad, sino de las características de la encuesta y del criterio basado en la necesidad observada directamente por el investigador (Ñaupas et al., 2018). Por lo tanto, el tamaño de la muestra de la encuesta fue el mismo que el de la población.

### **3.6. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos**

Según Arias (2012), la técnica de investigación es el procedimiento o forma particular de obtener datos o información.

Para el desarrollo de este trabajo de investigación se han utilizado las siguientes técnicas de recogida de datos: la observación y el análisis documental.

- Mediante la observación fue posible obtener una visión completa del estado del talud del asentamiento humano, siendo esta técnica la más fiable para acercarse a la verdad, permitiendo obtener los datos necesarios para el análisis geotécnico con el software Slide.

- A través de la revisión bibliográfica, fue posible revisar textos de consultoría, libros, artículos de investigación e informes publicados sobre estabilidad de taludes, métodos geofísicos y ensayos triaxiales, que sirvieron para desarrollar el marco teórico. Esto va unido a la revisión de la normativa vigente para la realización de estos trabajos, así como a la realización de diversos ensayos tanto de campo como de laboratorio para obtener datos geotécnicos preliminares de la zona de estudio que permitan realizar un análisis preciso de la estabilidad de los taludes.

Citando a Arias (2012), una herramienta de recolección de información es un formato, recurso o dispositivo (en papel o digital) que se utiliza para obtener, almacenar o registrar datos, durante el procesamiento del estudio.

Las herramientas utilizadas en esta tesis fueron los discos y los registros bibliográficos. Por otro lado, se utilizaron otros instrumentos topográficos para el levantamiento de los taludes, así como instrumentos geotécnicos para el muestreo de campo, los cuales fueron llevados al laboratorio para los respectivos ensayos, ya sea estándar, CBR, corte directo, corte triaxial y carga puntual. Por último, para las exploraciones geofísicas, se aplicaron algunas herramientas para realizar pruebas de refracción sísmica, MASW y para calcular los parámetros elásticos.

### **3.6.1. Procesamiento de la información**

Se utilizó Microsoft Excel para procesar y analizar los datos, permitiendo la construcción de tablas y gráficos, facilitando así su

interpretación. Además, se utilizaron otros programas informáticos como Rocscience, AutoCAD CIVIL 3D y Google Earth para completar el análisis de los datos obtenidos en el campo, permitiendo la contrastación de la hipótesis formulada.

### **3.6.2. Técnicas y análisis de datos**

El análisis de datos se realizó por medio de los siguientes softwares:

AutoCAD CIVIL 3D.

Luego de haber llevado a cabo el levantamiento topográfico del sector de estudio con los datos registrados se procesaron empleando el software AutoCAD CIVIL 3D, consiguiendo de este modo los planos de planta, perfil longitudinal y secciones transversales.

Microsoft Excel

La hoja de Excel facilitó el procesamiento y análisis de los datos obtenidos del trabajo en campo, reportes del laboratorio de suelos, y de la exploración geofísica.

Rocscience – Dips

Los datos obtenidos de la Clasificación geomecánica RMR realizadas al suelo rocoso (macizo rocoso) encontrada en el lugar de trabajo permitió la correcta interpretación de las discontinuidades de cada estación por medio de la proyección estereográfica.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Descripción de resultados

##### 4.1.1. Ubicación y descripción del área en estudio

La zona de estudio se encuentra en el asentamiento humano Las Lomas de Bentin, Carmen Alto Sr. De los Milagros, zonal 03 – Distrito de Comas – Provincia de Lima – Departamento de Lima.

Tiene una superficie de aproximadamente 11,365.24 m<sup>2</sup>, se encuentra localizado geográficamente en la costa, aproximadamente en la coordenada Latitud: 11°57'02.478"S, Longitud: 77° 01'56.448"W

**Tabla 2**

*Ubicación del área del proyecto*

<b>A.A.H.H.</b>	<b>Distrito</b>	<b>ÁREA m<sup>2</sup></b>
Las Lomas de Bentin	Comas	11,365.24

**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 3**

*Plano de ubicación del A.A.H.H Lomas de Bentin, distrito de Comas, provincia de Lima, departamento de Lima*



**Fuente:** Elaboración propia.

#### **4.1.2. Datos generales de la zona**

El área de estudio comprende: 11,365.24 m<sup>2</sup> aproximadamente donde se realizó el levantamiento topográfico en el AA.HH. Las Lomas de Bentin, distrito de Comas, provincia de Lima, departamento de Lima.

El terreno encontrado en la zona de proyecto es de pendiente y taludes pronunciados, el acceso principal es por calle prolongación Ricardo Bentin, la misma que conecta con pasaje Manco Cápac, la misma que conecta con el pasaje los Cedros donde se encuentra ubicado el proyecto, por el Norte limita con el A.A.H.H. El Misti, por el Sur limita con el cementerio de Comas, por el Este no hay límite y por el Oeste limita con el A.A.H.H. Señor de los Milagros zona 03

El A.A.H.H. Lomas de Bentin, a la fecha no cuenta con servicios públicos de redes de agua, desagüe y energía eléctrica al 100% de conectividad.

El material predominante en las viviendas unifamiliares es mixto tanto de material noble y madera (triplay, nordex y otros).

#### 4.1.3. Acceso al área de estudio

La zona de trabajo es accesible desde la Av. Túpac Amaru su ingresando por la Av. Revolución para luego continuar por Av. Milagros de Jesús hasta cruce con la Av. Latinoamérica, continuando hasta el cruce con Av. San Cipriano hacia el asentamiento humano Las Lomas de Bentin.

**Figura 4**

*Croquis de Acceso*



**Fuente:** Google Maps.

#### 4.1.4. Condición climática y altitud de la zona

La zona en cuestión se encuentra en el distrito de Comas y tiene una altitud media de 220 m sobre el nivel del mar. La zona corresponde a un clima costero entre la costa y las estribaciones occidentales de los Andes hasta unos 1 500 m sobre el nivel del mar y se caracteriza por la escasez de precipitaciones.

De enero a diciembre, el clima en Comas es muy frío, pero con precipitaciones moderadas. La temperatura máxima media en Comas es de 16 °C en noviembre y de 13 °C en junio.

Comas tiene un clima tropical de sabana, lo que significa que hace calor todos los meses, tanto en la estación seca como en la lluviosa. La temperatura media anual en Comas es de 23°, y la precipitación media anual es de 16 mm. Hay 334 días de lluvia al año, la humedad media es del 77% y el índice UV es de 6.

## **4.2. Geología del área en estudio**

### **4.2.1. Geología regional**

El área de estudio se ubica dentro del Mapa Geológico del Cuadrángulo de Chancay, Hoja 24i, localizado geográficamente en la costa, aproximadamente en la coordenada Latitud: 11°57'02.478"S, Longitud: 77° 01'56.448"W, en el distrito de Comas, provincia de Lima - departamento de Lima.

La litología presentada en los cuadrángulos 24 – i, está constituida por la eratema cenozoico y mesozoico en el sistema cuaternario, cretáceo y jurásico. Su formación de lutitas, areniscas cuarcitas y feldespáticas, cuarcitas, volcánicos andesíticos y algunos bancos de calizas recristalizadas, intruidas por numerosos diques de naturaleza andesítica, dacítica y filones de calcita, en contacto con el intrusivo, las rocas se hallan fuertemente silicificadas.

Dentro de la formación de las unidades son los depósitos eólicos, deposito aluviales, deposito marinos, deposito eólicos, volcánico quitmana, volcánico huarangal, formación atocongo, formación pamplona, formación marcavilca, formación herradura, formación salto de frallo, formación ventanilla, formación puente inga y volcánico santa rosa.

#### **4.2.2. Geomorfología**

En el presente acápite se describe la zonificación geomorfología de la región en estudio, basado en la zonificación propuesta por Tavera y Bufón (1998).

Se agrupan en tres grandes zonas:

Zona I: Costanero

Zona II: La Cordillera Occidental, el Altiplano y la Cordillera Oriental.

Zona III: Subandina o amazónica

El área de estudio de la zona es:

##### **Zona I (costera)**

Regionalmente, la zona se encuentra al pie de la Cordillera Occidental y se caracteriza por una topografía entre moderadamente empinada y escarpada en rocas intrusivas del Batolito de la Costa (Palacios 1992). A continuación, se presenta brevemente la geomorfología de la zona de estudio y las diferentes unidades litológicas y riesgos geológicos.

##### **Zona II (Cordillera Occidental)**

Esta unidad geomorfológica corresponde a las vertientes y crestas marginales de la Cordillera de los Andes, con una topografía abrupta formada por los plutones y tocones del Batolito Costanero en dirección NO-SE, cortados por ríos y arroyos que descienden hacia la costa, dando lugar a valles profundos con fuertes pendientes, donde las crestas más altas se estiman entre los 900 y 3600 m.s.n.m., indicando una fuerte erosión por los ríos durante el último Pleistoceno.

### **4.2.3. Aspectos geomorfológicos**

El área de estudio se encuentra en una zona de microrregiones con suelos pobres compuestos por material erosionado y degradado depositado en cotas inferiores.

Las laderas que rodean las cuencas están siendo erosionadas, no sólo por el clima seco sino también por la actividad humana. En más del 60% de la superficie de la cuenca, el relieve del suelo es poco accidentado, lo que ha permitido el desarrollo del núcleo urbano a lo largo de las riberas del río hasta elevaciones superiores a los 350 m sobre el nivel del mar.

También se caracteriza por una intensa erosión, fluvial y glaciar en el sector andino, que ha profundizado los valles y ha transportado y trasladado material en la zona occidental para formar las llanuras fluviales que se extienden a lo largo de la franja costera.

Los factores que influyeron en el modelado del relieve de la zona de estudio están relacionados con el contexto tectónico activo en el que se encuentra nuestro país, donde la placa de Nazca subduce a la placa sudamericana y se crean las condiciones para la formación de un arco ígneo y/o sísmico en el que continúa la actividad magmática y/o sísmica. Es sabido que nuestro país se encuentra en el llamado Cinturón de Fuego del Pacífico, lo que pone de manifiesto no sólo el riesgo volcánico sino también el riesgo sísmico que existe en nuestro país. Este proceso es el responsable de que, en la costa de nuestro país, cercana a la fosa de subducción, predominen las rocas ígneas intrusivas pertenecientes al batolito costero, que se observan en las cercanías del área de estudio. En cuanto a los factores externos, hay que destacar la acción geológica de las aguas superficiales y la gravedad, que crean estribaciones aluviales.

### **4.2.4. Unidades Morfológicas**

- Las unidades geomorfológicas de la zona de estudio pueden clasificarse como cañones y estribaciones de las Cordilleras Occidentales, que se describen con más detalle a continuación:

- Llanuras costeras Esta unidad geomorfológica consiste en una estrecha banda paralela a la costa, que se hace más extensa en los valles y en el Lurín.
- Estribaciones de la Cordillera Occidental Esta unidad geomorfológica corresponde a las laderas y remanentes marginales de la Cordillera de los Andes, cuyo relieve abrupto está formado por plutones disecados por cañones que corren en dirección noroeste a sureste.

#### **4.2.5. Litoestratigrafía Regional**

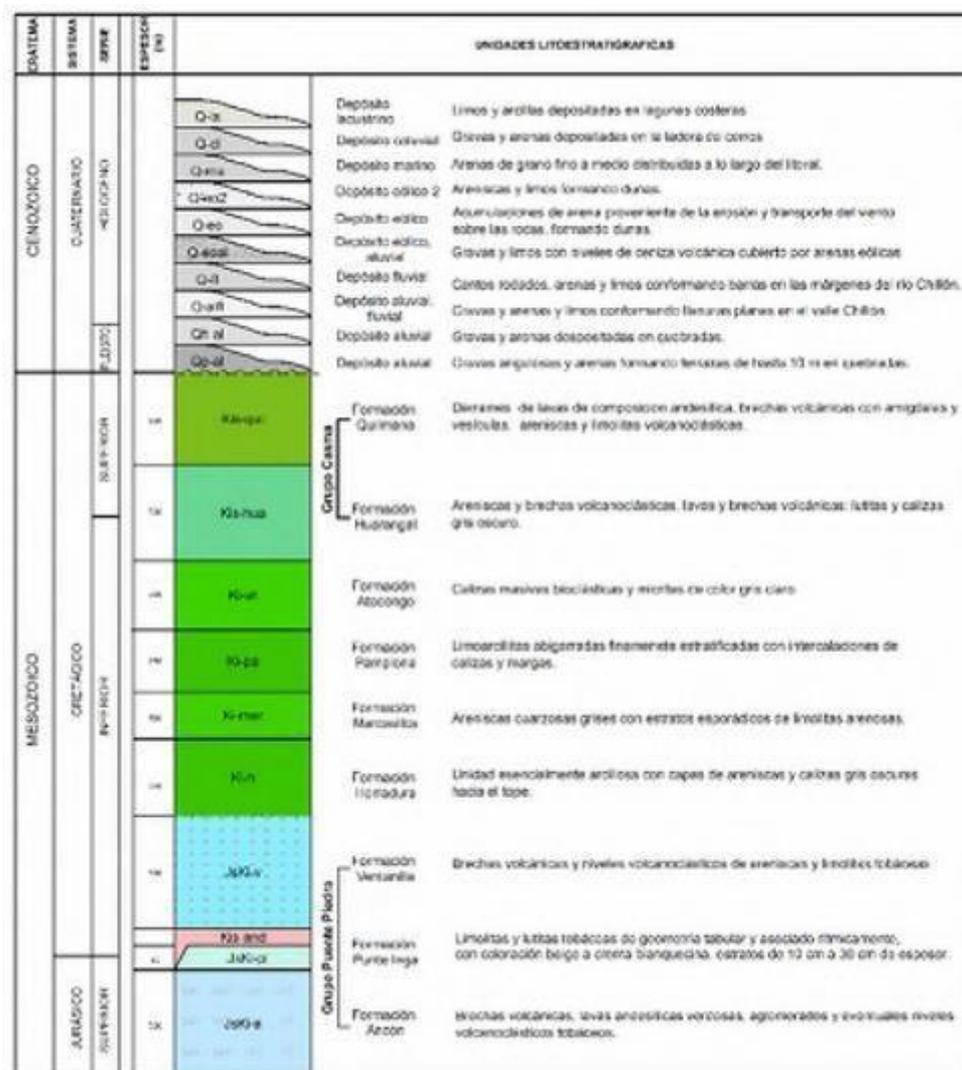
Las rocas intrusivas y sedimentarias que rodean la zona de estudio están cubiertas por depósitos superficiales de diferentes tipos, que muestran diferentes propiedades físicas y mecánicas, como se describe a continuación.

La secuencia estratigráfica de la región consta de formaciones o superunidades en parte fuera de la zona de estudio y en parte dentro de ella. La geología se compone de rocas desde el Cretáceo inferior hasta el Cretáceo superior, en el siguiente orden:

Las unidades litológicas locales observadas en la zona se muestran en la siguiente figura.

**Figura 5**

*Columna estratigráfica a nivel regional*



**Fuente:** Palacios et al., 1992.

Las Formaciones litológicas detectadas en el área se presentan a continuación:

### Sedimentos del Cuaternario

En el flanco occidental de la zona de estudio, estos sedimentos son de carácter fluvial y aluvial, mientras que en el sector oriental son coluviales. Generalmente se encuentran a lo largo de valles y llanuras. Los materiales de estos sedimentos proceden de la erosión meteórica formada en la superficie de

la meseta al este de la parcela 138, así como de depósitos fluviales-coluviales más antiguos. Están bien representados en forma de terrazas aluviales a lo largo de los principales cursos de agua (río Shesha, río Abujao, río Pichaya de Inamapuya, río Pichaya de Tamaya y arroyo Yucanya) y llanuras de inundación, por lo que es difícil exponer libremente las secuencias litológicas subyacentes. La coloración está relacionada con los sedimentos de los que proceden, pero una vez depositados y cuando son estables, se convierten en soporte de la vegetación y cambian de color con el tiempo bajo la influencia de los ácidos orgánicos.

#### Sedimentos aluviales. (Qh -al)

Se trata de arenas arcillosas limosas en pequeños bancos con estratificación transversal o laminar. Acumulación de arenas, limos y arcillas con inicio de consolidación y presencia de pequeños guijarros. Arcilla arenosa marrón oscura en lechos masivos, finos y friables con restos vegetales. Arcilla de grano fino de color marrón oscuro, estructura granular mal graduada en la base, arcilla masiva de color gris claro con restos vegetales.

#### Formación Marcavilca (Ki-mar)

Esta unidad se superpone a la Formación Herradura y se encuentra debajo de la Formación Pampeluna. Se caracteriza por afloramientos competentes y compactos, lo que se debe al predominio de los horizontes de arenisca cuarzosa, que en este caso son de color grisáceo en capas de entre 5 y 10 cm de espesor.

No se han encontrado fósiles en las unidades del Grupo Morro Solar en el presente estudio, pero debido a la abundante fauna de invertebrados (*Raimondiceras raimondii*, *Raimondiceras pfluckeri*, *Lissonia riveroi*, *Favrella lorensis* y *Argentiniceras pardoi*) presente en la localidad tipo y a los recientes descubrimientos de una fauna de vertebrados de plesiosaurios (Meza y O'Gorman, 2020), se asigna una edad valanginiana-hauteriana.

#### Formación de Pamplona (Ki-pa)

Esta unidad litoestratigráfica aflora en el sector norte de la zona de Carabayllo, al pie de los cerros Carabayllo y Campana (sector NE de la hoja 24i). Se pueden observar a través de los cortes de cantera de los materiales de construcción. También se encuentran depósitos similares en la parte central del cerro La Libertad de Comas.

Desde el punto de vista litoestratigráfico, esta unidad consta de dos secuencias. Por un lado, la sucesión rítmica inferior está formada por areniscas de grano fino con matriz carbonatada y lechos de arenisca de hasta 5 cm de espesor, generalmente intercalados con limolitas rojas o de color plomizo.

Por otro lado, la parte superior está formada por sedimentos arcillosos de color gris rojizo a rosado. Estos se encuentran esporádicamente, en diferentes niveles estratigráficos, intercalados con capas de composición carbonatada.

En las proximidades de la pampa de Piedras Gordas se ha formado una columna litoestratigráfica de 250 m, donde los primeros 160 m corresponden a esta unidad y los 90 m restantes a la Formación Atocongo. Estos afloramientos muestran sucesivas capas de sedimentos grises, areniscas de grano fino con finas capas de caliza con restos de pelecípodos. La relación de contacto de esta unidad litoestratigráfica es que está en línea con el extremo superior de las areniscas del Grupo Morro Solar.

Esto se puede observar en las partes altas de los cerros Blanco y Paredes y en la parte central del Cerro La Libertad en Comas. En cambio, las partes más altas se basan en la caliza de la Formación Atocongo en las mismas localidades.

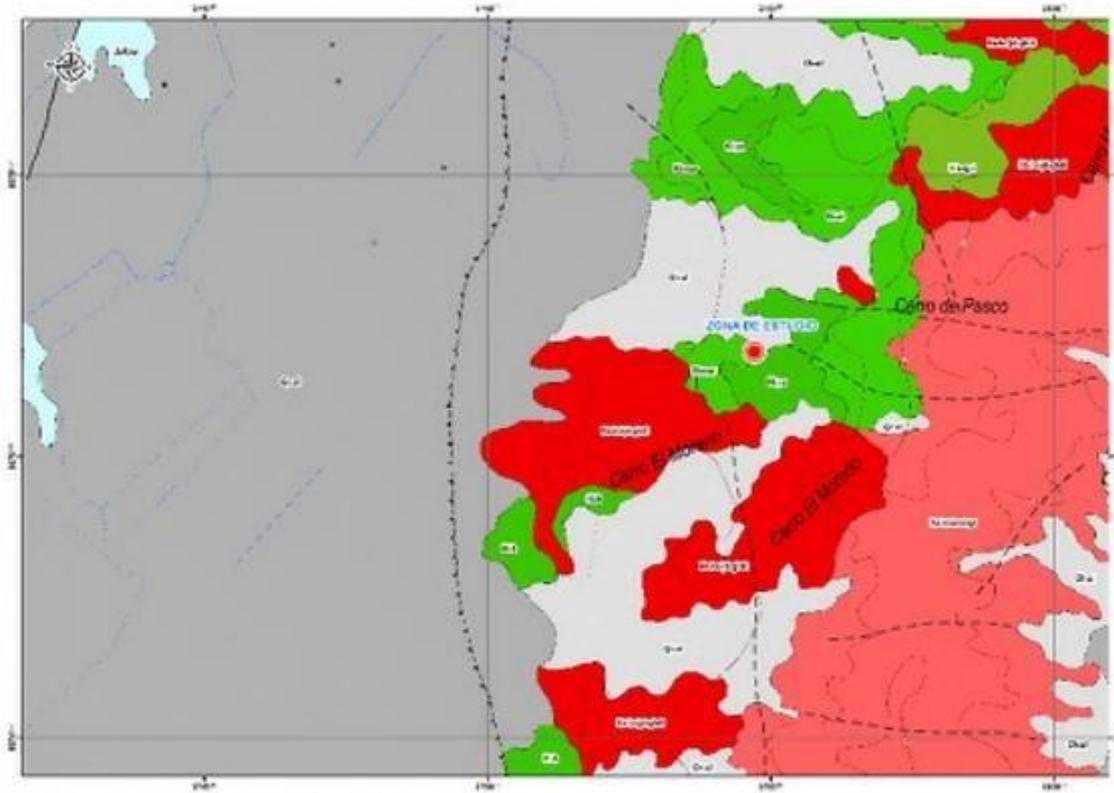
El espesor de esta unidad en la zona de estudio varía aproximadamente entre 160 m y 200 m.

La edad de esta formación fue determinada por Palacios et al. (1992) basándose en fósiles de amonites del género *Olcostephanus*, indicando una edad entre el Barremiano y el Aptiano.

A continuación, se muestra un mapa geológico del cuadrante 24i, donde se encuentra la zona de estudio.

### Figura 6

*Mapa Geológico del Cuadrángulo de Chancay, Hoja 24i de la Zona del Proyecto*



Fuente: Palacios et al., 1992.

#### 4.2.6. Litoestratigrafía Local

La zona de estudio localmente está constituida por rocas Areniscas intercaladas con niveles de lutitas, estas están ubicadas hacia el Este y Sur a la zona de estudio; al Oeste se evidencian niveles de areniscas cuarzosas de grano medio a fino, todas fracturadas a muy fracturadas.

Hacia las laderas de la zona de estudio se evidencia la presencia de depósitos coluviales constituidos por clastos de gravas angulosas en matriz arenosa; y hacia las partes bajas están asociados a depósitos aluviales constituidos por arenas y gravas redondeadas a subredondeadas; también se

evidencio depósitos antrópicos, producto de la intervención de la mano del hombre y estas conforman los muros rústicos conformados por rocas y desechos como llantas.

**Figura 7**

*Vista fotográfica de las rocas areniscas con niveles de lutitas*



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 8**

*Vista fotográfica de los depósitos antrópicos conformado por muros rústicos*



**Fuente:** Elaboración propia.

#### **4.2.7. Sismicidad del área en estudio**

La evaluación de la sismicidad del área del Proyecto se ha realizado considerando las normas existentes y la información de las Instituciones peruanas competentes.

Según la Norma E.030 “Diseño Sismorresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones, el área del Proyecto pertenece a la Zona Sísmica 4.

La intensidad de posible sismo se evalúa considerando la Información del IGP (Instituto Geofísico del Perú) – CERESIS – UNI (Universidad Nacional de Ingeniería)

Según esta información el área del Proyecto, la zona de estudio se halla en una región de alta actividad sísmica Zona 4, donde se puede esperar la ocurrencia de sismos de alta intensidad durante la vida útil de las construcciones proyectadas.

#### **4.2.8. Parámetros de diseño Sismorresistente según E.030 – 2018**

##### **A. Factor de Zona (Z)**

La zona de estudio se emplaza en la franja costera del territorio nacional en el distrito de Comas, provincia y departamento de Lima. El lugar se encuentra ubicado en la Zona 4, siendo el factor de zona 0.45, con valor de aceleración para 10% de probabilidad de excedencia en 50 años, este valor se tomará en cuenta para el espectro de diseño según la norma E.030,2018.

**Figura 9**

*Mapa de Macrozonas sísmicas del territorio peruano*



**Fuente:** MVCS, 2019.

## B. Tipo de perfil de suelo

Según Norma E.030 Diseño Sismorresistente (2018), la clasificación del tipo de suelos se realiza en función de velocidad promedio de propagación de ondas de corte de los primeros 30 m del suelo ( $V_{s30}$ ), medidos a partir desde el fondo de la cimentación.

**Tabla 3**

*Clasificación de los perfiles de suelo*

<b>Perfil</b>	<b>Tipo de Suelo</b>	<b><math>V_{s30}</math> (m/s)</b>
$S_0$	Roca dura	>1500
$S_1$	Roca o Suelos Muy Rígidos	500-1500
$S_2$	Suelos Intermedios	180-500
$S_3$	Suelos Blandos	<180
$S_4$	Clasificación basada en el Estudio de Mecánicas de Suelos	

**Fuente:** MVCS, 2019.

El perfil Tipo  $S_1$  (Roca o Suelos muy rígidos) corresponden a suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte  $V_s$  que oscilan entre 500 m/s y 1500 m/s incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Roca fracturada
- Arena muy densa con grava

## C. Factor de suelo

De acuerdo con la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente, el factor suelo (S), en función del tipo de perfil de suelo de la zona ( $S_1$ ) y factor de zona ( $Z_4$ ), resulta 1.00.

**Tabla 4***Valores de factor suelo*

<b>Factor de Suelo “S”</b>				
SUELO ZONA	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
	Z <sub>4</sub>	0.8	1	1.05
Z <sub>3</sub>	0.8	1	1.15	1.2
Z <sub>2</sub>	0.8	1	1.2	1.4
Z <sub>1</sub>	0.8	1	1.6	2

**Fuente:** MVCS, 2019.**D. Periodo TP y TL**

De acuerdo con las Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente, los periodos predominantes del perfil de suelo de la zona de estudio son: TP(S)= 0.4s, TL(S)= 2.5 s.

**Tabla 5***Valores de periodo TP y TL*

<b>Factor de Suelo “S”</b>				
<b>Perfil de suelo</b>				
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
T <sub>P</sub>	0.3	0.4	0.6	1
T <sub>L</sub>	3	2.5	2	1.6

**Fuente:** MVCS, 2019.

Dónde:

TP: Periodo que define la plataforma del factor C.

TL: Periodo que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante

### E. Factor de amplificación sísmica

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

$$T < T_p \qquad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_l \qquad C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_l \qquad C = 2.5 * \left(\frac{T_p * T_l}{T^2}\right)$$

Donde:

T=Periodo fundamental de vibración de la estructura.

### F. Factor de Uso

De acuerdo con las Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente, la categoría de la Edificación es “A2” Edificaciones Esenciales U=1.5, ya que la función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo es por eso que este tipo edificaciones pueden servir como refugio después de un desastre y el emplazamiento ante un sismo provocaría un colapso que puede representar un riesgo adicional. Es así que en este estudio se usó este tipo de factor de uso para la institución educativa.

**Tabla 6***Categoría de las edificaciones y factor de Uso (U)*

<b>CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR “U”</b>		
<b>CATEGORÍA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>FACTOR U</b>
	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como:	
A	- Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1.	
Edificaciones Esenciales	- Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía.	1,5
	- Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua.	
	Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades.	

Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos.

Edificios que almacenen archivos e información esencial del estado.

---

B	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas.	1,3
Edificaciones Importantes		
	También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	
C	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
Edificaciones Comunes		
D	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2
Edificaciones Temporales		

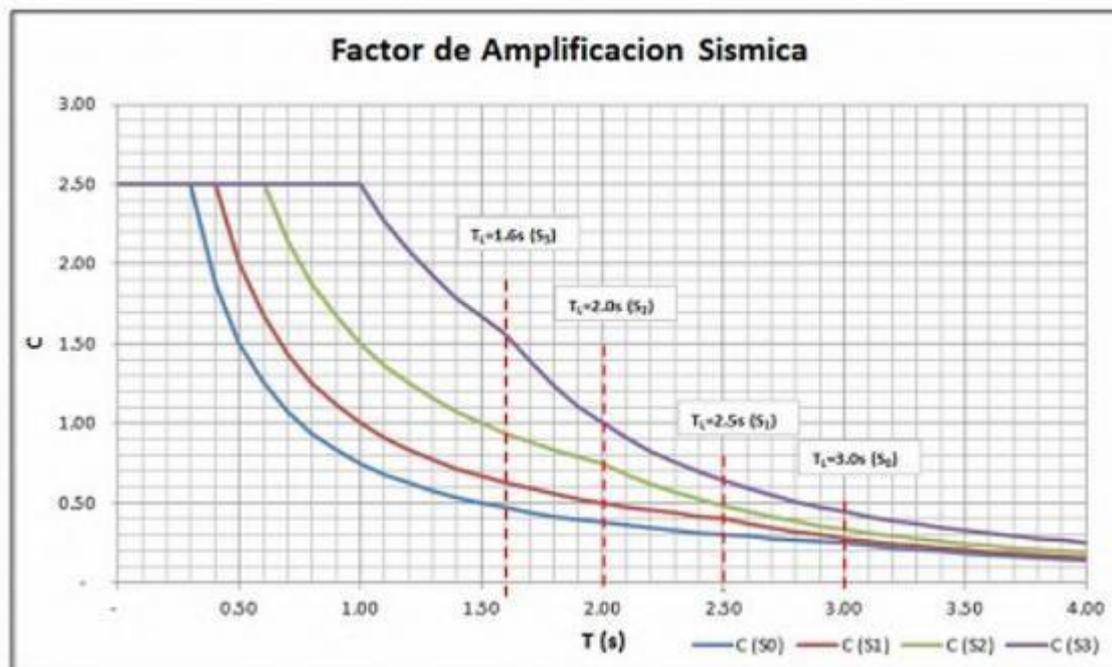
---

**Fuente:** MVCS, 2019.

El espectro de diseño ( $Z*U*C*S$ ) característico de la zona de estudio es presentado seguidamente.

**Tabla 7**

*Espectros de diseño para edificaciones*



**Fuente:** MVCS, 2019.

Este espectro de diseño (obtenido de la multiplicación de  $(Z*U*S*C)$ ) deberá ser usado en el análisis Sismorresistente del futuro proyecto de construcción en la zona de estudio.

### 4.3. Investigación de campo

#### 4.3.1. Excavaciones

Para determinar los parámetros físicos y mecánicos del suelo, a partir de los cuales obtener las condiciones de resistencia del suelo, para evaluar las condiciones geológicas, así como las condiciones naturales, se han construido nueve obras con la mayor profundidad es 3,00. m y dos fosas con una profundidad máxima de 5,00 m bajo tierra. De estas excavaciones se tomaron muestras para estudio de laboratorio.

#### 4.3.2. Ubicación de excavaciones

Las excavaciones fueron realizadas según la NTP 339.162 (ASTM-D 420) el día 18 de noviembre el 2020. Se realizaron 11 excavaciones, distribuidas dentro de la zona de estudio, las cuales fueron realizadas de forma manual. El Plano UC-02: Ubicación de Exploraciones de Calicatas y Densidad de Campo, muestra la ubicación de las excavaciones y la densidad de campo y en el Anexo IV: Registro Fotográfico, presenta las imágenes de la estratigrafía del suelo y las vistas panorámicas de los puntos de investigación A continuación, se presenta el resumen de las ubicaciones y profundidad de cada excavación.

**Tabla 8**

*Ubicación de excavaciones en coordenadas UTM WGS84*

<b>Excavación</b>	<b>Este (m)</b>	<b>Norte (m)</b>	<b>Profundidad (m)</b>
C-01	277980.64	8676721.4	3
C-02	277968.5	8676660.4	5
C-03	277953.86	8676679.1	1.6
C-04	277933.03	8676670	1.3
C-05	277887.01	8676681.3	0.6
C-06	277902.4	8676702	5
C-07	277836.95	8676679.7	0.5
C-08	277810.61	8676735	3
C-09	277775.58	8676661.3	3
C-10	277807.17	8676688.3	0.5
C-11	277614.7	8676780.9	3

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.3. Equipos e instrumentos utilizados para las excavaciones

Se utilizaron los siguientes equipos e instrumentos para realizar el procedimiento de excavación en el área de trabajo.

05 picos.

05 lampas.

03 barretas.

EPP's completos.

#### **4.3.4. Procedimiento de excavación**

Las excavaciones se ejecutaron cumpliendo con el procedimiento trabajo descrito a continuación.

- Ubicación y replanteo de puntos de excavación en la zona de estudio.
- Delimitación con conos y barras en el área de trabajo para desarrollar el procedimiento de excavación de manera segura y ordenada.
- Ejecución de excavaciones (forma manual).
- Descripción de la estratigrafía (inspección visual) de la excavación.
- Extracción de muestras alteradas en bolsas plásticas correctamente selladas e identificadas para ser llevadas a un laboratorio.
- Retiro de herramientas y equipos en el interior de la excavación y sus alrededores.
- Colocación de todo el material extraído dentro de la excavación, para luego ejecutar el sellado con concreto (de ser necesario).

A continuación, se presente el resumen de la clasificación de los estratos en la siguiente tabla:

**Tabla 9***Resumen de la clasificación de los estratos***CUADRO RESUMEN DE MUESTRAS**

<b>PROYECTO</b>	:	EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A TRAVÉS DE MÉTODOS GEOFÍSICOS Y CORTE TRIAXIAL DEL DISTRITO DE COMAS - LIMA 2021	<b>CALICATAS MUESTRAS</b>	:	11 11
<b>UBICACIÓN</b>	:	DISTRITO DE COMAS, LIMA - LIMA	<b>NIVEL FREÁTICO</b>	:	NO SE PRESENTÓ
			<b>FECHA</b>	:	16 DE JUNIO DEL 2021
<b>CALICAT</b>	<b>MUESTR</b>	<b>ESPEO</b>	<b>PROFUNDIDA</b>	<b>PROFUNDIDA</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>
<b>A</b>	<b>A</b>	<b>R</b>	<b>D INICIAL</b>	<b>D FINAL</b>	<b>N</b>
C-1	M-1	2.20	0.80	3.00	SP-SM: Arena mal graduada con limo
C-2	M-1	4.90	0.10	5.00	SP-SM: Arena mal graduada con limo
C-3	M-1	1.40	0.10	1.50	SP-SM: Arena mal graduada con limo
C-4	M-1	0.80	0.50	1.30	SP-SM: Arena mal graduada con limo
C-5	M-1	0.20	0.40	0.60	SP-SM: Arena mal graduada con limo
C-6	M-1	4.00	1.00	5.00	SP-SM: Arena mal graduada con limo
C-7	M-1	0.30	0.20	0.50	SP-SM: Arena mal graduada con limo
C-8	M-1	2.60	0.40	3.00	SP-SM: Arena mal graduada con limo
C-9	M-1	1.80	1.20	3.00	SP-SM: Arena mal graduada con limo
C-10	M-1	0.20	0.30	0.50	SP-SM: Arena mal graduada con limo
C-11	M-1	1.90	1.10	3.00	SP-SM: Arena mal graduada con limo

**Fuente:** Elaboración propia.

Los resultados de los ensayos realizados se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 10***Resultados de los ensayos*

Punto de Exploración	Muestra	Prof.(m)	Granulometría			Límites (%)		IP	CH (%)	Clasificación SUCS
			Grava	Arena	Finos	LL	LP			
			C-01	M-1	0.80-3.00	14.48	74.49			
C-02	M-1	0.10-5.00	13.17	74.95	11.88	--	--	--	6	SP-SM
C-03	M-1	0.10-1.50	14.48	73.99	11.53	--	--	--	4	SP-SM
C-04	M-1	0.50-1.30	13.26	74.92	11.81	--	--	--	3	SP-SM
C-05	M-1	0.40-0.60	12.56	75.96	11.49	--	--	--	4	SP-SM
C-06	M-1	1.00-5.00	13.55	74.89	11.55	--	--	--	5	SP-SM
C-07	M-1	0.20-0.50	12.85	75.29	11.86	--	--	--	4	SP-SM
C-08	M-1	0.40-3.00	14.28	74.06	11.66	--	--	--	3	SP-SM
C-09	M-1	1.20-3.00	14.17	74.15	11.68	--	--	--	4	SP-SM
C-10	M-1	0.30-0.50	13.96	74.28	11.77	--	--	--	3	SP-SM
C-11	M-1	1.10-3.00	12.95	75.37	11.68	--	--	--	6	SP-SM

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.3.5. Descripción de perfiles estratigráficos

El Anexo II: Registro de los puntos de Investigación, presenta los perfiles estratigráficos de cada excavación realizada. Estas descripciones son basadas en los reportes de campo y serán complementadas con los resultados de ensayos de clasificación SUCS del suelo.

#### 4.3.6. Toma de Muestras y obtención de Densidades de Campo

El ensayo de densidad de campo se realizó respetando los procedimientos que indica la norma ASTM D-1556 (Ver Anexo III: Ensayo de densidad de campo).

Los resúmenes de los resultados de los ensayos de densidad natural de campo con el método del cono de arena se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 11***Resultados de ensayos de campo*

<b>Punto de Exploración</b>	<b>Muestra</b>	<b>Profundidad (m)</b>	<b>Densidad Húmeda (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>
C-08	M-1	0.40-3.00	1.96	1.85
C-02	M-1	0.10-5.00	1.96	1.87

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.4. Ensayo de Penetración Estándar SPT

Esta prueba mide la resistencia a la penetración del muestreador y también facilita la obtención de muestras para pruebas de laboratorio. El procedimiento de prueba de penetración estándar (SPT) se describe en la norma ASTM D1586. Esta prueba consiste en introducir en el suelo un muestreador de carrizo bifurcado, cuya parte inferior va unida al anillo cortante o zapata, y la parte superior a la válvula y conexión a la línea de perforación. El ensayo SPT consiste básicamente en contar el número de golpes (N) necesarios para introducir un muestreador de 30 cm de largo, 51 mm de diámetro exterior y 35 mm de diámetro interior (separador hueco y cilíndrico) en la columna de suelo. mm, lo que le permite muestrear, internamente variado, a diferentes profundidades (generalmente con un cambio de 1 metro y/o un cambio en la estratigrafía).

Para el presente informe se realizaron un total de 02 ensayos SPT, distribuidos según como se detalla en la siguiente tabla y ubicado en el plano UC-03: Ubicación de Exploraciones de Refracción sísmica, MASW y SPT, que se presenta en el Anexo I.

**Tabla 12***Ubicación de Ensayo de Penetración Estándar SPT*

N°	SPT	Coordenadas UTM (WGS 84 18S)		Profundidad de Excavación (m)
		Este (X)	Norte (Y)	
1	SPT-1	287958	8676703	3.45
2	SPT-2	277920	8676785	3.45

**Fuente:** Elaboración propia.**4.4.1. Correcciones de Valores  $N_{spt}$  de Campo**

$N$  es el número medido en el campo (golpes necesarios ensayo SPT para que la saca muestras entre los últimos 30 cm de un total de 45 cm). El resultado se corrige por:

- Energía aplicada
- Profundidad
- Otras causas menores: napa de agua, diámetro de perforación, peso de barras, etc.

**Tabla 13***Factores de Corrección Para Obtener  $(N)_{60}$* 

Factor	Equipo disponible	Termino	Corrección
Presión de sobrecarga	Donut hammer	$C_N$	$(P_a/\sigma_{vo})^{0.5}$
Presión de sobrecarga	Safety hammer	$C_N$	$C \leq 1.7$
Relación de energía	Automatic trip Donut	$C_E$	0.5 – 1.0
Relación de energía	type hammer	$C_E$	0.7 – 1.2
Relación de energía	65 – 115	$C_E$	0.8 – 1.3
Diámetro de la tubería	150mm	$C_B$	1
Diámetro de la tubería	200mm	$C_B$	1.05
Diámetro de la tubería	<3 m	$C_B$	1.15
Longitud de varillaje	3 - 4 m	$C_R$	0.75
Longitud de varillaje	4 - 6 m	$C_R$	0.8
Longitud de varillaje	6 -10 m	$C_R$	0.85

Longitud de varillaje	10 – 30 m	C <sub>R</sub>	0.95
Longitud de varillaje	Muestra estándar	C <sub>R</sub>	1
Método de muestreo	Muestra con	C <sub>S</sub>	1
Método de muestreo	revestimiento	C <sub>S</sub>	1.1 – 1.3

**Fuente:** Elaboración propia.

N<sub>m</sub>: Medida de la resistencia a la penetración estándar

C<sub>N</sub>: Factor para normalizar N<sub>m</sub> a una tensión efectiva de sobrecarga

C<sub>E</sub>: Factor de corrección por la relación de energía del matillo (ER)

C<sub>B</sub>: Factor de corrección por el diámetro de la tubería

C<sub>R</sub>: Factor de corrección por la longitud del varillaje

C<sub>S</sub>: Factor de corrección para muestras con o sin revestimiento.

A continuación, se presentan los registros de los ensayos de campo realizados, donde se indican los números de golpes, profundidad alcanzada, N de campo, corregido y el N<sub>60</sub>.

**Tabla 14**

*Sondaje SPT – 01*

PRO FUNDIDAD	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>campo</sub>	σ' <sub>vo</sub> kN/m <sup>2</sup>	Factores de Corrección					N <sub>60</sub>
						C <sub>N</sub>	C <sub>E</sub>	C <sub>B</sub>	C <sub>R</sub>	C <sub>S</sub>	
1.00 - 1.45	7	6	6	12	22.05	2.00	0.70	1.00	0.80	1.00	13
2.00 - 2.45	20	22	24	46	40.05	1.55	0.70	1.00	0.80	1.00	40
3.00 - 3.45	35	32	8	N>50							

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 15**

*Sondaje SPT-02*

PRO FUNDIDAD	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>campo</sub>	σ' <sub>vo</sub> kN/m <sup>2</sup>	Factores de Corrección					N <sub>60</sub>
						C <sub>N</sub>	C <sub>E</sub>	C <sub>B</sub>	C <sub>R</sub>	C <sub>S</sub>	
1.00 - 1.45	7	8	8	16	22.05	2.00	0.70	1.00	0.80	1.00	18
2.00 - 2.45	20	23	24	47	40.05	1.55	0.70	1.00	0.80	1.00	41
3.00 - 3.45	32	35		N>50							

**Fuente:** Elaboración propia.

#### **4.5. Ensayos de laboratorio**

Por un lado, los ensayos estándares y los ensayos especiales (Proctor modificado, CBR y corte directo) fueron ejecutados por la empresa MTL GEOTECNIA S.A.C. Sus equipos de laboratorio cuentan con certificado de calibración (Ver Anexo IX: “Certificado de Calibración de equipos de Laboratorio”). De las investigaciones geotécnicas de campo, se extrajeron muestras alteradas representativas del suelo en bolsas de plásticos y costales, posteriormente, se trasladaron las muestras según la norma NTP 339.151 (ASTM D4220) prácticas normalizadas para la preservación y transporte de muestras de suelo.

#### **4.6. Ensayos estándar**

Con las muestras representativas extraídas se realizaron los siguientes ensayos de laboratorio:

- **Análisis granulométrico por tamizado**

El ensayo se realizó respetando los procedimientos que indican la norma ASTM-D6913, en la siguiente tabla se muestra el resumen de los resultados obtenidos. Los resultados de laboratorio de este ensayo se muestran en el Anexo III: Ensayos de clasificación SUCS.

- **Límites de Atterberg**

Corresponden a este ensayo la determinación del límite líquido, límite plástico y el índice de plasticidad. El ensayo se realizó según los procedimientos que indica la norma ASTM-D4318, en la siguiente tabla se muestra el resumen de los resultados obtenidos. Los resultados de este ensayo se muestran en el Anexo III: Ensayos de clasificación SUCS.

- **Contenido de Humedad**

El ensayo se realizó según los procedimientos que indica la norma ASTM-D2216, en la siguiente tabla se muestra el resumen de los resultados

obtenidos. Los resultados de laboratorio de este ensayo se muestran en el Anexo III: Ensayos de clasificación SUCS.

- **Clasificación unificada de suelos (SUCS)**

El ensayo se realizó según los procedimientos que indica la norma ASTM-D2487, en la siguiente tabla se muestra el resumen de los resultados obtenidos. Los resultados de laboratorio de este ensayo se muestran en el Anexo III: Ensayos de clasificación SUCS.

**Tabla 16**

*Resultados de ensayos estándar de clasificación SUCS*

Punto de Exploración	Prof.(m)	Granulometría			Límites (%)			CH (%)	Clasificación SUCS
		Grava	Arena	Finos	LL	LP	IP		
C-01	0.80-3.00	14.48	74.49	11.03	--	--	--	5	SP-SM
C-02	0.10-5.00	13.17	74.95	11.88	--	--	--	6	SP-SM
C-03	0.10-1.50	14.48	73.99	11.53	--	--	--	4	SP-SM
C-04	0.50-1.30	13.26	74.92	11.81	--	--	--	3	SP-SM
C-05	0.40-0.60	12.56	75.96	11.49	--	--	--	4	SP-SM
C-06	1.00-5.00	13.55	74.89	11.55	--	--	--	5	SP-SM
C-07	0.20-0.50	12.85	75.29	11.86	--	--	--	4	SP-SM
C-08	0.40-3.00	14.28	74.06	11.66	--	--	--	3	SP-SM
C-09	1.20-3.00	14.17	74.15	11.68	--	--	--	4	SP-SM
C-10	0.30-0.50	13.96	74.28	11.77	--	--	--	3	SP-SM
C-11	1.10-3.00	12.95	75.37	11.68	--	--	--	6	SP-SM

**Fuente:** Elaboración propia.

Abreviatura:

Prof: Profundidad

LL: Límite Líquido; LP: Límite Plástico; CH: Contenido de Humedad; NP: No presenta

- **Análisis químico de agresividad del suelo**

El ensayo se realizó según los procedimientos que indica las siguientes normas:

- ✓ Contenido de cloruros –ASTM D3370.
- ✓ Contenido de sulfatos –ASTM E 275, AASHTO T290.

✓ Contenido de sales solubles totales-ASTM D 1888, MTC E219.

Se extrajeron 5 muestras representativas para ser sometidas a ensayos químicos con la finalidad de determinar el grado de agresión de las sales solubles totales, cloruros y sulfatos al concreto y acero de la cimentación. Las muestras fueron extraídas de las excavaciones C-01, C-03, C-05, C-09 y C-11, y se realizaron los siguientes ensayos químicos:

Los resultados de los ensayos de análisis químicos de las muestras de suelo se muestran en la siguiente tabla, y los reportes de ensayos de laboratorio se presentan en el Anexo III: Ensayos químicos.

**Tabla 17**

*Resultados de ensayos químicos – suelo*

<b>Excavación</b>	<b>Prof.(m)</b>	<b>Sales solubles totales (ppm)</b>	<b>Cloruros Cl<sup>-</sup> (ppm)</b>	<b>Sulfatos (SO<sub>4</sub>)<sup>-</sup> (ppm)</b>
C-01	0.80-3.00	1255	978	1360
C-03	0.10-1.50	1265	984	1364
C-05	0.40-0.60	1270	988	1369
C-09	1.20-3.00	1255	975	1368
C-11	1.10-3.00	1272	989	1352

**Fuente:** Elaboración propia.

- **Análisis químico de agresividad de agua**

En el área de estudio no se han detectado presencia de napa freática, a una profundidad máxima de 5.0. Tampoco se encontró fuentes de agua residual. Es por ello que no se pudo proceder a la toma de las muestras de agua y ejecutar el ensayo de análisis químico de agua.

- **Densidad in situ método del cono de arena**

El ensayo de densidad de campo se realizó respetando los procedimientos que indica la norma ASTM D-1556 (Ver anexo III: Cálculos de la densidad de campo). En el anexo I se presenta el plano UC-02: Ubicación de Exploraciones de Calicatas y Densidad de Campo.

Los resúmenes de los resultados de los ensayos de densidad natural de campo con el método del cono de arena se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 18***Resultados de ensayos de campo*

<b>Punto de Exploración</b>	<b>Muestra</b>	<b>Profundidad (m)</b>	<b>Densidad Húmeda (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>
C-02	M-3	1.90 – 3.00	1.72	1.69
C-03	M-3	0.85 - 3.00	1.6	1.48

**Fuente:** Elaboración propia.**4.6.1. Ensayo de Proctor Modificado**

El ensayo de Proctor Modificado se realizó respetando los procedimientos que indica la norma ASTM D-1557. El reporte de ensayo de laboratorio se presenta en el Anexo III: Ensayo Proctor Modificado. El resumen de resultados del ensayo de Proctor modificado se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 19***Resultados de ensayo de Proctor Modificado*

<b>Sondaje</b>	<b>Muestra</b>	<b>Prof.(m)</b>	<b>M.D.S (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>O.C.H (%)</b>
C-08	M-1	0.40 - 3.00	1.89	14.2
C-09	M-1	1.20 - 3.00	1.894	13.5

**Fuente:** Elaboración propia.

Dónde:

M.D.S: Máxima Densidad Seca.

O.C.H: Óptimo Contenido de Húmedas.

**4.6.2. Ensayo de CBR**

El ensayo de CBR se realizó respetando los procedimientos que indica la norma STM D-1883. El reporte de laboratorio se presenta en el Anexo III: Ensayo CBR. El resumen de resultados del ensayo CBR se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 20***Resultados de ensayo de CBR*

Sondaje	Muestra	Prof.(m)	C.B.R al 100%	C.B.R al 95%
C-08	M-1	0.40 - 3.00	60	44
C-09	M-1	1.20 - 3.00	62	48

**Fuente:** Elaboración propia.**4.6.3. Ensayo de Corte Directo y Ensayo de Corte Triaxial**

El ensayo de corte directo se realizó respetando los procedimientos que indica la norma ASTM D-3080. Se presenta en el Anexo III: Ensayo de corte directo.

Los resúmenes de los resultados de los ensayos de corte directo se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 21***Resultados de ensayo de Corte*

Ensayo	Punto de Exploración	Estado	Clasif. SUCS (Matriz)	Profundidad (m)	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	C'	$\phi'$
						(kg/cm <sup>2</sup> )	(°)
Corte	C-02	Alterada	SP-SM	1.90 – 3.00	1.75	0.09	31
Directo	C-06	Alterada	SP-SM	1.00 - 5.00	1.75	0.1	31.1
Corte Triaxial	C-1	Inalterada	SP-SM	0.80-3.00	1.83	0.05	32.9

**Fuente:** Elaboración propia.

Dónde:

C': Cohesión efectiva;  $\phi'$ : Angulo de fricción efectivo.**4.6.4. Ensayo de Carga Puntual**

El ensayo de carga puntual se realizó respetando los procedimientos que indica la norma ASTM D-5731-08. Se presenta en el Anexo III: Ensayo de Carga Puntual.

Los resúmenes de los resultados de los ensayos de Carga Puntual se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 22**

*Resultados de ensayo de Carga Puntual*

Punto de Exploración	Tipo de Roca	Carga Puntual (MPa)	Carga Puntual (MPa)	Carga Puntual (MPa)
		Mínimo	Máximo	Promedio
C-10	Diorita	101	116	109

**Fuente:** Elaboración propia.

Por lo tanto, según la Carga Puntual pertenece a una roca de resistencia muy alta. A continuación, se presenta en la siguiente tabla los resúmenes sobre los ensayos de laboratorio realizados:

**Tabla 23**

*Resumen de los ensayos laboratorios*

Ensayo	Número de ensayos	Norma ASTM	Norma NTP
Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.	11	D-2216	339.127
Métodos de ensayo para determinar la densidad de campo.	2	D-1556	339.143
Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite Plástico e índice de plasticidad de suelos.	11	D-4318	339.129
Métodos para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos,(SUCS).	11	D-2487	339.134
Método de ensayo para la compactación de suelos en Laboratorio utilizando una energía modificada.	2	D-1557	339.141
Método de ensayo de CBR.	2	D-1883	-
Método de ensayo normalizado para el ensayo de corte directo en suelos bajo condiciones consolidadas drenadas.	2	D-3080	339.171
Método de prueba estándar para la prueba de compresión triaxial consolidado drenado para suelos	1	D-7181	-
Método de ensayo para el análisis químico de suelos.	5	--	NTP339.152 NTP339.177 NTP339.178
Ensayo de Carga Puntual	1	D5731-08	--

**Fuente:** Elaboración propia.

## 4.7. Exploraciones Geofísicas

### 4.7.1. Ensayo de Refracción Sísmica

Los ensayos geofísicos se realizaron a fin de caracterizar el terreno en función a la velocidad de propagación de ondas de corte Vs, así como también determinar los parámetros elásticos del terreno (Ver anexo 7).

A continuación, se presentan las ubicaciones de dichas refracciones:

**Tabla 24**

*Ubicación y Coordenadas UTM de las Líneas Sísmicas (WGS-84)*

Línea N°	Coordenada UTM INICIO		Coordenada UTM FIN		Longitud (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)	ESTE (m)	NORTE (m)	
1	277995.01	8676659.2	277933.63	8676669.9	75
2	277989.76	8676664	277947.44	8676721.8	75
3	277931.26	8676725.5	277915.46	8676798.5	75

**Fuente:** Elaboración propia.

Los resultados de la determinación de velocidades de ondas P se presentan a continuación:

**Tabla 25**

*Resumen del Ensayo Geofísico Refracción Sísmica*

Ensayo	Estrato Sísmico	Espesor (m)	Vp (m/s)	Descripción
LRS-01	1	0.1 - 2.2	300 - 900	Estrato asociado a rocas muy fracturadas, compuesto por areniscas con niveles de lutitas.
	2	2.4 - 12.8	900 - 2250	Roca muy fracturada a ligeramente fractura, compuesto por areniscas con niveles de lutitas.
	3	-	2550 - 2700	Roca muy dura.
LRS-02	1	1.0 - 5.7	300 - 900	Estrato asociado a rocas muy fracturadas, compuesto por areniscas con niveles de lutitas.
	2	8.1 - 15.2	900 - 2100	Roca muy fracturada a ligeramente fractura, compuesto por areniscas con niveles de lutitas.
	3	-	2100 - 2699	Roca muy dura.
LRS-03	1	0.4 - 6.3	300 - 900	Estrato asociado a depósitos coluviales y rellenos antrópicos compuestos por gravas en matriz de arenas o rocas muy fracturadas.
	2	-	900 - 2100	Roca muy fracturada a ligeramente fractura, compuesto por areniscas con niveles de lutitas.

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.7.1. Ensayos MASW

Los ensayos geofísicos se realizaron a fin de caracterizar el terreno en función a la velocidad de propagación de ondas de corte Vs, así como también determinar los parámetros elásticos del terreno (Ver anexo 7).

A continuación, se presentan las ubicaciones de dichos ensayos.

**Tabla 26**

*Ubicación y Coordenadas UTM del Sondaje MASW (WGS-84)*

Sondaje	Coordenadas UTM	
	Este (m)	Norte (m)
MASW-01	277965.22	8676670.1
MASW-02	277967.32	8676692.1
MASW-03	277921.38	8676762

**Fuente:** Elaboración propia.

Los resultados de la determinación de Velocidad S a 30 metros de profundidad (Vs30), distinguiendo los diferentes espesores de estratos, se presentan seguidamente:

**Tabla 27**

*Resumen del Sondaje MASW*

Ensayo	Estrato Sísmico	Espesor (m)	Vs (m/s)	Descripción
MASW-01	1	3.7	403 - 656	Estrato asociado a rocas muy fracturadas, compuesto por areniscas con niveles de lutitas.
	2	14.4	694 - 1543	Roca muy fracturada a ligeramente fractura, compuesto por areniscas con niveles de lutitas.
	3	-	1630 - 1883	Roca muy dura.
MASW-02	1	3.7	325 - 611	Estrato asociado a rocas muy fracturadas, compuesto por areniscas con niveles de lutitas.
	2	26.3	689 - 1192	Roca muy fracturada a ligeramente fractura, compuesto por areniscas con niveles de lutitas.
	3	-	> 1215	Roca muy dura.
MASW-03	1	8.9	281 - 532	Estrato asociado a depósitos coluviales y rellenos antrópicos compuestos por gravas en matriz de arenas o rocas muy fracturadas.
	2	-	611 - 871	Roca muy fracturada a ligeramente fractura, compuesto por areniscas con niveles de lutitas.

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.7.2. Parámetros Elásticos

A continuación, se presentan los parámetros elásticos hallados para cada ensayo MASW.

**Tabla 28**

*Resumen de los Parámetros Elásticos MASW-01 / LRS-01*

Prof. (m)	Vs	Vp	p	Vp/Vs	$\mu$	Modulo de corte Gd	Modulo de Young Ed	Modulo Volumetrico Kd	Modulo de corte Ge	Modulo de Young Ee	Modulo Volumetrico Ke
	Vs (m/s)	Vp (m/s)	(Tn/m3)		(Poisson)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(Tn/m2)
1.07	468.67	1162.08	1.41	2.48	0.40	3166.22	8883.62	15244.14	316.62	888.36	1524.41
2.31	655.78	1370.13	1.50	2.09	0.35	6588.96	17808.91	19976.80	658.90	1780.89	1997.68
3.71	599.45	1577.37	1.47	2.63	0.42	5407.53	15309.78	30231.53	540.75	1530.98	3023.15
4.00	646.57	1745.40	1.50	2.70	0.42	6386.39	18143.40	38024.27	638.64	1814.34	3802.43
5.27	693.68	1922.79	1.52	2.77	0.43	7460.88	21266.30	47376.52	746.09	2126.63	4737.65
6.00	801.08	2100.19	1.57	2.62	0.41	10284.13	29101.39	56973.38	1028.41	2910.14	5697.34
7.01	908.48	2154.99	1.62	2.37	0.39	13656.25	38017.16	58631.80	1365.63	3801.72	5863.18
8.00	1024.84	2209.79	1.68	2.16	0.36	17970.83	48988.05	59590.90	1797.08	4898.80	5959.09
8.90	1141.20	2297.72	1.73	2.01	0.34	23017.75	61516.04	62620.98	2301.77	6151.60	6262.10
10.00	1321.83	2385.65	1.82	1.80	0.28	32410.74	82874.27	62358.43	3241.07	8287.43	6235.84
15.00	1542.80	2745.93	1.92	1.78	0.27	46702.21	118563.07	85673.85	4670.22	11856.31	8567.38

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 29**

*Resumen de los Parámetros Elásticos MASW-02 / LRS-02*

Prof. (m)	Vs	Vp	p	Vp/Vs	$\mu$	Modulo de corte Gd	Modulo de Young Ed	Modulo Volumetrico Kd	Modulo de corte Ge	Modulo de Young Ee	Modulo Volumetrico Ke
	Vs (m/s)	Vp (m/s)	(Tn/m3)		(Poisson)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(Tn/m2)
1.07	379.80	779.09	1.37	2.05	0.34	2017.14	5422.62	5798.38	201.71	542.26	579.84
2.31	411.23	807.51	1.39	1.96	0.32	2390.61	6334.73	6030.29	239.06	633.47	603.03
3.71	506.72	852.14	1.43	1.68	0.23	3748.52	9194.95	5602.80	374.85	919.50	560.28
4.00	597.87	929.11	1.47	1.55	0.15	5376.32	12329.41	5815.33	537.63	1232.94	581.53
5.27	689.02	1113.82	1.52	1.62	0.19	7350.35	17494.58	9407.22	735.04	1749.46	940.72
6.00	703.85	1163.42	1.52	1.65	0.21	7705.65	18668.52	10779.28	770.57	1866.85	1077.93
7.01	718.67	1230.18	1.53	1.71	0.24	8070.79	20030.72	12886.75	807.08	2003.07	1288.68
8.00	749.29	1296.94	1.55	1.73	0.25	8856.46	22132.23	14725.18	885.65	2213.22	1472.52
8.90	779.91	1352.90	1.56	1.73	0.25	9685.32	24235.31	16230.64	968.53	2423.53	1623.06
10.00	873.92	1408.85	1.61	1.61	0.19	12509.15	29703.67	15830.71	1250.91	2970.37	1583.07
15.00	1034.22	2197.14	1.68	2.12	0.36	18349.85	49826.50	58351.03	1834.98	4982.65	5835.10

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 30**

*Resumen de los Parámetros Elásticos MASW-03 / LRS-03*

Prof. (m)	Vs	Vp	p	Vp/Vs	$\mu$	Modulo de corte Gd	Modulo de Young Ed	Modulo Volumetrico Kd	Modulo de corte Ge	Modulo de Young Ee	Modulo Volumetrico Ke
	Vs (m/s)	Vp (m/s)	(Tn/m3)		(Poisson)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(Tn/m2)
1.07	306.87	728.92	1.34	2.38	0.39	1283.52	3574.07	5530.80	128.35	357.41	553.08
2.31	387.62	745.53	1.37	1.92	0.31	2106.72	5539.69	4984.46	210.67	553.97	498.45
3.71	431.81	820.15	1.40	1.90	0.31	2654.38	6945.16	6036.58	265.44	694.52	603.66
4.00	451.38	868.02	1.40	1.92	0.31	2919.76	7677.12	6904.57	291.98	767.71	690.46
5.27	470.95	940.34	1.41	2.00	0.33	3199.47	8527.20	8489.70	319.95	852.72	848.97
6.00	501.69	1048.43	1.43	2.09	0.35	3668.23	9915.34	11129.46	366.82	991.53	1112.95
7.01	532.42	1156.52	1.44	2.17	0.37	4173.73	11398.72	14128.35	417.37	1139.87	1412.83
8.00	571.51	1301.08	1.46	2.28	0.38	4870.83	13448.02	18750.29	487.08	1344.80	1875.03
8.90	610.59	1445.64	1.48	2.37	0.39	5630.42	15668.75	24054.71	563.04	1566.87	2405.47
10.00	672.86	1578.95	1.51	2.35	0.39	6974.04	19374.64	29105.28	697.40	1937.46	2910.53
15.00	751.92	1721.45	1.55	2.29	0.38	8925.94	24673.34	34882.96	892.59	2467.33	3488.30

Fuente: Elaboración propia.

### 4.7.3. Clasificación sísmica

Actualmente, los tipos de suelo utilizados en los códigos de construcción para el diseño sísmico a menudo se basan en, o al menos se correlacionan con, la velocidad de las ondas que viajan a través de las capas superficiales del suelo.

En la siguiente tabla se muestra la Clasificación Sísmica del Suelo de acuerdo a la Norma E030 y la IBC -2015, además de la Velocidad Vs30 y el Periodo Fundamental del Suelo (To).

**Tabla 31**

*Clasificación Sísmica del Suelo*

Sondaje	Prof. (m)	Vs30 (m/s)	To (s)	IBS 2015	Norma E-030	Descripción (E-030)	Descripción (IBC - 2015)
MASW-01	30	1011.2	0.12	1011.2	1011.2	Roca o Suelos muy Rígidos (S1)	Roca (B)
MASW-02	30	789.92	0.15	789.92	789.92	Roca o Suelos muy Rígidos (S1)	Roca (B)
MASW-03	30	575.77	0.21	575.77	575.77	Roca o Suelos muy Rígidos (S1)	Suelo muy Denso o Roca Blanda (C)

**Fuente:** Elaboración propia.

### 4.7.4. Parámetros de Sitio

La Norma E030 Diseño Sismo resistente presenta los llamados factores sísmicos, con los que se construye el Espectro de Diseño.

**Tabla 32**

*Factores Sísmicos de la Zona de Estudio*

Factores Sísmicos	Valor
Perfil de Suelo	S1
Factor de Zona (Z)	0.45
Factor de Suelo (S)	1
Periodo Predominante (TP)	0.40 s
Periodo Predominante (TL)	2.50 s

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.7.5. Perfiles estratigráficos

#### 4.7.6. Perfiles unidimensionales

Los perfiles unidimensionales se muestran en el Anexo II: Registro de los Puntos de Investigación.

#### 4.7.7. Perfiles bidimensionales

Los perfiles bidimensionales se muestran en el Anexo V: Planos “Plano de Perfiles Bidimensionales”.

#### 4.7.8. Mecánicas de rocas

#### 4.7.9. Clasificación geomecánica RMR de Bieniawski 1989

En la tabla siguiente se presenta el rango de la valoración del macizo rocoso RMR, según Bieniawski.

**Tabla 33**

*Rangos de valoración RMR*

<b>Valoración RMR</b>	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0
<b>Clase</b>	I	II	III	IV	V
<b>Descripción de Roca</b>	Muy Buena	Buena	Regular	Mala	Muy Mala

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 34**

*Ubicación de las estaciones geomecánicas*

<b>Estación</b>	<b>Coordenadas UTM</b>	
	<b>Este (m)</b>	<b>Norte (m)</b>
Estación 01	277956	8676667
Estación 02	278003	8676671
Estación 03	277968	8676698
Estación 04	277871	8676687
Estación 05	277835	8676722

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 35***Resumen de valoración de los macizos rocosos*

Ubicación	R	R Básico	RMR Ajustado	RMR 89	Clase
Estación 01		56	54	56	III Regular
Estación 02		51	49	51	III Regular
Estación 03		61	59	61	II Buena
Estación 04		50	48	50	III Regular
Estación 05		48	46	48	III Regular

**Fuente:** Elaboración propia.

Del mapeo geo mecánico se obtuvo clase III Regular a II Buena.

#### 4.8. Estabilidad de taludes

##### 4.7.10. Condición de Estabilidad (SMR Slope Mass Rating)

Con el valor RMR y el grado de falla, la estabilidad de la pendiente de la roca se evalúa utilizando SMR (Clasificación de masa de talud).

El SMR para la clasificación de taludes se obtiene a partir de la RMR básica sumando el "factor de corrección" en función de la orientación general (y el producto de tres subfactores) y el "factor de ruptura de tierra" según el método adoptado.

$$\text{SMR} = \text{RMR} + (\text{F1} \times \text{F2} \times \text{F3}) + \text{F4}$$

Para los taludes en roca se tiene los rangos de valoración SMR, los cuales se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 36***Clases de estabilidad según el SMR*

CLASES DE ESTABILIDAD SEGÚN EL SMR (ROMANA, 1985)					
Clase nº	V	IV	III	II	I
SMR	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
Descripción	Muy mala	Mala	Norma	Buena	Muy buena
Estabilidad	Totalmente inestable	Inestable	Parcialmente estable	Estable	Totalmente estable
Roturas	Grandes roturas por planos continuos o por la masa	Juntas o grandes cuñas	Algunas juntas o muchas cuñas	Algunos bloques	Ninguna
Tratamiento	Reexcavación	Corrección	Sistemático	Ocasional	Ninguno

**Fuente:** Romana, 1985.

Para el estudio se ha determinado el valor de SMR en la estación geomecánica de la zona de las principales familias o discontinuidades con afectación al talud, se resume en la siguiente tabla:

**Tabla 37**

*Condición de estabilidad de las familias según SMR*

<b>Ubicación</b>	<b>Familia</b>	<b>Falla</b>	<b>Valor de SMR</b>	<b>Descripción</b>	<b>Condición de Estabilidad</b>
Estación 01	F1	Planar	69	Buena	Estable
	F4	Vuelco	67	Buena	Estable
Estación 02	F1	Planar	66	Buena	Estable
Estación 03	F2	Vuelco	72	Buena	Estable
Estación 04	F1	Planar	29	Mala	Inestable
Estación 05	F1	Planar	63	Buena	Estable

**Fuente:** Elaboración propia.

#### **4.7.11. Determinación de Fallas por Rotura**

Durante el estudio se predefinieron familias mayores sobre el soporte de la geomembrana mediante DIPS y se determinó el tipo de discontinuidad que podría generar una intersección o ángulo crítico utilizando el mismo software.

La tabla siguiente muestra los resultados obtenidos.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir del software Rocscience para cada estación. Específicamente, se empleó el software Dips porque permite el trazado, análisis y presentación de datos estructurales utilizando técnicas de proyección estereográfica.

**Tabla 38**

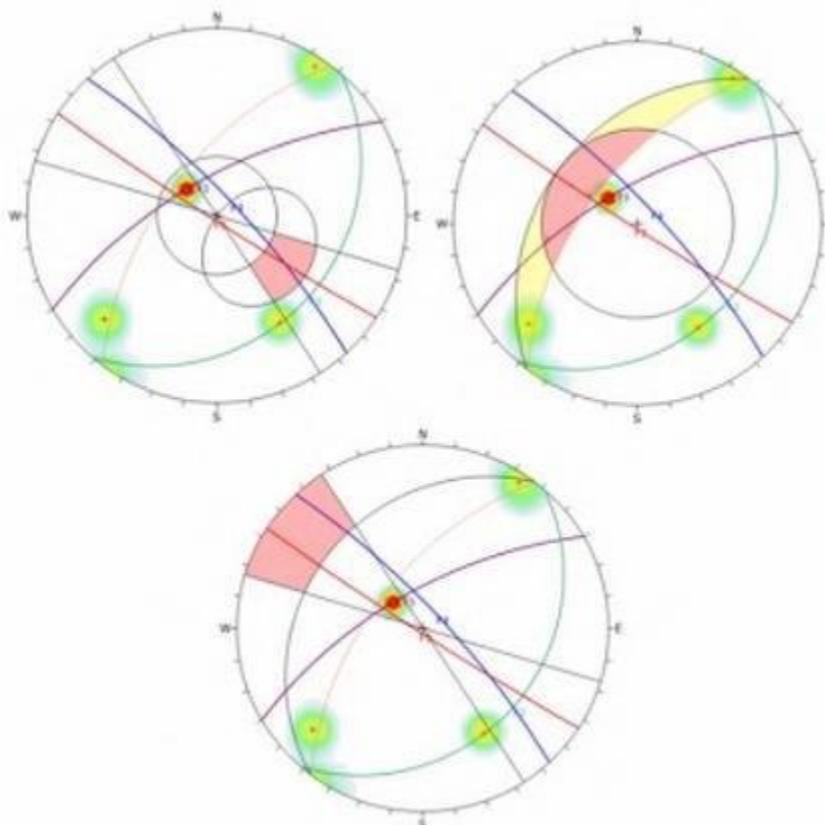
*Análisis de fallas del macizo rocoso en condiciones actuales*

Ubicación	Familias Principales (Buz. / Dir. Buz.)	Familias que producen Fallas		
		Falla Planar	Falla por Cuña	Falla por Volteo
Estación 01	F1: 67 / 330	---	---	---
	F2: 24 / 131			
	F3: 87 / 213			
	F4: 78 / 47			
Estación 02	F1: 65 / 271	---	---	---
	F2: 77 / 184			
	F3: 87 / 164			
Estación 03	F1: 85 / 189	---	---	---
	F2: 86 / 268			
	F3: 45 / 26			
Estación 04	F1: 44 / 6	F1	F1 / F2	---
	F2: 87 / 96			
	F3: 47 / 176			
Estación 05	F1: 88 / 133	---	---	---
	F2: 29 / 327			

**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 10**

*Análisis de discontinuidades de la estación 01 por fallas planar, cuña y volteo*

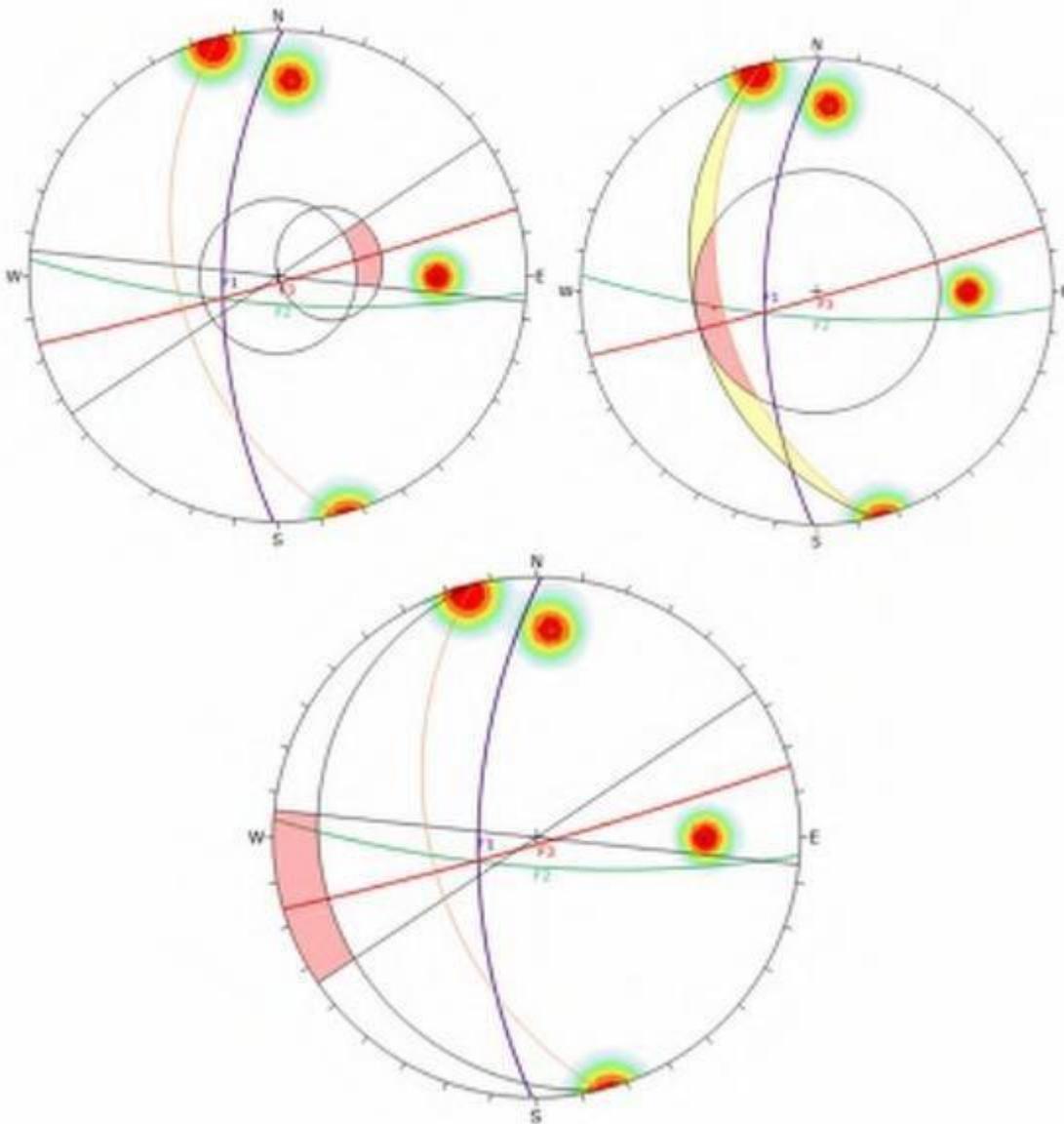


**Fuente:** Elaboración propia.

De la estación 01, el análisis de discontinuidades, no se tendrá problemas de fallas por planar, cuña y volteo.

**Figura 11**

*Análisis de discontinuidades de la estación 02 por fallas planar, cuña y volteo*

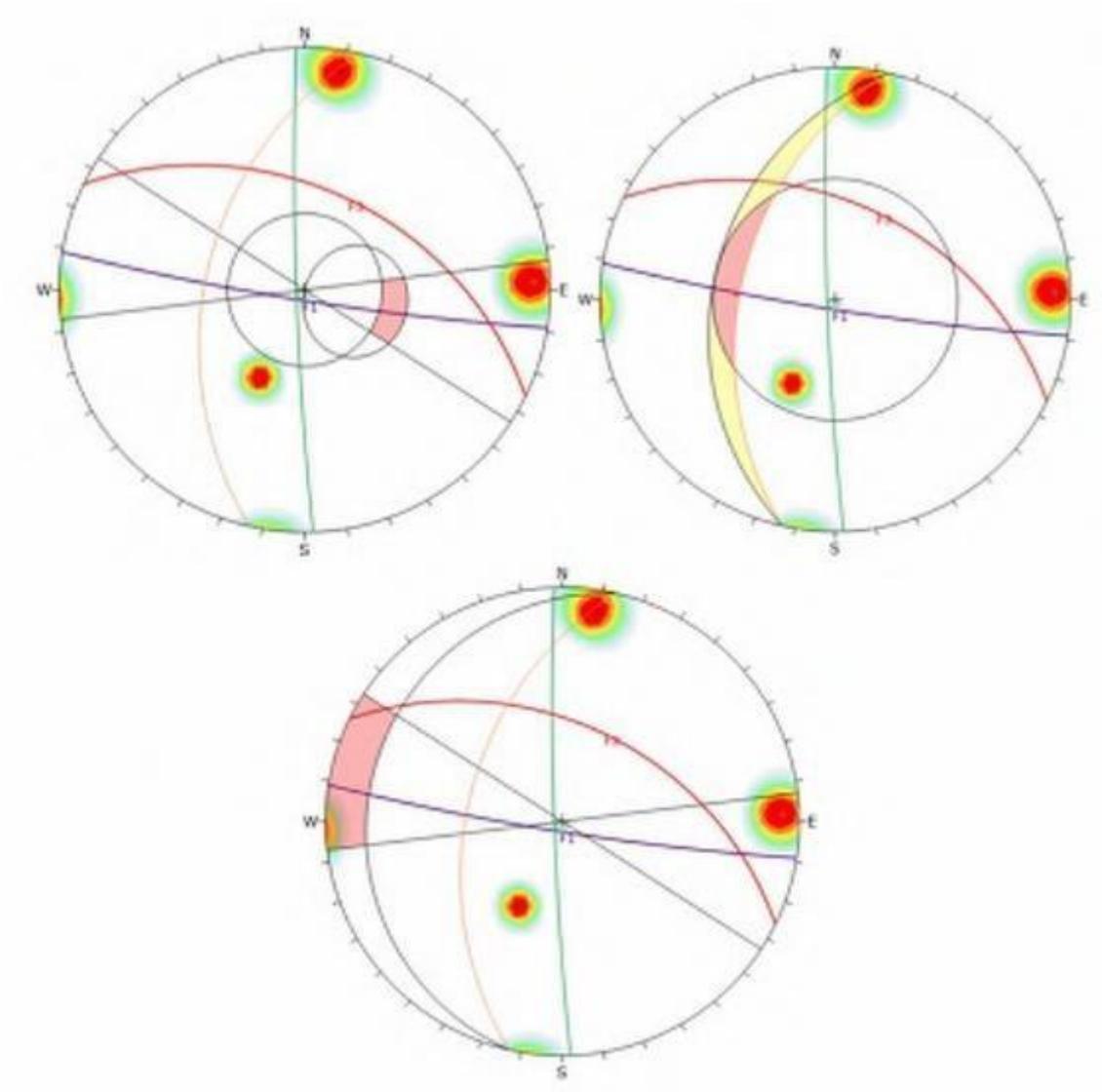


**Fuente:** Elaboración propia.

De la estación 02, el análisis de discontinuidades, no se tendrá problemas de fallas por planar, cuña y volteo.

**Figura 12**

*Análisis de discontinuidades de la estación 03 por fallas planar, cuña y volteo*

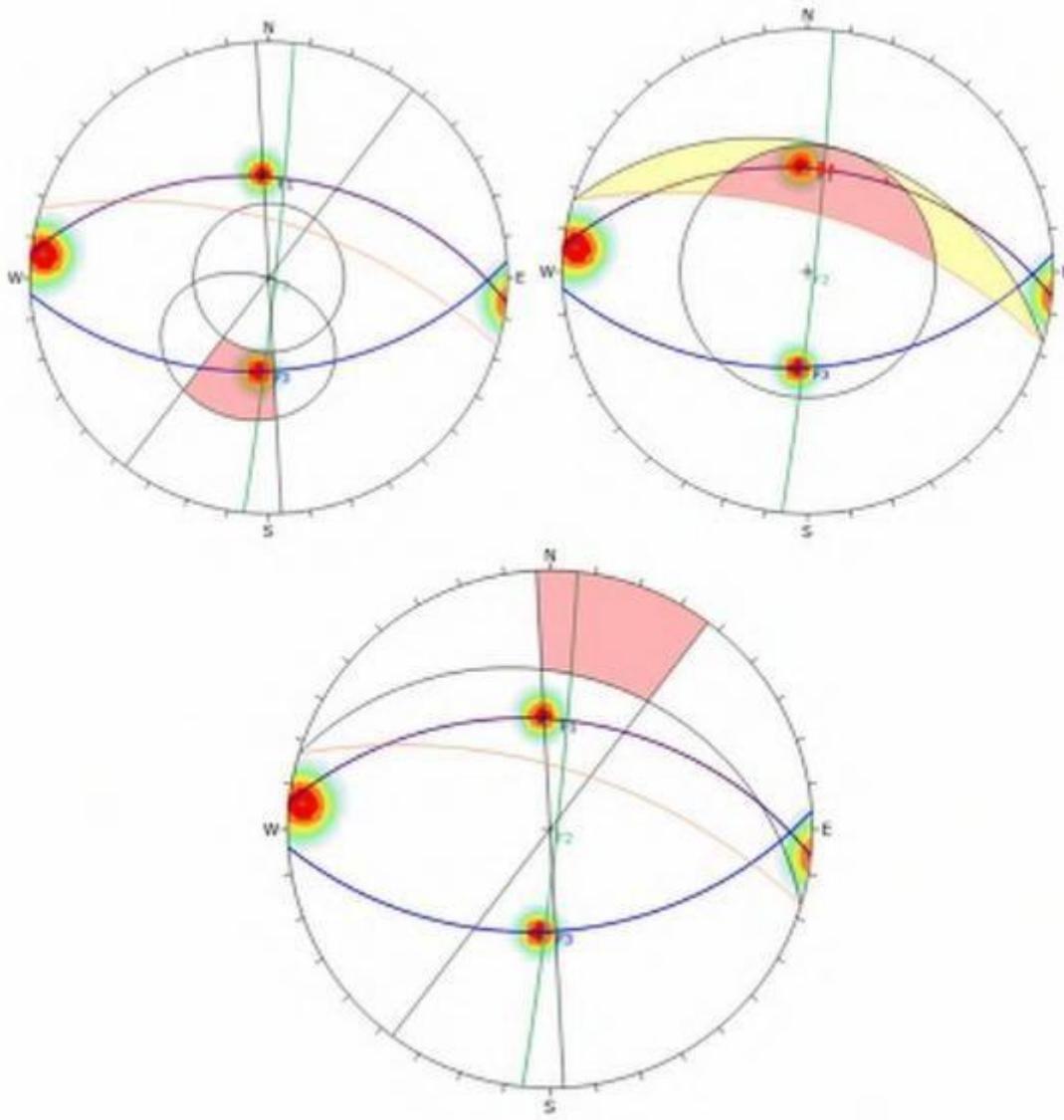


**Fuente:** Elaboración propia.

De la estación 03, el análisis de discontinuidades, no se tendrá problemas de fallas por planar, cuña y volteo.

**Figura 13**

*Análisis de discontinuidades de la estación 03 por fallas planar, cuña y volteo*

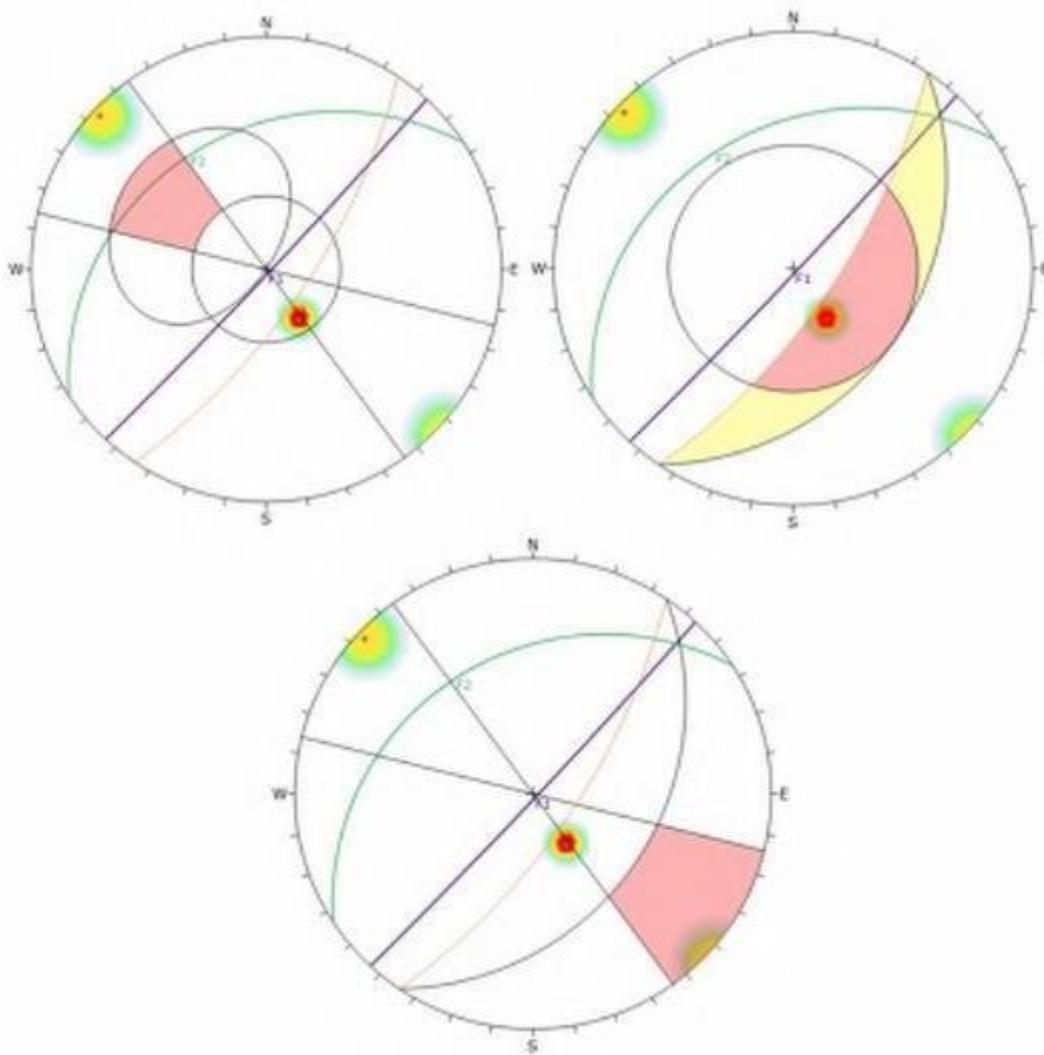


**Fuente:** Elaboración propia.

De la estación 04, el análisis de discontinuidades, se evidencia una posible falla planar y cuña; para ello se recomienda la remoción de material inestable y el riesgo se eliminaría.

### Figura 14

*Análisis de discontinuidades de la estación 03 por fallas planar, cuña y volteo*



**Fuente:** Elaboración propia.

De la estación 05, el análisis de discontinuidades, no se tendrá problemas de fallas por planar, cuña y volteo.

#### 4.9. Contrastación de hipótesis

Con respecto a la hipótesis general: El corte triaxial y los métodos geofísicos permiten el cálculo de parámetros geotécnicos para el análisis de la estabilidad de talud en el distrito de Comas – Lima, 2021, se puede inferir de los resultados que tanto el corte triaxial como los métodos geofísicos son ensayos imprescindibles para este tipo de análisis. El ensayo triaxial es la prueba más precisa para medir la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, porque puede manejar las tensiones principales, la presión intersticial y el drenaje, lo que faculta entender el comportamiento del suelo y de sus características que se usaran para el diseño de estabilización del talud en roca (de acuerdo a la Norma E.030 – Diseño Sismorresistente la clasificación del suelo es  $S_1$ , es decir es Roca o Suelos Muy Rígidos). A continuación, se detalla los valores obtenidos a partir del ensayo directo, después de realizar el círculo de Mohr de tensiones, que permitió calcular el valor de la cohesión y del ángulo de fricción para la calicata 1.

**Tabla 39**

*Resultados del ensayo Corte Triaxial*

<b>Ensayo</b>	<b>Punto de Exploración</b>	<b>Estado</b>	<b>Clasif. SUCS (Matriz)</b>	<b>Profundidad (m)</b>	<b>Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>C' (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b><math>\phi'</math> (°)</b>
Corte Triaxial	C-1	Inalterada	SP-SM	0.80-3.00	1.83	0.05	32.9

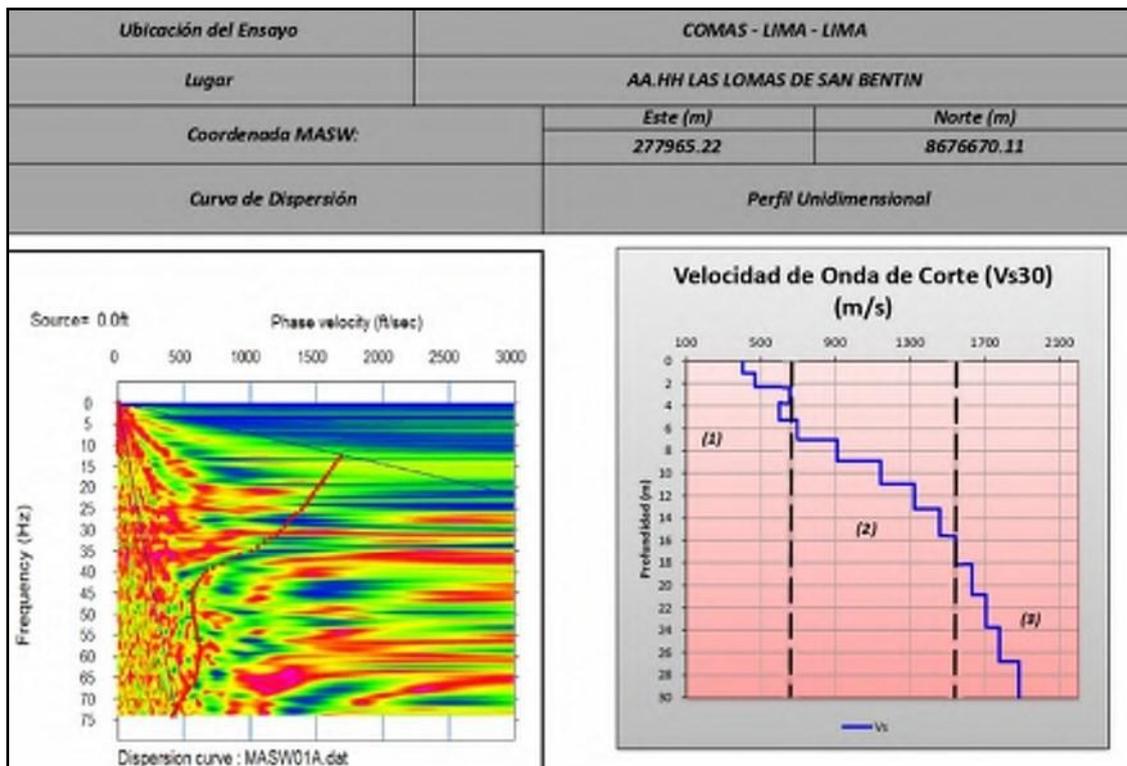
**Fuente:** Elaboración propia.

Por otro lado, los métodos geofísicos de exploración o de prospección son herramientas que nos acceden comprender las características físicas del subsuelo para distintas aplicaciones, que en nuestro caso es entender la calidad del suelo para la estabilidad de talud en roca. Para ello, se ejecutaron el método de la Refracción Sísmica (LRS) y MASW, ambos métodos geofísicos son los más empleados para el análisis del subsuelo somero, pues generalmente generan resultados confiables y fáciles para su interpretación. Para ello, se analizan las variaciones en las velocidades sísmicas  $V_p$  y  $V_s$  para la caracterización del suelo y entender su comportamiento ante cualquier evento

sísmico. Esto a su vez, facultan calcular el coeficiente de Poisson y otros módulos elásticos, como también definir la Clasificación Sísmica del Suelo, realizados a una profundidad de 30 metros ( $V_{s30}$ ), en base del sondaje MASW.

**Figura 15**

*Clasificación sísmica por sondaje MASW*



**Fuente:** Elaboración propia.

De la figura, para el primer sondaje MASW se determinó que el perfil sísmico estratigráfico a una profundidad de 30 m ( $V_{s30}$ ), consistió de un estrato asociado a rocas muy fracturadas, compuesto por areniscas con niveles de lutitas, de una roca muy fracturada o ligeramente fracturada, compuesto por areniscas con niveles de lutitas y de una roca muy dura. Por consiguiente, ambos métodos directos como indirectos son complementarios para conseguir parámetros de resistencia al esfuerzo cortante del suelo, durante la investigación geotécnica, ya que son de mucha importancia al momento de definir la estabilidad de un talud en roca, y así evitaría cualquier evento de deslizamiento en macizos rocosos a través de los planos de debilidad por

discontinuidades, de los cuales generaría pérdidas económicas y de vidas humanas en el Asentamiento Humano Las Lomas de Bentin, Carmen Alto Sr. De los Milagros, zonal 03 – Distrito de Comas (Lima – Lima).

## **CAPITULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

El análisis de la estabilidad de taludes es imprescindible y relevante dentro la zona de estudio, debido a que está expuesta a un alto nivel de peligro sísmico por su ubicación geográfica. La determinación de un posible deslizamiento de un talud en roca causada por distintas discontinuidades o planos de debilidad para el desarrollo de caminos, casas o edificios permite prevenir daños u organizar la mitigación de estos daños posibles.

En relación al objetivo general se realizó la evaluación geotécnica del talud para determinar su estabilidad mediante métodos geofísicos y corte triaxial en el distrito de Comas. Ambos métodos son complementarios y permiten dar un panorama de las características geotécnicas del terreno a profundidad, para entender su naturaleza y la distribución de esos materiales. Debido a la geología local de la zona de estudio se definió que el tipo de suelo según la norma E.030 es roca o suelos muy rígidos, por lo que el análisis de la estabilidad de talud fue en roca y no en suelo, es por ello, para establecer si es o no establece el talud se empleó la clasificación RMR y el índice de SMR, para 5 estaciones ubicadas en el macizo rocoso, dando como resultado que la estación n° 4 después del análisis de discontinuidades, existe evidencia de un probable deslizamiento por falla planar y por cuña en la zona de estudio, dejando vulnerable a los habitantes del Asentamiento Humano Las Lomas de Bentin, Carmen Alto Sr. De los Milagros, zonal 03 ante un posible movimiento de bloques de rocas o suelos a lo largo de una superficie de falla bien definida. Esto coincide en gran manera con lo realizado por Díaz y Rodríguez (2017) donde determino que existe una alta inestabilidad de taludes en roca entre los km 95 – 97 de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca. Adicionalmente, con el software Rocscience obtuvo que los F.S. estáticos de las 7 estaciones fluctúan entre 0.68 a 1.12 y los F.S.

pseudoestáticos varía entre 0.54 a 0.94. Por lo que, este antecedente demuestra que existe una investigación relacionada al resultado obtenido en el presente estudio.

Con respecto al objetivo específico 1, se llevó a cabo una evaluación geotécnica por medio de métodos geofísicos; estos consistieron en la ejecución de los ensayos de Refracción Sísmica y MASW, para ello se llevó a cabo 3 líneas de Refracción Sísmica y 3 sondajes MASW distribuidos estratégicamente, permitiendo definir la Clasificación Sísmica del Suelo, Parámetros Elásticos y Perfiles Sísmicos. Para el caso de la Clasificación Sísmica del Suelo, en base a los Sondajes MASW realizados a una profundidad de 30 metros (Vs30), muestra Roca o Suelos muy Rígidos (S1) según la Norma E030 - 2018, mientras que según la Clasificación IBC - 2015, se determinó un Suelo muy Denso o Roca Blanda (C) a Roca (B).

**Tabla 40**

*Clasificación Sísmica del Suelo*

<b>Sondaje</b>	<b>Prof. (m)</b>	<b>Vs30 (m/s)</b>	<b>To (s)</b>	<b>IBS 2015</b>	<b>Norma E-030</b>	<b>Descripción (E-030)</b>	<b>Descripción (IBC - 2015)</b>
						Roca o	
MASW-01	30	1011.2	0.12	1011.2	1011.2	Suelos muy Rígidos (S1)	Roca (B)
						Roca o	
MASW-02	30	789.92	0.15	789.92	789.92	Suelos muy Rígidos (S1)	Roca (B)
						Roca o	Suelo muy
MASW-03	30	575.77	0.21	575.77	575.77	Suelos muy Rígidos (S1)	Denso o Roca Blanda (C)

**Fuente:** Elaboración propia.

En el caso de los Parámetros Elásticos, se detallaron los datos conseguidos por la prospección geofísica en las siguientes tablas.

**Tabla 41***Resumen de los Parámetros Elásticos MASW-01 / LRS-01*

Prof. (m)	Vs	Vp	ρ (Tn/m <sup>3</sup> )	Vp/Vs	μ	Modulo de corte Gd (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo de Young Ed (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Volumetrico Kd (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo de corte Ge (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo de Young Ee (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Volumetrico Ke (Tn/m <sup>2</sup> )
	Vs (m/s)	Vp (m/s)			(Poisson)						
1.07	468.67	1162.08	1.41	2.48	0.40	3166.22	8883.62	15244.14	316.62	888.36	1524.41
2.31	655.78	1370.13	1.50	2.09	0.35	6588.96	17808.91	19976.80	658.90	1780.89	1997.68
3.71	599.45	1577.37	1.47	2.63	0.42	5407.53	15309.78	30231.53	540.75	1530.98	3023.15
4.00	646.57	1745.40	1.50	2.70	0.42	6386.39	18143.40	38024.27	638.64	1814.34	3802.43
5.27	693.68	1922.79	1.52	2.77	0.43	7460.88	21266.30	47376.52	746.09	2126.63	4737.65
6.00	801.08	2100.19	1.57	2.62	0.41	10284.13	29101.39	56973.38	1028.41	2910.14	5697.34
7.01	908.48	2154.99	1.62	2.37	0.39	13656.25	38017.16	58631.80	1365.63	3801.72	5863.18
8.00	1024.84	2209.79	1.68	2.16	0.36	17970.83	48988.05	59590.90	1797.08	4898.80	5959.09
8.90	1141.20	2297.72	1.73	2.01	0.34	23017.75	61516.04	62620.98	2301.77	6151.60	6262.10
10.00	1321.83	2385.65	1.82	1.80	0.28	32410.74	82874.27	62358.43	3241.07	8287.43	6235.84
15.00	1542.80	2745.93	1.92	1.78	0.27	46702.21	118563.07	85673.85	4670.22	11856.31	8567.38

**Fuente:** Elaboración propia.**Tabla 42***Resumen de los Parámetros Elásticos MASW-02 / LRS-02*

Prof. (m)	Vs	Vp	ρ (Tn/m <sup>3</sup> )	Vp/Vs	μ	Modulo de corte Gd (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo de Young Ed (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Volumetrico Kd (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo de corte Ge (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo de Young Ee (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Volumetrico Ke (Tn/m <sup>2</sup> )
	Vs (m/s)	Vp (m/s)			(Poisson)						
1.07	379.80	779.09	1.37	2.05	0.34	2017.14	5422.62	5798.38	201.71	542.26	579.84
2.31	411.23	807.51	1.39	1.96	0.32	2390.61	6334.73	6030.29	239.06	633.47	603.03
3.71	506.72	852.14	1.43	1.68	0.23	3748.52	9194.95	5602.80	374.85	919.50	560.28
4.00	597.87	929.11	1.47	1.55	0.15	5376.32	12329.41	5815.33	537.63	1232.94	581.53
5.27	689.02	1113.82	1.52	1.62	0.19	7350.35	17494.58	9407.22	735.04	1749.46	940.72
6.00	703.85	1163.42	1.52	1.65	0.21	7705.65	18668.52	10779.28	770.57	1866.85	1077.93
7.01	718.67	1230.18	1.53	1.71	0.24	8070.79	20030.72	12886.75	807.08	2003.07	1288.68
8.00	749.29	1296.94	1.55	1.73	0.25	8856.46	22132.23	14725.18	885.65	2213.22	1472.52
8.90	779.91	1352.90	1.56	1.73	0.25	9685.32	24235.31	16230.64	968.53	2423.53	1623.06
10.00	873.92	1408.85	1.61	1.61	0.19	12509.15	29703.67	15830.71	1250.91	2970.37	1583.07
15.00	1034.22	2197.14	1.68	2.12	0.36	18349.85	49826.50	58351.03	1834.98	4982.65	5835.10

**Fuente:** Elaboración propia.**Tabla 43***Resumen de los Parámetros Elásticos MASW-03 / LRS-03*

Prof. (m)	Vs	Vp	ρ (Tn/m <sup>3</sup> )	Vp/Vs	μ	Modulo de corte Gd (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo de Young Ed (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Volumetrico Kd (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo de corte Ge (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo de Young Ee (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Volumetrico Ke (Tn/m <sup>2</sup> )
	Vs (m/s)	Vp (m/s)			(Poisson)						
1.07	306.87	728.92	1.34	2.38	0.39	1283.52	3574.07	5530.80	128.35	357.41	553.08
2.31	387.62	745.53	1.37	1.92	0.31	2106.72	5539.69	4984.46	210.67	553.97	498.45
3.71	431.81	820.15	1.40	1.90	0.31	2654.38	6945.16	6036.58	265.44	694.52	603.66
4.00	451.38	868.02	1.40	1.92	0.31	2919.76	7677.12	6904.57	291.98	767.71	690.46
5.27	470.95	940.34	1.41	2.00	0.33	3199.47	8527.20	8489.70	319.95	852.72	848.97
6.00	501.69	1048.43	1.43	2.09	0.35	3668.23	9915.34	11129.46	366.82	991.53	1112.95
7.01	532.42	1156.52	1.44	2.17	0.37	4173.73	11398.72	14128.35	417.37	1139.87	1412.83
8.00	571.51	1301.08	1.46	2.28	0.38	4870.83	13448.02	18750.29	487.08	1344.80	1875.03
8.90	610.59	1445.64	1.48	2.37	0.39	5630.42	15668.75	24054.71	563.04	1566.87	2405.47
10.00	672.86	1578.95	1.51	2.35	0.39	6974.04	19374.64	29105.28	697.40	1937.46	2910.53
15.00	751.92	1721.45	1.55	2.29	0.38	8925.94	24673.34	34882.96	892.59	2467.33	3488.30

**Fuente:** Elaboración propia.

Finalmente, para el Perfil de refracción sísmica y MASW establecido por la línea sísmica se tuvo lo siguiente.

**Tabla 44***Resumen del Ensayo Geofísico Refracción Sísmica*

<b>Ensayo</b>	<b>Estrato Sísmico</b>	<b>Espesor (m)</b>	<b>VP (m/s)</b>	<b>Descripción</b>
LRS-01	1	0.1 - 2.2	300 - 900	Estrato asociado a rocas muy fracturadas, compuesto por areniscas con niveles de lutitas.
	2	2.4 - 12.8	900 - 2250	Roca muy fracturada a ligeramente fractura, compuesto por areniscas con niveles de lutitas.
	3	-	2550 - 2700	Roca muy dura.
LRS-02	1	1.0 - 5.7	300 - 900	Estrato asociado a rocas muy fracturadas, compuesto por areniscas con niveles de lutitas.
	2	8.1 - 15.2	900 - 2100	Roca muy fracturada a ligeramente fractura, compuesto por areniscas con niveles de lutitas.
	3	-	2100 - 2699	Roca muy dura.
LRS-03	1	0.4 - 6.3	300 - 900	Estrato asociado a depósitos coluviales y rellenos antrópicos compuestos por gravas en matriz de arenas o rocas muy fracturadas.
	2	-	900 - 2100	Roca muy fracturada a ligeramente fractura, compuesto por areniscas con niveles de lutitas.

**Fuente:** Elaboración propia.**Tabla 45***Resumen del Sondaje MASW*

<b>Ensayo</b>	<b>Estrato Sísmico</b>	<b>Espesor (m)</b>	<b>Vs (m/s)</b>	<b>Descripción</b>
MASW-01	1	3.7	403 - 656	Estrato asociado a rocas muy fracturadas, compuesto por areniscas con niveles de lutitas.
	2	14.4	694 - 1543	Roca muy fracturada a ligeramente fractura, compuesto por areniscas con niveles de lutitas.
	3	-	1630 - 1883	Roca muy dura.
MASW-02	1	3.7	325 - 611	Estrato asociado a rocas muy fracturadas, compuesto por areniscas con niveles de lutitas.
	2	26.3	689 - 1192	Roca muy fracturada a ligeramente fractura, compuesto por areniscas con niveles de lutitas.
	3	-	> 1215	Roca muy dura.
MASW-03	1	8.9	281 - 532	Estrato asociado a depósitos coluviales y rellenos antrópicos compuestos por gravas en matriz de arenas o rocas muy fracturadas.
	2	-	611 - 871	Roca muy fracturada a ligeramente fractura, compuesto por areniscas con niveles de lutitas.

**Fuente:** Elaboración propia.

Esto coincide en gran manera con lo realizado por Jurado y Pérez (2019) para el análisis comparativo de métodos destructivos y no destructivos en la determinación de parámetros geotécnicos para la estabilización de un talud en la Costa Verde (Miraflores). Lograron definir los tipos de suelo a través de los ensayos de Refracción Sísmica y MASW, de lo cual indicaron la velocidad de ondas compresionales y de corte, por estrato para cada línea sísmica ejecutada.

**Tabla 46**

*Resumen de Refracción Sísmica*

<b>REFRACCIÓN SÍSMICA</b>		
<b>Línea Sísmica</b>	<b>V<sub>p</sub> (m/s)</b>	<b>Tipo de Suelo</b>
<b>LS_01</b>	420 a 670	Material medianamente compacto
	670 a 1100	Material compacto
	1100 a 1400	Material muy compacto
<b>LS_02</b>	510 a 740	Material medianamente compacto
	740 a 1190	Material compacto
	1190 a 1340	Material muy compacto
<b>LS_03</b>	340 a 830	Material medianamente compacto
	830 a 1590	Material compacto
	1590 a 2000	Material muy compacto
<b>LS_04</b>	310 a 760	Material medianamente compacto
	760 a 1480	Material compacto
	1480 a 1800	Material muy compacto
<b>LS_05</b>	350 a 1320	Material de mediana a alta compacidad
	1320 a 2900	Material muy compacto
	2900 a 3530	Material muy compacto

**Fuente:** Jurado y Pérez, 2019.

**Tabla 47***Resumen de MASW*

MASW		
MASW	V <sub>s</sub>	Tipo de Suelo
MASW_01	320 a 360	Grava mediamente compacta
	500 a 590	Grava compacta
	590 a 970	Grava muy compacta o muy rígida
MASW_02	360 a 530	Grava mediamente compacta
	530 a 580	Grava compacta
	590 a 960	Grava muy compacta o muy rígida
MASW_03	270 a 360	Grava mediamente compacta
	370 a 560	Grava compacta
	560 a 940	Grava muy compacta o muy rígida
MASW_04	250 a 300	Grava mediamente compacta
	300 a 650	Grava compacta
	650 a 1150	Grava muy compacta o muy rígida
MASW_05	150 a 360	Grava suelta a mediamente compacta
	360 a 760	Grava compacta
	760 a 1160	Grava muy compacta o muy rígida

**Fuente:** Jurado y Pérez, 2019.

Las velocidades de ondas compresionales  $V_p$  son muy generales, pues no acceden a definir particularmente el material, pero son aprovechados para determinar los espesores de los estratos. Por otra parte, las velocidades de onda de corte si permite esclarecer mucho mejor el material ubicado, el cual es corroborado por las normas internacionales, así como la norma E.030, por ello ambas velocidades facilitan determinar parámetros geotécnicos que son útiles para precisar la estabilidad de distintas obras civiles. Por lo que, este antecedente demuestra que existe una investigación relacionada al resultado obtenido en el presente estudio.

Con respecto al objetivo específico 2, se realizó una evaluación geotécnica del talud para determinar su estabilidad por medio del Corte Triaxial. Este ensayo es uno de los métodos que da más seguridad al momento de hallar los parámetros de la resistencia al esfuerzo cortante, el cual se especifica a continuación. Sin embargo, para poder complementar estos resultados también se llevó a cabo el ensayo de Corte Directo.

**Tabla 48***Resultados del ensayo Corte Triaxial*

Ensayo	Punto de Exploración	Estado	Clasif. SUCS (Matriz)	Profundidad (m)	Densidad	C'	$\phi'$ (°)
					Seca (g/cm <sup>3</sup> )		
Corte Directo	C-02	Alterada	SP-SM	1.90 – 3.00	1.75	0.09	31
	C-06	Alterada	SP-SM	1.00 - 5.00	1.75	0.1	31.1
Corte Triaxial	C-1	Inalterada	SP-SM	0.80-3.00	1.83	0.05	32.9

**Fuente:** Elaboración propia.

Determinar la resistencia al esfuerzo cortante del suelo para este caso Arena mal graduada con limo (SP – SM), es uno de los puntos más importantes en la mecánica de suelos, porque permite analizar la estabilidad de cualquier obra civil, que para este estudio abarco la estabilización de taludes en macizos rocosos (perfil tipo S1 – Suelos muy rígidos o Roca, según la Norma E0.30) en la zona de estudio. Esto coincide en gran manera con lo realizado por Chuquiruna (2019) que para calcular la inestabilidad sísmica del talud localizado en el Km 139 (500 al 450), efectuó ensayos de corte directo para 3 muestras, obteniendo los parámetros geotécnicos necesarios para el análisis de estabilidad del talud a través del software Slide. Para el parámetro cohesión obtuvo los siguientes valores: 0.11 kg/cm<sup>2</sup> (muestra 1), 0.24 kg/cm<sup>2</sup> (muestra 2) y 0.22 kg/cm<sup>2</sup> (muestra 3); mientras que para el ángulo de fricción interna fueron: 15.60° (muestra 1), 13.50° (muestra 2) y 14.80° (muestra 3). Cada cambio físico que experimenta el suelo depende de estos parámetros, pues ambos tienen una relación directamente proporcional. Por lo que, este antecedente demuestra que existe una investigación relacionada al resultado obtenido en el presente estudio.

En correspondencia al objetivo específico 3, se realizó una evaluación geotécnica del talud a través del índice SMR, empleando el software Dips (Rocscience). Se definió 5 estaciones para la caracterización del macizo rocoso, para eso se empleó la clasificación geomecánica RMR (Bieniawski, 1989) para determinar la calidad de la roca.

**Tabla 49***Clasificación geomecánica RMR*

Ubicación	RMR Básico	RMR Ajustado	RMR 89	Clase
Estación 01	56	54	56	III Regular
Estación 02	51	49	51	III Regular
Estación 03	61	59	61	II Buena
Estación 04	50	48	50	III Regular
Estación 05	48	46	48	III Regular

**Fuente:** Elaboración propia.

Por otro lado, para cada estación se estableció 4, 3, 3, 4 y 2 familias de discontinuidades respectivamente y para entender cómo éstas afectan la estabilidad de talud se calculó el SMR basado en la valoración efectuado por Romana (1985) y se resume en la siguiente tabla los datos conseguidos.

**Tabla 50***Condición de estabilidad de las familias según SMR*

Ubicación	Familia	Falla	Valor de SMR	Descripción	Condición de Estabilidad
Estación 01	F1	Planar	69	Buena	Estable
	F4	Vuelco	67	Buena	Estable
Estación 02	F1	Planar	66	Buena	Estable
Estación 03	F2	Vuelco	72	Buena	Estable
Estación 04	F1	Planar	29	Mala	Inestable
Estación 05	F1	Planar	63	Buena	Estable

**Fuente:** Elaboración propia.

A partir del análisis de discontinuidades en cada estación (1, 2, 3 y 5) a condiciones actuales, no habrá ningún problema de fallas planar, por cuña y por volteo. Sin embargo, en la estación 4, se evidencio una posible falla planar y por cuña; por eso se recomienda la remoción de material inestable y el riesgo se eliminaría.

**Tabla 51***Análisis de fallas del macizo rocoso en condiciones actuales*

Ubicación	Familias Principales	Familias que producen Fallas		
	(Buz. / Dir. Buz.)	Falla Planar	Falla por Cuña	Falla por Volteo
Estación 01	F1: 67 / 330	---	---	---
	F2: 24 / 131			
	F3: 87 / 213			
	F4: 78 / 47			
Estación 02	F1: 65 / 271	---	---	---
	F2: 77 / 184			
	F3: 87 / 164			
Estación 03	F1: 85 / 189	---	---	---
	F2: 86 / 268			
	F3: 45 / 26			
Estación 04	F1: 44 / 6	F1	F1 / F2	---
	F2: 87 / 96			
	F3: 47 / 176			
Estación 05	F1: 88 / 133	---	---	---
	F2: 29 / 327			

**Fuente:** Elaboración propia.

Esto coincide en gran manera con lo realizado por Rodas y Rodríguez (2017) que para realizar un análisis de la estabilidad de taludes en roca entre los Km 95 al 97 de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca; ejecutaron un estudio cinemático de los taludes en cuestión, donde pudo inferir que estas inclinaciones presentan un potencial deslizamiento por falla planar en rocas. Por lo que, este antecedente demuestra que existe una investigación relacionada al resultado obtenido en el presente estudio.

## CONCLUSIONES

1. Se realizó la evaluación geotécnica del talud para determinar su estabilidad mediante métodos geofísicos y corte triaxial en el distrito de Comas. Ambos métodos son complementarios y permiten dar un panorama de las características geotécnicas del terreno a profundidad, para entender su naturaleza y la distribución de esos materiales. Debido a la geología local de la zona de estudio se definió que el tipo de suelo según la norma E.030 es roca o suelos muy rígidos, por lo que el análisis de la estabilidad de talud fue en roca y no en suelo, es por ello, para establecer si es o no establece el talud se empleó la clasificación RMR y el índice de SMR, para 5 estaciones ubicadas en el macizo rocoso, dando como resultado que la estación n° 4 después del análisis de discontinuidades, existe evidencia de un probable deslizamiento por falla planar y por cuña en la zona de estudio, dejando vulnerable a los habitantes del Asentamiento Humano Las Lomas de Bentin, Carmen Alto Sr. De los Milagros, zonal 03 ante un posible movimiento de bloques de rocas o suelos a lo largo de una superficie de falla bien definida.
2. Se efectuó una evaluación geotécnica del talud para determinar su estabilidad por medio del método de Refracción Sísmica y MASW, se llevó a cabo en 3 líneas de Refracción Sísmica y 3 sondajes MASW distribuidos estratégicamente, permitiendo definir la Clasificación Sísmica del Suelo, Parámetros Elásticos y Perfiles Sísmicos. Para el caso de la Clasificación Sísmica del Suelo, en base a los Sondajes MASW realizados a una profundidad de 30 metros ( $V_{s30}$ ), muestra Roca o Suelos muy Rígidos (S1) según la Norma E030 - 2018, mientras que según la Clasificación IBC - 2015, se determinó un Suelo muy Denso o Roca Blanda (C) a Roca (B). Para el caso, de los parámetros elásticos, de igual de manera para cada sondaje y línea: MASW – 01/LRS – 01, MASW – 02/LRS – 02 y MASW – 03/LRS – 03 (tomando un promedio entre las profundidades de 1 a 5 m, 5 a 10 m y 10 a 15 m), se pudo calcular diferentes módulos tales como: de Corte, Young, Volumétrico y de Poisson, usando las relaciones de las velocidades P y S. Por ejemplo, para este último para el primer sondaje sus valores fluctuaron entre 0.27 a 0.43, para el segundo sondaje sus valores variaron entre 0.15 a 0.36 y, por último, para el tercer sondaje sus valores oscilaron entre 0.31 a 0.39, de los cuales determinan como se relacionan las deformaciones longitudinales en sentido vertical (perpendicular) y en sentido de la fuerza aplicada sobre cada material. Finalmente, para el Perfil de Refracción Sísmica para cada LRS (en función de la  $V_p$ ) y MASW (en función de la  $V_s$ ) se determinó un perfil sísmico

estratigráfico, pero en distintos espesores, de los cuales fueron corroborado por el perfil estratigráfico conseguido de las calicatas. Ambos ensayos directos como indirectos permitieron obtener una mejor caracterización del subsuelo de la zona de estudio.

3. Se efectuó una evaluación geotécnica del talud para determinar su estabilidad por medio del Corte Triaxial. Este ensayo es uno de los métodos que da más seguridad al momento de hallar los parámetros de la resistencia al esfuerzo cortante, el cual se especifica a continuación. Sin embargo, para poder complementar estos resultados también se llevó a cabo el ensayo de Corte Directo. Determinar la resistencia al esfuerzo cortante del suelo para este caso Arena mal graduada con limo (SP – SM), es uno de los puntos más importantes en la mecánica de suelos, porque permite analizar la estabilidad de cualquier obra civil, que para este estudio abarco la estabilización de taludes en macizos rocosos (perfil tipo S1 – Suelos muy rígidos o Roca, según la Norma E0.30) en la zona de estudio.
4. Se llevó a cabo una evaluación geotécnica del talud a través del índice SMR, empleando el software Dips (Rocscience). Se definió 5 estaciones para la caracterización del macizo rocoso, para eso se empleó la clasificación geomecánica RMR (Bieniawski, 1989) para determinar la calidad de la roca. Por otro lado, para cada estación se estableció 4, 3, 3, 4 y 2 familias de discontinuidades respectivamente y para entender cómo éstas afectan la estabilidad de talud se calculó el SMR basado en la valoración efectuado por Romana (1985). A partir del análisis de discontinuidades en cada estación (1, 2, 3 y 5) a condiciones actuales, no habrá ningún problema de fallas planar, por cuña y por volteo. Sin embargo, en la estación 4, se evidencio una posible falla planar y por cuña; por eso se recomienda la remoción de material inestable y el riesgo se eliminaría.

## **RECOMENDACIONES**

- a. En relación con los resultados obtenidos del análisis de las fallas del macizo rocoso en condiciones actuales en la estación 4, se sugiere una remoción de material inestable para que el riesgo de desprendimiento de bloques rocosos por fallas planares o de cuña se elimine.
- b. Para profundizar más el estudio de la estabilidad de taludes en roca, se sugiere utilizar el software Rocscience para calcular los valores de los F.S. a condiciones estáticas y pseudoestáticas, de esta manera determinar con mayor precisión si el talud es estable o inestable.
- c. Se sugiere aplicar esta metodología de trabajo en otros asentamientos humanos ubicados en el distrito de Comas, puesto que están expuestos a un alto nivel de peligro sísmico, en consecuencia, a su posición geográfica, el cual genera una alta vulnerabilidad sísmica. De este modo, las autoridades locales podrán obtener mayor información ante esta problemática y poder plantear ciertas medidas preventivas para reducir el riesgo sísmico en las zonas más inestables que existen en el distrito a nivel general.
- d. Se sugiere a las autoridades locales realizar un plan de seguimiento y monitoreo anual post remoción del material inestable, para comprobar la estabilidad a largo plazo del talud rocoso.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### 5. Referencias bibliográficas

Alpízar, A. (2012). *METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES PARA PROYECTOS VIALES*. San José: XI Congreso Nacional de Geotecnia. Obtenido de [https://www.iigconsultores.com/assets/articulo\\_1metodolog%C3%ADa-de-an%C3%A1lisis-de-estabilidad-de-taludes-para-proyectos-viales.pdf](https://www.iigconsultores.com/assets/articulo_1metodolog%C3%ADa-de-an%C3%A1lisis-de-estabilidad-de-taludes-para-proyectos-viales.pdf)

Alva, J. (2006). *Estabilización de Taludes de Roca*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de <http://www.jorgealvahurtado.com/files/Estabilizacion%20de%20Taludes%20de%20Roca.pdf>

Araujo, A., & Quiroz, J. (2021). *PERFIL DE ONDAS P APLICANDO EL MÉTODO DE REFRACCIÓN SÍSMICA EN EL ASENTAMIENTO HUMANO PUEBLO DE HUAMÁN, DISTRITO VÍCTOR LARCO*. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego. Obtenido de <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/8146>

Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica*. (S. edición, Ed.) Caracas: Episteme. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/27298565\\_El\\_Proyecto\\_de\\_la\\_Investigacion\\_Introduccion\\_a\\_la\\_Metodologia\\_Cientifica](https://www.researchgate.net/publication/27298565_El_Proyecto_de_la_Investigacion_Introduccion_a_la_Metodologia_Cientifica)

Armando, L. (2016). *Métodos de prospección geofísica aplicados a la investigación geotécnica para estudio del recrecimiento de una presa de relaves en el distrito de Oyolo*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2808/GFalmula.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Breña, C. (2019). *Estabilidad de taludes de la carretera longitudinal de la sierra; tramo Cochabamba-Cutervo-Chiple, Cajamarca-Perú*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/323353566.pdf>

Cabezas, E., Naranjo, D., & Torres, J. (2018). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí. Obtenido de

<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/15424/Introduccion%20a%20la%20Metodologia%20de%20la%20investigacion%20cientifica.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Chinchay, G. (2017). *ANÁLISIS NUMÉRICO DEL COMPORTAMIENTO DE ARENAS EN ENSAYOS TRIAXIALES MONOTÓNICOS MEDIANTE EL EMPLEO DEL MODELO CONSTITUTIVO UBCSAND*. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz. Obtenido de [http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2118/T033\\_72867761\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2118/T033_72867761_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Chuquiruna, L. (2019). *Evaluación geotécnica para el cálculo de inestabilidad sísmica del talud ubicado en el kilómetro 139 (500 al 450), San Juan - Cajamarca*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/21667?show=full>

CISMID. (2011). *MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DEL DISTRITO DE COMAS*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de [http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/CISMID/Informe%20microzonificacion%20sismica\\_Comas.pdf](http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/CISMID/Informe%20microzonificacion%20sismica_Comas.pdf)

Díaz, M., & Rodríguez, J. (2017). *Estudio de la estabilidad de taludes en roca entre los kilómetros 95 al 97 de la carretera ciudad de Dios - Cajamarca*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/12738/D%c3%adaz%20Rodas%2c%20Mario%20Alexander%3b%20Rodr%c3%adguez%20Salazar%2c%20Jean%20Geyler.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Djeffal, D. (2011). *Stabilité des pentes et méthodes de confortement*. Tizi Ouzou: Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Obtenido de <https://www.ummtto.dz/dspace/bitstream/handle/ummtto/2445/Diab%20Djeffal%2c%20Imane.PDF?sequence=1&isAllowed=y>

Fuentes, K. (2021). *Evaluación de la estabilidad de los taludes en la avenida Simón Bolívar, en el tramo comprendido entre La Forestal y el colegio Ludoteca, cantón Quito*,

- provincia de Pichincha*. Quito: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/25353>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta edición ed.). Mc Graw Hill Education . Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Julca, C., Linares, R., & Quinteros, E. (2021). *Estabilización de los taludes de la Costa Verde empleando el método de la hidrosiembra en el tramo entre la calle Colón y la bajada Malecón Balta del distrito de Miraflores*. Universidad San Ignacio de Loyola, Lima. Obtenido de <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/945d3281-9642-4d7d-b941-083474228ae4/content>
- Jurado, A., & Pérez, R. (2019). *Análisis comparativo de métodos destructivos y no destructivos en la determinación de parámetros geotécnicos para estabilización de un talud en la Costa Verde - Miraflores*. Lima: Universidad Ricardo Palma. Obtenido de <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2786>
- LeBow, V. (2019). *Incorporating Geophysical Data in Slope Stability Modeling for Two Slopes in Arkansas*. Fayetteville: University of Arkansas. Obtenido de <https://scholarworks.uark.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=5042&context=etd>
- Luque, G., Rosado, M., Pari, W., Peña, F., & Huamán, M. (2020). *Peligro Geológico en la región Lima*. Lima: INGEMMET. Obtenido de <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2571>
- Macedo, J. (2018). *Análisis de productividad de la línea de refracción sísmica para la optimización del estudio de mecánica de suelos en Villa El Salvador, Lima – 2018*. Lima: Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/26682>
- Mendoza, J. (2016). *Estabilidad del talud María Reiche del acantilado Costa Verde, distrito de Miraflores, Lima*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Obtenido de [https://www.academia.edu/34463206/Estabilidad\\_del\\_talud\\_Mar%C3%ADa\\_Reiche\\_del\\_acantilado\\_Costa\\_Verde\\_distrito\\_de\\_Miraflores\\_Lima\\_Per%C3%BA](https://www.academia.edu/34463206/Estabilidad_del_talud_Mar%C3%ADa_Reiche_del_acantilado_Costa_Verde_distrito_de_Miraflores_Lima_Per%C3%BA)

- MVCS. (2019). *Norma Técnica. E.030 Diseño Sismorresistente*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Lima. Obtenido de [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/299950/d289856\\_opt.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/299950/d289856_opt.pdf)
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., & Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación. Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis*. Bogotá: Ediciones de la U. Obtenido de <https://corladancash.com/wp-content/uploads/2020/01/Metodologia-de-la-investigacion-y-cuali-Humberto-Naupas-Paitan.pdf>
- Palacios, O., Caldas, J., & Vela, C. (1992). *Geología de los cuadrángulos de Lima, Lurín, Chancay y Chosica 25-i, 25-j, 24-i, 24-j - [Boletín A 43]*. INGEMMET, Lima. Obtenido de <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/163>
- Pazzi, V., Morelli, S., & Fanti, R. (2019). A Review of the Advantages and Limitations of Geophysical Investigations in Landslide Studies. *International Journal of Geophysics*, 1-28. Obtenido de <https://www.hindawi.com/journals/ijge/2019/2983087/>
- Perri, G. (1999). *Validez relativa del valor numérico del factor de seguridad de un talud*. Caracas: Universidad Central de Venezuela. Obtenido de <https://studylib.es/doc/5823031/validez-relativa-del-valor-num%C3%A9rico-del-factor-de-seguridad...>
- Rebata, C. (2021). *APLICACIÓN DEL ENSAYO MASW PARA LA DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDADES DE ONDAS DE CORTE Y CORRELACIONES CON EL ENSAYO CPT*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/21121/REBATA\\_LOPEZ\\_CHRISTIAN\\_APLICACION\\_ENSAYO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/21121/REBATA_LOPEZ_CHRISTIAN_APLICACION_ENSAYO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Romana, M. (1985). *New Adjustment Ratings for Application of Bieniawski Classification to Slopes*. Zacatecas: International Society of Rock Mechanics.
- Sequeira, J. (2020). *Caracterización geotécnica de suelos en la Finca Jaboncillos, Escazú: análisis geofísico, estabilidad de laderas y capacidad de carga admisible*. San Pedro de Montes de Oca: Universidad de Costa Rica. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Jose-Sequeira-Arguedas/publication/343385605\\_Caracterizacion\\_geotecnica\\_de\\_suelos\\_en\\_la\\_Finca](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Sequeira-Arguedas/publication/343385605_Caracterizacion_geotecnica_de_suelos_en_la_Finca)

[\\_Jaboncillos\\_Escazu\\_analisis\\_geofisico\\_estabilidad\\_de\\_laderas\\_y\\_capacidad\\_de\\_carga\\_admisible/links/5f26f8ad458515b729fe3096/C](#)

- Suarez, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Bucaramanga: Ingeniería de Suelos Ltda. Obtenido de <http://desastres.medicina.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0101/doc0101.pdf>
- Vaca , A. (2018). *Evaluación de la estabilidad de taludes, en San Antonio de Pichincha, mediante la caracterización de macizos rocosos, para el análisis de la susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa*. Quito: Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19060>
- Valeriano, F. (2015). *Caracterización geotécnica y modos de falla estructural en el talud en roca del Cerro Espinal Juliaca*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2297/Veleriano\\_Nina\\_Fredy\\_Alonso.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2297/Veleriano_Nina_Fredy_Alonso.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Valerio, O. (2011). Ensayos triaxiales para suelos. *Métodos y Materiales*, 14-24. Obtenido de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/materiales/article/view/8391>
- Valiente, R., Sobrecases, S., & Díaz, A. (2016). Estabilidad de Taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y Métodos de Cálculo. *Revista CIVILIZATE*(7), 50-54. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/76781/taludes.pdf>

## **ANEXOS**

### **Anexo N°01: Matriz de consistencia**

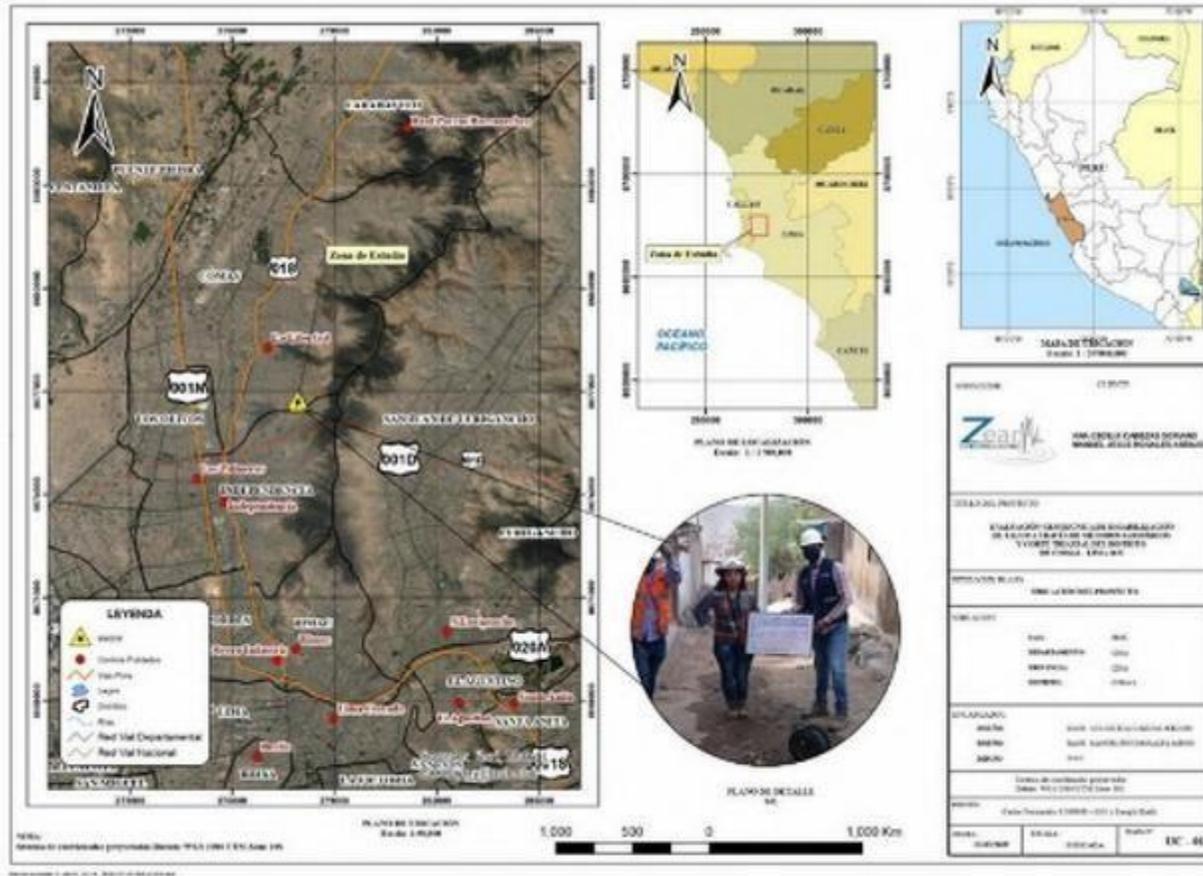
## “EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A TRAVÉS DE MÉTODOS GEOFÍSICOS Y CORTE TRIAXIAL EN EL DISTRITO DE COMAS – LIMA, 2021”

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p><b>Problema general:</b></p> <p>¿Cuánto cambia la estabilización de talud a través de métodos geofísicos y corte triaxial en el distrito de Comas – Lima 2021?</p>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Determinar el cambio de la estabilización de talud a través de métodos geofísicos y corte triaxial en el distrito de Comas – Lima, 2021.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <p>Los métodos geofísicos y corte triaxial tienden a cambiar cuantiosamente la estabilización de talud en el distrito de Comas – Lima, 2021.</p>	<p><b>Variable Independiente:</b></p> <p>Estabilización de talud</p>	<p>Estudios preliminares</p> <p>Tipos de fallas</p> <p>Cálculo del factor de seguridad</p>	<p>Topografía</p> <p>Hidrología</p> <p>Mecánica de suelos</p> <p>Falla por deslizamiento superficial</p> <p>Falla por deslizamiento rotacional</p> <p>Falla local</p> <p>Falla por traslación</p> <p>Falla por flujo</p> <p>Falla por licuación</p> <p>Fallas con superficies compuestas</p> <p>Fallas múltiples</p> <p>Método de Fellenius</p> <p>Método de Bishop</p> <p>Método de Spencer</p> <p>Método de Janbu</p> <p>Método de Morgenstern y Price</p> <p>Velocidades P para roca</p> <p>Velocidades P para grava</p> <p>Velocidades P para arena</p>	<p><b>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN:</b></p> <p>Cuantitativo</p> <p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b></p> <p>Aplicada.</p> <p><b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN:</b></p> <p>Descriptivo - Explicativo</p> <p><b>CUANDO:</b></p> <p>2022</p> <p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:</b></p> <p>El diseño de investigación utilizará un esquema No Experimental considerando que el análisis a realizar es teórico, bajo el siguiente esquema.</p> <p><b>POBLACIÓN Y MUESTRA:</b></p> <p><b>POBLACIÓN:</b> La población será en base al elemento roca con mayor índice de inestabilidad en el Asentamiento Humano Las Lomas de Bentín, Carmen Alto Sr. De los Milagros, zona 03 - Distrito de Comas - Provincia de Lima - Condado de Lima.</p> <p><b>MUESTRA:</b> La muestra es de acuerdo al método no probabilístico intencional, sino de las características de la encuesta y del</p>
<p><b>Problemas específicos:</b></p> <p>a) ¿Cuáles son los resultados de la estabilización de talud mediante la refracción sísmica, MASW en el distrito de Comas – Lima 2021?</p>	<p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>a) Analizar los resultados de la estabilización de talud mediante la refracción sísmica, MASW en el</p>	<p><b>Hipótesis específicas:</b></p> <p>a) El ensayo de refracción sísmica, MASW tiende a variar de una manera mínima la estabilización de talud en el distrito de Comas – Lima 2021.</p>	<p><b>Variable dependiente:</b></p> <p>Métodos geofísicos</p>	<p>Refracción Sísmica, MASW</p>		

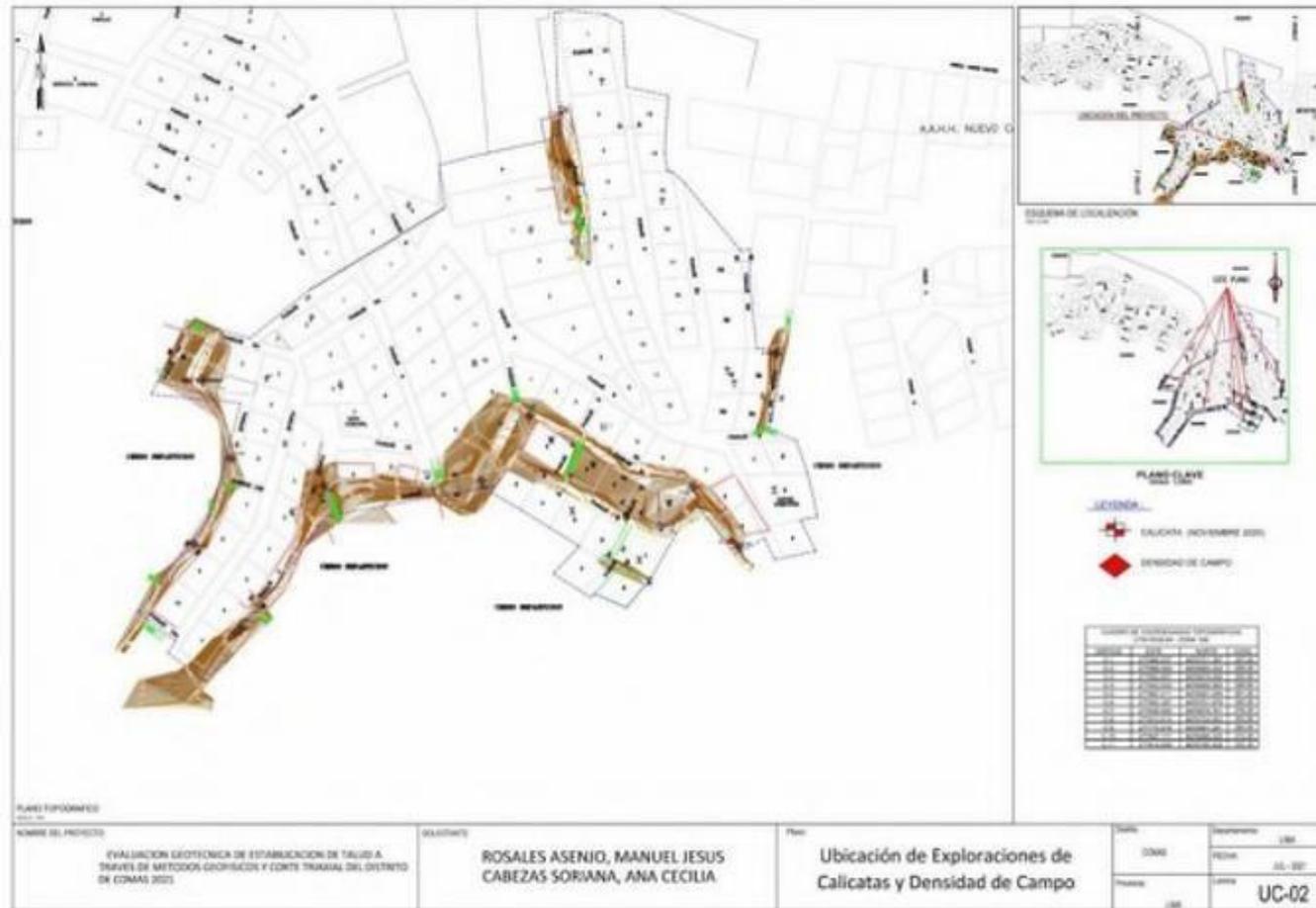
<p>b) ¿Cuánto varia la estabilización de talud a través del índice SMR en el distrito de Comas – Lima 2021?</p> <p>c) ¿De qué manera el ensayo de corte triaxial incide en la estabilización de talud SMR en el distrito de Comas – Lima 2021?</p>	<p>distrito de Comas – Lima 2021.</p> <p>b) Evaluar la variación de la estabilización de talud a través del índice SMR en el distrito de Comas – Lima 2021.</p> <p>d) Identificar la incidencia del ensayo de corte triaxial en la estabilización de talud SMR en el distrito de Comas – Lima 2021.</p>	<p>b) El índice SMR tiende a variar cuantiosamente en la estabilización de talud en el distrito de Comas – Lima 2021.</p> <p>c) El ensayo de corte triaxial tiende a incidir de manera considerable en la estabilización de talud SMR en el distrito de Comas – Lima 2021.</p>			Velocidades P para arcilla	<p>criterio basado en la necesidad observada directamente por el investigador.</p> <p><b>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Recolección de datos</li> </ul> <p><b>TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estadístico y probabilística</li> </ul>
					Velocidades P para turba	
Velocidades P para suelo meteorizado						
Índice SMR	Resistencia a compresión simple de la roca intacta					
	Espaciado de las discontinuidades					
	Estado de las discontinuidades					
	Condiciones hidráulicas de las discontinuidades					
<p><b>Variable dependiente:</b></p> <p>Corte triaxial</p>					Prueba con consolidación y con drenaje (CD)	
					Prueba con consolidación y sin drenaje (CU)	
					Prueba sin consolidación y sin drenaje (UU)	

## Anexo N°02: Plano de Ubicación de Exploraciones

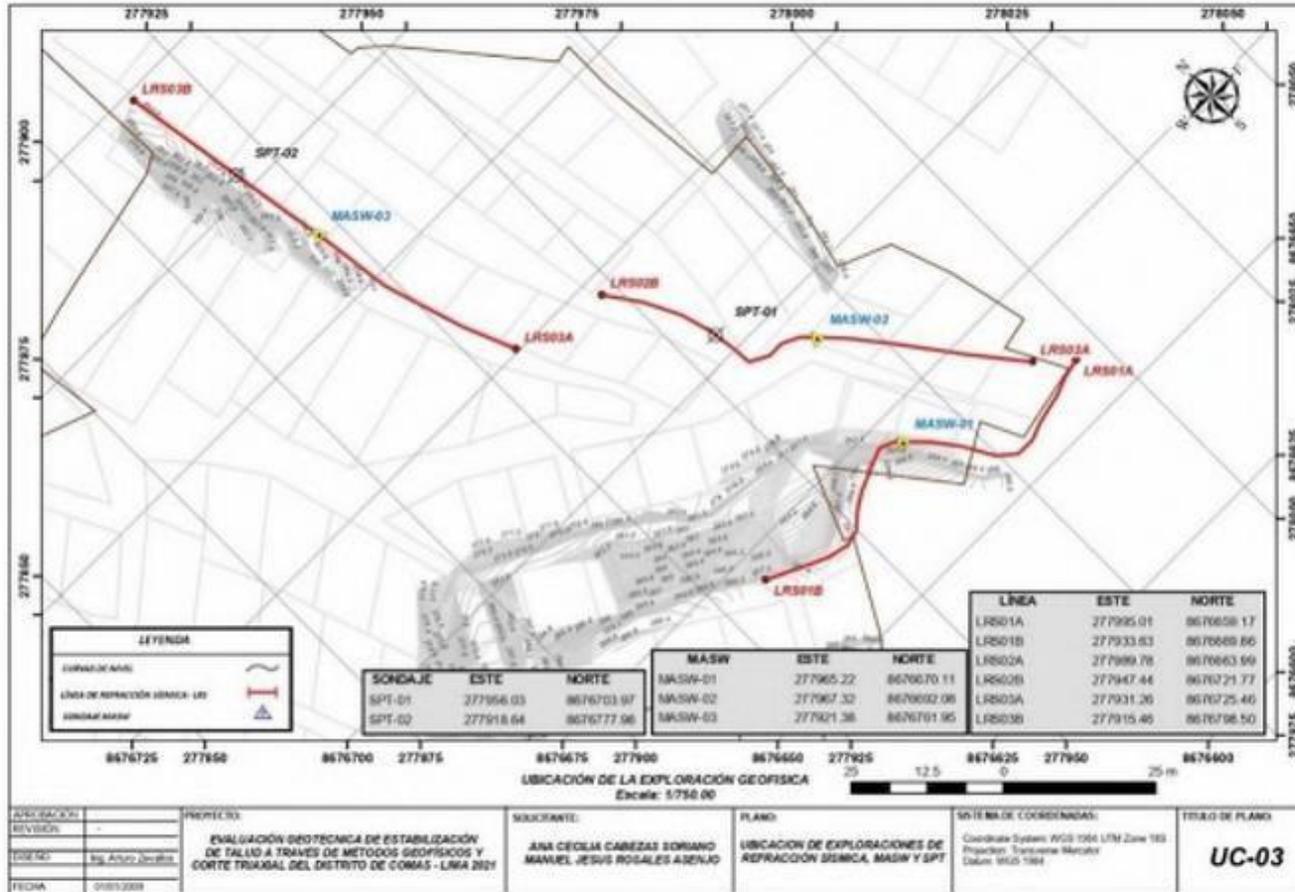
- Ubicación del proyecto



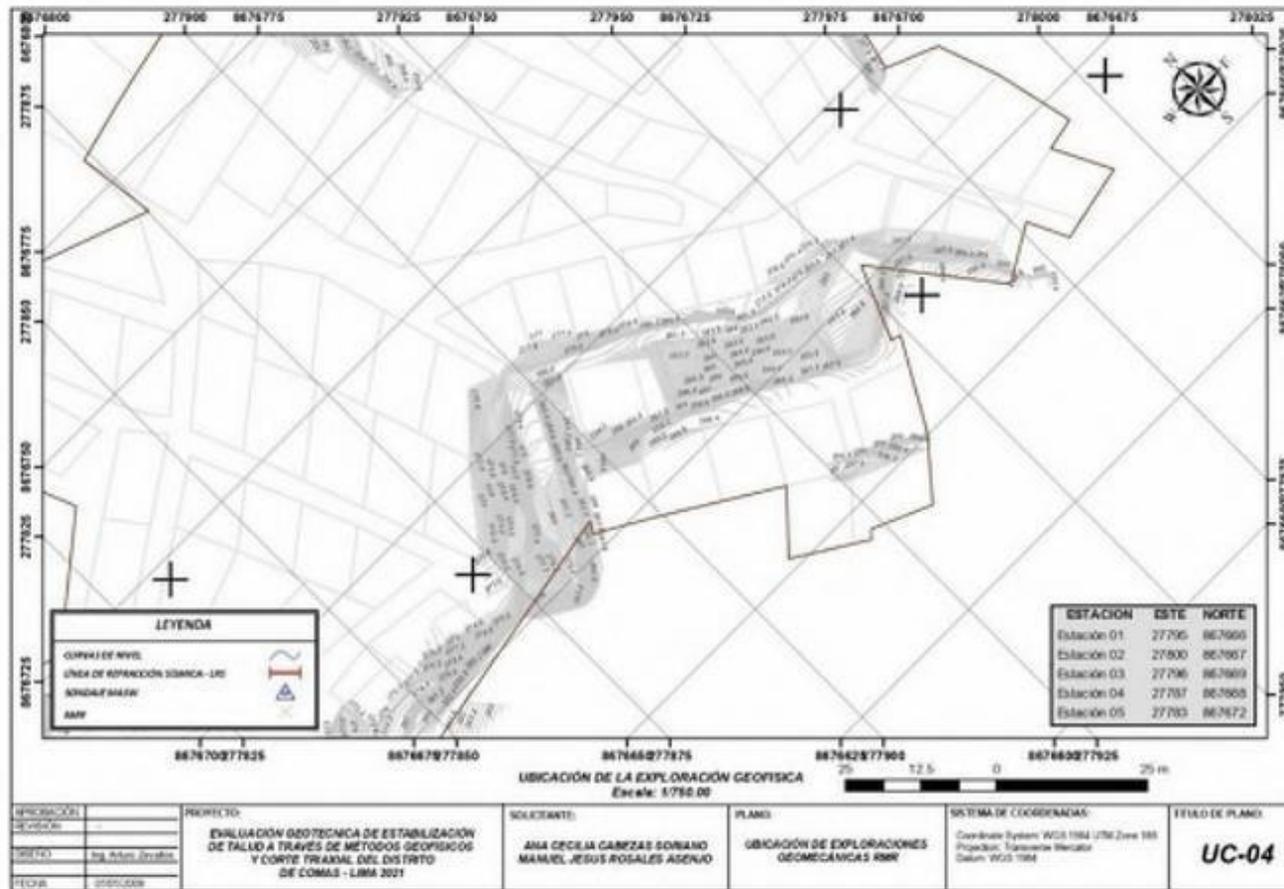
- Ubicación de exploraciones de calicatas y densidad de campo



- Ubicación de exploraciones de Refracción sísmica, MASW y SPT



- Ubicación de exploraciones de geomecánicas RMR





























## Anexo N°04: Ensayos de Laboratorio

- Método normalizado para la determinación cuantitativa de sulfatos y cloruros solubles en suelos en la calicata 1

 MTL GEOTECNIA											
MÉTODO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE SULFATOS Y CLORUROS SOLUBLES EN SUELOS (NORMA NTP 339.175 - 339.177)											
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS											
PROYECTO: EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A TRAVÉS DE MÉTODOS GEOPÍSICOS Y CORTE TRIAXIAL DEL DISTRITO DE COMAS - LIMA 2021		TÉCNICO DE LAB: J.C.T.									
SOLIDANTE: ANA CECILIA CABEZAS SORIANO MANUEL JESÚS ROSALES AGUILO											
UBICACIÓN: DEPT. DE LIMA - PROV. DE LIMA - DIST. DE COMAS		PROFUND: 0.86 - 3.69 m.									
CALICATA: C - 1	MUESTRA: M - 1	FECHA: 18/09/2021									
<table border="1"><thead><tr><th>MUESTRA</th><th>CL (ppm)</th><th>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (ppm)</th><th>SS (ppm)</th></tr></thead><tbody><tr><td>M - 1</td><td>1266.00</td><td>379.00</td><td>1380.00</td></tr></tbody></table>				MUESTRA	CL (ppm)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (ppm)	SS (ppm)	M - 1	1266.00	379.00	1380.00
MUESTRA	CL (ppm)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (ppm)	SS (ppm)								
M - 1	1266.00	379.00	1380.00								
OBSERVACIONES :											
ELABORADO POR		APROBADO POR									
Firma: 		Firma: 									

- Método normalizado para la determinación cuantitativa de sulfatos y cloruros solubles en suelos en la calicata 3

											
<b>METODO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACION CUANTITATIVA DE SULFATOS Y CLORUROS SOLUBLES EN SUELOS</b> (NORMA NTP 339.175 - 339.177)											
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS											
PROYECTO: EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A TRAVÉS DE MÉTODOS GEOFÍSICOS Y CORTE TRAXIAL DEL DISTRITO DE COMAS - LIMA 2021		TÉCNICO DE LAB: J.C.T.									
SOLICITANTE: ANA CECILIA CABEZAS SORIANO MANUEL JESUS ROSALES ASENUO											
UBICACIÓN: DEPT. DE LIMA - PROV. DE LIMA - DIST. DE COMAS		PROFUND: 0.10 - 1.50 m.									
CALICATA: C-3	MUESTRA: M-1	FECHA: 18/06/2021									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>MUESTRA</th> <th>CL (ppm)</th> <th>SO<sup>4-</sup> (ppm)</th> <th>SST (ppm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M-1</td> <td>1268.00</td> <td>964.00</td> <td>1384.00</td> </tr> </tbody> </table>				MUESTRA	CL (ppm)	SO <sup>4-</sup> (ppm)	SST (ppm)	M-1	1268.00	964.00	1384.00
MUESTRA	CL (ppm)	SO <sup>4-</sup> (ppm)	SST (ppm)								
M-1	1268.00	964.00	1384.00								
OBSERVACIONES :											
<b>ELABORADO POR</b>		<b>APROBADO POR</b>									
FIRMA:		FIRMA:									
											

- Método normalizado para la determinación cuantitativa de sulfatos y cloruros solubles en suelos en la calicata 5

											
<b>METODO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACION CUANTITATIVA DE SULFATOS Y CLORUROS SOLUBLES EN SUELOS</b> (NORMA NTP 339.178 - 339.177)											
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS											
PROYECTO: EVALUACION GEOTECNICA DE ESTABILIZACION DE TALUD A TRAVES DE METODOS GEOFISICOS Y CORTE TRAZAL DEL DISTRITO DE COMAS - LIMA 2021		TÉCNICO DE LAB: J.C.T.									
SOLICITANTE: ANA CECILIA CABEZAS SORIANO MANUEL JESUS ROSALES ASENJO											
UBICACIÓN: DEPT. DE LIMA - PROV. DE LIMA - DIST. DE COMAS		PROFUND.: 0.45 - 0.60 m.									
CALICATA: C - 5	MUESTRA: M - 1	FECHA: 18/09/2021									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>MUESTRA</th> <th>CL<sup>-</sup> (ppm)</th> <th>SO<sup>2-</sup> (ppm)</th> <th>SST (ppm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M - 1</td> <td>1275.00</td> <td>988.00</td> <td>1366.00</td> </tr> </tbody> </table>				MUESTRA	CL <sup>-</sup> (ppm)	SO <sup>2-</sup> (ppm)	SST (ppm)	M - 1	1275.00	988.00	1366.00
MUESTRA	CL <sup>-</sup> (ppm)	SO <sup>2-</sup> (ppm)	SST (ppm)								
M - 1	1275.00	988.00	1366.00								
OBSERVACIONES :											
<b>ELABORADO POR</b>		<b>APROBADO POR</b>									
Firma:		Firma:									
											

- Método normalizado para la determinación cuantitativa de sulfatos y cloruros solubles en suelos en la calicata 9

											
<b>MÉTODO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE SULFATOS Y CLORUROS SOLUBLES EN SUELOS</b> (NORMA NTP 339.176 - 339.177)											
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS											
PROYECTO: EVALUACION GEOTECNICA DE ESTABILIZACION DE TALUDA TRAVES DE METODOS GEOFISICOS Y CORTE TRANSAL DEL DISTRITO DE COMAS - LIMA 2021		TÉCNICO DE LAB: J.C.T.									
SOLICITANTE: ANA CECILIA CABEZAS SORIANO MANUEL JESUS ROSALES ASESOR											
UBICACIÓN: DEPT. DE LIMA - PROV. DE LIMA - DIST. DE COMAS		PROFUND: 1.20 - 3.60 m.									
CALICATA: C - 9	MUESTRA: M - 1	FECHA: 18/06/2021									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>MUESTRA</th> <th>CL<sup>-</sup> (ppm)</th> <th>SO<sup>2-</sup> (ppm)</th> <th>SST (ppm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M - 1</td> <td>1268.00</td> <td>375.00</td> <td>1388.00</td> </tr> </tbody> </table>				MUESTRA	CL <sup>-</sup> (ppm)	SO <sup>2-</sup> (ppm)	SST (ppm)	M - 1	1268.00	375.00	1388.00
MUESTRA	CL <sup>-</sup> (ppm)	SO <sup>2-</sup> (ppm)	SST (ppm)								
M - 1	1268.00	375.00	1388.00								
OBSERVACIONES :											
<b>ELABORADO POR</b>		<b>APROBADO POR</b>									
Firma:		Firma:									
											

- Método normalizado para la determinación cuantitativa de sulfatos y cloruros solubles en suelos en la calicata 11

											
<b>MÉTODO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE SULFATOS Y CLORUROS SOLUBLES EN SUELOS</b> (NORMA NTP 339.176 - 339.177)											
<b>LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS</b>											
PROYECTO: EVALUACION GEOTECNICA DE ESTABILIZACION DE TALUDA TRAVES DE METODOS GEOFISICOS Y CORTE TRAXIAL DEL DISTRITO DE COMAS - LIMA 2021		TÉCNICO DE LAB: J.C.T.									
SOLICITANTE: ANA CECILIA CABEZAS SORIANO MANUEL JESUS ROSALES ASINJO											
UBICACIÓN: DEPT. DE LIMA - PROV. DE LIMA - DIST. DE COMAS		PROFUND: 1.10 - 3.60 m.									
CALICATA: C - 11	MUESTRA: M - 1	FECHA: 18/06/2021									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>MUESTRA</th> <th>CL<sup>-</sup> (ppm)</th> <th>SO<sup>4=</sup> (ppm)</th> <th>SST (ppm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M - 1</td> <td>1272.00</td> <td>949.00</td> <td>1342.00</td> </tr> </tbody> </table>				MUESTRA	CL <sup>-</sup> (ppm)	SO <sup>4=</sup> (ppm)	SST (ppm)	M - 1	1272.00	949.00	1342.00
MUESTRA	CL <sup>-</sup> (ppm)	SO <sup>4=</sup> (ppm)	SST (ppm)								
M - 1	1272.00	949.00	1342.00								
OBSERVACIONES :											
<b>ELABORADO POR</b>		<b>APROBADO POR</b>									
Firma:		Firma:									
											

- Ensayo de relación de soporte CBR – Calicata 8



**ENSAYO DE RELACION DE SOPORTE CBR  
(ASTM D 1883-73)**

**INFORME** : I.G-270-2020  
**ENSAYO** : California Bearing Ratio CBR  
**NORMA** : ASTM D1883-73  
**SOLICITANTE** : ANA CECILIA CABEZAS SOBRIANO  
 MANUEL JESUS ROSALES ASENTO  
**PROYECTO** : EVALUACION GEOTECNICA DE ESTABILIZACION DE TALUD A TRAVES DE METODOS GEOFISICOS Y CORTE TRIAXIAL  
 DEL DISTRITO DE COMAS - LIMA 2021  
**UBICACION** : DEPT. DE LIMA - PROV. DE LIMA - DIST. DE COMAS  
**CALICATA** : C-4 **REALIZADO** : J.C.T.  
**MUESTRA** : M-1 **REVISADO** : E.M.H.  
**CLAS. SUCS** : SP-3SM **FECHA DE RECEPCION** : 11/06/2021  
**CLAS. AASHTO** : A-1-A(0) **FECHA DE ENSAYO** : 15/06/2021  
**PROFUNDIDAD** : 0.40 - 1.00 **FECHA DE EMISION** : 16/06/2021

N° GOLPES POR CAPA	30 golpes	25 golpes	50 golpes
CONTENIDO DE HUMEDAD % ANTES DE SATURAR (w)	11.37	11.29	11.31
DENSIDAD SECA g/cc	1.70	1.70	1.90

EXPANSION	Deformación Acumulada (%)		
Tiempo (Hora)			

PENETRACION							
Penetración	Presión Patum	PRESION FINAL	C.B.R.	PRESION FINAL	C.B.R.	PRESION FINAL	C.B.R.
(mm)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(%)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(%)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(%)
0.10	1000	14	19.61	26.90	38.12	43	61.50
0.20	1500	32	50.15	52	49.11	60	75.00

C.B.R.	MEIS (100%)	MEIS (25%)	MEIS (95%)
C.B.R. 0.1" de Penetración	40.00	54.00	44.00
C.B.R. 0.2" de Penetración	74.00	67.00	56.00

Observación: La muestra ha sido ensayada en estado alterado, seco y húmedo a temperatura ambiente proporcionada e identificada por el solicitante.

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO 9001:2008).



**JUAN CARLOS TORRES**  
TECNICO DE LABORATORIO



**ELMER MORENO HUAMAN**  
TECNICO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO UNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA. NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

CALLE LA MADRE N° 234 - ASOCIACION LOS OLIVOS - SAN MARTIN DE PORRES

TEL.F. (01) 4572237 - [informes@mtlgeotecniasac.com](mailto:informes@mtlgeotecniasac.com)

- **Ensayo de relación de soporte CBR – Calicata 8**



- Ensayo de relación de soporte CBR – Calicata 9



**ENSAYO DE RELACION DE SOPORTE CBR  
(ASTM D 1883-73)**

**INFORME** : I.G-305-2020  
**ENSAYO** : California Bearing Ratio CBR  
**NORMA** : ASTM D1883-73  
**SOLICITANTE** : ANA CECILIA CABEZAS SORIANO  
 MANUEL JESUS ROSALES ASINJO  
**PROYECTO** : EVALUACION GEOTECNICA DE ESTABILIZACION DE TALUD A TRAVES DE METODOS GEOFISICOS Y CORTE TRIAXIAL DEL DISTRITO DE COMAS - LIMA 2021  
**UBICACION** : DEPT. DE LIMA - PROV. DE LIMA - DIST. DE COMAS  
**CALICATA** : C-9  
**MUESTRA** : M-1  
**CLASE SECS** : SP -SM  
**CLASE AASHTO** : A-1-A(0)  
**PROFUNDIDAD** : 1.20 - 3.00  
**REALIZADO** : J.C.T.  
**REVISADO** : E.M.H.  
**FECHA DE RECEPCION** : 11/06/2021  
**FECHA DE ENSAYO** : 15/06/2021  
**FECHA DE EMISION** : 16/06/2021

N° GOLPES POR CAPA	10 golpes	25 golpes	56 golpes
CONTENIDO DE HUMEDAD % ANTES DE SATURAR (w)	11.37	11.29	11.31
DENSIDAD SECA g/cc	1.70	1.76	1.94

EXPANSION		
Tiempo (Hors)		Deformación Acumulada (%)

Penetración (pulg.)	Fresión Patron (lb/pulg <sup>2</sup> )	FRESION FINAL (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)	FRESION FINAL (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)	FRESION FINAL (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
0.20	1500	23	33.33	39	56.32	81	78.80

C.B.R.	MDS (100%)	MDS (90%)	MDS (85%)
C.B.R. 0.1" de Penetración	59.00	55.00	48.00
C.B.R. 0.2" de Penetración	73.00	68.50	62.00

OBSERVACION: La muestra ha sido ensayada en estado saturado, seco y húmedo a temperatura ambiente preparada e identificada por el solicitante.  
 El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEC 17025-2006).



JUAN CARLOS TORRES  
TECNICO DE LABORATORIO



ELMER MORENO HUAMAN  
TECNICO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALEDO ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA. NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD.

CALLE LA MADRID N°264 - ASOCIACION LOS OLIVOS - SAN MARTIN DE PORRES

TEL.F. (01) 4572237 - informes@mtlgeotecniasac

- Ensayo de relación de soporte CBR – Calicata 9

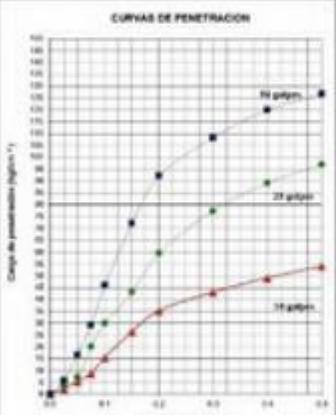


**MTL DECTECNIA**

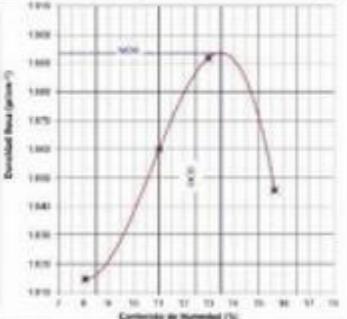
**ENSAYO DE RELACION DE SOPORTE CBR (ASTM D 1587)**

<b>PROYECTO</b>	EVALUACION GEOTECNICA DE 4 TIENDAS EN UN VALLE A TRAVES DE SERVICIOS GEOTECNICOS Y GEOTECNIA DEL INSTITUTO GUATEMALA 2021	<b>INFORME</b>	
<b>UBICACION</b>	DEPTO DE UNAM - INGEN DE UNAM - EXIST DE CONADO	<b>ENSAYO</b>	Carbóna Elveng - Suro-CBR
<b>SOLICITANTE</b>	REVISTA DE CALIDAD SODIMAC - SODIMAC - SODIMAC S.A.S	<b>METODO PROYECTOR</b>	C
<b>OPCION</b>	1	<b>NORMA</b>	ASTM D 1587
<b>PROGRAMA</b>	1	<b>REALIZADO</b>	10/11/2021
<b>LADO</b>	4	<b>REVISADO</b>	10/12/2021
<b>LOCALIZACION</b>	1	<b>FECHA EMISION</b>	10/12/2021

Malla	1	2	30	75
C. Seca	1.81	1.86	1.89	1.93
Humedad	8.08	11.03	12.89	15.84
<b>MDS (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.894</b>		<b>1.938</b>	



Condición de la muestra	4 Cmo
Indicador (g)	20.3
Relaciones de soporte (%)	
C.P.	90.80
C.P.	50.80
C.P.	25.30



INDICACION: La muestra fue ensayada en estado saturado, seco y húmedo a temperatura ambiente proporcional a la clasificación que el fabricante. El presente documento es diferente a cualquier otro de la literatura sobre el tema, salvo que la reproducción en su totalidad (DTP - DISEÑO 1703-004).



**JUAN CARLOS TORRES**  
TECNICO DE LABORATORIO



**ELMER WICRINO GUAMAN**  
TECNICO DE LABORATORIO

DEPÓSITO DE ENSAYO ENTREGADO EN BUENA CONDICIÓN, OBSERVANDO SE DEBE LEER LA INFORMACIÓN PARA LA MEDICIÓN PROYECTORA, NO DEBE LEER EL RESULTADO COMO FOTOCOPIADO DE CALZADA MAQUINA Y/O ASOCIACION LOS OLIVOS - SAN MARTIN DE PORRES. TEL: (01) 4372237 - inform@losolivos.com

• Ensayo estándar de clasificación de suelos – Calicata 1



ENSAYO ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

**FORMA** : 1.200 **Páginas** : 11  
**SOLICITANTE** : ANA CHELLA CARRERA TORRES **Resultado** : I.C.T.  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A TRAVÉS DE MÉTODOS GEOFÍSICOS Y CORTE TRIANGULAR DEL DISTRITO DE COMAS – LIMA 201 **Servicio** : E.M.E.  
**UBICACIÓN** : DEPT. DE LIMA - PROF. DE LIMA - DIST. DE COMAS

Identificación de la muestra

Centro		C-1
Marca		34-C
Profundidad (m)		0.00 - 1.00

**FECHA RECEPCIÓN** : 11/06/2021  
**FECHA DE ENSAYO** : 15/06/2021  
**FECHA DE EMISIÓN** : 19/06/2021

MUESTRA	MUESTRA (mm)	PERMEABILIDAD	
		Velocidad (cm/s)	Factor (cm)
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMBIEROS	3"	75.000	100.00
	2"	70.000	100.00
	1 1/2"	37.500	100.00
	1"	23.000	100.00
	3/4"	13.000	100.00
	3/8"	8.700	80.75
	Nº 60	4.750	63.52
	Nº 80	2.000	33.87
	Nº 100	0.850	16.97
	Nº 200	0.425	7.73

% GRAVA	14.01	Grava	0.00
		Fino	24.09
		Grava	49.63
% ARENA	74.00	Medio	30.70
		Fino	14.00
% FINOS	11.01	Fino	11.01

Norma ASTM D 1557

**Clasificación (S.C.F.A.)** : SP-SM  
**Descripción** : ARENA MAL GRAVIADA CON LIMO

Norma ASTM D 1557

**Clasificación (AASHTO)** : A-3-a (II)  
**Descripción (AASHTO)** : IUC - BUNGO

Norma ASTM D 1557

**Control de Humedad** : (%) : 7

Norma ASTM D 1557

**Índice Líquido (L.I.)** : -  
**Índice Plástico (I.P.)** : NP  
**Índice Contracción (I.C.)** : NP  
**Índice Plastico (I.P.)** : -

Sh (mm)	NP
Sh (mm)	0.70
Sh (mm)	3.34
Cu	NP
Cu	NP



El presente documento es el resultado de la información suministrada por el cliente, el cual se respalda en la norma ASTM D1557-10.

**JUAN CARLOS TORRES**  
 TEC. DE LABORATORIO

**ELMER MORENO HUARAN**  
 INGENIERO RESPONSABLE

• Ensayo estándar de clasificación de suelos – Calicata 2



ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

**INFORME** : 247 **Página** : 11  
**SOLICITANTE** : ANA CECILIA CARGAS MORENO  
 MANUEL ROSA ROSALES ANDINO **Resolución** : I.C.T.  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A TRAVÉS DE MÉTODOS GEOMÉTRICOS Y CORTE  
 TRIUNFAL DEL DISTRITO DE COMAS - LIMA 2021 **Revista** : E.M.E.  
**UBICACIÓN** : DEPT. DE LIMA - PROV. DE LIMA - DISTR. DE COMAS

Identificación de la muestra

Centro	012
Muestra	38.0
Profundidad (m)	0.10 - 0.30

**FECHA RECEPCIÓN** : 11/06/2021  
**FECHA DE ENSAYO** : 15/06/2021  
**FECHA DE EMISIÓN** : 19/06/2021

Numero ASTM D 422	MADEA	ABERTURA (mm)	PERCENTUAL PASA
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	MUESTRA DE LOS CALICATOS QUE PASA 75µm	3"	75.000
		2"	86.000
		1 1/2"	97.500
		1"	24.000
		3/4"	29.000
		5/8"	97.30
		N° 60	4.70
		N° 80	3.00
		N° 100	0.870
		N° 200	0.250

% GRAVA	13.17	Grava	0.30
		Fina	13.17
% ARENA	74.93	Grava	51.68
		Medio	9.79
		Fina	13.44
% FINO	86.83		51.68

Numero ASTM D 2487

Clasificación (S.U.C.S.)	SP-SM
Descripción	ARENA MAL GRADUADA CON LIMO

Numero ASTM D 1557

Clasificación (AASHTO)	A-3-a (3)
Descripción (AASHTO)	SP - MEDIO

Numero ASTM D 2922

Contenido de Humedad (%)	6
--------------------------	---

Numero ASTM D 4008 (Numero ASTM D 417)

Límite Líquido (LL)	-
Límite Plástico (LP)	SP
Límite Contracción (LC)	SP
Índice Plástico (IP)	-

D <sub>10</sub> (mm)	SP
D <sub>30</sub> (mm)	1.11
D <sub>60</sub> (mm)	3.35
C <sub>u</sub>	SP
C <sub>c</sub>	SP



NOTAS:

El presente documento es propiedad exclusiva de la institución emisora del laboratorio, sólo se permite su reproducción con autorización expresa del responsable.



JUAN CARLOS TORRES  
 TEC. DE LABORATORIO



ELMER MORENO HUAMAN  
 INGENIERO RESPONSABLE

• Ensayo estándar de clasificación de suelos – Calicata 3



ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

**INFORME** : 075 **Página** : 11  
**SOLICITANTE** : ANA CRISTINA CARRERAS SORDANO **Realizado** : I.C.T.  
 MANUEL RIVERA BERNALDES ARSANO  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN GEOTECNICA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A TRAVÉS DE MÉTODOS GEORAFICOS Y CORTE **Revisado** : C.340  
 TRIUNFO DEL DISTRITO DE COMAS - LIMA 2021  
**UBICACIÓN** : DEPT. DE LIMA - PROV. DE LIMA - DIST. DE COMAS

Identificación de la muestra

Cantera	1	07
Muestra	1	30-C
Profundidad (m)	1	0.20 - 1.20

**FECHA RECEPCIÓN** : 11/06/2021  
**FECHA DE ENSAYO** : 15/06/2021  
**FECHA DE EMISIÓN** : 19/06/2021

Norma ASTM D 422		MALLA	ABERTURA (mm)	PERCENTAJE QUE PASA (%)
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	MUESTRA DE 400 ML (MÁS O MENOS)	2"	75.000	100.00
		1"	50.000	100.00
		3/4"	37.500	100.00
		1"	25.000	100.00
		3/8"	19.000	100.00
		3/16"	9.500	11.50
		Nº 100	1.500	11.51
		Nº 200	0.850	11.47
		Nº 425	0.425	22.81
		Nº 600	0.250	22.71

% GRAYA	14.01	Gruesa	0.30
		Fina	14.01
% ARENA	71.99	Gruesa	49.14
		Meda	10.74
		Fina	11.09
% FINOS	11.51		

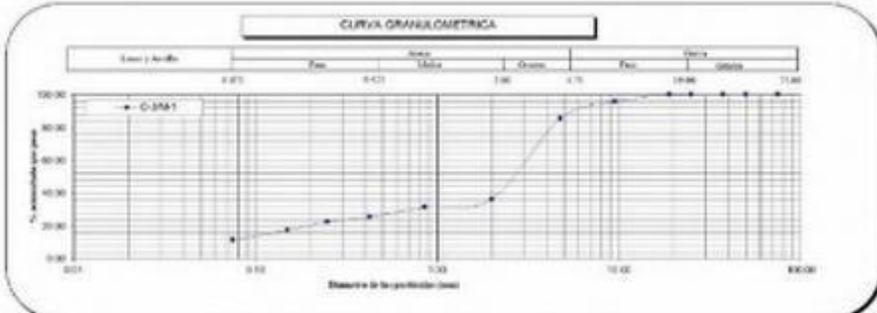
Norma ASTM D 1587	
Clasificación (S.U.C.A.)	SP-SM
Descripción	ARENA MAL GRADUADA CON LIMO

Norma ASTM D 1587	
Clasificación (AASHTO)	A-5-a (2)
Descripción (AASHTO)	BC - 10.0-ND

Norma ASTM D 1587	
Control de Humedad (%)	0

Norma ASTM D 1587	
Índice Liquidación (LL)	-
Índice Plasticidad (IP)	SP
Índice Contracción (LC)	SP
Índice Fluidez (IF)	-

D <sub>10</sub> (mm)	SP
D <sub>30</sub> (mm)	0.75
D <sub>60</sub> (mm)	3.32
C <sub>u</sub>	SP
C <sub>c</sub>	SP



PROYECTO: El presente informe es la única representación de los resultados de los ensayos realizados, salvo que se especifique una exactitud del 0.1% (0.0001) (0.001)



JUAN CARLOS TORRES  
TEC. DE LABORATORIO



ELMER MORENO HUAMAN  
INGENIERO RESPONSABLE

• Ensayo estándar de clasificación de suelos – Calicata 3



ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

**INFORME** : 123 **Página** : 11  
**SOLICITANTE** : ANA VICHA CARRERA SORDANO **Realizador** : J.C.T.  
 MANTUEL BIVU BIRALES ASENSO  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDA A TRAVÉS DE MÉTODOS GEOPÉDICOS Y CORTE **Revisado** : J.M.H.  
 TRIADAJ DEL DISTRITO DE COMAS - LIMA 2021  
**UBICACIÓN** : DEPT. DE LIMA - PRON. DE LIMA - DIST. DE COMAS

Identificación de la muestra

Castero	1	0-1
Muestra	1	30-C
Profundidad (m)	1	0.50-1.20

**FECHA RECEPCIÓN** : 11/06/2021  
**FECHA DE ENSAYO** : 15/06/2021  
**FECHA DE EMISIÓN** : 19/06/2021

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMAÑO	MUESTRA	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE (%)	
			Retenido	Pasado
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMAÑO MUESTRA: 30-C (MUESTRA QUE PASA POR 75 µm)	2"	50.000	100.00	0.00
	1"	25.000	100.00	0.00
	3/4"	19.000	100.00	0.00
	1"	25.000	100.00	0.00
	3/8"	9.500	100.00	0.00
	3/16"	4.750	100.00	0.00
	Nº 100	1.500	100.00	0.00
	Nº 60	2.500	100.00	0.00
	Nº 40	4.750	100.00	0.00
	Nº 20	8.500	100.00	0.00
	Nº 10	2.000	100.00	0.00
	Nº 4.75	4.750	100.00	0.00

% GRAYA	0.00	Gruesa	0.00
		Fina	0.00
% ARENA	100.00	Gruesa	49.74
		Meda	30.00
		Fina	20.26
% FINOS	0.00		0.00

Norma ASTM D 1587

Clasificación (S.U.C.A.)	SP-SM
Descripción	ARENA MAL GRADUADA CON LIMO

Norma ASTM D 1587

Clasificación (AASHTO)	A-2.4 (U)
Descripción (AASHTO)	UCL - 10.0-10.0

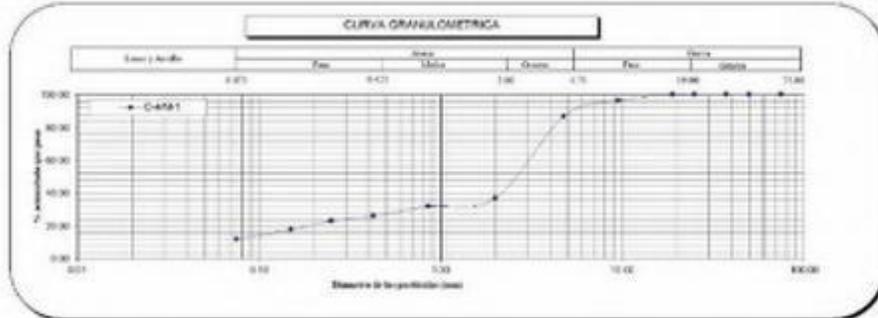
Norma ASTM D 1587

Control de Humedad (%)	1
------------------------	---

Norma ASTM D 1587

Índice Liquidación (IL)	-
Índice Plasticidad (IP)	SP
Índice Compresión (CI)	SP
Índice Fluidez (IF)	-

D <sub>10</sub> (mm)	SP
D <sub>30</sub> (mm)	0.71
D <sub>50</sub> (mm)	3.27
C <sub>u</sub>	SP
C <sub>c</sub>	SP



NOTAS:

El presente informe es válido únicamente si la información es correcta y no ha sido alterada, salvo que se especifique una cantidad de T.P. (0.00% a 1.00% 2001)



JUAN CARLOS TORRES  
TEC. DE LABORATORIO



ELMER MORENO HUANAN  
INGENIERO RESPONSABLE

• Ensayo estándar de clasificación de suelos – Calicata 5



ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

**INFORME** : 234 **Página** : 17  
**SOLICITANTE** : ANA CECILIA CÁRREZAS SORIANO **Resultado** : I.C.I.  
 MANUEL RIVERA ROSALES ANDINO **Revisado** : C.M.S.P.  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIONES DE TALUDA TRAVÉS DE MÉTODOS GEOFÍSICOS Y CORTEZ  
 TRAZADA DEL DISTRITO DE COMAS - LIMA 2021  
**UBICACIÓN** : DEPT. DE LIMA - PROV. DE LIMA - DIST. DE COMAS

Identificación de la muestra

Catena	C-9
Muestra	38.1
Profundidad (m)	0.80 - 0.85

FECHA RECEPCIÓN : 11/06/2021

FECHA DE ENSAYO : 15/06/2021

FECHA DE EMISIÓN : 19/06/2021

MATERIAL	MUESTRA	MUESTRA (g)	PESOS (g)	
			SECA	LIQUIDA
MUESTRA DE SUELO PARA ANÁLISIS	3"	75.000	100.00	
	5"	50.000	100.00	
	1.5"	37.500	100.00	
	3"	25.000	100.00	
	3.5"	20.000	100.00	
	3.5"	9.000	50.50	
	N° 064	4.750	57.44	
	N° 030	2.000	35.60	
	N° 020	0.875	31.81	
	N° 040	0.425	25.27	
N° 060	0.250	22.44		
N° 100	0.150	17.38		
N° 200	0.075	11.49		

% GRASA	12.50	Grasa	0.00
		Fino	12.50
% ARENA	77.50	Grasa	71.84
		Medio	30.51
% FVOS	11.00	Fino	11.78
			11.00

Número ASTM D 2487

Clasificación (S.E.C.A.)	SP-001
Descripción	ARENA MAL GRADUADA CON LIMO

Número ASTM D 153

Clasificación (AASHTO)	A-2-a (10)
Descripción (AASHTO)	ESC - BUENO

Número ASTM D 2938

Contenido de Humedad (%)	4
--------------------------	---

Número ASTM D 4942 Norma ASTM D 4942

Límite Líquido (LL)	-
Límite Plástico (LP)	NP
Límite Contractivo (LC)	NP
Índice Plástico (IP)	-

D <sub>10</sub> (mm)	NP
D <sub>30</sub> (mm)	0.75
D <sub>60</sub> (mm)	3.25
Cu	NP
Cc	NP



COMPROBACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea para fines académicos (D.F. 1401835 / 10/11/2009).



JAVIER CARLOS TORRES  
TEC. DE LABORATORIO



ELMER MORENO HUAMAN  
INGENIERO RESPONSABLE

ESTE INFORME DE RESULTADOS EMITESE EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL CENTRO LABORATORIO CALIDAD TECNOLÓGICA PARA LA METROLOGÍA Y PRODUCCIÓN, SIN DEBER SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CALIDAD.

TELÉFONOS: 891277403 - 89942654

• Ensayo estándar de clasificación de suelos – Calicata 6



ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

**INFORME** : 278 **Página** : 13  
**SOLICITANTE** : ANA CRISTINA CARGUAS VIZCARRO **Realizado** : CTC  
 MARIANELA RIVERA BOLAÑOS ARENAS  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDA A TRAVÉS DE MÉTODOS GEODINÁMICO Y CORTE **Revisado** : L.M.D.  
 PRINCIPAL DEL DISTRITO DE CORCAS - LIMA 2011  
**UBICACIÓN** : DEPTO. DE LIMA - PROV. DE LIMA - DISTR. DE CORCAS

Identificación de la muestra

Cantón		0-6
Muestra		30-1
Profundidad (cm)		1.30 - 7.30

**FECHA RECEPCIÓN** : 11/06/2021  
**FECHA DE ENSAYO** : 15/06/2021  
**FECHA DE EMISIÓN** : 18/06/2021

Malla	Área (mm²)	Peso (g)	Porcentaje (%)	
			Retenido	Pasado
75	75.000	100.00	0.00	
60	60.000	100.00	0.00	
45	45.000	100.00	0.00	
30	25.000	100.00	0.00	
15	10.000	100.00	0.00	
7.5	4.500	99.11	0.89	
Nº 100	1.500	96.47	3.53	
Nº 200	0.750	93.72	6.28	
Nº 400	0.375	90.96	9.04	
Nº 600	0.225	88.21	11.79	
Nº 800	0.150	85.46	14.54	
Nº 1000	0.100	82.71	17.29	
Nº 1200	0.075	80.46	19.54	

% GRUVA	11.51	Gruesa	0.00
		Fina	11.51
% ARENA	74.09	Gruesa	56.72
		Meda	10.47
		Fina	13.70
% FINOS	11.77	Fino	11.77

Norma ASTM D 1587

Clasificación (U.C.F.C.)	SP-SM
Descripción	ARENA MAL GRADUADA CON LIMO

Norma ASTM D 1587

Clasificación (ASTM)	A-3-6
Descripción (ASTM)	SP - MEDIANA

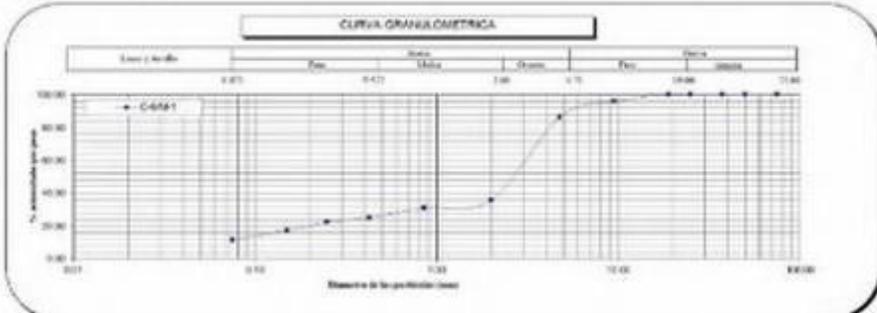
Norma ASTM D 1586

Contenido de Humedad (%)	1
--------------------------	---

Norma ASTM D 1586

Límite Líquido (LL)	-
Límite Plástico (LP)	SP
Límite Contractura (LC)	SP
Índice Plástico (IP)	1

D <sub>10</sub> (mm)	SP
D <sub>30</sub> (mm)	0.75
D <sub>60</sub> (mm)	3.32
C <sub>u</sub>	SP
C <sub>c</sub>	SP



PROYECTO: El presente documento es la copia definitiva de la información emitida por el laboratorio, según se especifica en el contrato 079 - 2018-01-001-0001

**JUAN CARLOS TORRES**  
 TEC. DE LABORATORIO

**ELMER MORENO HUAMAN**  
 INGENIERO RESPONSABLE

• Ensayo estándar de clasificación de suelos – Calicata 7



ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

**INFORME** : 216 **Páginas** : 11  
**SOLICITANTE** : ANA CECILIA CARGAS MORENO **Resultado** : I.C.T.  
 MANUEL ROSA ROSALES AVENDO  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A TRAVÉS DE MÉTODOS GEOFÍSICOS Y CORTE **Revisado** : E.M.H.  
 TRINIDAD DEL DISTRITO DE COMAS - LIMA 2021  
**UBICACIÓN** : DEPT. DE LIMA - PROV. DE LIMA - DIST. DE COMAS

Identificación de la muestra

Cantón	:	477
Muestra	:	38-1
Profundidad (m)	:	0.20 - 0.50

**FECHA RECEPCIÓN** : 11/06/2021  
**FECHA DE ENSAYO** : 15/06/2021  
**FECHA DE EMISIÓN** : 19/06/2021

MUESTRA	ABERTURA	masa	PORCENTAJE DE VACÍOS	
			Porcentaje	Porcentaje
3"		75.000	100.00	
2"		70.000	100.00	
1 1/2"		37.500	100.00	
3"		25.000	100.00	
3 1/2"		19.000	100.00	
3 3/4"		9.700	94.19	
N° 004		4.700	97.17	
N° 020		1.000	15.94	
N° 020		0.870	11.21	
N° 040		0.425	25.52	
N° 060		0.250	22.71	
N° 100		0.150	17.65	
N° 200		0.075	11.86	

% GRAVA	12.83	Gruesa	0.00
		Fina	12.83
% ARENA	77.29	Gruesa	91.19
		Meda	30.41
% FINOS	11.86	Fino	11.86

Nombre ASTM D 7407	
Clasificación (S.E.C.S.)	SP-SM
Descripción	ARENA MAL GRAJADA CON LIMO

Nombre ASTM D 1547	
Clasificación (AASHITO)	A-3-a (2)
Descripción (AASHITO)	200 - BARRIO

Nombre ASTM D 1586	
Control de Humedad	(%)

Nombre ASTM D 4130	
Índice de Plasticidad (IP)	-
Límite Líquido (LL)	-
Límite Plástico (LP)	NP
Límite Contractivo (LC)	NP
Índice de Plasticidad (IP)	-

D <sub>15</sub> (mm)	NP
D <sub>30</sub> (mm)	0.75
D <sub>60</sub> (mm)	3.25
C <sub>u</sub>	NP
C <sub>c</sub>	NP



OBSERVACION: El presente documento es válido únicamente en la institución emisora del laboratorio, así como la reproducción sin autorización (DTP - ISO 9001:2015).



**JUAN CARLOS TORRES**  
 TEC. DE LABORATORIO



**ELMER MORENO HUAMAN**  
 INGENIERO RESPONSABLE

• Ensayo estándar de clasificación de suelos – Calicata 8



ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

**INFORME** : 257 **Folio** : 13  
**SOLICITANTE** : ANA CRISTINA CARGAZA SORDANO  
 MANUEL BUSTO REINALES ARIAS **Realizado** : CTC  
**PROYECTO** : EVALUACION GEOTECNICA DE PREPARACION DE TALUD A TRAVES DE METODOS GEOFISICOS Y CORTE  
 TRIANGULAR DEL DISTRITO DE CUSCO - LIMA 201 **Revisado** : L.M.D  
**UBICACION** : DEPT. DE LIMA - PROV. DE LIMA - DISTR. DE CUSCO

Identificación de la muestra

Cantón		0.0
Muestra		30.0
Profundidad (cm)		0.40 - 2.00

**FECHA RECEPCIÓN** : 11/06/2021  
**FECHA DE ENSAYO** : 15/06/2021  
**FECHA DE EMISIÓN** : 19/06/2021

Malla	Abertura (mm)	Porcentaje (%)	
		Retenido	Pasó
2"	50.800	100.00	0.00
1 1/2"	37.500	100.00	0.00
1"	25.000	100.00	0.00
3/4"	19.000	100.00	0.00
3/8"	9.500	11.72	88.28
N° 100	1.500	11.60	88.40
N° 200	0.750	11.60	88.40

% GRASA	14.78	Grasa	0.00
		Flujo	14.78
% ARENA	74.00	Grasa	50.53
		Medio	10.87
% FINOS	11.00	Flujo	11.60

Norma ASTM D 1587

Clasificación (U.C.C.A.)	SP-SM
Descripción	ARENA MAL GRADUADA CON LIMO

Norma ASTM D 1587

Clasificación (ASTM)	A-3-0
Descripción (ASTM)	SP - MEDIO

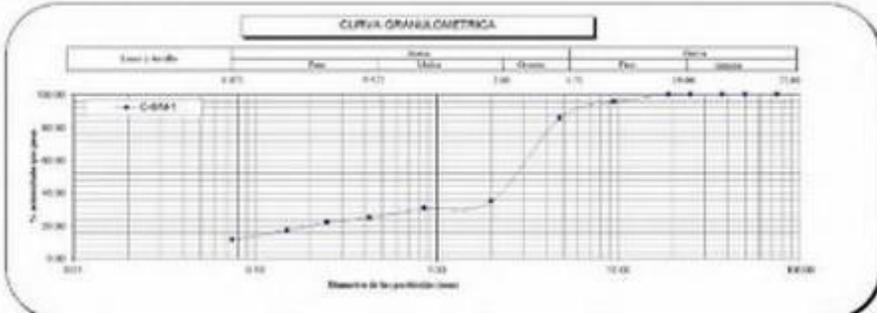
Norma ASTM D 1284

Contenido de Humedad (%)	1
--------------------------	---

Norma ASTM D 2922

Índice de Plasticidad (IP)	-
Límite Plástico (LP)	SP
Límite Contractivo (LC)	SP
Índice de Flujo (IF)	1

D <sub>10</sub> (mm)	SP
D <sub>30</sub> (mm)	0.00
D <sub>60</sub> (mm)	3.31
C <sub>u</sub>	SP
C <sub>c</sub>	SP



El presente documento es una copia que se elabora a partir de los datos obtenidos en el laboratorio y no garantiza la exactitud de los datos. Se recomienda verificar los datos en el laboratorio original.



JUAN CARLOS TORRES  
 TEC. DE LABORATORIO



ELMER MORENO HUAMÁN  
 INGENIERO RESPONSABLE

- Ensayo estándar de clasificación de suelos – Calicata 9



ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

**INFORME** : 129 **Folio** : 13  
**SOLICITANTE** : ANA CRISTLA CARRERAS VIOGANO **Realizado** : 1CX  
 MANUEL BIVUS FERNANDEZ ARENDO  
**PROYECTO** : EVALUACION GEOTECNICA DE ESTABILIZANTES DE VALLEA TRAVES DE METODOS GEOTECNICOS Y CORRE  
 FRONTAL DEL DISTRITO DE CUBANAS - LIMA 2021 **Revisado** : 1.MED  
**UBICACION** : DEPTO. DE LIMA - PROV. DE LIMA - DIST. DE COCHAS

**Identificación de la muestra**

Cantón	1	13
Muestra	1	33-1
Profundidad (m)	1	1.20 - 2.00

**FECHA RECEPCION** : 11/06/2021  
**FECHA DE ENSAYO** : 15/06/2021  
**FECHA DE EMISION** : 18/06/2021

Norma ASTM D 422

MEJILLA	ABERTURA (mm)	PERCENTAJE (%)
3"	75.000	100.00
2"	50.000	100.00
1.5"	37.500	100.00
1"	25.000	100.00
0.75"	19.000	100.00
0.6"	15.000	99.57
N° 60	2.500	37.83
N° 100	1.500	37.22
N° 200	0.850	30.74
N° 400	0.425	25.53
N° 600	0.250	22.37
N° 1000	0.150	17.43
N° 2000	0.075	11.60

S GRAVA	14.17	Grava	3.30
		Fina	11.17
S ARENA	74.17	Grava	50.61
		Meda	10.00
S FINOS	21.68	Fina	11.00
			11.00

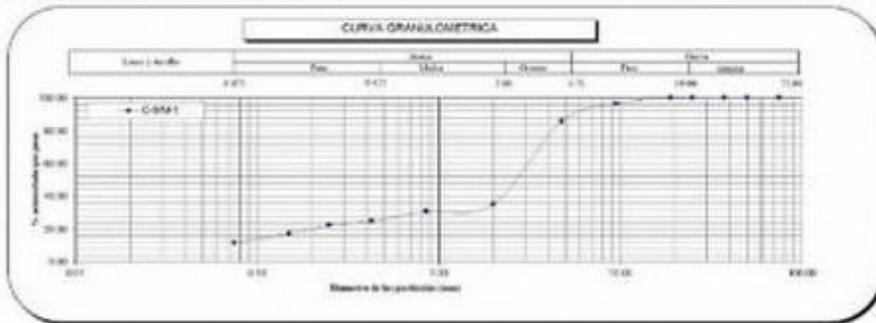
Norma ASTM D 1587  
**Clasificación (S.U.C.A.)** : SP-MS  
**Descripción** : ARENA MAL GRADADA CON LIMO

Norma ASTM D 1587  
**Clasificación (AASHTO)** : A-3 (4) - MS  
**Descripción (AASHTO)** : MS - 10.0-30.0

Norma ASTM D 1587  
**Control de Humedad** : (%) : 1

Norma ASTM D 1587, Norma ASTM D 677  
**Límite Líquido (LL)** : -  
**Límite Plástico (LP)** : SP  
**Índice Comportamiento (IC)** : SP  
**Índice Plastico (IP)** : -

D <sub>10</sub> (mm)	SP
D <sub>30</sub> (mm)	0.75
D <sub>60</sub> (mm)	0.37
C <sub>u</sub>	SP
C <sub>c</sub>	SP



000027-AC02



**JUAN CARLOS TORRES**  
 TEC. DE LABORATORIO



**ELMER MORENO HUARAN**  
 INGENIERO RESPONSABLE

EMPRESA DE INGENIERIA CONSULTING Y CONSTRUCCIONES INGENIEROS PERU S.A. (E.I.P.) - LIMA - PERU - TEL: (51) 1 472 2237 - WWW.EIPPERU.COM  
 CALLE LA MADRID N° 584 - ASOCIACION URB. EL ROSAL - SAN MARTIN DE PORRES

CALLE LA MADRID N° 584 - ASOCIACION URB. EL ROSAL - SAN MARTIN DE PORRES  
 TEL: (51) 4572237 - info@eipperu.com

• Ensayo estándar de clasificación de suelos – Calicata 10



ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

**INFORME** : 1-20 **Página** : 13  
**SOLICITANTE** : ANA CRISTINA CARRERA SORDANO  
 MANUEL RIVERA BUSTOS ARIENDO **Realizado** : 13/06/2021  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDS A TRAVÉS DE ANCHOS DEGRADOS Y CORTE  
 TRIANGULAR DEL DISTRITO DE CUDAYO - LIMA 302 **Revisado** : 13/06/2021  
**UBICACIÓN** : DIFT. DE LIMA - PUNO DE LIMA - DIFT. DE CUDAYO

Identificación de la muestra

Cuadro	1	07-10
Muestra	1	XB-1
Profundidad (cm)	1	0.20 - 0.30

**FECHA RECEPCIÓN** : 11/06/2021  
**FECHA DE ENSAYO** : 15/06/2021  
**FECHA DE EMISIÓN** : 18/06/2021

Malla	Abertura (mm)	Porcentaje (%)	
		Retenido	Pasado
2"	50.800	100.00	0.00
1 1/2"	37.500	100.00	0.00
1"	25.000	100.00	0.00
3/4"	19.000	100.00	0.00
3/8"	9.500	99.33	0.67
Nº 100	1.500	98.84	1.16
Nº 200	0.750	97.27	2.73
Nº 420	0.350	95.71	4.29
Nº 600	0.250	94.14	5.86
Nº 1000	0.150	92.57	7.43
Nº 2000	0.075	91.00	9.00

% GRUVA	11.56	Gruesa	0.30
		Fina	11.26
% ARENA	74.28	Gruesa	50.50
		Meda	23.72
		Fina	11.06
% FINOS	22.77		

**Clasificación (S.U.C.A.)** : SP-MI  
**Descripción** : ARENA MAL GRADUADA CON LIMO  
**Clasificación (ASTM)** : A-2.5 (SI)  
**Descripción (ASTM)** : 0.075 - 10.0 (SI)  
**Contenido de Humedad** : (w) : 2  
**Índice de Plasticidad (IP)** : -  
**Índice de Flujo (IF)** : NP  
**Índice de Consistencia (IC)** : NP  
**Índice de Plasticidad (IP)** : 0  
**Ip (mm)** : NP  
**Ip (mm)** : 0.75  
**Ip (mm)** : 3.34  
**Cu** : NP  
**Cu** : NP



El presente documento es la única representación de la información y debe utilizarse solo para la información de los datos de este informe. No debe ser utilizado como evidencia legal.

**JUAN CARLOS TORRES**  
 TEC. DE LABORATORIO

**ELMER MORENO HUAMAN**  
 INGENIERO RESPONSABLE

- Ensayo estándar de clasificación de suelos – Calicata 11



ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

**INFORME** : 120 **Folio** : 13  
**SOLICITANTE** : ANA CRISTINA CARRERAS VARGAS  
 MANUEL BUSTO ROSALES ARENDO **Realizado** : 1CX  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABLECIMIENTO DE TALUDAS TRAVÉS DE MÉTODOS GEOMÉTRICOS Y FORTES **Revisado** : 1.MED  
**UBICACIÓN** : DEPTO DE LIMA - PROV. DE LIMA - DEPT. DE COCHAS

**Identificación de la muestra**

Cantón	011
Muestra	30-C
Profundidad (m)	1.00 - 2.00

**FECHA RECEPCIÓN** : 11/06/2021  
**FECHA DE ENSAYO** : 15/06/2021  
**FECHA DE EMISIÓN** : 18/06/2021

Norma ASTM D 422

MALLA	ABERTURA (mm)	PERCENTAJE PASA
2"	50.800	100.00
2"	50.800	100.00
1 1/2"	37.500	100.00
1"	25.400	100.00
3/4"	19.000	100.00
3/8"	9.500	97.34
N° 60	2.500	87.87
N° 40	3.750	81.25
N° 20	8.500	70.74
N° 10	19.000	64.25
N° 60	2.500	22.71
N° 100	1.500	17.51
N° 200	0.875	11.60

% GRAVA	17.97	Gruesa	9.90
		Fina	12.97
% ARENA	78.97	Gruesa	71.90
		Mediana	10.14
% FINOS	21.03	Fina	11.61
			11.60

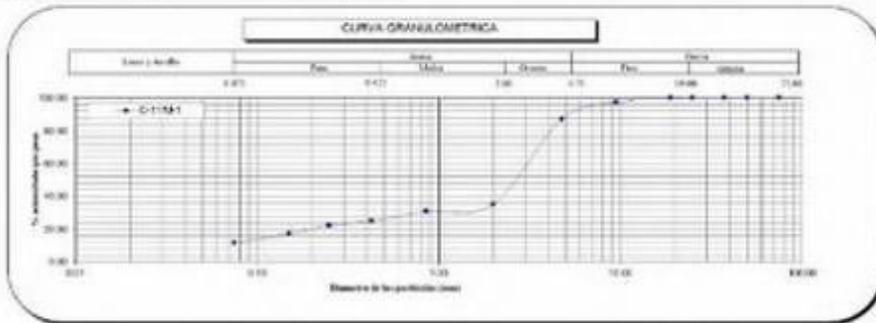
Norma ASTM D 1587

Clasificación (S.U.C.A.)	SP-MM
Descripción	ARENA MAL GRADADA CON LIMO
Norma ASTM D 1587	
Clasificación (AASHTO)	A-3 (4) - 000
Descripción (AASHTO)	0-30 - 10.000

Norma ASTM D 2484

Control de Humedad (%)	8
Norma ASTM D 2484, Tabla AASHTO 017	
Estado Líquido (LL)	-
Estado Plástico (LP)	SP
Estado Contractivo (LC)	SP
Índice Plástico (IP)	-

D <sub>10</sub> (mm)	SP
D <sub>30</sub> (mm)	0.75
D <sub>60</sub> (mm)	3.31
C <sub>u</sub>	SP
C <sub>c</sub>	SP



NOTA: El presente documento es una copia reproducible de la información y no debe considerarse, salvo por la reproducción de su contenido, un documento de MTL GEOTECNIA S.A.C.



JUAN CARLOS TORRES  
TEC. DE LABORATORIO



ELMER MORENO HUAMAN  
INGENIERO RESPONSABLE

FORMULARIO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y SUS MÉTODOS DE ESTABLECIMIENTO DE TALUDAS TRAVÉS DE MÉTODOS GEOMÉTRICOS Y FORTES - 120 (01/2021) - MTL GEOTECNIA S.A.C.

## Anexo N°05: Registro fotográfico

*Fotografía 1: Calicata N°1 de 3m profundidad ubicado en el pasaje 3B*



*Fotografía 2: Calicata N°2 de 5m profundidad ubicado en el pasaje 7B*



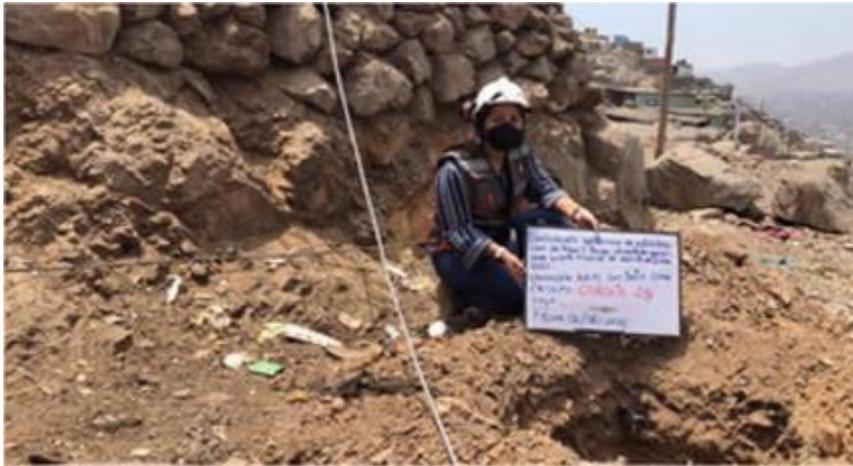
**Fotografía 3:** Calicata N°3 de 3m profundidad ubicado en el pasaje 7



**Fotografía 4:** Calicata N°4 de 3m profundidad ubicado en el pasaje 8



**Fotografía 5:** Calicata N°5 de 3m profundidad ubicado en el pasaje 7



**Fotografía 6:** Calicata N°6 de 5m profundidad ubicado en el pasaje 7



**Fotografía 7:** Calicata N°7 de 3m profundidad ubicado en el pasaje 7



**Fotografía 8:** Calicata N°8 de 3m profundidad ubicado en el pasaje 7



**Fotografía 9:** Calicata N°9 de 3m profundidad ubicado en el pasaje 15



**Fotografía 10.** Calicata N°10 de 3m profundidad ubicado en el pasaje 15



**Fotografía 11:** Calicata N°11 de 3m profundidad ubicado en el pasaje 1



		<b>PANEL FOTOGRÁFICO REFRACCIÓN</b>			
<b>Proyecto</b>		<b>EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A TRAVÉS DE MÉTODOS GEOFÍSICOS Y CORTE TRIAXIAL DEL DISTRITO DE COMAS - LIMA 2021</b>			
<b>Solicitante</b>		ANA CABEZAS SORIANO, MANUEL ROSALES ASENIO		<b>Región/Provinc.</b>	LIMA / LIMA
<b>Codigo</b>	--	<b>Inicio</b>		<b>Fin</b>	
<b>Exploración Geofísica</b>		<b>Este (m)</b>	<b>Norte (m)</b>	<b>Este (m)</b>	<b>Norte (m)</b>
<b>LR501</b>		277995.01	8676659.17	277933.63	8676669.86
<b>Lugar</b>					AA.HH. LAS LOMAS DE SAN BENTIN
<b>Fecha</b>					10/02/2022

*Fotografía 12: Ensayo de refracción sísmica AA.HH. las lomas de san bentin.*



*Fotografía 13: Ensayo de refracción sísmica AA.HH. las lomas de san bentin.*



*Fotografía 12: Ensayo de refracción sísmica AA.HH. las lomas de san bentin.*



*Fotografía 13: Ensayo de refracción sísmica AA.HH. las lomas de san bentin.*



		<b>PANEL FOTOGRÁFICO REFRACCIÓN</b>			
<b>Proyecto</b>		<b>EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A TRAVÉS DE MÉTODOS GEOFÍSICOS Y CORTE TRIAXIAL DEL DISTRITO DE COMAS - LIMA 2021</b>			
<b>Solicitante</b>		ANA CABEZAS SORIANO, MANUEL ROSALES ASEÑO		<b>Región/Provinc.</b>	LIMA / LIMA
<b>Código</b>	—	<b>Inicio</b>		<b>Fin</b>	<b>Distribo</b>
<b>Exploración Geofísica</b>		<b>Este (m)</b>	<b>Norte (m)</b>	<b>Este (m)</b>	<b>Norte (m)</b>
<b>LRS02</b>		277989.78	8676663.99	277947.44	8676721.77
		<b>Lugar</b>		<b>Fecha</b>	
		AA.HH. LAS LOMAS DE SAN BENTIN		10/02/2022	
<b>VISTA FOTOGRAFICA</b>			<b>VISTA FOTOGRAFICA</b>		

*Fotografía 14: Ensayo de refracción sísmica AA.HH. las lomas de san bentin.*



*Fotografía 15: Ensayo de refracción sísmica AA.HH. las lomas de san bentin.*



*Fotografía 16: Ensayo de refracción sísmica AA.HH. las lomas de san bentin.*



*Fotografía 17: Ensayo de refracción sísmica AA.HH. las lomas de san bentin.*



		<b>PANEL FOTOGRÁFICO REFRACCIÓN</b>			
<b>Proyecto</b>		EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A TRAVÉS DE MÉTODOS GEOFÍSICOS Y CORTE TRIAXIAL DEL DISTRITO DE COMAS - LIMA 2021			
Solicitante		ANA CABEZAS SORIANO, MANUEL ROSALES ASEÑO		Región/Provinc.	LIMA / LIMA
Codigo	-	Inicio		Fin	Distrito
Exploración Geofísica		Este (m)	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)
LR503		277931.26	8676725.46	277915.46	8676798.50
				Fecha	10/02/2022
VISTA FOTOGRAFICA				VISTA FOTOGRAFICA	

**Fotografía 19:** *Ensayo de refracción sísmica AA.HH. las lomas de san bentin.*



**Fotografía 18:** *Ensayo de refracción sísmica AA.HH. las lomas de san bentin.*



*Fotografía 20: Ensayo de refracción sísmica AA.HH. las lomas de san bentin.*



*Fotografía 21: Ensayo de refracción sísmica AA.HH. las lomas de san bentin.*



		<b>PANEL FOTOGRÁFICO MASW</b>			
<b>Proyecto</b>		<b>EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A TRAVÉS DE MÉTODOS GEOFÍSICOS Y CORTE TRIAXIAL DEL DISTRITO DE COMAS - LIMA 2021</b>			
Solicitante		ANA CABEZAS SORIANO, MANUEL ROSALES ASEÑO		Región/Provinc.	LIMA / LIMA
Código	—	Coordenada Centro		Distrito	COMAS
Exploración Geofísica		Este (m)	Norte (m)	Lugar	AA.HH. LAS LOMAS DE SAN BENTIN
<b>MASW01</b>		277965.22	8676679.11	Fecha	10/02/2022
VISTA FOTOGRÁFICA			VISTA FOTOGRÁFICA		

*Fotografía 22: Ensayo de masw métodos geofísicos AA.HH. las lomas de San Bentin*



*Fotografía 23: Ensayo de masw métodos geofísicos AA.HH. las lomas de San Bentin*



*Fotografía 24: Ensayo de masw métodos geofísicos AA.HH. las lomas de San Bentin*



		<b>PANEL FOTOGRÁFICO MASW</b>			
<b>Proyecto</b>		<b>EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A TRAVÉS DE MÉTODOS GEOFÍSICOS Y CORTE TRIAXIAL DEL DISTRITO DE COMAS - LIMA 2021</b>			
<b>Solicitante</b>		ANA CABEZAS SORIANO, MANUEL ROSALES ASEÑIO		<b>Región/Provinc.</b>	
<b>Código</b>		--		LIMA / LIMA	
<b>Exploración Geofísica</b>		Coordinada Centro		<b>Distribo</b>	
<b>MASW02</b>		Este (m)		Lugar	
		277967.32		AA.HH. LAS LOMAS DE SAN BENTIN	
		Norte (m)		Fecha	
		8679692.08		10/02/2022	
<b>VISTA FOTOGRÁFICA</b>			<b>VISTA FOTOGRÁFICA</b>		

*Fotografía 25: Ensayo de masw métodos geofísicos AA.HH. las lomas de San Bentin*



*Fotografía 27: Ensayo de masw métodos geofísicos AA.HH. las lomas de San Bentin*



*Fotografía 26: Ensayo de masw métodos geofísicos AA.HH. las lomas de San Bentin*



*Fotografía 28: Ensayo de masw métodos geofísicos AA.HH. las lomas de San Bentin*



		<b>PANEL FOTOGRÁFICO MASW</b>			
<b>Proyecto</b>		<b>EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A TRAVÉS DE MÉTODOS GEOFÍSICOS Y CORTE TRIAXIAL DEL DISTRITO DE COMAS - LIMA 2021</b>			
Solicitante		ANA CABEZAS SORIANO, MANUEL ROSALES ASENIO		Región/Provinc.	LIMA / LIMA
Código	—	Coordenada Centro		Distrito	COMAS
Exploración Geofísica		Este (m)	Norte (m)	Lugar	AA.HH. LAS LOMAS DE SAN BENTIN
<b>MASW03</b>		277921.38	8676761.95	Fecha	10/02/2022
<b>VISTA FOTOGRAFICA</b>			<b>VISTA FOTOGRAFICA</b>		

*Fotografía 30: Ensayo de masw métodos geofísicos AA.HH. las lomas de San Bentin*



*Fotografía 29: Ensayo de masw métodos geofísicos AA.HH. las lomas de San Bentin*



*Fotografía 31: Ensayo de masw métodos geofísicos AA.HH. las lomas de San Bentin*

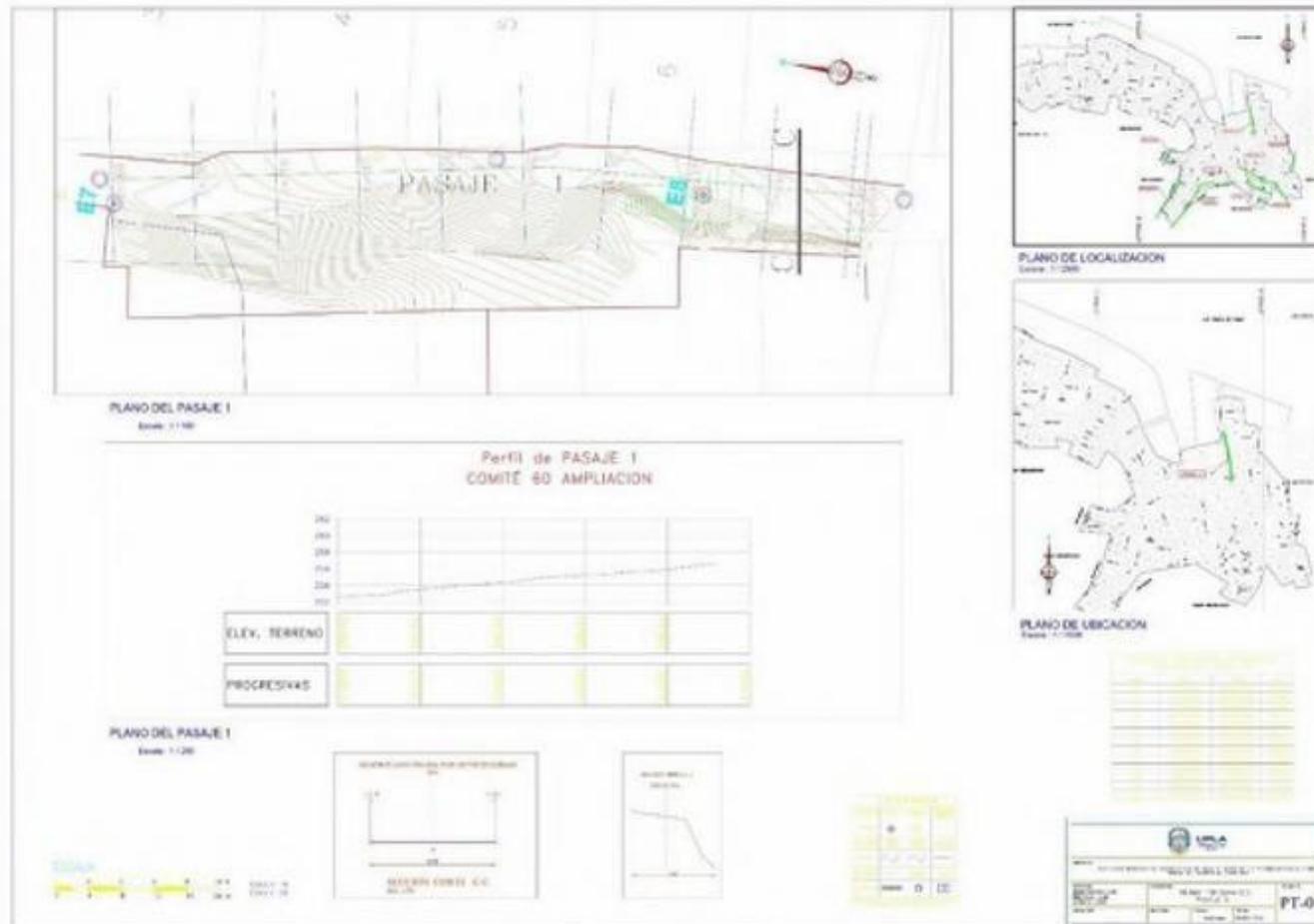


*Fotografía 32: Ensayo de masw métodos geofísicos AA.HH. las lomas de San Bentin*

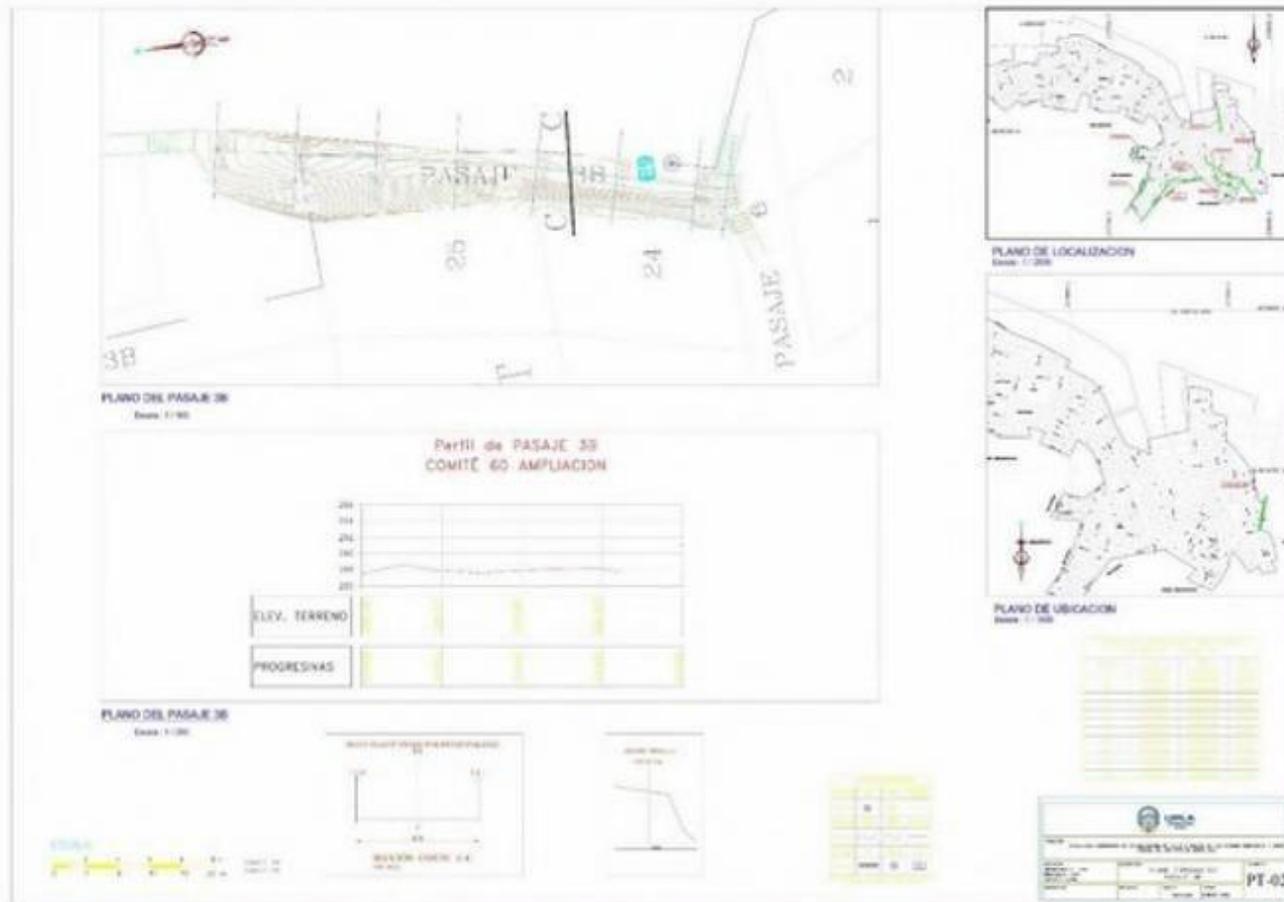


## Anexo N°06: Planos Topográficos

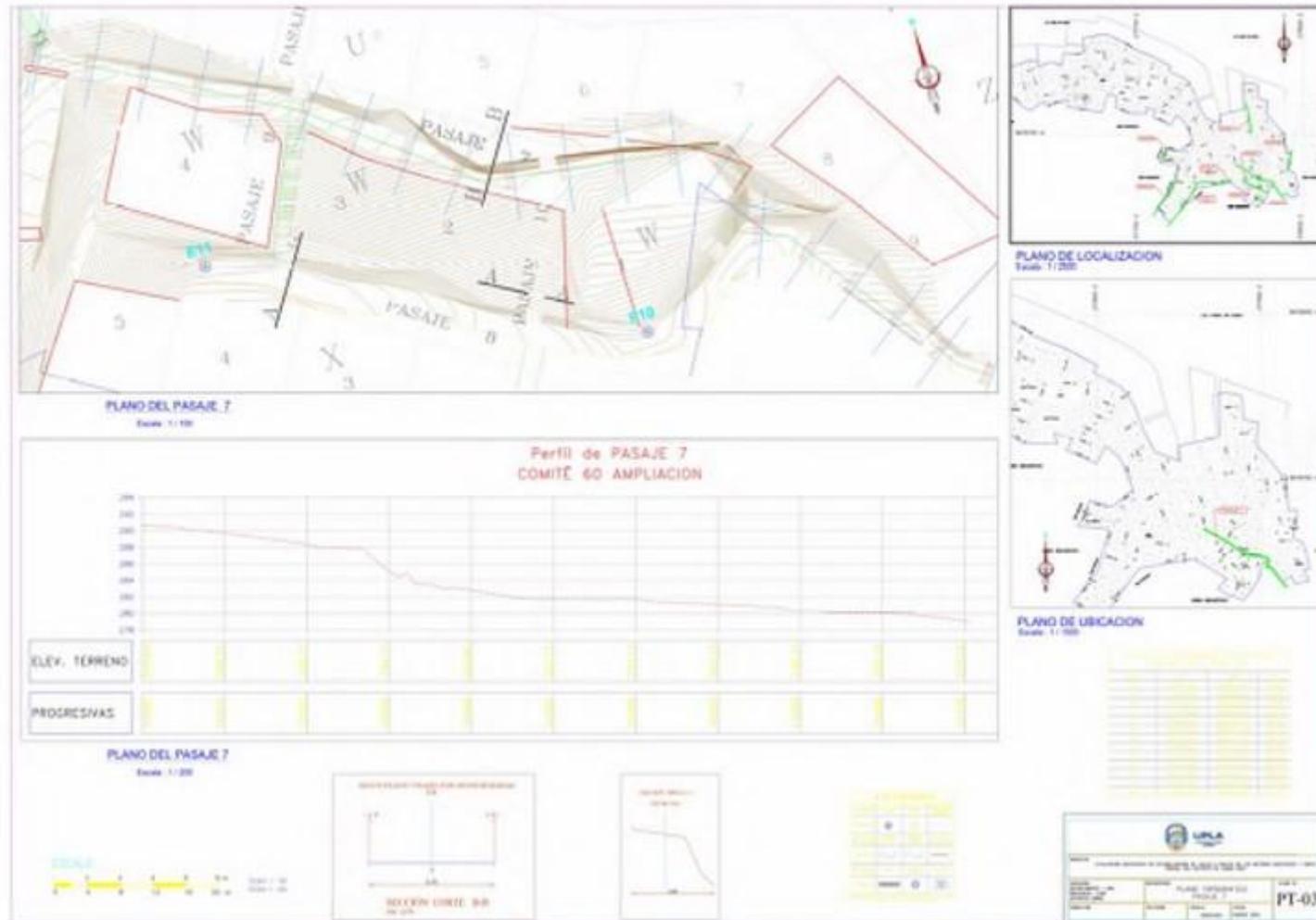
### Plano topográfico – Pasaje 1



- Plano topográfico – Pasaje 3B



- Plano topográfico – Pasaje 7





- Plano topográfico – Pasaje 8



- **Plano topográfico – Pasaje 7 (Tramo 1)**



- Plano topográfico – Pasaje 7 (Tramo 2)





- Plano topográfico – Pasaje 5A



## Anexo N°06: Memorias de calculo

	<b>Proyecto:</b> Evaluación geotécnica de estabilización de talud a través de métodos geofísicos y corte triaxial del distrito de Comas - Lima 2021
	<b>Bachilleres:</b> Ana Cecilia Cabezas Soriano Manuel Jesús Rosales Asenjo

<b>ANÁLISIS DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES</b>
CAUCATA N°01 - ESTRATO M-02

### CAPACIDAD DE CARGA

(Terzaghi 1943 y modificado por Vesic 1975)

Para cimentaciones que exhiben falla local por corte en suelos, Terzaghi sugirió modificaciones a las ecuaciones (3.3), (3.7) y (3.8) como sigue:

$$q_u = \frac{2}{3} c_u N_c + q_u N_q + 1.3 \gamma B N_\gamma \quad (\text{cimentación corrida}) \quad (3.9)$$

$$q_u = 0.807 c_u N_c + q_u N_q + 0.4 \gamma B N_\gamma \quad (\text{cimentación cuadrada}) \quad (3.10)$$

$$q_u = 0.807 c_u N_c + q_u N_q + 0.3 \gamma B N_\gamma \quad (\text{cimentación circular}) \quad (3.11)$$

### ASENTAMIENTO INICIAL

Teoría Elástica

$$S = C_s q B \left( \frac{1-\nu^2}{E_s} \right)$$

### FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

▼ TABLA 3.2 Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi,  $N_c$ ,  $N_q$  y  $N_\gamma$ .

$\phi$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$\phi$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
0	5.79	1.00	0.00	26	18.53	6.05	2.59
1	5.80	1.07	0.005	27	18.20	6.54	2.68
2	4.29	1.22	0.02	28	27.23	7.07	3.29
3	6.20	1.32	0.04	29	34.05	7.60	3.79
4	6.54	1.50	0.07	30	38.59	8.21	4.20
5	6.59	1.70	0.14	31	50.05	9.02	4.63
6	6.67	1.80	0.16	32	51.84	9.82	5.05
7	7.23	1.90	0.18	33	72.29	10.69	5.52
8	7.67	1.90	0.16	34	83.72	11.67	6.02
9	7.94	1.82	0.19	35	26.33	12.75	6.55
10	8.02	1.94	0.24	36	26.77	13.97	7.11
11	8.32	2.18	0.30	37	28.51	15.32	7.69
12	8.42	2.22	0.32	38	30.44	16.85	8.27
13	8.98	2.38	0.42	39	28.28	18.53	8.87
14	9.21	2.55	0.48	40	34.87	20.50	9.51
15	9.67	2.70	0.57	41	37.45	22.70	10.20
16	20.66	2.62	0.67	42	40.33	25.21	10.95
17	20.47	3.11	0.78	43	43.75	28.04	11.75
18	20.60	3.28	0.86	44	47.13	31.24	12.60
19	21.26	3.64	1.00	45	51.87	34.81	13.50
20	21.85	3.88	1.12	46	55.73	38.65	14.45
21	12.37	4.27	1.20	47	60.90	42.85	15.45
22	12.53	4.48	1.26	48	66.30	47.45	16.50
23	13.01	4.82	1.39	49	72.05	52.41	17.60
24	14.21	5.20	1.57	50	78.20	57.69	18.75
25	14.60	5.60	1.75				

Ensayo Corte Directo		Para Diseño considerar falla por corte local						
		Angulo de Fricción	Cohesión $c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Angulo de Fricción	Cohesión $c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
		31	0.09	21.53	0.00	20.03	9.03	4.63

B = Ancho de cimentación  
 L = Longitud de cimentación



**Proyecto:**

Evaluación geotécnica de estabilización de talud a través de métodos geofísicos y corte triaxial del distrito de Comas - Lima 2021

**Bachilleres:**

Ana Cecilia Cabezas Soriano  
Manuel Jesús Rosales Asenjo

TIPO DE CIMENTACIÓN	Df (m)	B (m)	L (m)	Y (ton/m <sup>3</sup> )	N'c	N'q	N'y	qu (kg/cm <sup>2</sup> )	qed (kg/cm <sup>2</sup> )	E (ton/m <sup>2</sup> )	μ	ASENTAMIENTO			
												Centro	Esquina	Medio	
CIMENTACION CUADRADA	2.0	1.2	1.2	1.59	20.03	9.03	4.83	6.56	2.19	2000	0.3	1.34	1.13	1.24	0.98
	2.0	1.5	1.5	1.59	20.03	9.03	4.83	7.48	2.49	2000	0.3	1.91	1.62	1.91	1.40
	2.1	1.2	1.2	1.59	20.03	9.03	4.83	6.70	2.23	2000	0.3	1.37	1.16	1.37	1.00
	2.1	1.5	1.5	1.59	20.03	9.03	4.83	7.62	2.54	2000	0.3	1.94	1.65	1.94	1.42
	2.3	1.2	1.2	1.59	20.03	9.03	4.83	6.99	2.33	2000	0.3	1.42	1.21	1.42	1.04
	2.3	1.5	1.5	1.59	20.03	9.03	4.83	7.91	2.64	2000	0.3	2.02	1.71	2.02	1.48
	2.5	1.2	1.2	1.59	20.03	9.03	4.83	7.28	2.43	2000	0.3	1.48	1.26	1.48	1.09
	2.5	1.5	1.5	1.59	20.03	9.03	4.83	8.20	2.73	2000	0.3	2.09	1.77	2.09	1.53
	0.6	0.4	-	1.59	20.03	9.03	4.83	2.40	0.80	2000	0.3	0.16	0.14	0.16	0.12
	0.6	0.5	-	1.59	20.03	9.03	4.83	2.78	0.93	2000	0.3	0.24	0.20	0.24	0.17
CIMENTACION CORRIDA	0.6	0.6	-	1.59	20.03	9.03	4.83	3.17	1.06	2000	0.3	0.32	0.27	0.32	0.24
	0.6	0.8	-	1.59	20.03	9.03	4.83	3.53	1.31	2000	0.3	0.53	0.45	0.53	0.39
	0.8	0.4	-	1.59	20.03	9.03	4.83	2.68	0.89	2000	0.3	0.18	0.15	0.18	0.13
	0.8	0.5	-	1.59	20.03	9.03	4.83	3.07	1.02	2000	0.3	0.26	0.22	0.26	0.19
	0.8	0.6	-	1.59	20.03	9.03	4.83	3.45	1.15	2000	0.3	0.35	0.30	0.35	0.26
	0.8	0.8	-	1.59	20.03	9.03	4.83	4.22	1.41	2000	0.3	0.57	0.49	0.57	0.42
	1	0.4	-	1.59	20.03	9.03	4.83	2.97	0.99	2000	0.3	0.20	0.17	0.20	0.15
	1	0.5	-	1.59	20.03	9.03	4.83	3.36	1.12	2000	0.3	0.29	0.24	0.29	0.21
	1	0.6	-	1.59	20.03	9.03	4.83	3.74	1.25	2000	0.3	0.38	0.32	0.38	0.28
	1	0.8	-	1.59	20.03	9.03	4.83	4.51	1.50	2000	0.3	0.61	0.52	0.61	0.45
1.2	0.4	-	1.59	20.03	9.03	4.83	3.26	1.09	2000	0.3	0.22	0.19	0.22	0.16	
1.2	0.5	-	1.59	20.03	9.03	4.83	3.64	1.21	2000	0.3	0.31	0.26	0.31	0.23	
1.2	0.6	-	1.59	20.03	9.03	4.83	4.03	1.34	2000	0.3	0.41	0.35	0.41	0.30	
1.2	0.8	-	1.59	20.03	9.03	4.83	4.79	1.60	2000	0.3	0.65	0.55	0.65	0.48	



**Proyecto:**

Evaluación geotécnica de estabilización de talud a través de métodos geofísicos y corte triaxial del distrito de Comas - Lima 2021

**Bachilleres:**

Ana Cecilia Cabezas Soriano  
Manuel Jesús Rosales Asenjo

$$R_d = s^{0.5} \sigma_c \cdot N_s + q_0 \cdot N_q + \frac{b}{2} \cdot \gamma_2 \cdot N_\gamma$$

$$s = e^{\frac{GSJ-100}{9-3.D}}$$

$$N_q = \frac{1}{2} \cdot \sec^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right) \cdot e^{\left[ \left( \frac{2}{3} \cdot \pi - \varphi \right) \cdot \text{tg} \varphi \right]}$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \cdot \frac{e^{\left[ \left( \frac{\pi}{2} - \varphi \right) \cdot \text{tg} \varphi \right]}}{2 \cdot \cos \varphi}$$

**Parámetros de rocas**

Parámetros de rocas de orientación con respecto a la fuerza de la roca en estado puro de compresión.

Resistencia a la compresión de roca $\sigma_c$ [MPa]	Parámetro de fuerza de la roca después de Hoek m[]	GSJ	Cohesión de la roca c [kPa]	Ángulo de fricción interna de la roca $\varphi$ [°]
150	25	75	7000 - 13000	45 - 60
80	12	50	2000 - 4000	30 - 65
50	10	75	2000 - 4000	40 - 60
30	15	65	1000 - 2000	40 - 60
20	8	30	400 - 600	20 - 44
15	10	24	300 - 500	24 - 38
5	10	20	90 - 100	23 - 28



**Proyecto:**  
Evaluación geotécnica de estabilización de talud a través de métodos geofísicos y corte triaxial del distrito de Comas - Lima 2021

**Bachilleres:**  
Ana Cecilia Cabezas Soriano  
Manuel Jesús Rosales Asenjo

Descripción de masas de rocas	Valor sugerido por $\phi$
Masa de roca, roca fuerte intacta, excavación por voladura o por TBM abierta.	0
Masa de roca, roca de pobre calidad, excavación mecánica con mínima perturbación.	0
Masa de roca, roca pobre, excavación mecánica, suelo de importante empuje, invertido temporal o geometría horizontal de excavación secuencial.	0,3
Masa de roca, roca muy pobre a menudo muy alterada, daño local para rocas circundantes (aprox. 3m)	0,6
Pendiente rocosa o afloramiento de roca, modificación con voladuras controladas.	0,7
Pendiente rocosa o afloramiento de roca, modificación con voladuras resultado de algunas perturbaciones.	1,0
Minas a cielo abierto, excavación con voladuras.	1,0
Minas a cielo abierto, excavación mecánica.	0,7

Valores de parámetro de fuerzas  $m$

Tipo de roca	Rocas representativas	$m$ [1]
Rocas de piedra caliza con rotura de cristal bien desarrollada	Colomita, piedra caliza, mármol	= 7
Rocas arcillosas reforzadas	Lodoilita, limolita pizama ciena, pizama	= 10
Rocas de piedra caliza con rotura de cristal pobremente desarrollada	Arenisca y cuarcita	= 15
Roca cristalina ígnea de grano fino poliminerale	Andesita, dolerita, diabasa, rhyolite	= 17
Roca metamórfica ígnea de grano grueso poliminerale	Amfibolita, gabbro, gneis, granito y diorita de cuarzo	= 20

Ensayo Corte Directo		Para Diseño considerar							
Angulo de Fricción	Cohesión c [kg/cm <sup>2</sup> ]	G <sub>90</sub>	D	N <sub>c</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>y</sub>	S	Esfuerzo oc	$\gamma_2$ (ton/m <sup>3</sup> )
46	20	75.00	0.80	11.55	12.96	18.86	0.0226	4.90	1.75



**Proyecto:**  
Evaluación geotécnica de estabilización de talud a través de métodos geofísicos y corte triaxial del distrito de Comas - Lima 2021

**Bachilleres:**  
Ana Cecilia Cabezas Soriano  
Manuel Jesús Rosales Asenjo

Fuerza de la roca	Tipos de rocas (ejemplos)	Fuerza de rocas en compresión simple $\sigma_c$ [MPa]	Índice de Poisson de rocas $\nu$	Unidad de masa de roca $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]
Roca extremadamente	Muy dura, roca fuerte e intacta, cuarcita sólida, basalto, y otras	> 150	0,1	28,00 - 30,00
Roca muy dura	Granito muy duro, cuarzo, pórfido, pizarra cuarzo, areniscas muy duras y calizas	100 - 150	0,15	26,00 - 27,00
Roca dura	Granito sólido y compacto, arenisca y caliza muy dura, fierros silíceos, puddinga dura, minerales de hierro muy duros, calote muy dura, granito no muy fuerte, arenisca dura, mármol, dolomita, pinta	80 - 100	0,20	25,00 - 26,00
Roca bastante dura	Arenisca normal, minerales de hierro de dureza media, esquisto arenoso, losa	50 - 80	0,25	24,00
Roca medio dura	Lodolitas duras, areniscas y calizas no muy duras, losa blanda, pizarra no muy dura, margas densas	20 - 50	0,25 - 0,30	23 - 24,00

**B =** Ancho de cimentación  
**L =** Longitud de cimentación



**Proyecto:**  
Evaluación geotécnica de estabilización de talud a través de métodos geofísicos y corte  
triaxial del distrito de Comas - Lima 2021

**Bachilleres:**  
Ana Cecilia Cabezas Soriano  
Manuel Jesús Rosales Asenjo

**CIMENTACION CUADRADA**

TIPO DE CIMENTACION	Df (m)	Ø (m)	γ (ton/m <sup>3</sup> )	N'c	N'q	N'y	qu (kg/cm <sup>2</sup> )	qad (kg/cm <sup>2</sup> )	E (ton/m <sup>2</sup> )	μ	ASENTAMIENTO			
											Centro	Esquina	Medio	
	0.5	0.8	2.44	11.55	12.96	18.86	11.42	3.81	20000	0.25	0.36	0.14	0.16	0.12
	0.5	1.0	2.44	11.55	12.96	18.86	11.75	3.92	20000	0.25	0.47	0.17	0.21	0.15
	0.6	0.8	2.44	11.55	12.96	18.86	11.74	3.91	20000	0.25	0.37	0.14	0.16	0.12
	0.6	1.0	2.44	11.55	12.96	18.86	12.07	4.02	20000	0.25	0.48	0.18	0.21	0.15
CIMENTACION CORRIDO	1.0	0.8	2.44	11.55	12.96	18.86	13.00	4.33	20000	0.25	0.41	0.15	0.18	0.13
	1.0	1.0	2.44	11.55	12.96	18.86	13.33	4.44	20000	0.25	0.53	0.20	0.23	0.17
	1.2	1.8	2.44	11.55	12.96	18.86	15.29	5.10	20000	0.25	1.09	0.41	0.48	0.35
	1.3	2.0	2.44	11.55	12.96	18.86	15.93	5.31	20000	0.25	1.26	0.47	0.56	0.41
	1.3	1.2	2.44	11.55	12.96	18.86	14.61	4.87	20000	0.25	0.70	0.26	0.31	0.22
	1.5	1.5	2.44	11.55	12.96	18.86	15.74	5.25	20000	0.25	0.94	0.35	0.41	0.30
	1.5	1.8	2.44	11.55	12.96	18.86	16.23	5.41	20000	0.25	1.16	0.43	0.51	0.37

**Proyecto:**

Evaluación geotécnica de estabilización de talud a través de métodos geofísicos y corte triaxial del distrito de Comas - Lima 2021

**Bachilleres:**

Ana Cecilia Cabezas Soriano

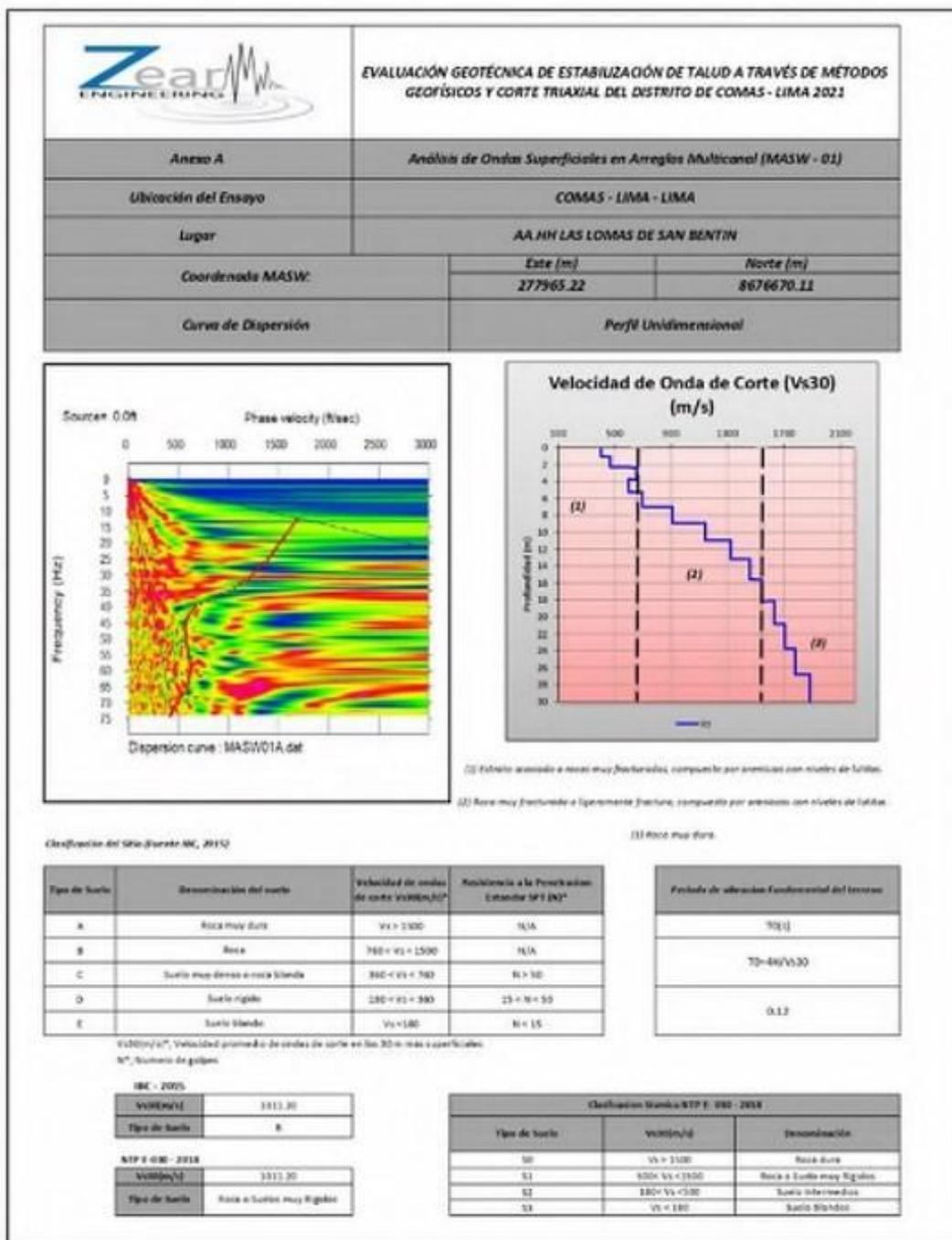
Manuel Jesús Rosales Asenjo

$$K_{s,cuadrada} = K_{s,30} \left[ \frac{B + 0.30}{2B} \right]^2$$

TIPO DE CIMENTACIÓN	Df (m)	B (m)	L (m)	K <sub>30</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Ks (Tn/m <sup>2</sup> )
ZAPATA CUADRADA	2	1.2	1.2	20	7.81
	2	1.5	1.5	20	7.20
	2	1.8	1.8	20	6.81
	2	2	2	20	6.61
	2.1	1.2	1.2	20	7.81
	2.1	1.5	1.5	20	7.20
	2.1	1.8	1.8	20	6.81
	2.1	2	2	20	6.61
	2.3	1.2	1.2	20	7.81
	2.3	1.5	1.5	20	7.20
	2.3	1.8	1.8	20	6.81
	2.3	2	2	20	6.61
	2.5	1.2	1.2	20	7.81
	2.5	1.5	1.5	20	7.20
	2.5	1.8	1.8	20	6.81
	2.5	2	2	20	6.61

## Anexo N°07: Geofísica

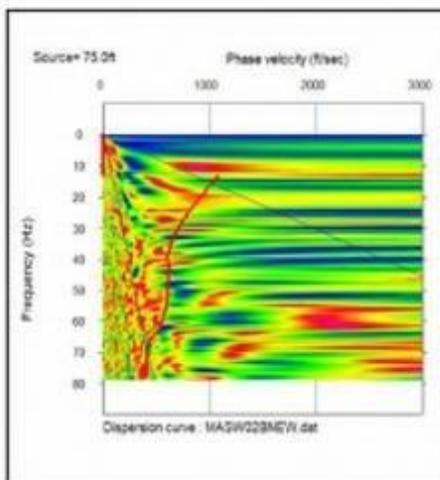
- Clasificación sísmica





**EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A TRAVÉS DE MÉTODOS GEOFÍSICOS Y CORTE TRIAXIAL DEL DISTRITO DE COMAS - LIMA 2021**

<b>Anexo A</b>	<b>Análisis de Ondas Superficiales en Arreglos Múltiples (MASW - 02)</b>	
<b>Ubicación del Ensayo</b>	<b>COMAS - LIMA - LIMA</b>	
<b>Lugar</b>	<b>AA.HH LAS LOMAS DE SAN BENTIN</b>	
<b>Coordenada MASW:</b>	<b>Este (m)</b>	<b>Norte (m)</b>
	<b>277967.32</b>	<b>8676692.08</b>
<b>Curva de Dispersión</b>	<b>Perfil Unidimensional</b>	



- (1) Estrato asociado a rocas muy frías/muñidos, compuesto por arenas con niveles de lutitas.
- (2) Roca muy fracturada o ligeramente fractura, compuesto por arenas con niveles de lutitas.
- (3) Roca muy dura.

Clasificación del SBU (vereda IBC, 2015)

Tipo de Suelo	Descripción del suelo	Velocidad de ondas de corte $V_s$ (m/s)*	Resistencia a la Penetración Estándar (PT) (MPa)
A	Roca muy dura	$V_s > 1500$	N/A
B	Roca	$760 < V_s < 1500$	N/A
C	Suelo muy denso o roca blanda	$360 < V_s < 760$	N = 50
D	Suelo rígido	$180 < V_s < 360$	$15 < N < 50$
E	Suelo blando	$V_s < 180$	$N < 15$

Parámetro de vibración fundamental del terreno
TCE0
$T0 = 0.47 / V_s30$
0.15

$V_s$  (m/s)\*, Velocidad promedio de ondas de corte en los 30 m más superficiales.  
N\*: Número de golpes

IBC - 2005

$V_s$ (m/s)	769.32
Tipo de Suelo	B

NTP 0-090 - 2008

$V_s$ (m/s)	769.32
Tipo de Suelo	Roca o Suelos muy rígidos

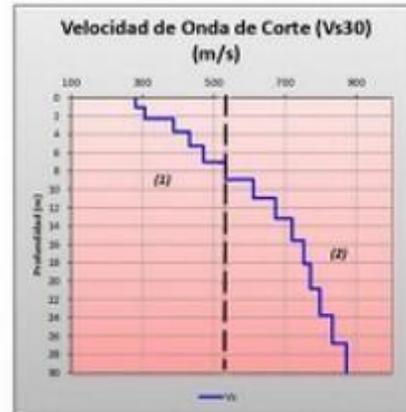
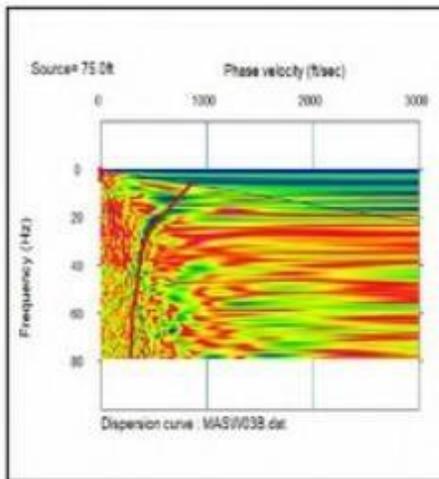
Clasificación Sismica NTP 0-090 - 2008

Tipo de Suelo	$V_s$ (m/s)	Descripción
S0	$V_s > 1500$	Roca dura
S1	$500 < V_s < 1500$	Roca o Suelo muy rígidos
S2	$280 < V_s < 500$	Suelo intermedios
S3	$V_s < 280$	Suelo Blandos



**EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A TRAVÉS DE MÉTODOS GEOFÍSICOS Y CORTE TRIAXIAL DEL DISTRITO DE COMAS - LIMA 2021**

<b>Anexo A</b>	<b>Análisis de Ondas Superficiales en Arreglos Multicanal (MASW - 03)</b>	
<b>Ubicación del Ensayo</b>	<b>COMAS - LIMA - LIMA</b>	
<b>Lugar</b>	<b>AA.HH LAS LOMAS DE SAN BENTIN</b>	
<b>Coordenada MASW:</b>	<b>Este (m)</b>	<b>Norte (m)</b>
	<b>277921.38</b>	<b>8676761.95</b>
<b>Curva de Dispersión</b>	<b>Perfil Unidimensional</b>	



(1) Estrato asociado a diatemas volcánicos y rellenos antropicos compuestos por gravas en matriz de arenas a rocas muy fracturadas.  
 (2) Roca muy fracturada o ligeramente fractura, compuesto por arenas con niveles de lutitas.

**Clasificación del Sello (evento BC\_0033)**

Tipo de Suelo	Descripción del suelo	Velocidad de ondas de corte $V_s$ (m/s)*	Resistencia a la Penetración Estándar (PT) (MPa)
A	Roca muy dura	$V_s > 1500$	N/A
B	Roca	$760 < V_s < 1500$	N/A
C	Suelo muy denso o roca blanda	$360 < V_s < 760$	$N > 50$
D	Suelo rígido	$180 < V_s < 360$	$15 < N < 50$
E	Suelo blando	$V_s < 180$	$N < 15$

Período de vibración fundamental del terreno
$T(0,0)$
$T(0,84)/V_s(0)$
0.23

$V_s$  (m/s)\*, Velocidad promedio de ondas de corte en los 30 m más superficiales.  
 N\*, Número de golpes

**IBC - 2005**

$V_s$ (m/s)	575.77
Tipo de Suelo	C

**NTP E-030 - 2008**

$V_s$ (m/s)	575.77
Tipo de Suelo	Roca o Suelos muy rígidos

**Clasificación Suelo a NTP E-030 - 2008**

Tipo de Suelo	$V_s$ (m/s)	Descripción
S0	$V_s < 1500$	Roca dura
S1	$500 < V_s < 1500$	Roca o Suelo muy rígidos
S2	$180 < V_s < 500$	Suelo intermedios
S3	$V_s < 180$	Suelo Blando

- Parámetros elásticos

Anexo B		Parámetros Elásticos del Terreno		MASW-01	LRS-01
Coordenadas del centro				Lugar	
Este (m)	277945.22	Norte (m)	8676470.11	AA.MH. LAS LOMAS DE SAN BENTIV	
RELACIONES DE POISSON				FORMULACIONES	

Tipo de Suelo	Relación de Poisson (ν)	Tipo de Suelo	Relación de Poisson (ν)
Arena Suelta	0.30 - 0.40	Stake & Woods (1972)	ν=0.31, para sedimentos no consolidados y no saturados.
Arena Media	0.25 - 0.40		
Arena Densa	0.30 - 0.45		
Arena Limosa	0.20 - 0.40		
Arena Blanca	0.15 - 0.25	Devis & Schutens (1980)	0.4982 < ν < 0.4997, para arcillas
Arena Media	0.30 - 0.50	Stempel et al. (1984)/ Meissner et al. (1995)	ν=0.31, para sedimentos superficiales, arcillosos y saturados.
Braga M. Das Fundamentos de Ing. Geotécnica			
Tipo de Suelo	Relación de Poisson (ν)	Tipo de Suelo	Relación de Poisson (ν)
Arcilla	0.40 - 0.45	Tibb & Donaldson (1996)	0.14 < ν < 0.41, para diferentes litologías y grados de saturación.
Arena	0.30 - 0.40		
Roca	0.15 - 0.25		
Rosales, Cristina. (2001). Comportamiento Sísmico de los Depósitos de Suelos del Área del Casaveralito, Cali, Colombia.			

Teoría de elasticidad de las ondas sísmicas (Kramer, 1996)

$$V_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} \quad , \quad V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

Relacionando las velocidades de ondas (Kramer, 1996)

$$Relación de Poisson (ν) \quad \nu = \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{2(V_p/V_s)^2 - 1}$$

Módulo de Young (Ea)  $E_s = 2(1 + \nu)G$

Módulo de Corte (G<sub>max</sub>)  $G_{max} = \rho V_s^2$

Prof. (m)	Vs Vs (m/s)	Vp Vp (m/s)	ν (Trib)	νp/νs (Trib)	ν (Trib)	Módulo de corte Gd (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de Young Ed (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo Volumétrico Kd (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de corte Gc (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de Young Ec (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo Volumétrico Kc (Trib)
1.27	488.67	1162.08	1.61	2.68	0.40	3186.23	8883.67	15246.14	318.62	888.36	1524.61
3.31	455.78	1270.13	1.50	2.09	0.35	4588.96	12906.91	19176.80	458.90	1290.89	1917.68
3.71	595.45	1577.27	1.47	2.63	0.42	5407.53	15309.78	30211.53	540.75	1530.98	3021.15
4.20	646.57	1745.40	1.50	2.70	0.42	6186.39	18143.40	38234.27	618.64	1814.34	3823.41
5.27	691.68	1821.79	1.51	2.73	0.43	7960.88	21286.80	47376.52	796.09	2128.68	4737.65
6.30	801.08	2160.19	1.57	2.82	0.41	10284.13	29920.85	58573.38	1028.41	2992.14	5857.34
7.21	908.48	2154.89	1.62	2.87	0.39	13876.25	38217.16	76841.80	1387.63	3821.72	7684.18
8.20	1018.84	2209.79	1.68	2.18	0.36	17979.88	48988.01	105949.90	1797.98	4898.80	10594.99
8.90	1141.20	2297.72	1.73	2.01	0.34	23017.25	61518.04	142423.98	2301.72	6151.60	14242.10
10.20	1321.83	2385.65	1.82	1.80	0.28	32422.74	82974.27	172718.43	3242.27	8297.43	17271.84
11.20	1542.80	2743.88	1.87	1.78	0.27	46702.21	118561.07	254718.85	4670.22	11856.01	25471.88



EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A TRAVÉS DE MÉTODOS GEOSÍSMICOS Y CORTE TRIAXIAL DEL DISTRITO DE COMAS - LIMA 2022

Anexo B		Parámetros Elásticos del Terreno		MASW-02	LRS-02
Coordenadas del centro					
Este (m)	277967.82	Norte (m)	8678692.08	Lugar	
				AA.HH. LAS LOMAS DE SAN BENTIN	
RELACIONES DE POISSON				FORMULACIONES	

Tipo de Suelo	Relación de Poisson (ν)	Tipo de Suelo	Relación de Poisson (ν)
Arena Suelta	0.20 - 0.40	Stake & Woods (1972)	ν=0.31, para sedimentos no consolidados y no saturados.
Arena Medía	0.25 - 0.40		
Arena Densa	0.30 - 0.45		
Arena Limosa	0.20 - 0.40	Davis & Schuteles (1980)	0.4982 < ν < 0.4997, para arcillas
Arena Blanda	0.15 - 0.25		
Arena Medía	0.20 - 0.50		
Brazo M. Das-Fundamentos de Ing. Geotécnica		Stuempel et al. (1984)/ Meisner et al. (2005)	
Tipo de Suelo	Relación de Poisson (ν)		ν=0.31, para sedimentos superficiales, arcillosos y saturados.
Arcilla	0.40 - 0.45	Tub & Donaldson (1996)	0.34 < ν < 0.41, para diferentes litologías y grados de saturación.
Arena	0.30 - 0.40		
Roca	0.15 - 0.25		
Rosales, Cristina. (2001).		Rosales, Cristina. (2001). Comportamiento Sísmico de los Depósitos de Suelos del Área del Canaviealero, Cali, Colombia.	

Teoría de elasticidad de las ondas sísmicas (Kramer, 1996)

$$V_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} \quad ; \quad V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

Relacionando las velocidades de ondas (Kramer, 1996)

$$\text{Relación de Poisson } (\nu) \quad \nu = \frac{V_p^2 / V_s^2 - 2}{2(V_p^2 / V_s^2) - 2}$$

$$\text{Módulo de Young } (E_s) \quad E_s = 2(1 + \nu)G$$

$$\text{Módulo de Corte } (G_{max}) \quad G_{max} = \rho V_s^2$$

Prof. (m)	N	Vp	ρ	Vp/Vs	ν	Módulo de corte G <sub>s</sub>	Módulo de Young E <sub>s</sub>	Módulo Volumétrico K <sub>s</sub>	Módulo de corte G <sub>s</sub>	Módulo de Young E <sub>s</sub>	Módulo Volumétrico K <sub>s</sub>
	(m/s <sup>2</sup> )	(m/s)	(t/m <sup>3</sup> )		(Poisson)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )
1.07	379.80	779.09	1.17	2.05	0.34	2017.14	8422.63	5798.38	205.71	841.26	579.84
2.31	411.23	807.31	1.29	1.96	0.32	2190.02	8334.73	6030.29	239.06	633.47	603.03
3.71	506.72	852.34	1.43	1.68	0.23	3748.52	9234.95	5612.80	374.85	503.50	506.72
4.00	597.87	925.11	1.47	1.55	0.15	5376.32	12329.41	5815.33	597.87	1232.94	581.53
5.27	689.02	1113.82	1.52	1.62	0.29	7390.35	17484.58	8407.22	739.04	1748.48	840.72
6.00	703.85	1163.42	1.52	1.65	0.21	7705.65	18668.52	10779.28	770.57	1866.85	1077.92
7.01	718.67	1230.18	1.53	1.71	0.24	8070.79	20090.72	11866.75	807.08	2009.07	1186.68
8.00	749.29	1296.94	1.55	1.73	0.25	8856.48	22132.28	14725.18	885.63	2213.22	1472.52
8.90	779.92	1352.90	1.56	1.73	0.25	9685.52	24235.31	16230.64	968.55	2423.53	1623.06
10.00	871.92	1408.85	1.61	1.61	0.19	12709.15	28703.67	15883.71	1270.91	2870.37	1588.07
15.00	1034.22	2197.14	1.68	2.12	0.36	28349.85	49826.50	58351.03	1034.22	4982.65	5835.10



EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A TRAVÉS DE MÉTODOS GEOFÍSICOS Y CORTE TRIAXIAL DEL DISTRITO DE COMAS - LIMA 2022

Anexo B		Parámetros Elásticos del Terreno		MASW-03	LRS-03
Coordenadas del centro					
Este (m)	277921.88	Norte (m)	8678761.95	Lugar	
				AA.HH. LAS LOMAS DE SAN BENTIN	
RELACIONES DE POISSON				FORMULACIONES	

Tipo de Suelo	Relación de Poisson (ν)	Tipo de Suelo	Relación de Poisson (ν)
Arena Suelta	0.20 - 0.40	Stake & Woods (1972)	ν=0.31, para sedimentos no consolidados y no saturados.
Arena Medía	0.25 - 0.40		
Arena Densa	0.30 - 0.45		
Arena Limosa	0.20 - 0.40	Davis & Schuteles (1980)	0.4982 < ν < 0.4997, para arcillas
Arena Blanda	0.15 - 0.25		
Arena Medía	0.20 - 0.50		
Brazo M. Das-Fundamentos de Ing. Geotécnica		Stuempel et al. (1984)/ Meisner et al. (2005)	
Tipo de Suelo	Relación de Poisson (ν)		ν=0.31, para sedimentos superficiales, arcillosos y saturados.
Arcilla	0.40 - 0.45	Tub & Donaldson (1996)	0.34 < ν < 0.41, para diferentes litologías y grados de saturación.
Arena	0.30 - 0.40		
Roca	0.15 - 0.25		
Rosales, Cristina. (2001).		Rosales, Cristina. (2001). Comportamiento Sísmico de los Depósitos de Suelos del Área del Canaviejalero, Cali, Colombia.	

Teoría de elasticidad de las ondas sísmicas (Kramer, 1996)

$$V_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} \quad ; \quad V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

Relacionando las velocidades de ondas (Kramer, 1996)

$$\text{Relación de Poisson } (\nu) = \frac{V_p^2 / V_s^2 - 2}{2(V_p^2 / V_s^2) - 2}$$

$$\text{Módulo de Young } (E_s) = 2(1 + \nu)G$$

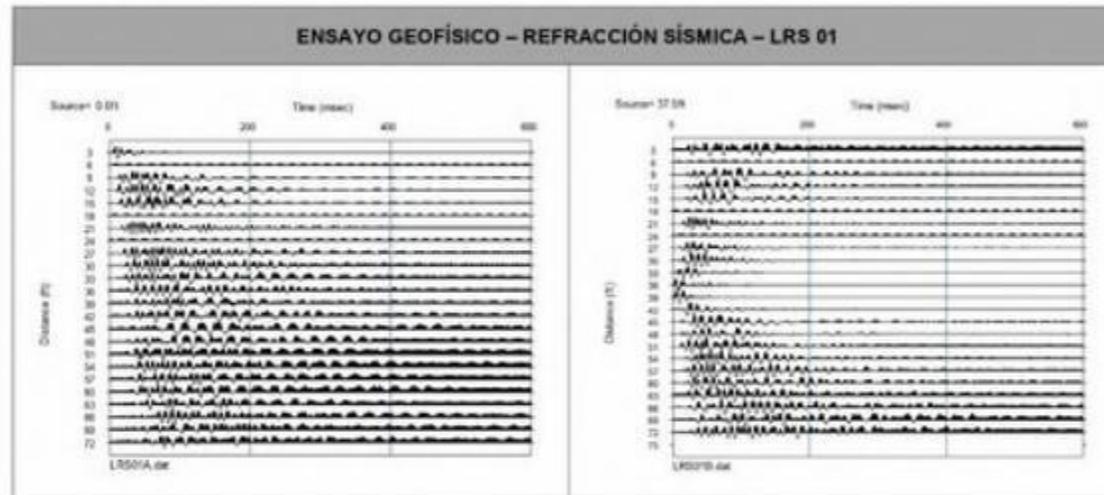
$$\text{Módulo de Corte } (G_{max}) = \rho V_s^2$$

Prof. (m)	N M (m/s)	Vp Vp (m/s)	ρ (Tn/m <sup>3</sup> )	Vp/Vs	ν (Poisson)	Módulo de corte G (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de Young E (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo Volumétrico K (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de corte G (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de Young E (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo Volumétrico K (Tn/m <sup>2</sup> )
1.07	306.87	728.92	1.34	2.38	0.39	1283.52	3574.01	5530.80	128.35	357.41	553.08
2.31	387.62	745.53	1.37	1.92	0.31	2106.72	5529.89	4984.46	210.67	552.97	498.45
3.71	431.82	820.15	1.40	1.90	0.31	2854.38	8945.16	8036.58	285.44	894.52	803.66
4.00	451.38	868.02	1.40	1.92	0.31	2925.76	7677.13	8964.57	292.58	767.71	896.46
5.27	470.95	940.34	1.41	2.00	0.33	3199.47	8527.20	8485.70	319.95	852.72	848.57
6.00	501.69	1248.43	1.43	2.09	0.35	3668.23	9915.34	11229.48	366.82	991.53	1122.95
7.01	532.42	1158.52	1.44	2.17	0.37	4175.73	11398.72	14128.35	417.57	1139.87	1412.83
8.00	571.52	1305.08	1.46	2.28	0.38	4870.83	13448.02	18750.29	487.08	1344.80	1875.02
8.90	620.59	1445.64	1.48	2.37	0.39	5630.42	15668.75	24054.71	563.04	1566.87	2405.47
10.00	672.88	1578.95	1.51	2.35	0.39	6974.04	19374.64	29105.18	697.40	1937.46	2910.51
13.00	751.92	1721.45	1.55	2.29	0.38	8925.94	24671.34	34882.96	892.59	2467.13	3488.30

- Registro de ondas

	<b>PROYECTO:</b> EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A TRAVÉS DE MÉTODOS GEOFÍSICOS Y CORTE TRIAXIAL DEL DISTRITO DE COMAS - LIMA 2021
---	--

**REGISTRO DE ONDAS**

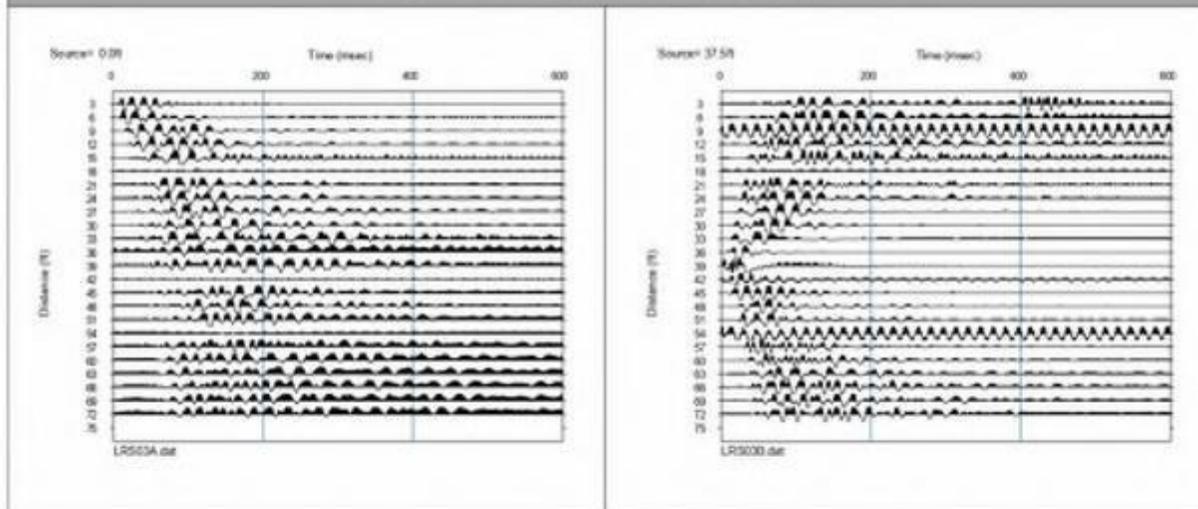




PROYECTO:  
EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A TRAVÉS DE MÉTODOS GEOFÍSICOS Y CORTE TRIAXIAL  
DEL DISTRITO DE COMAS - LIMA 2021

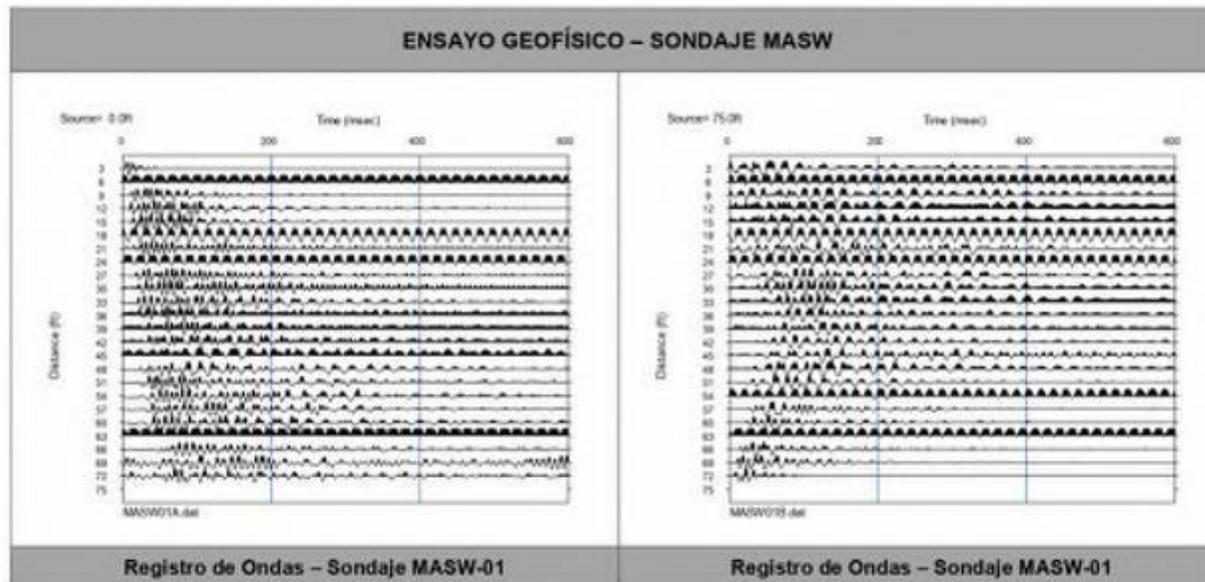
**REGISTRO DE ONDAS**

**ENSAYO GEOFÍSICO – REFRACCIÓN SÍSMICA – LRS03**



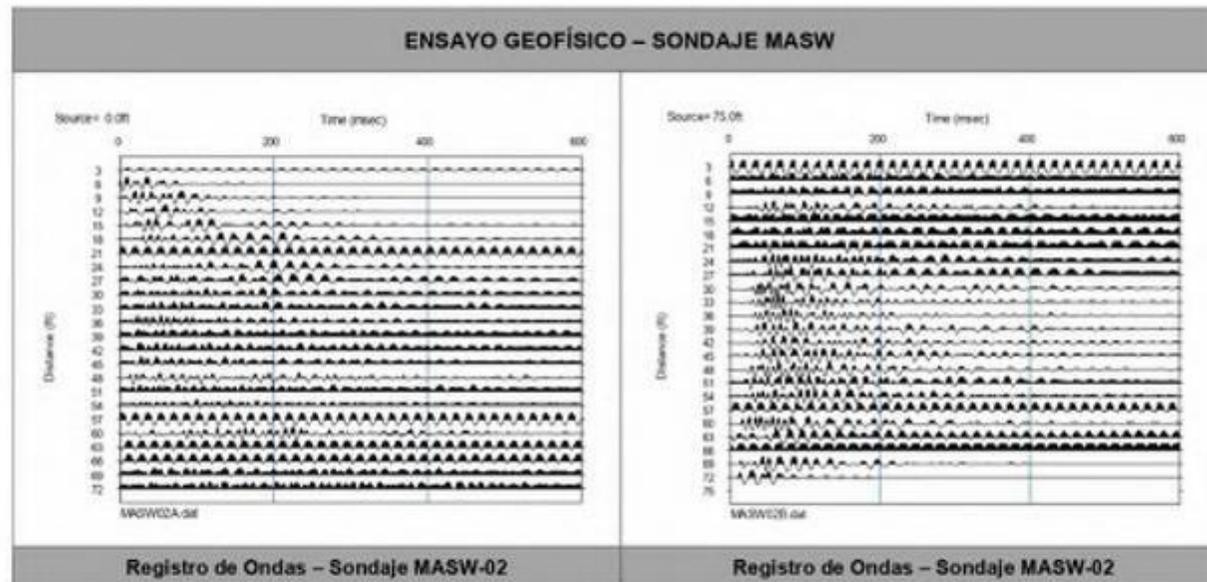


**REGISTRO DE ONDAS**





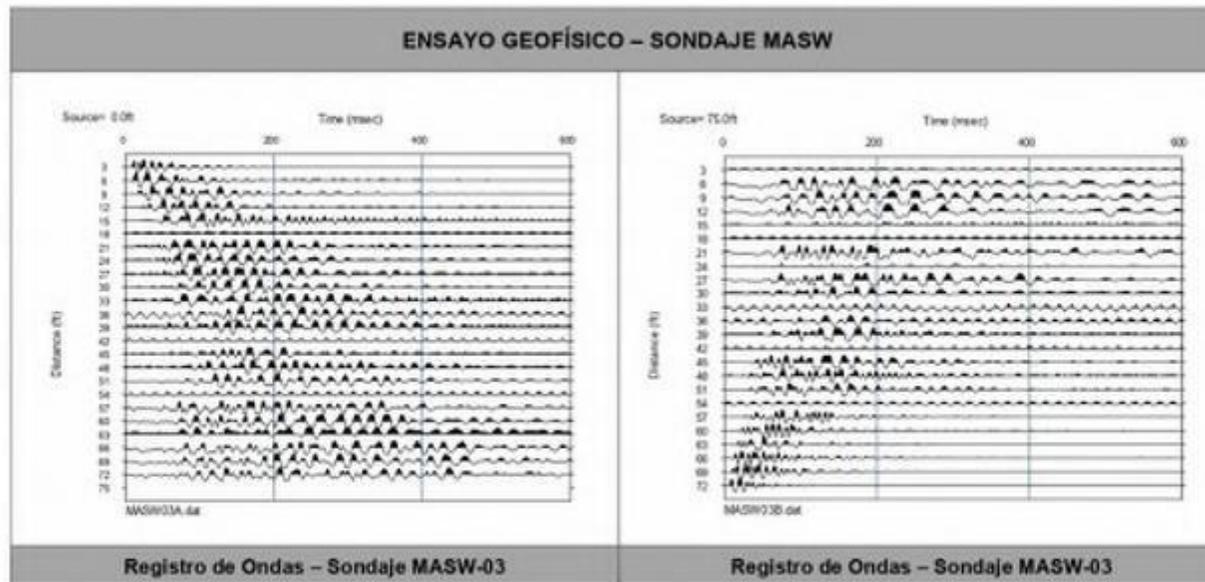
**REGISTRO DE ONDAS**





PROYECTO:  
EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A TRAVÉS DE MÉTODOS GEOFÍSICOS Y CORTE TRIAXIAL  
DEL DISTRITO DE COMAS - LIMA 2021

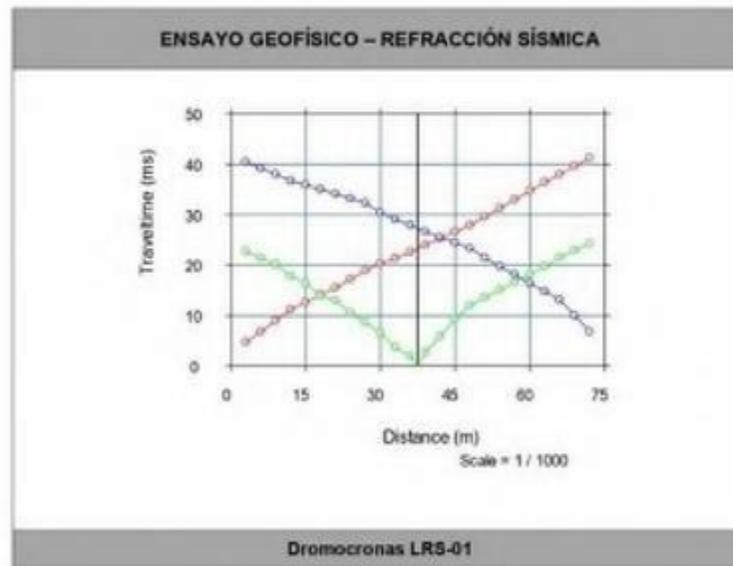
**REGISTRO DE ONDAS**



- Dromocronas

	<p>PROYECTO: EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A TRAVÉS DE MÉTODOS GEOFÍSICOS Y CORTE TRIAXIAL DEL DISTRITO DE COMAS - LIMA 2021</p>
---	---

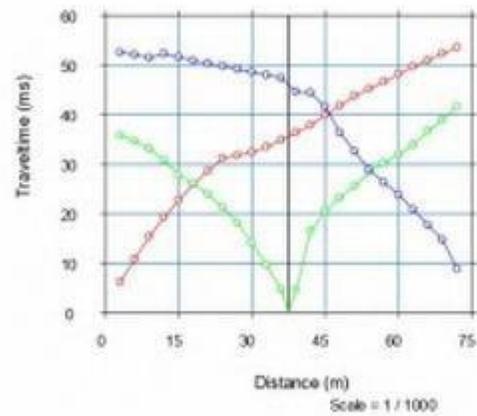
**DROMOCRONAS**





**DROMOCRONAS**

**ENSAYO GEOFÍSICO – REFRACCIÓN SÍSMICA**

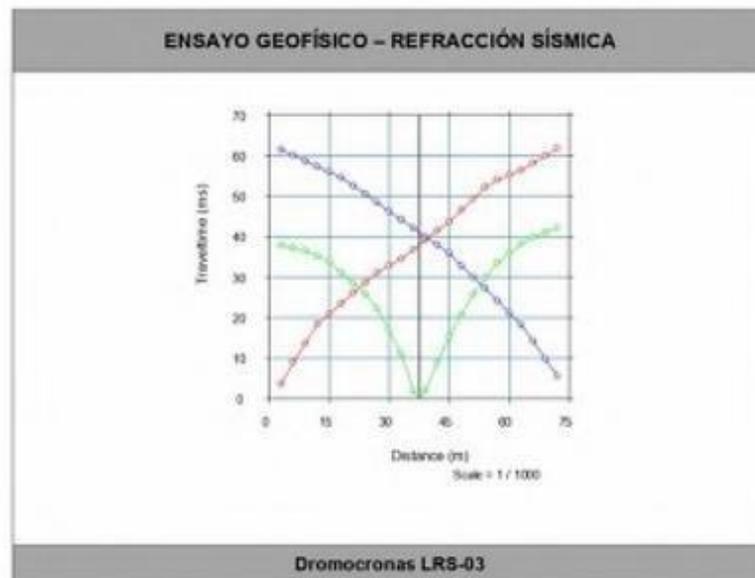


Dromocronas LRS-02



PROYECTO:  
EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A TRAVÉS DE MÉTODOS GEOFÍSICOS Y CORTE TRIAXIAL  
DEL DISTRITO DE COMAS - LIMA 2021

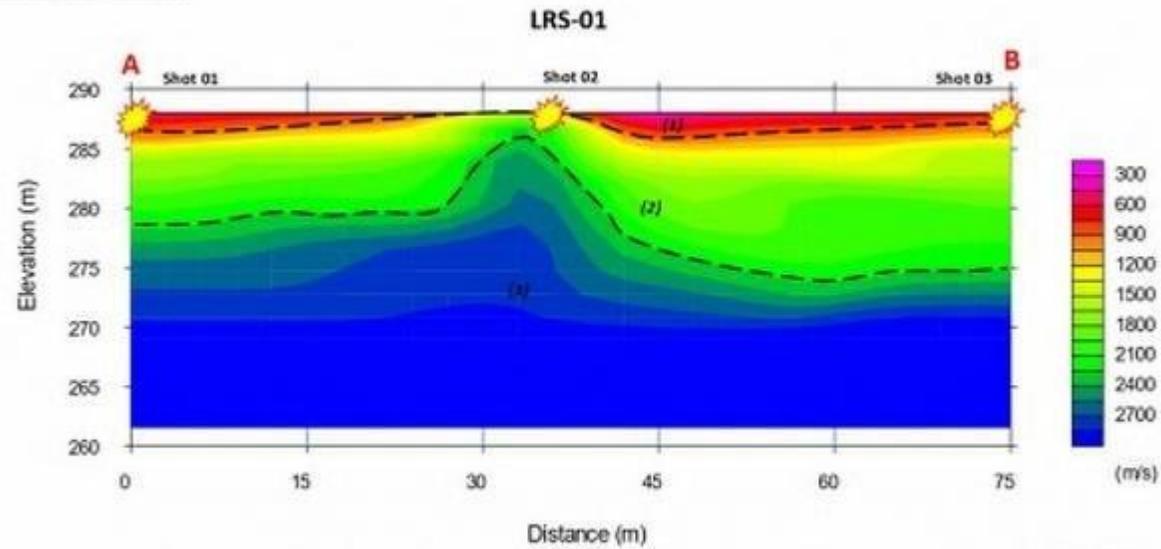
**DROMOCRONAS**



- **Perfiles sísmicos**

	<p>EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A TRAVÉS DE MÉTODOS GEOFÍSICOS Y CORTE TRIAXIAL DEL DISTRITO DE COMAS - LIMA 2021</p>
	<p>Ensayo de Refracción Sísmica – Perfiles Sísmicos – Velocidades de Ondas Compresionales (VP)</p>

**PERFILES SÍSMICOS**



- (1) Estrato asociado a rocas muy fracturadas, compuesto por areniscas con niveles de lutitas.
- (2) Roca muy fracturada a ligeramente fractura, compuesto por areniscas con niveles de lutitas.
- (3) Roca muy dura.

Scale = 1 / 526

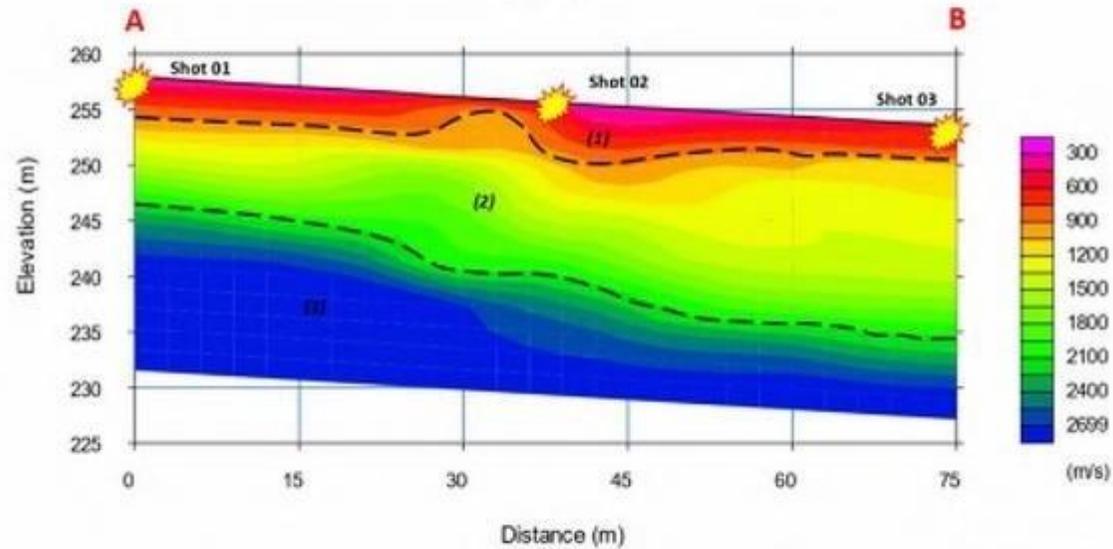


EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A TRAVÉS DE MÉTODOS GEOFÍSICOS Y CORTE TRIAXIAL DEL DISTRITO DE COMAS - LIMA 2021

Ensayo de Refracción Sísmica – Perfiles Sísmicos – Velocidades de Ondas Compresionales (VP)

**PERFILES SÍSMICOS**

**LRS-02**



Scale = 1 / 588

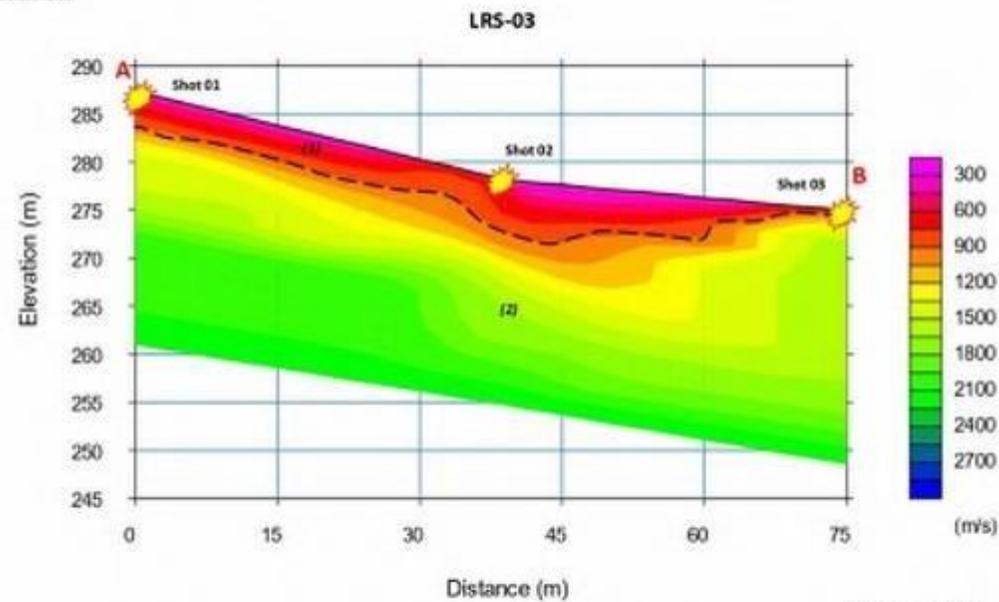
- (1) Estrato asociado a rocas muy fracturadas, compuesto por areniscas con niveles de lutitas.
- (2) Roca muy fracturada a ligeramente fractura, compuesto por areniscas con niveles de lutitas.
- (3) Roca muy dura.



EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A TRAVÉS DE MÉTODOS GEOFÍSICOS Y CORTE TRIAXIAL DEL DISTRITO DE COMAS - LIMA 2021

Ensayo de Refracción Sísmica – Perfiles Sísmicos – Velocidades de Ondas Compresionales (VP)

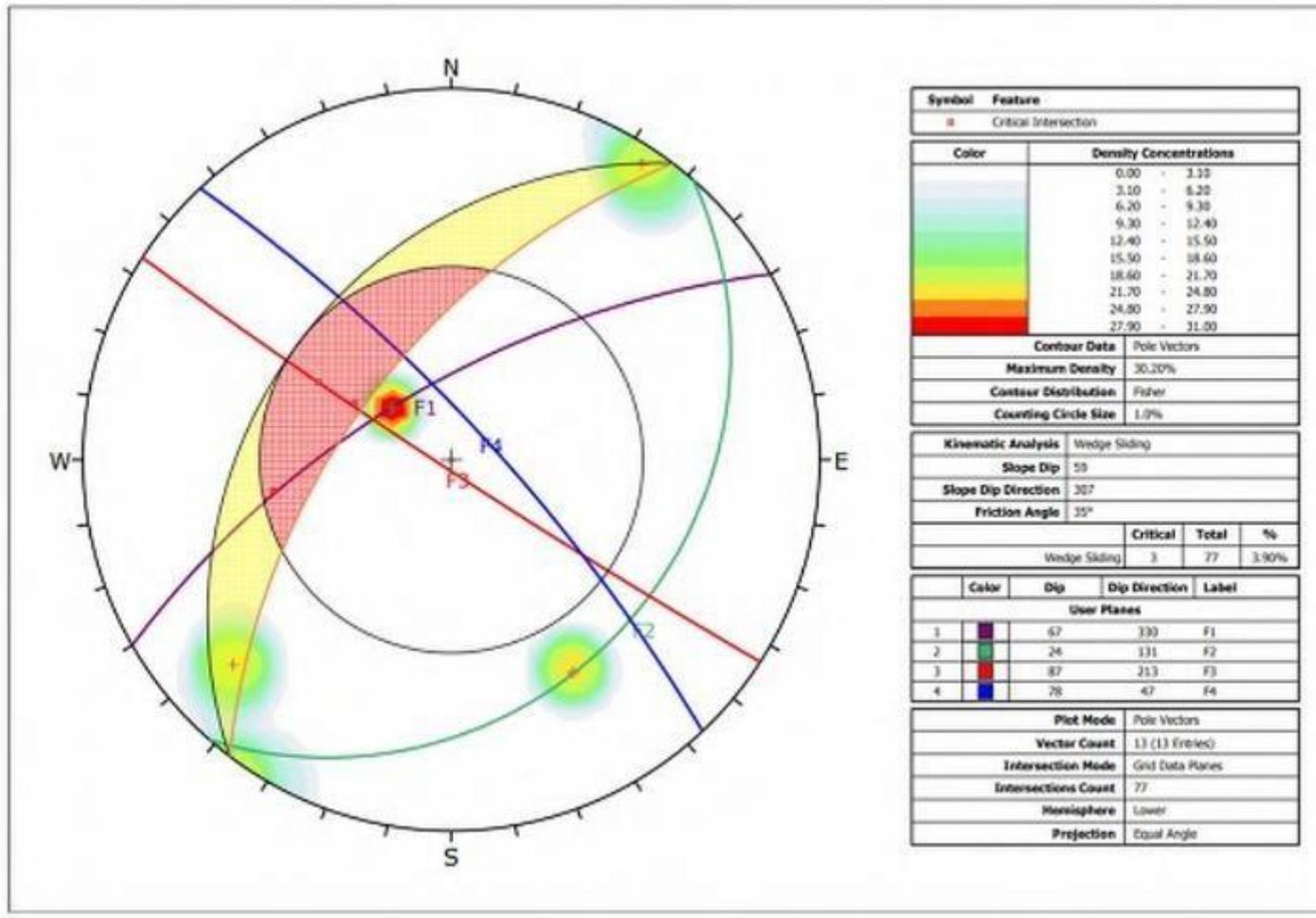
**PERFILES SÍSMICOS**

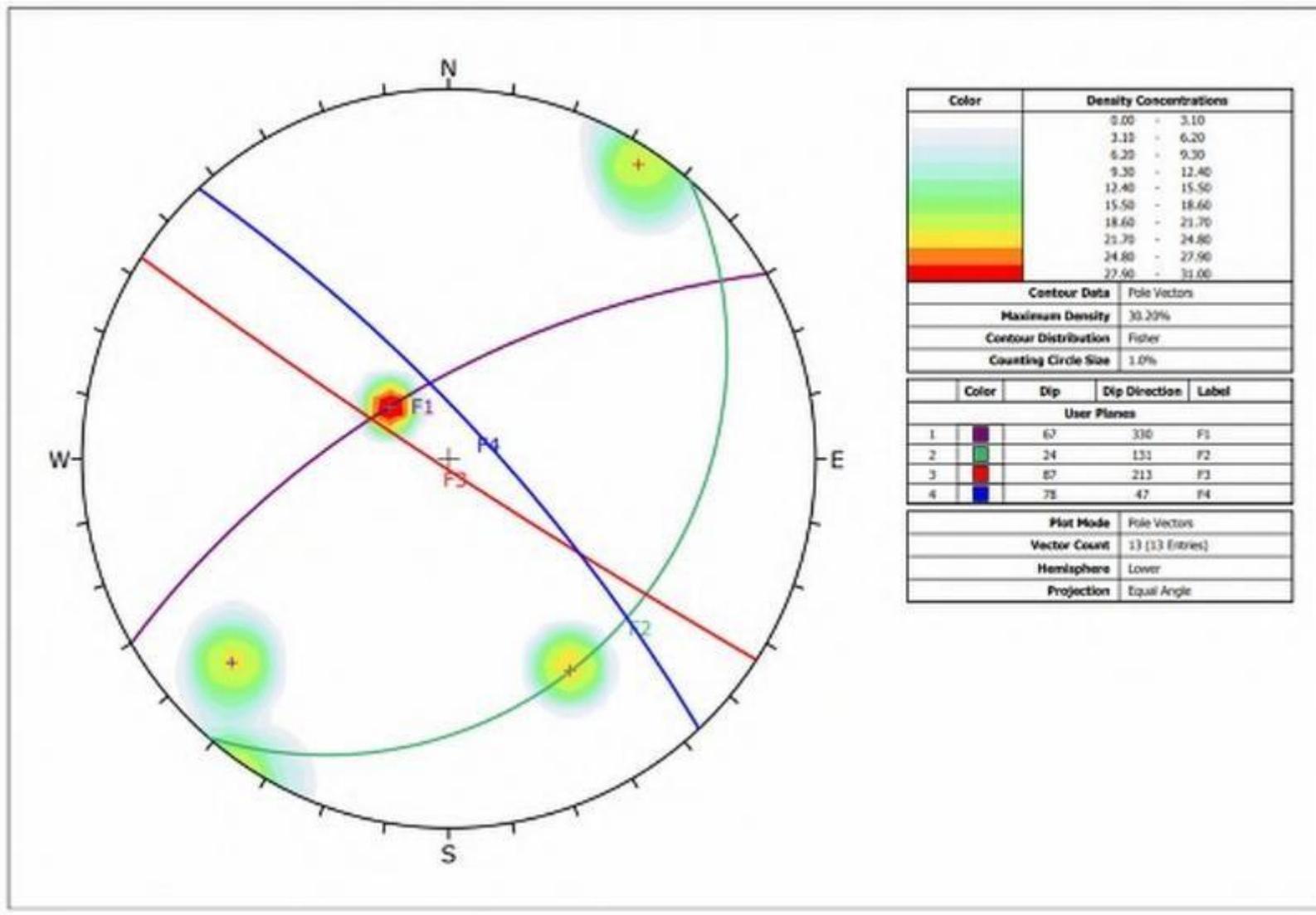


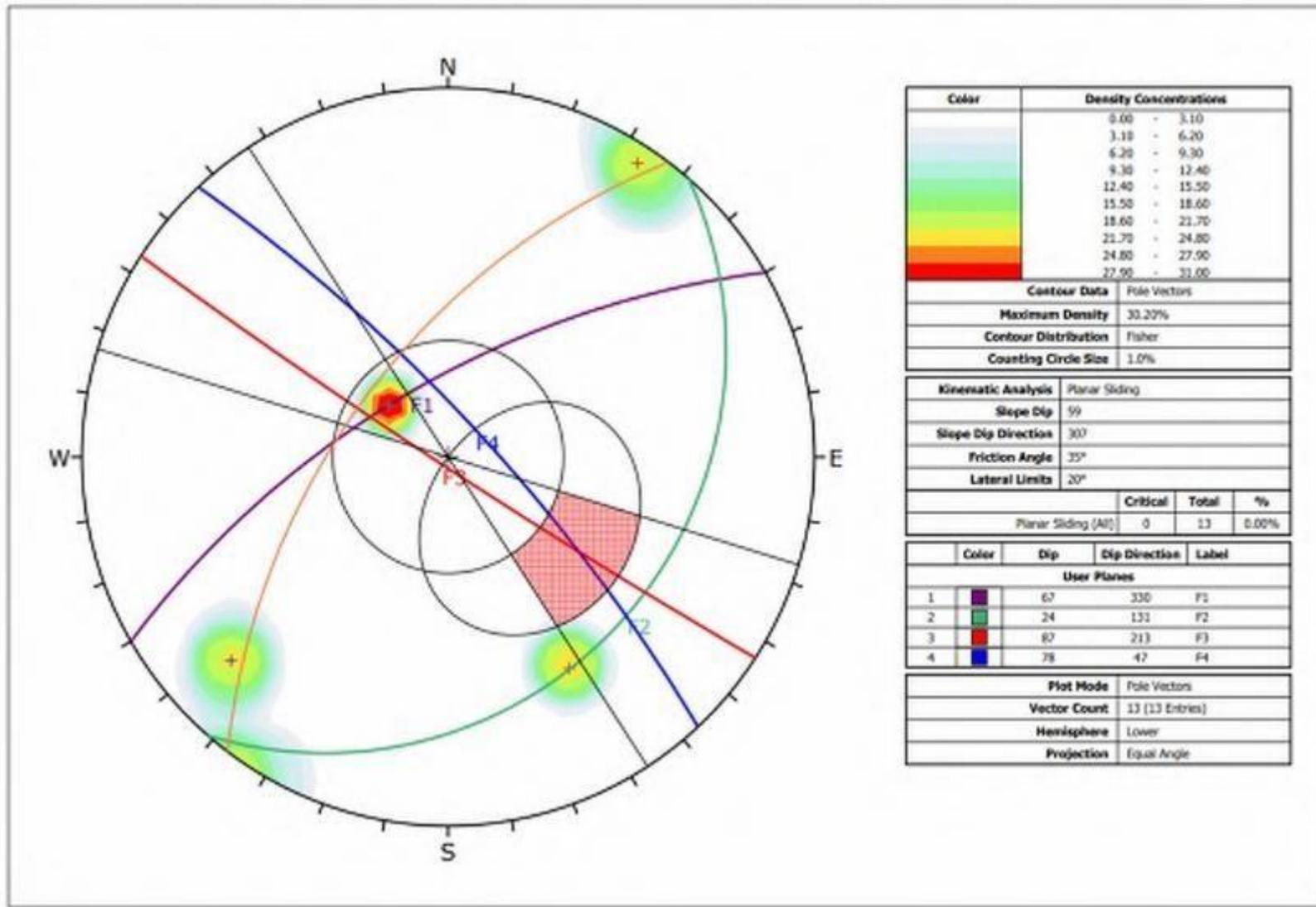
- (1) Estrato asociado a depósitos coluviales y rellenos antrópicos compuestos por gravas en matriz de arenas o rocas muy fracturadas.
- (2) Roca muy fracturada a ligera fractura, compuesto por areniscas con niveles de lutitas.

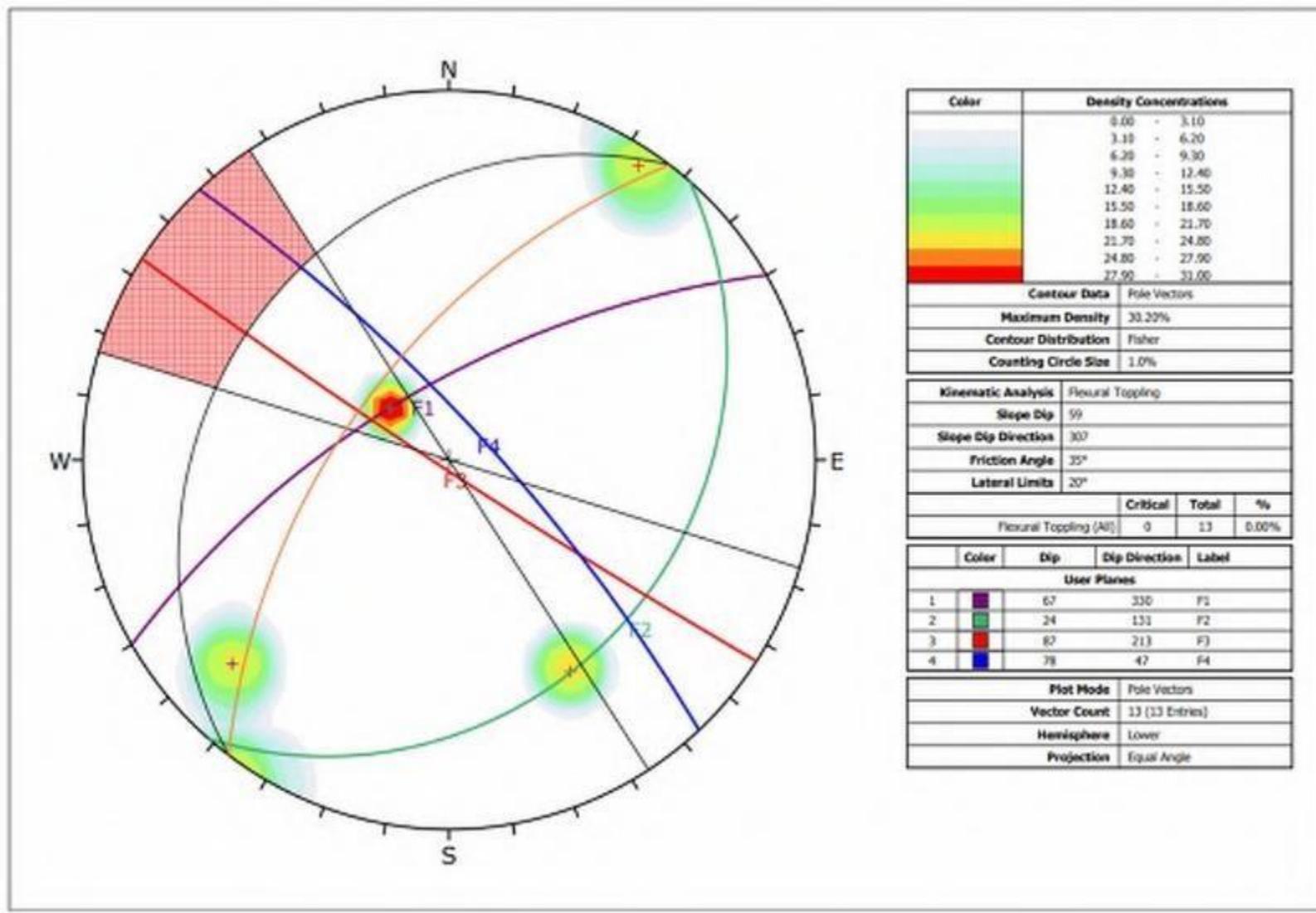
## Anexo 7N°08: Dips

### Estación 1

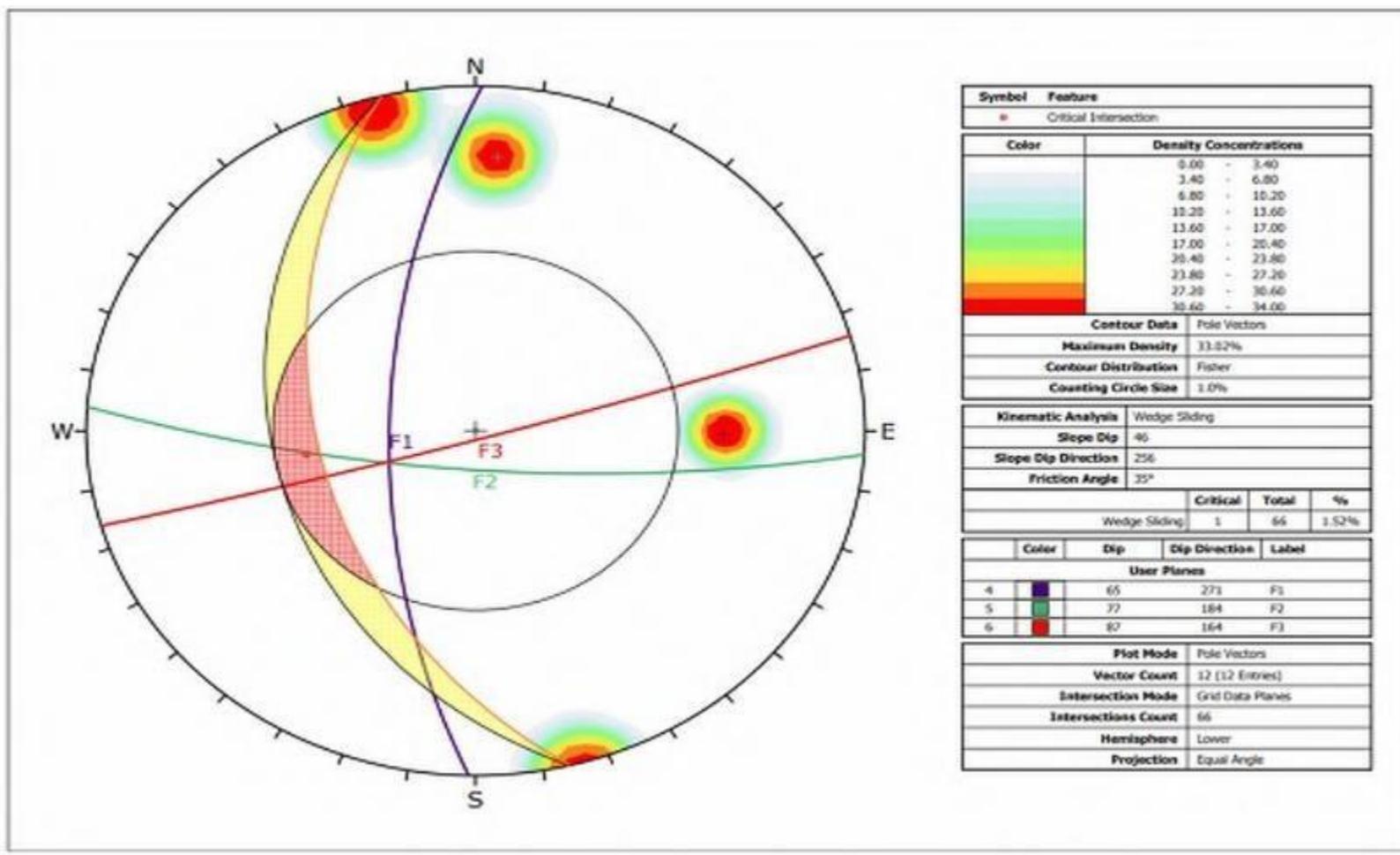


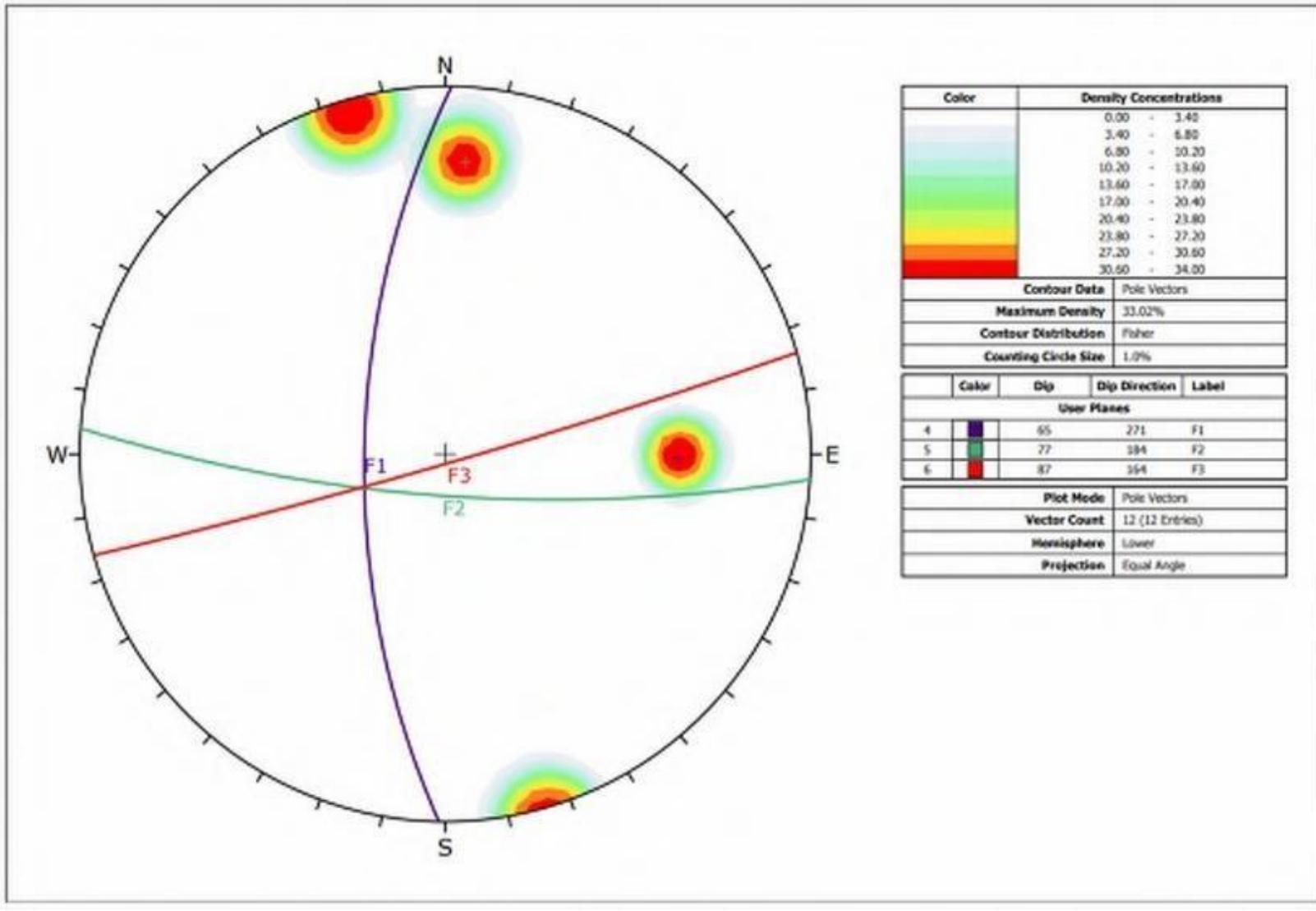


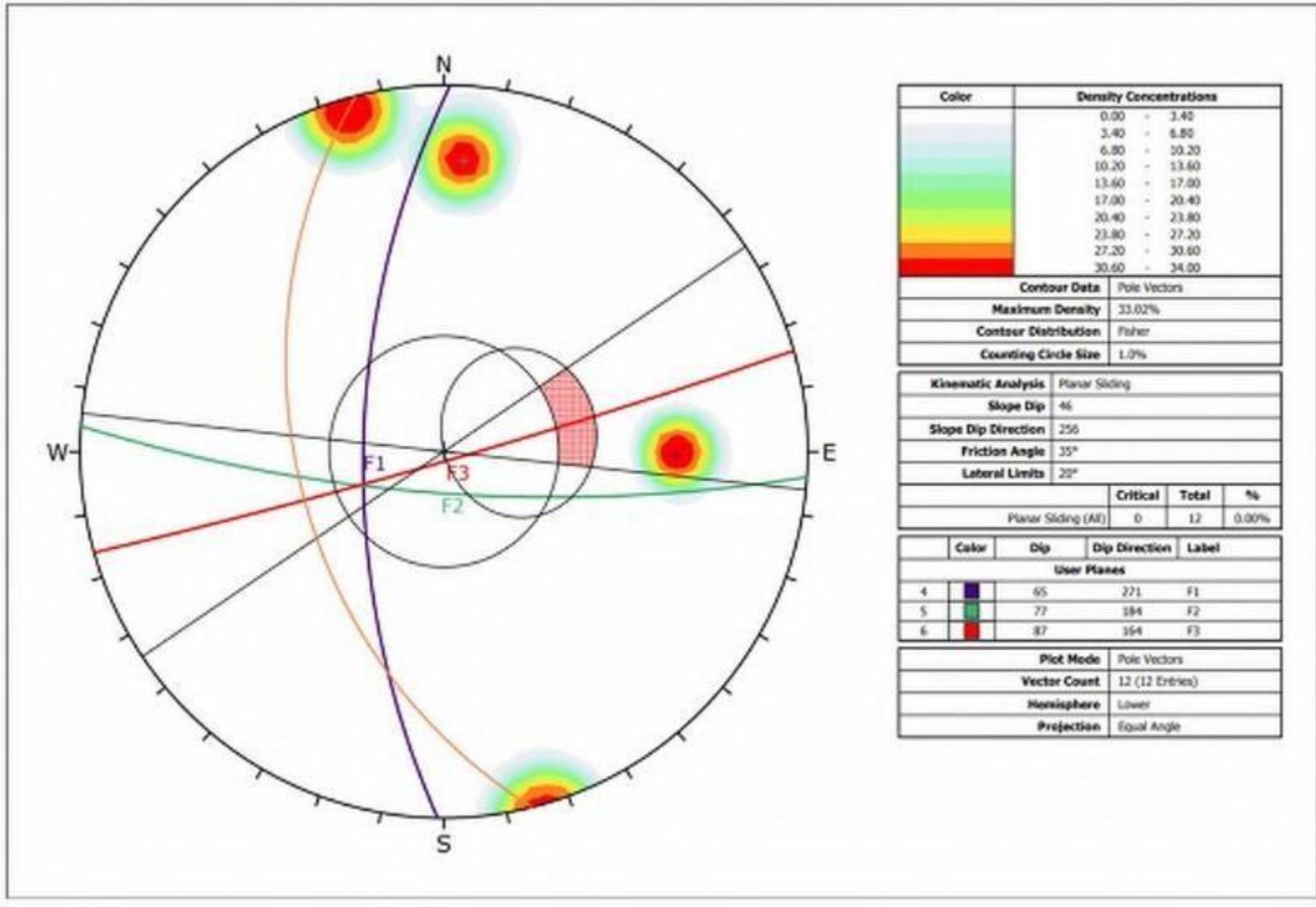




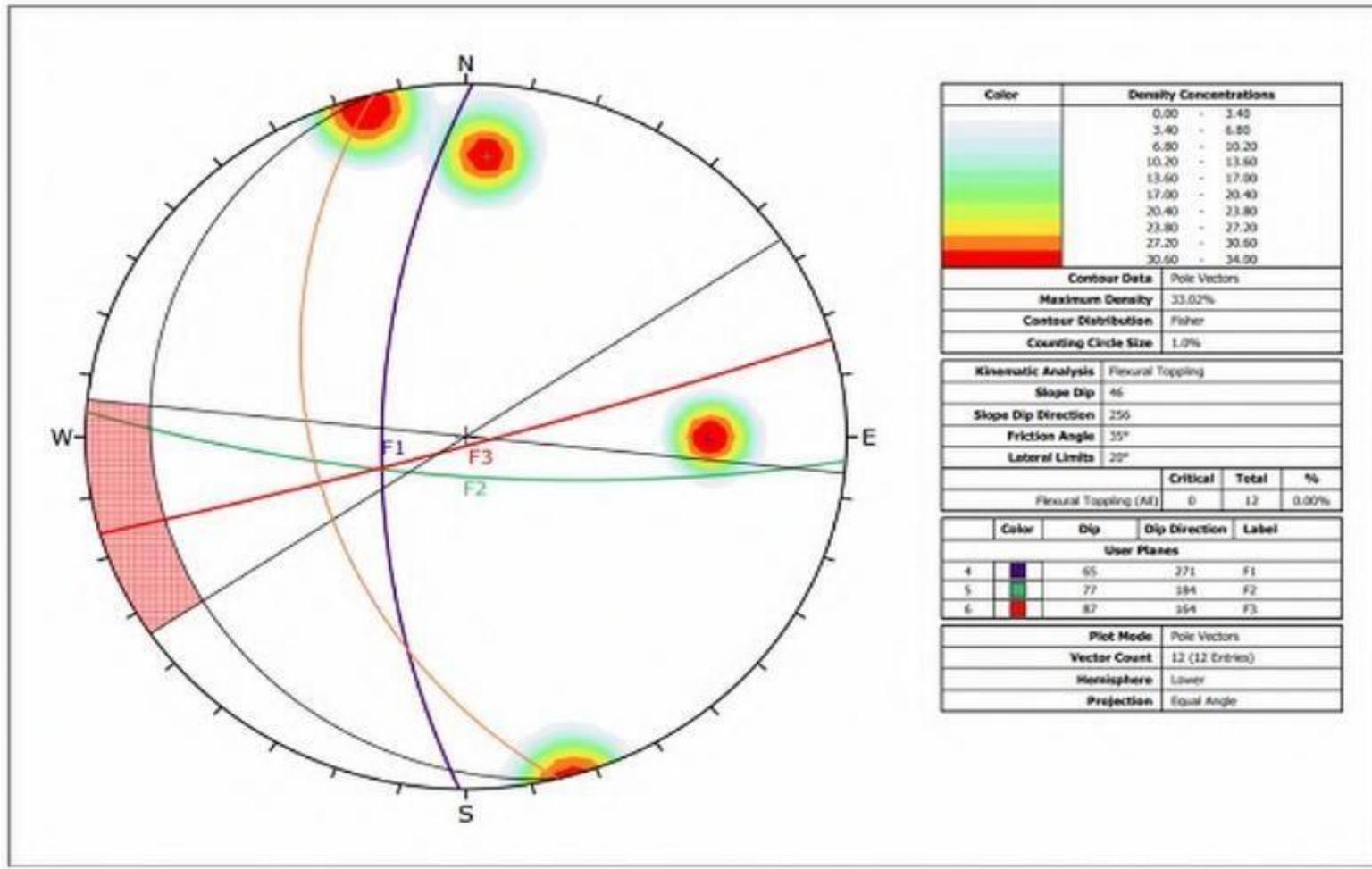
## Estación 2

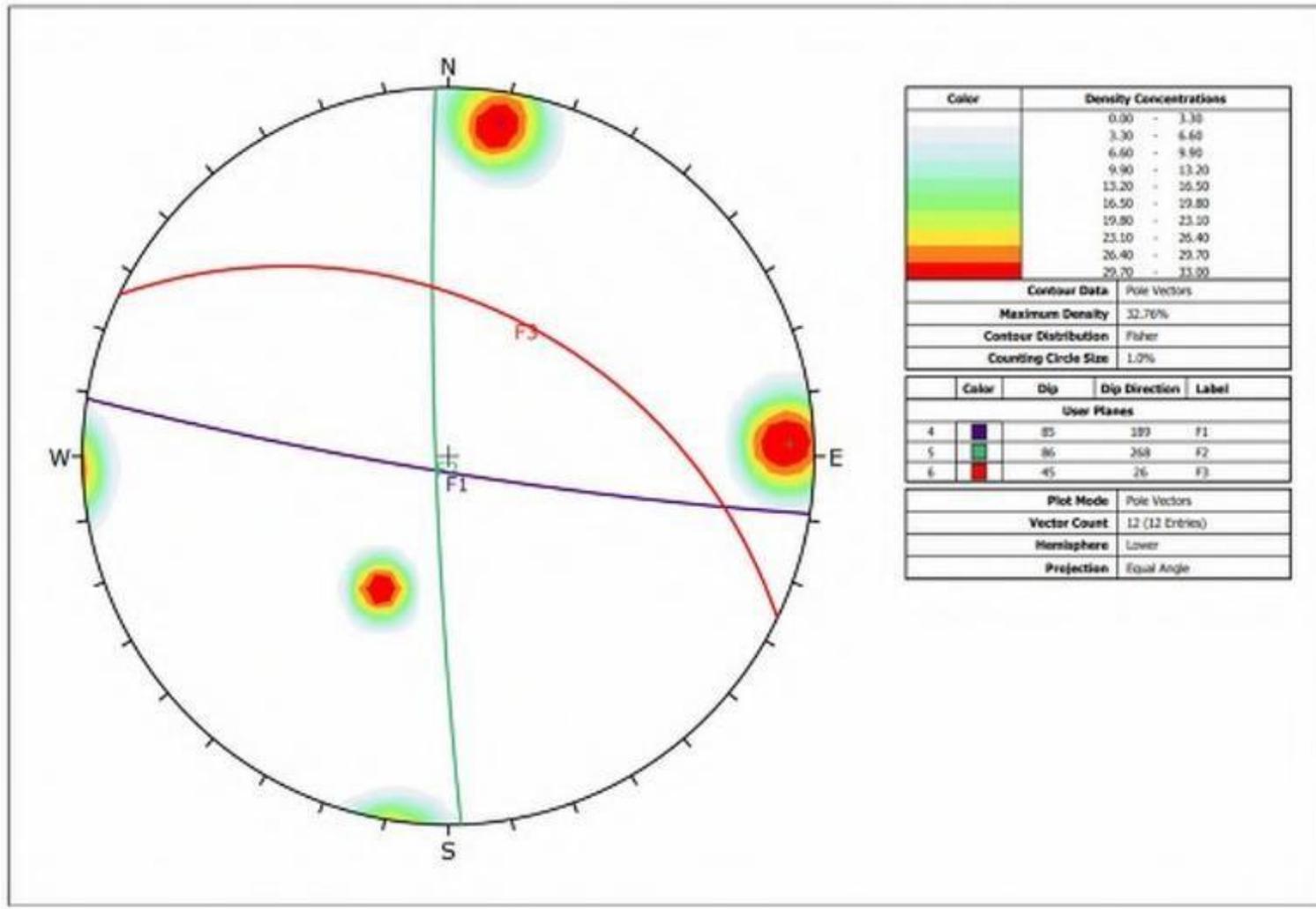


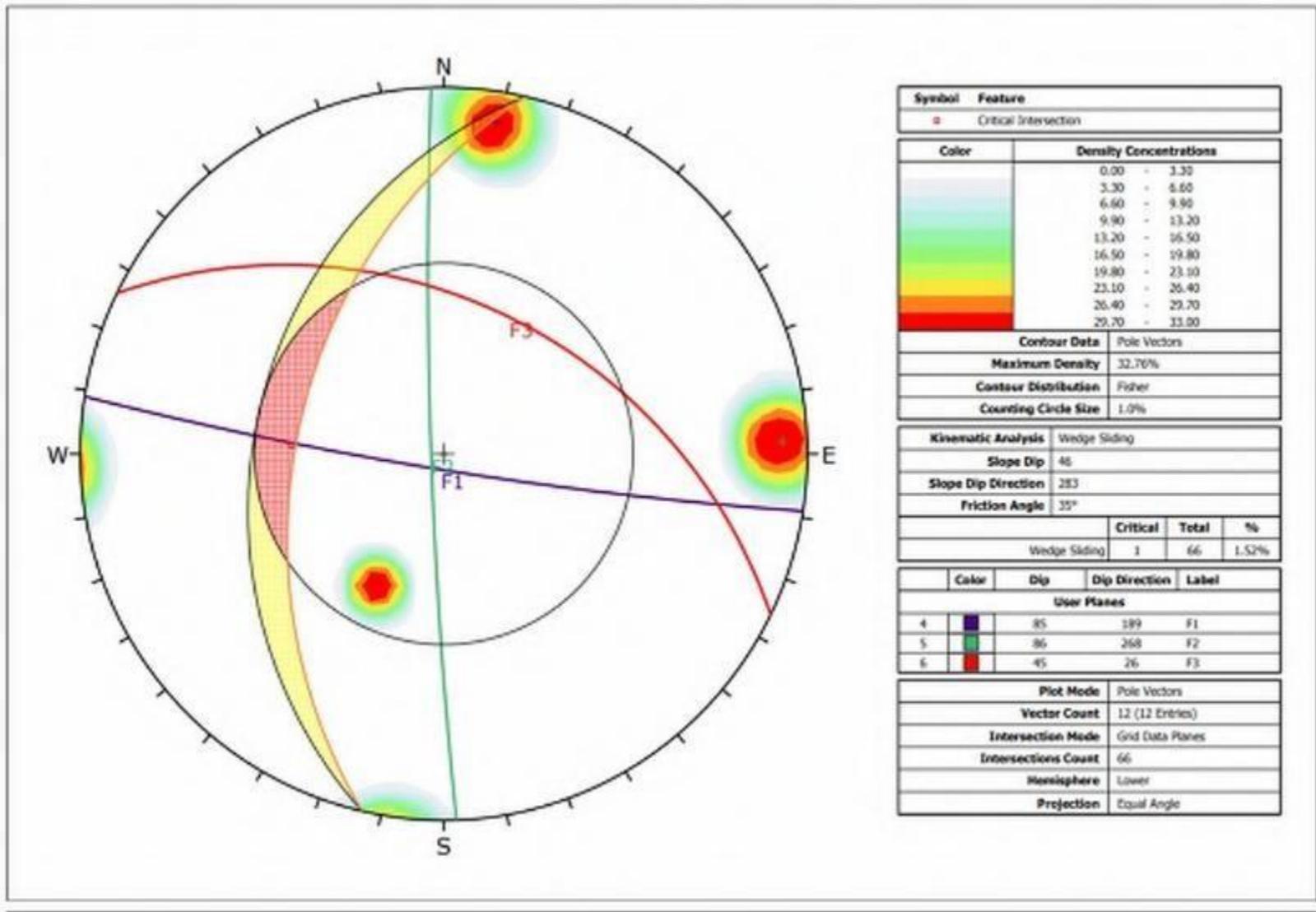


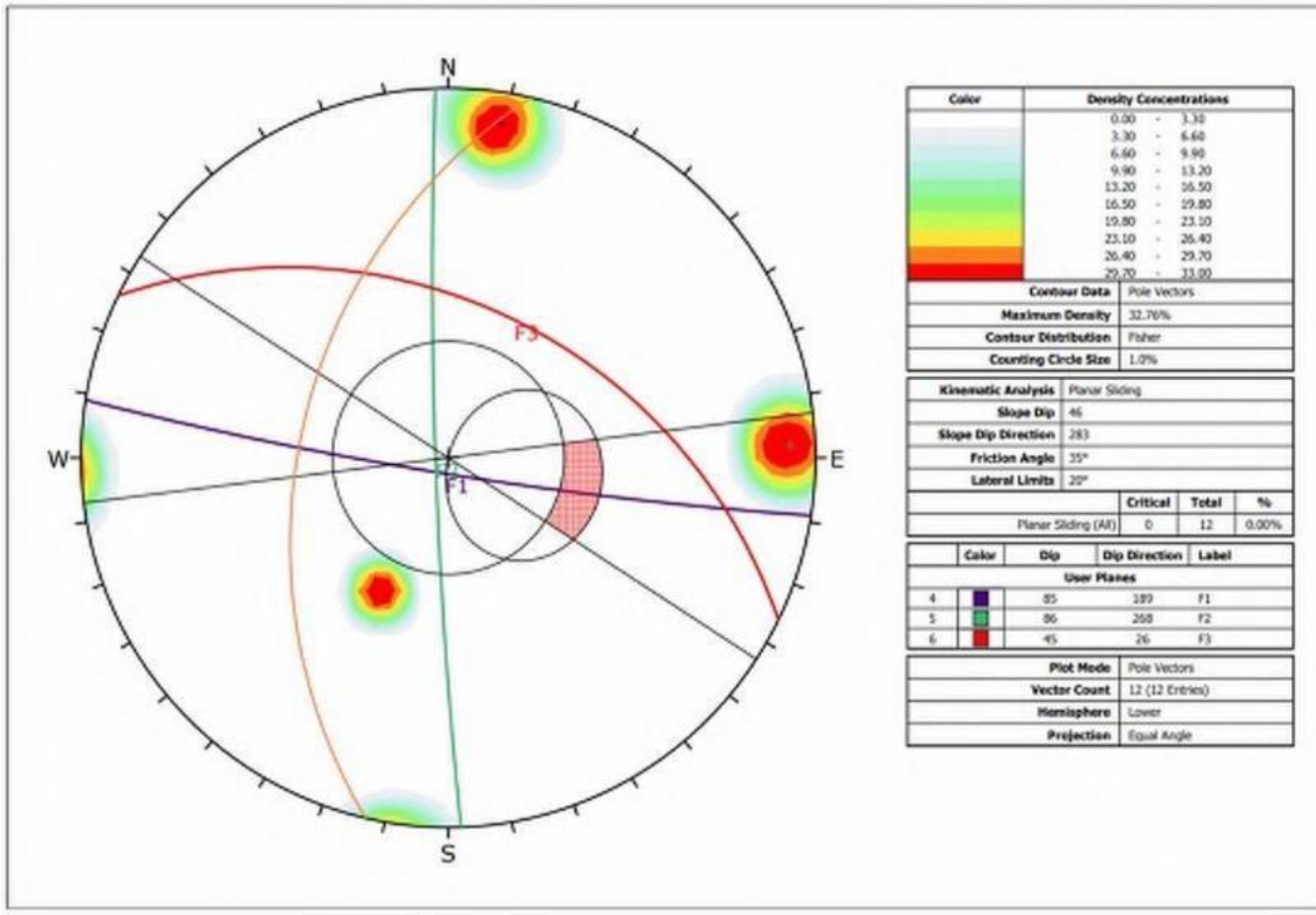


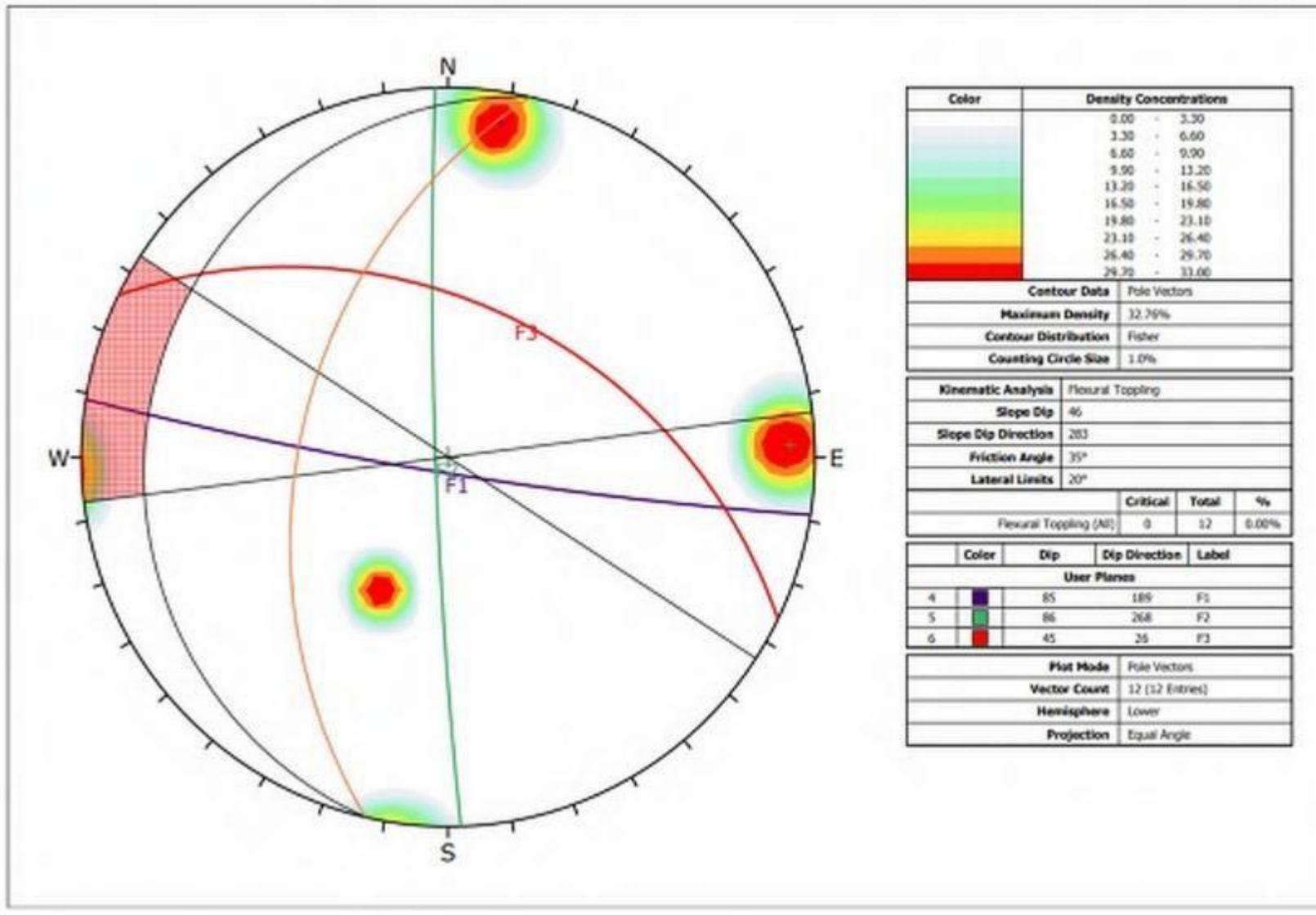
### Estación 3



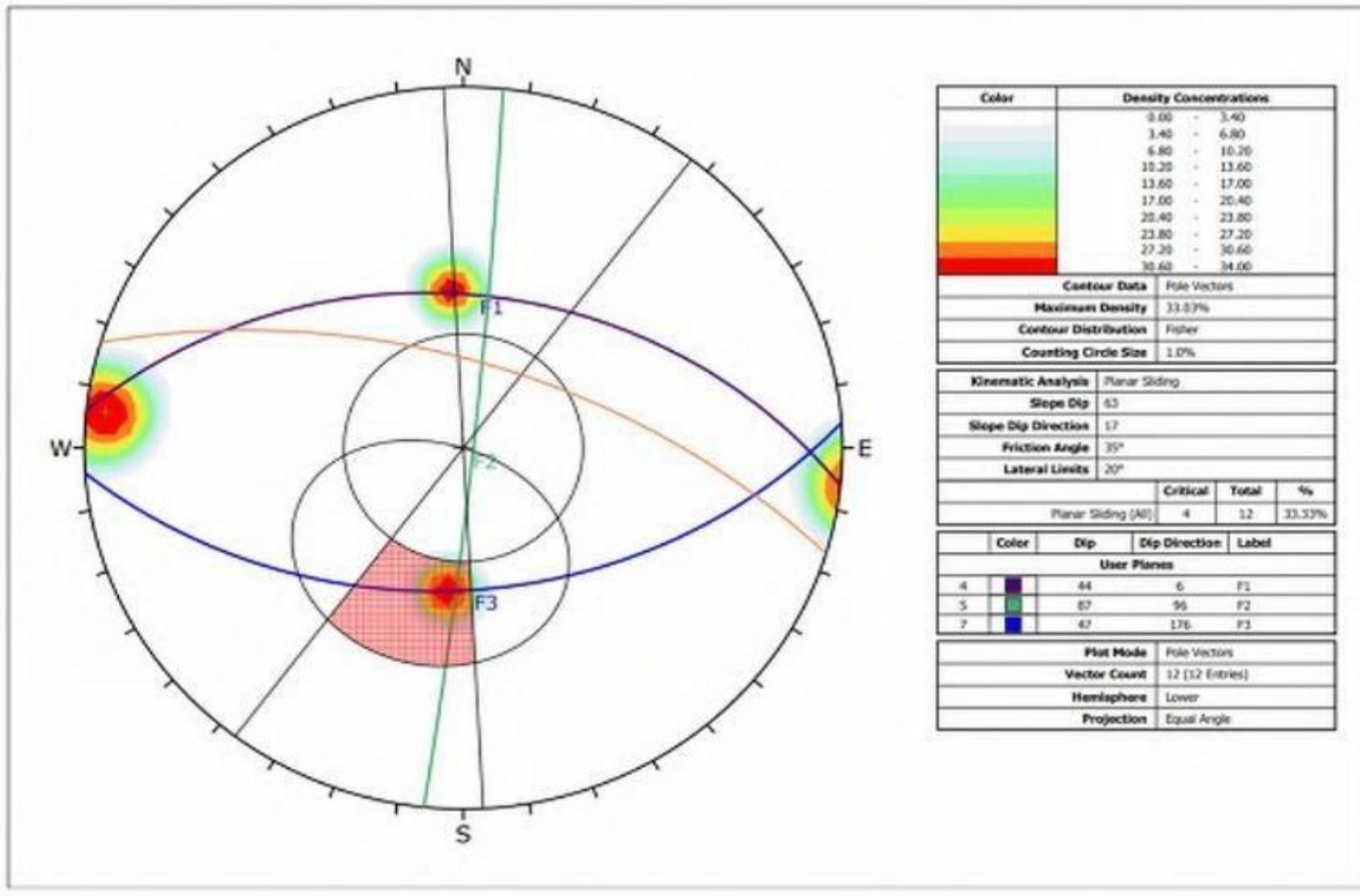


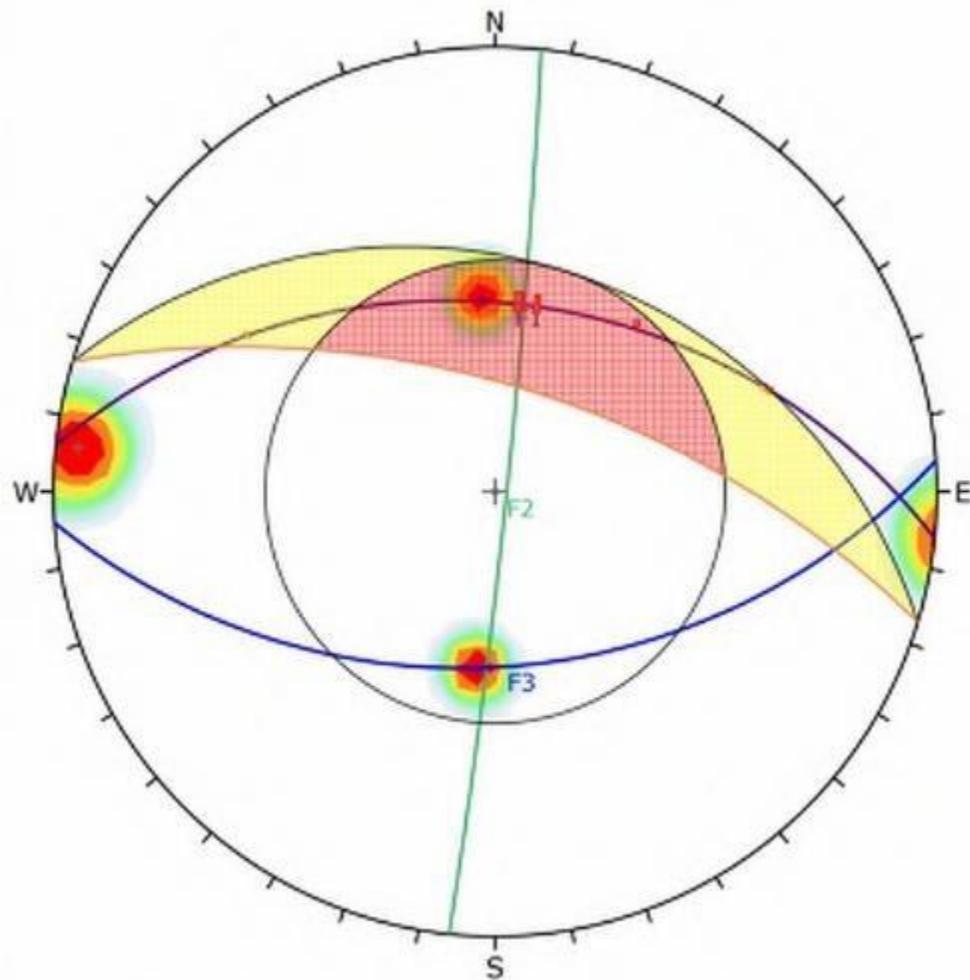






# Estación 4





Symbol	Feature
■	Critical Intersection

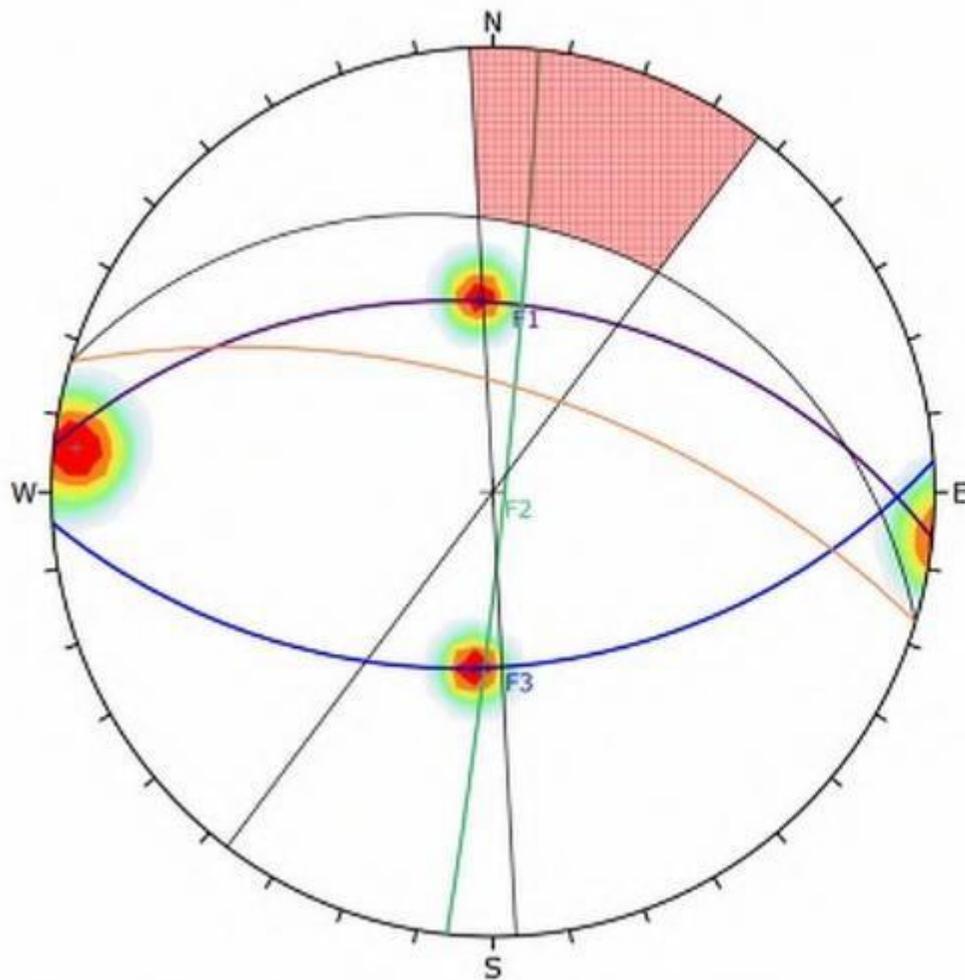
Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.40
	3.40 - 6.80
	6.80 - 10.20
	10.20 - 13.60
	13.60 - 17.00
	17.00 - 20.40
	20.40 - 23.80
	23.80 - 27.20
	27.20 - 30.60
	30.60 - 34.00

Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	33.03%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Wedge Sliding		
Slope Dip	63		
Slope Dip Direction	17		
Friction Angle	35°		
	Critical	Total	%
Wedge Sliding	21	66	31.82%

Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
4	44	5	F1
5	87	96	F2
7	47	170	F3

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	12 (12 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	66
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle



Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.40
	3.40 - 6.80
	6.80 - 10.20
	10.20 - 13.60
	13.60 - 17.00
	17.00 - 20.40
	20.40 - 23.80
	23.80 - 27.20
	27.20 - 30.60
	30.60 - 34.00

<b>Contour Data</b>	Pole Vectors
<b>Maximum Density</b>	33.03%
<b>Contour Distribution</b>	Fisher
<b>Counting Circle Size</b>	1.0%

<b>Kinematic Analysis</b>	Flexural Topping		
<b>Slope Dip</b>	63		
<b>Slope Dip Direction</b>	17		
<b>Friction Angle</b>	35°		
<b>Lateral Limits</b>	20°		
	<b>Critical</b> <b>Total</b> <b>%</b>		
Flexural Topping (All)	0	12	0.00%

Color	Dip	Dip Direction	Label
<b>User Planes</b>			
4	46	6	F1
5	87	96	F2
7	47	176	F3

<b>Plot Mode</b>	Pole Vectors
<b>Vector Count</b>	12 (12 Entries)
<b>Hemisphere</b>	Lower
<b>Projection</b>	Equal Angle

# Estación 5

