



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Análisis del factor de seguridad en estabilidad de taludes  
considerando geometría y tipo de suelo, carretera Omate -  
Moquegua, Moquegua, 2023**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil**

**AUTORES:**

Mamani Ramos, Julio Cesar ([orcid.org/0009-0006-8901-6026](https://orcid.org/0009-0006-8901-6026))

Tarqui Flores, Williams Yamil ([orcid.org/0009-0005-0978-0044](https://orcid.org/0009-0005-0978-0044))

**ASESOR:**

Mg. Olarte Pinares, Jorge Richard ([orcid.org/0000-0001-5699-1323](https://orcid.org/0000-0001-5699-1323))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño en Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo Económico, Empleo y Emprendimiento

LIMA – PERÚ

2023

### **Dedicatoria**

Esta tesis está dedicado a nuestro creador, de manera muy especial a nuestros padres por guiarnos y apoyarnos siempre en nuestra etapa académica y ser un ejemplo en nuestras vidas, a nuestros docentes por habernos orientado de jamás rendirnos, a nuestros amigos de la facultad que nos acompañaron a toda nuestra carrera y a todas las demás personas que nos han ayudado e incentivado y gracias a ello nuestro objetivo se ha logrado.

### **Agradecimiento**

A nuestros queridos padres y hermanos por darnos el apoyo en todo momento, de manera incondicional y a sus recomendaciones para lograr nuestro objetivo, a mis educadores y condiscípulos de la Universidad por su amistad y sobre todo por el apoyo y confianza que depositaron en nosotros.

## Declaratoria de autenticidad del asesor



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, OLARTE PINARES JORGE RICHARD, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, asesor de Tesis titulada: "Análisis del Factor de Seguridad en Estabilidad de Taludes Considerando Geometría y Tipo de Suelo, Carretera Omate - Moquegua, Moquegua, 2023", cuyos autores son TARQUI FLORES WILLIAMS YAMIL, MAMANI RAMOS JULIO CESAR, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

LIMA, 26 de Diciembre del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
OLARTE PINARES JORGE RICHARD <b>DNI:</b> 40752422 <b>ORCID:</b> 0000-0001-5699-1323	Firmado electrónicamente por: JOLARTEP el 02-01- 2024 21:49:37

Código documento Trílce: TRI - 0708753





## Declaratoria de originalidad de los autores



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

### Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, MAMANI RAMOS JULIO CESAR, TARQUI FLORES WILLIANS YAMIL estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Análisis del Factor de Seguridad en Estabilidad de Taludes Considerando Geometría y Tipo de Suelo, Carretera Omate - Moquegua, Moquegua, 2023", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
TARQUI FLORES WILLIANS YAMIL DNI: 71035788 ORCID: 0009-0005-0978-0044	Firmado electrónicamente por: WITARQUIFL el 26-12-2023 19:12:12
MAMANI RAMOS JULIO CESAR DNI: 71033899 ORCID: 0009-0006-8901-6026	Firmado electrónicamente por: JUMAMANIRA el 27-12-2023 06:08:06

Código documento Trilce: INV - 1436005



## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento.....	iii
Declaratoria de autenticidad del asesor .....	iv
Declaratoria de originalidad de los autores .....	v
Índice de contenido.....	vi
Índice de tablas.....	vii
Índice de gráficos y figuras .....	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT .....	xi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	6
III. METODOLOGÍA .....	25
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	25
3.2. Variables y operacionalización.....	27
3.3. Población, muestra y muestreo.....	28
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	28
3.5. Procedimientos:.....	31
3.6. Método de análisis de datos. ....	52
3.7. Aspectos éticos .....	53
IV. RESULTADOS.....	54
V. DISCUSIÓN: .....	72
VI. CONCLUSIONES: .....	76
VII. RECOMENDACIONES: .....	78
REFERENCIAS .....	79
ANEXOS.....	84

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Coeficientes de seguridad mínimo según normativas.....	14
<b>Tabla 2.</b> Resultado del análisis de peligro sísmico de Moquegua (aceleraciones en cm/s <sup>2</sup> ) .....	25
<b>Tabla 3.</b> Ensayos e instrumentos para los ensayos de mecánica de suelos. ....	30
<b>Tabla 4.</b> Ubicación de las Calicatas. ....	38
<b>Tabla 5.</b> Datos para el Ensayo de Densidad Natural Método del Cono de Arena.	40
<b>Tabla 6.</b> Ecuaciones de equilibrio satisfechas por cada método de estabilidad. ..	53
<b>Tabla 7.</b> Resultados de las Propiedades de Físicas de los Suelos.....	56
<b>Tabla 8.</b> Resultados de las Propiedades de Mecánicas de los Suelos .....	57
<b>Tabla 9.</b> Datos de la geometría de los taludes en estado actual.....	57
<b>Tabla 10.</b> Factor de seguridad Estático planteando nueva configuración geométrica km 6+800. ....	60
<b>Tabla 11.</b> Factor de seguridad Pseudoestático km 6+800.....	63
<b>Tabla 12.</b> Factor de seguridad Considerando Nivel freático km 6+800 .....	65
<b>Tabla 13.</b> Prueba de normalidad del ángulo de inclinación del talud y factor de seguridad.....	66
<b>Tabla 14.</b> Prueba correlación del ángulo de inclinación del talud y factor de seguridad.....	67
<b>Tabla 15.</b> Prueba de normalidad del ángulo de inclinación del Análisis coeficiente de carga sísmica y factor de seguridad.....	68
<b>Tabla 16.</b> Prueba correlación del ángulo de inclinación del Análisis coeficiente de carga sísmica y factor de seguridad.....	69
<b>Tabla 17.</b> Prueba de normalidad del Nivel Freático y factor de seguridad.....	70
<b>Tabla 18.</b> Prueba correlación del Nivel Freático y factor de seguridad.....	71

## Índice de gráficos y figuras

<b>Figura 1.</b> Método de cálculo de estabilidad de taludes.....	16
<b>Figura 2.</b> Equilibrio de una rebanada.....	17
<b>Figura 3.</b> Estudio de la estabilidad de los taludes.....	21
<b>Figura 4.</b> Componentes del deslizamiento.....	21
<b>Figura 5.</b> Clasificación movimientos terreno Varnes.....	22
<b>Figura 6.</b> Tramo de estudio carretera Moquegua – Omate.....	32
<b>Figura 7.</b> <i>Levantamiento topográfico km 7+500</i> .....	33
<b>Figura 8.</b> <i>Levantamiento topográfico km 6+800</i> .....	33
<b>Figura 9.</b> <i>Procesamiento de datos topográficos en Software Civil 3d</i> .....	34
<b>Figura 10.</b> <i>Sección transversal de talud tramo 01 km 6+800</i> .....	35
<b>Figura 11.</b> <i>Sección transversal de talud tramo 02 km 7+500</i> .....	35
<b>Figura 12.</b> Sección transversal de talud tramo 03 km 8+200.....	36
<b>Figura 13.</b> <i>Talud tramo 03 km 8+200 Excavación de Calicata</i> . .....	37
<b>Figura 14.</b> <i>Talud tramo 03 km 8+200 Extracción de muestra - Trinchera</i> .....	37
<b>Figura 15.</b> <i>Talud tramo 03 km 8+200, Ensayo de Densidad</i> .....	39
<b>Figura 16.</b> <i>Talud tramo 03 km 8+200, Ensayo de Densidad</i> .....	39
<b>Figura 17.</b> <i>Talud tramo 03 km 8+200, Ensayo de Densidad</i> .....	40
<b>Figura 18.</b> <i>Cuarteo de la Muestra</i> .....	41
<b>Figura 19.</b> <i>Tamizado de Muestras</i> .....	42
<b>Figura 20.</b> <i>Tamizado de muestras</i> .....	42
<b>Figura 21.</b> Ensayo de Limite liquido.....	43
<b>Figura 22.</b> Copa de Casagrande .....	44
<b>Figura 23.</b> <i>Ensayo de Limite plástico</i> .....	45
<b>Figura 24.</b> <i>Rolado de muestra</i> .....	45
<b>Figura 25.</b> Máquina de Corte Directo.....	46
<b>Figura 26.</b> Ensayo de Corte Directo .....	47
<b>Figura 27.</b> Importación de archivo DXF a Slide v6.0 .....	47
<b>Figura 28.</b> Ingreso de datos de propiedades del suelo del talud .....	48
<b>Figura 29.</b> Definición del tipo de superficie o tipo de falla del talud .....	48
<b>Figura 30.</b> Definición de dirección de falla y métodos de análisis.....	49
<b>Figura 31.</b> Procesamiento de software Slide v6.0 .....	49
<b>Figura 32.</b> Procesamiento de software Slide v6.0 .....	50

<b>Figura 33.</b> Ventana de análisis y resultados del factor de seguridad.....	50
<b>Figura 34.</b> Asignación del coeficiente carga sísmica para el análisis pseudoestático .....	51
<b>Figura 35.</b> Asignación de nivel freático en el análisis del factor de seguridad .....	52
<b>Figura 36.</b> Mapa del Perú .....	52
<b>Figura 37.</b> Mapa de Moquegua .....	54
<b>Figura 38.</b> <i>Mapa del distrito de Torata</i> .....	54
<b>Figura 39.</b> Mapa Vial Carretera Moquegua – Omate – Zona de estudio .....	55
<b>Figura 40.</b> Mapa Vial Carretera Moquegua – Omate, ubicación de las Muestras.	55
<b>Figura 41.</b> Sección transversal del talud carretera Moquegua Omate KM 6+800	57
<b>Figura 42.</b> Sección transversal del talud carretera Moquegua Omate KM 7+500	58
<b>Figura 43.</b> Sección transversal del talud carretera Moquegua Omate KM 8+200	58
<b>Figura 44.</b> Resultado de análisis en software Slide, km 6+800 .....	59
<b>Figura 45.</b> Factor de seguridad en función del ángulo de inclinación, km 6+800	.61
<b>Figura 46.</b> Factor de seguridad vs fraccionamiento de coeficiente de carga sísmica, km 6+800. ....	63
<b>Figura 47.</b> Influencia del Nivel freático a 1m, 2m, y 3m en el factor de seguridad, km 6+800. ....	65

## RESUMEN

El objetivo general de esta investigación fue analizar el factor de seguridad en taludes considerando la geometría y tipología de suelos para evitar derrumbes y deslizamientos que alteran los niveles de servicio de la carretera Omate-Moquegua. La investigación es aplicada de enfoque cuantitativo, de diseño no experimental del tipo transversal. La población se constituye en el km 6+800 al km 8+200 y la muestra se limita a los taludes del km 6+800, 7+500 y 8+200. Se planteo realizar el análisis en la condición natural y proponiendo ángulos de inclinación, además se consideró el coeficiente sísmico fraccionado a  $1/3$  y a  $1/2$ , presencia de nivel freático a 1m, 2m y 3m, en un suelo que se clasificó como una arena arcillosa.

Los resultados al analizar el factor de seguridad estático en la condición actual del talud son menores a 1.5 es decir es inestable. Variando el ángulo de inclinación, considerando un coeficiente sísmico fraccionado y nivel freático, se obtienen como resultados valores límite de factor de seguridad que garantizan la estabilidad según la normativa CE 020, los taludes presentan alturas menores a los 8.5 m, suelos mixtos de arena arcillosa y coeficiente sísmico con periodo de retorno de 475 años.

**Palabras clave:** Factor de seguridad, estabilidad de talud, tipo de suelo, geometría del talud, ángulo de inclinación.

## ABSTRACT

The general objective of this research was to analyze the safety factor in slopes considering the geometry and typology of soils to avoid landslides and landslides that alter the service levels of the Omate-Moquegua highway. The research is applied with a quantitative approach, non-experimental design of the transversal type. The population is constituted from km 6+800 to km 8+200 and the sample is limited to the slopes of km 6+800, 7+500 and 8+200. The analysis was carried out in the natural condition and proposing slope angles, also the seismic coefficient fractioned at  $1/3$  and  $1/2$  was considered, presence of water table at 1m, 2m and 3m, in a soil that was classified as a clayey sand.

The results when analyzing the static safety factor in the current condition of the slope are less than 1.5, it is unstable. By varying the angle of inclination, considering a fractional seismic coefficient and phreatic level, we obtain as results limit values of safety factor that guarantee stability according to CE 020 regulations, the slopes present heights less than 8.5 m, mixed soils of clayey sand and seismic coefficient with a return period of 475 years.

**Keywords:** Factor of safety, slope stability, soil type, slope geometry, slope angle.

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel internacional, se hace necesario señalar que el colapso de taludes ha sido una de las causas principales de pérdidas tanto humanas como materiales, por lo que se consolida como tema relevante en la investigación científica; por añadidura, hay diversas propiedades del suelo que influyen en los análisis de estabilidad de taludes, uno de los indicadores con mayor relevancia es el factor de seguridad, el cual describe el comportamiento mecánico del suelo (He, et al., 2022). De la misma manera, los deslizamientos de tierra representan uno de los peligros más significativos que resultan en miles de víctimas, respecto a ello, (Crosta, Picarelli, & Urciuoli, 2021), indica que la amenaza es intrínseca al tipo de deslizamiento, que a su vez está determinado por la naturaleza y propiedades de los materiales involucrados, así como por los mecanismos de falla y la evolución posterior a la misma. Por lo tanto, se deben adoptar diferentes enfoques para analizar los problemas de inestabilidad y establecer criterios de mitigación de deslizamientos; igualmente, es necesario que la investigación científica abarque diversas configuraciones geomorfológicas y geométricas, a fin de obtener un panorama preciso de esta problemática.

A nivel nacional, en el Perú se presentan diversos riesgos de tipo natural, como deslizamientos, movimientos en masa, desprendimientos de rocas, inundaciones, etc. que son producto de sus diferentes rasgos climáticos y geográficos; es preciso indicar que el Perú se localiza en el cinturón de fuego y posee una limitada capacidad de recuperación ante las catástrofes (Campos, 2021). Estos fenómenos geológicos adversos son comunes en una gran cantidad de cuencas hidrográficas del territorio peruano, suelen ocurrir especialmente en las laderas y flancos de pendiente elevada, en los valles costeros y de la selva alta y en las zonas de cortes de carretera, donde convergen factores litológicos, precipitaciones y evidencia de agua que favorecen su manifestación (MINAM, 2015). En el caso de los deslizamientos, se pueden identificar varios factores que pueden contribuir a su ocurrencia, como el socavamiento del talud, la alteración o el corte de este, la existencia de fallas, las precipitaciones, la infiltración de agua y los sismos. Entre 2003 y 2009 se registraron en Perú alrededor de 1,391 emergencias debido a



fenómenos de remoción en masa como derrumbes, los cuales ocasionaron importantes daños humanos y materiales; se estima que 187,000 individuos resultaron afectados, 16,000 fueron considerados como damnificados y 4,000 estructuras resultaron comprometidas (MINAM, 2015). Durante el año 2021, las intensas precipitaciones que caracterizan a regiones peruanas como Junín, Cusco, Ayacucho y Huancavelica, provocaron diversos eventos catastróficos en el país, como carreteras bloqueadas, huaicos, desbordes de ríos y viviendas dañadas; es importante mencionar que el acceso a la selva central quedó restringido debido a deslizamientos que se registraron en la carretera Tarma - La Merced. En una situación similar, 300 metros de la carretera del centro poblado de Tutumbaru en el Valle de los ríos Apurímac, Ene y Mantaro (Vraem) quedaron intransitables por deslizamientos de los cerros, consecuencia de las lluvias; además, en la provincia cusqueña de la Convención, un deslizamiento de piedra y lodo obstruyó la vía hacia el balneario turístico de Cocalmayo, dejando incomunicados a los distritos cercanos. (RPP, 2021). Por otra parte, en la ciudad de Lima, se presenta un problema de relevancia relacionado con la estabilidad y protección de los taludes costeros, específicamente en el sector nombrado como Costa Verde, área recreativa que limita con las playas y áreas residenciales de distintos distritos; asimismo, se experimenta un inconveniente significativo por la erosión de la arena en diferentes áreas del Cerro Pasamayo, sitio cercano a Lima, el cual dificulta el tráfico de vehículos de gran tonelaje en la vía inferior y genera problemas de mantenimiento costoso (Carrillo & Carrillo, 2018). Considerando lo mencionado en el Manual de Carreteras DG-2018, las lluvias pueden tener un efecto negativo en la estabilidad de un talud; primero, la lluvia aumenta la humedad del suelo, lo que reduce la resistencia del suelo y su capacidad para soportar una carga, si la cantidad de lluvia es demasiado alta, el suelo puede saturarse y perder cohesión entre las partículas. Además, las lluvias también pueden afectar la calidad del suelo, erosionando , removiendo suelos valiosos y fértil, como también transportar sedimentos y contaminantes, lo que afecta la calidad del agua; también pueden influir en el ángulo de inclinación del talud aumentando el peso del suelo y provocando deslizamientos si el ángulo de inclinación ya es inestable. La altura del talud también es un factor importante, ya que la fuerza de la gravedad aumenta con la altura, lo que puede provocar desprendimientos; por último, las lluvias pueden

reducir la cohesión entre las partículas del suelo, debilitando su resistencia y aumentando la posibilidad de deslizamientos y desprendimientos; asimismo, la erosión también puede remover la capa superior del suelo, lo que reduce la cohesión del suelo (Manual de carreteras, diseño geométrico DG-2018).

A nivel local, es preciso indicar que Moquegua es fuertemente influenciada por el centro de alta presión atmosférica y la Corriente de Humboldt, los cuales tienen un efecto sobre el régimen de vientos, nubosidad, lluvias y temperatura del aire; en este sentido, las precipitaciones anuales alcanzan acumulados de hasta 520 mm, con valores máximos en verano y un pico de 141 mm en enero (Castro, et al., 2021). Debido a esto, el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) indica que algunos distritos están en riesgo de deslizamientos, huaicos u otros movimientos de masa de tierra después de las lluvias pronosticadas por el Senamhi y existe la posibilidad de una disminución drástica en la resistencia al corte (El Peruano, 2023). En esa misma línea, las lluvias pueden ser un problema para la población con relación a la estabilidad del talud de la carretera Omate - Moquegua; durante las lluvias, la humedad del suelo aumenta, disminuyendo su resistencia y capacidad para soportar cargas, lo que puede resultar en desprendimientos y deslizamientos que amenazan la seguridad de las personas que transitan por la carretera. Además, el ángulo de inclinación del talud puede verse afectado, aumentando el riesgo de deslizamientos, y la altura del talud puede agravar aún más el problema; la reducción de la cohesión entre las partículas del suelo durante las lluvias debilita su resistencia, aumentando la posibilidad de desprendimientos y deslizamientos, debido a que también los suelos conformados en la zona presentan comportamientos especiales y áreas de topografía agreste que presentan niveles de peligro moderados. Un problema adicional trata sobre la inclinación de taludes que recomiendan los expedientes técnicos, estableciendo que un talud con material suelto se le otorgue una inclinación de  $75^\circ$  (1:4), mientras que a un talud con roca suelta se le asigna una inclinación  $80^\circ$  de (1:6), por último, a taludes con presencia de roca fija se le asigna una inclinación de  $84^\circ$  (1:10). Estas inclinaciones no garantizan la estabilidad del talud produciéndose derrumbes y deslizamientos que ponen en riesgo la seguridad de los usuarios de la vía. En la presente investigación se plantean los siguientes problemas, como problema general: ¿Como Influye la

geometría del talud y el tipo de suelos para la valoración del factor de seguridad para la estabilidad de taludes? como problemas específicos: PRIMERO. - ¿Como Influye la inclinación del talud en la determinación del factor de seguridad en taludes conformados por suelos mixtos? SEGUNDO. - ¿En qué proporción el análisis pseudoestatico de taludes altera el factor de seguridad en la estabilidad de taludes? TERCERO. - ¿Como influye la presencia del nivel freático en la determinación del factor de seguridad en la estabilidad de taludes?

La presente investigación tiene la siguiente **justificación teórica**, un análisis en profundidad sobre el factor de seguridad en la estabilidad de taludes permitirá generar nuevas premisas, nuevos conceptos y conocimientos para el cierre de brechas de conocimiento en torno al tema, lo que contribuirá a mejorar la planificación y diseño de medidas preventivas y correctivas para reducir los riesgos asociados a los desprendimientos y deslizamientos en los taludes de la carretera.

En cuanto a la **justificación práctica**, esta investigación busca obtener resultados técnicos para resolver el ámbito de estudio relacionado con el factor de seguridad en taludes, analizando la tipología de suelo se plantearán nuevas configuraciones geométricas a partir de los resultados de análisis del factor de seguridad y la tipología de suelo para estabilizar taludes.

En la **justificación social**, la presente investigación plantea una estrategia para el análisis de estabilidad de taludes en la carretera Omate – Moquegua, con la intención de evitar bloqueos por derrumbes, accidentes y pérdida de vidas humanas, una solución técnica en beneficio de la población.

La **justificación metodológica**, Para evaluar la estabilidad de los taludes en la carretera Omate - Moquegua, se ha seleccionado un enfoque metodológico que incluye pruebas de laboratorio exhaustivas. Esta elección se basa en la necesidad de caracterizar con precisión las propiedades geotécnicas de los suelos involucrados en los taludes. Las pruebas de laboratorio, como el ensayo de corte directo, permitirán obtener datos cuantitativos que respaldarán nuestro análisis de estabilidad. La selección de estos métodos se justifica por la necesidad de una base sólida de datos geotécnicos para modelar la estabilidad de los taludes con precisión.

La presente investigación presenta como objetivo general: Análisis del factor de seguridad en taludes en función a la geometría y tipología de suelos para evitar derrumbes y deslizamientos que alteran los niveles de servicio de la carretera Omate-Moquegua en el sector km 6+800 - 8+200. Los objetivos específicos son: PRIMERO.- Analizar el factor de seguridad mediante la variación del ángulo de inclinación del talud. SEGUNDO.- Analizar el factor de seguridad mediante el fraccionamiento del coeficiente de carga sísmica. TERCERO.- Estimar la influencia del nivel freático en la determinación del factor de seguridad del análisis de estabilidad del talud.

En la presente investigación se plantea las siguientes hipótesis, hipótesis general: Un procedimiento técnico adecuado para prevenir deslizamientos y derrumbes en la carretera Omate-Moquegua se podría realizar analizando la geometría de la vía en conjunto con las propiedades de los suelos componentes del talud. De la misma manera se tiene como hipótesis específicas: PRIMERO.- Definiendo un adecuado ángulo de inclinación del talud conociendo las propiedades físicas y mecánicas del suelo que lo componen, tendría un impacto significativo en el cálculo apropiado del factor de seguridad de los taludes en la Carretera Omate-Moquegua. SEGUNDO.- Mediante la consideración del coeficiente de carga sísmica de acuerdo a la zona de ubicación del talud se podría determinar la proporción en que este altera el factor de seguridad en la estabilidad de taludes. TERCERO.- Mediante la determinación de la ubicación del nivel freático en el talud se definiría un adecuado factor de seguridad acorde a la condición real de los suelos en el terreno.

## II. MARCO TEÓRICO

**Antecedentes nacionales** que tiene a los siguientes autores:

En su investigación, Torres (2019), donde tuvo como objetivo general llevar a cabo el cálculo del análisis de estabilidad de taludes identificado como crítico al resultar con un alto índice de inestabilidad de talud en la carretera que une Monteseco, con el distrito Catache a una altitud de 1355 m.n.s.m . Realizó una investigación del tipo experimental no descriptivo, definió la población en puntos críticos de la carretera a ser estudiada, la muestra elegida por fue solo en un tramo, debido a que tiene un mayor índice de inestabilidad. Los instrumentos utilizados por el investigador son GPS electrónico Satelital, fluxómetro electrónico, para el levantamiento de la superficie una estación total con prisma, equipos de laboratorio de mecánica de suelos como la copa o cuchara de Casagrande, equipo de corte directo y tamices. Como resultados al procesar los datos del levantamiento topográfico se obtiene una topografía de superficie de suelo escarpado con un porcentaje de pendiente hasta 437.50%, y el tipo de falla demostrado por el método deslizamiento rotacional obteniendo resultados de factores de seguridad por debajo a 1.50, se realizan los cálculos de los factores de seguridad utilizando el software GEO5 por los métodos de equilibrio limite como Bishop, Fellenius / Petterson , Spencer, Janbu, y Morgenstern – Price obteniendo resultados inferiores a 1.50 para condiciones estáticas y 1.25 para condiciones dinámicas, siendo así que propone estructuras como el muro gavión para su estabilización, obteniendo factores de seguridad de 3.36 método Bishop, 3.28 método Fellenius/Petterson, 3.36 método Spencer, 3.35 Método Janbu, y 3.36 método Morgenstern-Price. El autor de la investigación **concluye** que la masa de suelo del talud en análisis posee una clasificación de arcillas de baja plasticidad con arenas y según la clasificación para suelos por el método AASHTO determina que esta muestra de suelo es mala.

En su investigación Quispe (2022) evaluó el FS en taludes, para determinar sistemas de sostenimiento adecuados en la carretera Huaypo Grande – Chinchero – Urubamba-Cusco a una altitud de 3500 m.s.n.m. La metodología empleada se caracterizó por un enfoque cuantitativo, utilizando un diseño no experimental. La población analizada correspondió a los taludes presentes en la vía, seleccionándose una muestra de dos taludes críticos ubicados en los puntos

kilométricos 0+640 y 0+700m. Para realizar el estudio se efectuó un levantamiento topográfico, y a través del método de equilibrio con el apoyo del software GEO5, se presentó un sistema de banquetas, cuya finalidad es aumentar el factor de seguridad en el área. Asimismo, se desarrollaron mediciones en 2 calicatas para obtener información detallada de las propiedades geotécnicas de los materiales presentes. Para los resultados encontramos que en la calicata N°1 suelo Grava, limosa con arena, en la calicata N°2 grava arcilloso-limoso con arena. Para el talud de tipo A el nivel de factor de seguridad Bishop 1.14, Janbu 1.13, Morgenstern 1.13, con lo cual el talud es menor al límite establecido por la norma y tiene un riesgo al desplazamiento, de la misma manera en el talud B se encontró que su factor de seguridad Bishop 1.09, Janbu 1.10, Morgenstern 1.10. demostrando que su factor de seguridad no es aceptable. Para la implementación se propuso un sistema de Banquetas para lograr disminuir la pendiente del talud. Al proponer esta solución en el sistema Ge05 se pudo observar que el nivel de factor de seguridad se incrementó a Bishop 1.53, Janbu 1.53, Morgenstern 1.53. La investigación llega a la **conclusión** de que la técnica de sostenimiento adecuada para las partes más vulnerables de la carretera es cambiando la configuración de geometría del talud como es el sistema de banqueta o terrazas.

Por otra parte, se tienen los siguientes **antecedentes internacionales**:

Según Robles Martínez (2017) analizó la topografía y el FS más adecuado del talud ubicado en el kilómetro 23+100 de la vía pública de Rio Pindo. La metodología empleada fue un estudio cuantitativo con un diseño no experimental transeccional. La población considerada para este estudio fue la provincia de Loja en Ecuador, mientras que la muestra fue el talud en la carretera analizada. Para la recopilación de datos, se realizó una toma de puntos topográfico mediante el uso de drones, GPS diferencial y software de procesamiento de fotografías aéreas para obtener una imagen en 3D. Posteriormente, se tomaron muestras del talud de aproximadamente 30 x 30 centímetros en su corona, centro y pie. Los resultados muestran la caracterización de 03 tipos de suelo; CL (Arcilla de media plasticidad), CL (Arcilla de media plasticidad con arena) y ML (Limo de baja plasticidad con arena). En estado natural obtiene factores de seguridad máximos de 1.422, 1.311, 1.472, y 1.192, se evidencian que los diversos factores de seguridad disminuyen a

0.753, 0.943, 0.935, y 0.804 en todos los modelos propuestos cuando comienza el invierno y aún más cuando se exponen a movimientos telúricos, lo que hace que las zonas sean altamente inestables. Proponiendo nuevas propuestas de geometría obtiene factores de seguridad máximos de 1.956, 1.916, 1.974, y 1.567 respectivamente. Se concluyó que el riesgo de deslizamiento es severo debido a la máxima precipitación registrada en 24 horas en marzo de 2015 en 2 estaciones de pluviometría a corta distancia del lugar del deslizamiento, que fue mayor a 112 mm/día, y la precipitación acumulada en los últimos 15 días fue de 363 mm, lo que indica que el riesgo de deslizamiento es alto.

Según Fuentes Bayas (2021) evaluó la estabilidad del talud más vulnerable a movimientos drásticos en masa ubicado en la Av. Simón Bolívar". Para ello, se empleó una metodología Semicuantitativa que emplea peso y calificación, perteneciente al proceso analítico jerárquico, y se aplicó el método de Equilibrio Límite. La población abarcada por el estudio fue la provincia de Pichincha, y la muestra fueron los taludes en la carretera analizada. La toma de datos se realizó con el penetrómetro y el ensayo con veleta para obtener información sobre la cohesión y la inclinación de fricción. Se llevó a cabo un análisis de estabilidad para evaluar el talud T1 en condiciones de alta saturación de agua ( $R_u=0.6$ ), emulando un período de intensas precipitaciones pluviales. La evaluación de estabilidad se ejecutó en un perfil transversal bajo condiciones pseudoestáticas, lo que resultó en un factor de seguridad de 0.61 según el método Bishop Simplificado y de 0.54 según el método Jambú Simplificado. Estos valores indican la existencia de inestabilidad en el talud, dado que están por debajo del nivel mínimo de factor de seguridad requerido. Según el mapa de susceptibilidad, se determinó que un tramo específico de la zona presenta una amenaza de deslizamiento debido a la falta de vegetación y a su configuración geométrica. Se concluyó que, aunque el talud de manera aparente está en equilibrio límite, cualquier movimiento podría provocar un movimiento en masa, y se identificaron tres zonas de muy alta inestabilidad en el mapa de susceptibilidad por lo que recomienda la construcción de obras de mitigación.

Según Falla Melo, Ramírez Segura, & Rivera Tarquino (2022) desarrollaron la evaluación mediante un análisis para estabilidad de taludes situado en el kilómetro

1+120 de la carretera en Tolima. Para llevar a cabo el estudio, fue necesario realizar un análisis de la topografía del sitio utilizando diversas herramientas asociadas a pruebas de laboratorio los cuales permitieron determinar los parámetros de resistencia de la masa de suelo y su correspondiente clasificación. Con esta información a mano, se empleó el software SLIDE para determinar a través del cálculo el factor de seguridad del talud mediante diferentes métodos. Asimismo, los estudios hidrológicos permitieron estimar la descarga de la data de la estación meteorológica próxima o aledaña a la muestra talud. A partir de la intensidad en la precipitación, el coeficiente de escurrimiento o escorrentía y geometría del talud, logra determinarse el caudal de filtración de  $1.760 \times 10^{-3}$  L/s, lo cual incrementa el nivel freático y genera o presión intersticial conocido como presión de fluidos que podrían resultar en posibles eventos de falla. Mediante los diferentes tipos ensayos efectuados, se logró demostrar que el talud está conformado mayormente por un 68.62% de arena y un 17.90% de materiales finos, y carente de material grueso. Conforme al sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), se identificó que el tipo de suelo correspondiente es una arena arcillosa (SC). Analiza y obtiene factores de seguridad sin considerar la sismicidad y el nivel freático, valores entre 0.25 y 0.291 para diferentes escenarios. Al considerar tanto la sismicidad como el nivel freático, los factores de seguridad disminuyeron aún más, alcanzando valores de 0.16 a 0.241. Concluyendo que por la porosidad del tipo de suelo y filtración incrementa el nivel freático, generando presiones intersticiales que provocan posibles eventos de falla.

Por otra parte, se tienen los siguientes **artículos científicos internacionales**:

Vemba Mucuta Lito, Cartaya Pires, & Watson Quesada (2020), teniendo como objetivo principal la evaluación de los taludes ubicados en el polimetálico castellano además de poder identificar su condición, se procedió a determinar en una muestra de 03 factores de seguridad de talud en distintos puntos de estudio a los cuales fueron analizados por dos condiciones que se tomaron por conveniente: el primer análisis realizado, donde se tomó en cuenta los cálculos de los valores de sismo relacionados con la dinámica y el segundo análisis de realizo es sin considerarlo de manera estática. Para la obtención de los resultados se dio lugar a emplear el uso de las herramientas de modelación y cálculo por medio del software de modelación



Slide V.6.0 que muy confiable y contiene varios métodos en su procesamiento, los resultados obtenidos son determinados como inestables para ambas condiciones considerando el sismo y de manera estática, obteniendo valores para el factor de seguridad de 0.281 dinámico y 0.444 estático claramente estos resultados son inferiores de 1,3 conocido como el valor límite de estabilidad para taludes. Por lo tanto, se necesita tomar en cuenta medidas de estabilización en los taludes analizados.

Mesa Lavista, Álvarez Péres, & Chávez Gómez (2020), tuvo como objetivo identificar el comportamiento de los parámetros del factor de seguridad en los taludes que se formaron por la implementación de terraplenes, se realiza el estudio en los taludes de gran altura y adicionando al análisis la acción dinámica o sísmica, la metodología es de carácter experimental. El procedimiento de análisis tiene como fin realizar una variación en la superficie geométrica que posee el talud a 03 diferentes niveles, también se tendrá variación considerando la dinámica el sismo, la implementación del factor sismo recae en la existencia de espectros de diseño según lo indicado en los manuales de análisis y diseño normados, teniendo como muestras taludes de altura de 6m, 12m y 18m, en donde al realiza el análisis de talud mediante el software QUAKE/W, utilizando los métodos MEF y Newmark tomando como aceleración sísmica baja de 01, y alta de 0.4, teniendo como resultados factores de seguridad con aceleración baja en el talud de 6m de 2.546 (MEF) y 1.392 (Newmark), para el talud de 12m de 2.261 (MEF) y 2.040 (Newmark), para el talud de 18m de 1.129 (MEF) y 2.587 (Newmark), mientras con una aceleración alta se tiene en el talud de 6m de 1.366 (MEF) y 1.290 (Newmark), para el talud de 12m de 0.505 (MEF) y 0.0040 (Newmark), para el talud de 18m de 0.157 (MEF) y 0.000 (Newmark), se concluye como resultado que, al considerar el análisis por sismo es permitido o aceptado que el factor de seguridad se disminuya hasta en un valor de 1, debido a que se producen deformaciones en las masas de suelo permanentes y estos puedan tener una estabilidad aceptable en el talud al finalizar el evento de sismo, de proyectarse cortes que formen taludes en carreteras cuya altura supere los 12.00 m se tendrá que implementar o aplicar un análisis dinámico de acuerdo a la zona de estudio.

## **Teorías**

### **Variable independiente: Factor de seguridad**

Factor de seguridad

Según Hoek y Brow, (2018) El factor de seguridad es un parámetro utilizado en la ingeniería y geotecnia para evaluar la estabilidad de una estructura o un terreno. Se define como la relación entre la resistencia al colapso o la falla de la estructura o suelo y las fuerzas o cargas que actúan sobre ella.

$FS = \text{FUERZA RESISTENTE} / \text{FUERZA ACTUANTE}$

En las superficies circulares en donde se encuentran un centro de rotación o de giro, conocidos como momentos resistentes y actuantes: Factor de seguridad en función a momentos.

$FS = \text{MOMENTO RESISTENTE DISPONIBLE} / \text{MOMENTO ACTUANTE}$

Entonces se tiene una estipulación de equilibrio límite existente que se comprueba cuando el coeficiente de factor de seguridad es igual a 1, el talud se considera estable, todas las fuerzas actuantes superaran a las fuerzas que resistentes y cuando el talud no es estable sucede lo contrario. Bajo este análisis se concluye que el factor de seguridad es un coeficiente que determina o demarca la estabilidad de un talud. Se deberá analizar la estabilidad del talud para condiciones estáticas y sísmicas(dinámica). De acuerdo con la norma peruana CE.020 el factor de seguridad del talud mínimo deberá ser 1.5 para condiciones estáticas y 1.25 para condiciones sísmicas . Si estos factores de seguridad no son cumplidos, se debe realizar un método de estabilización o hasta incluso la combinación de distintos métodos de estabilización y aplicarlos hasta lograr obtener ambos factores de seguridad aceptables. El cálculo de este coeficiente se puede realizar a través de la modelación del talud por medio del software Slide, capaz de realizar el cálculo de hasta 4500 superficies potenciales de falla en pocos segundos y lograr obtener estos factores de seguridad por nueve diferentes métodos de cálculo.

### **Variable dependiente: Estabilidad de taludes**

## **Estabilidad de taludes**

Según Gerscovich, (2009), la estabilidad se interpreta como la seguridad de una masa de superficie del suelo contra la falla o movimiento, los problemas de estabilidad de taludes es una práctica de la ingeniería de geotecnia que propone desarrollar un proyecto óptimo en cuanto a economía y sobre todo a que se garantice la seguridad, un talud puede ser inestable cuando los esfuerzos cortantes que inducen al desplazamiento de la masa del suelo, igualan o superan a la resistencia al corte del material, condición que puede ser causada por Las **propiedades geométricas** de los taludes, que son características físicas y dimensionales clave que definen la inclinación, altura, ancho, perfil transversal y longitudinal de una superficie inclinada de terreno o estructura. Estas propiedades, influyen en la distribución de las fuerzas, la estabilidad y el comportamiento de un talud. La relación entre la altura y el ancho, la pendiente media y el perfil del talud también son determinantes en la evaluación de riesgos de deslizamientos y en el diseño de medidas de mitigación para garantizar la seguridad y estabilidad de los taludes. Por otro lado, las **propiedades geotécnicas** de los suelos comprenden atributos físicos y mecánicos que caracterizan la respuesta de un suelo ante cargas y condiciones específicas. La resistencia al corte y el ángulo de fricción interna determinan la estabilidad ante esfuerzos cortantes, la cohesión refleja la adhesión entre partículas, la compresibilidad mide la deformación bajo carga vertical, la permeabilidad influye en la capacidad de drenaje, la compactación afecta la densidad, la porosidad determina la retención de agua y la sensibilidad a la lluvia indica la respuesta a la humedad. Estas propiedades son cruciales en el diseño de estabilidad de taludes. Las **regulaciones y normativas sísmicas** son conjuntos de pautas y estándares técnicos desarrollados para regular el diseño y la construcción de estructuras con el fin de resistir los efectos de los terremotos. Estas normativas establecen requisitos específicos para la ubicación geográfica, el tipo de suelo, las cargas sísmicas esperadas y las estrategias de diseño para lograr la resistencia adecuada ante eventos sísmicos. El **nivel freático** es la profundidad a la que se encuentra el agua subterránea en el suelo. Es una capa de agua subterránea que se encuentra en el subsuelo. Puede variar con las estaciones, la precipitación y otros factores hidrológicos, el conocimiento del nivel freático es esencial, ya que

puede afectar la estabilidad de estructuras. La presión hidrostática ejercida por el agua subterránea y los cambios en la posición del nivel freático pueden tener un impacto significativo en la capacidad de carga del suelo y la estabilidad de taludes.

### **Enfoques conceptuales**

#### **Variable independiente: Factor de seguridad**

Definición de factor de seguridad

Según Enoch (2021), El análisis del factor de seguridad es el procedimiento de rigor convencional empleado en el análisis de la estabilidad de taludes, por ende, se disponen de diversos métodos para la evaluación y cálculo del factor de seguridad. En el marco del equilibrio límite, el cálculo del factor de seguridad (FS) se efectúa mediante la correlación existente entre la resistencia al corte del suelo ( $t_f$ ) y el corte movilizado ( $t_m$ ) en la superficie de falla, lo cual queda consignado en la siguiente ecuación:

$$FS = t_f / t_m$$

Las dificultades de la estabilidad de taludes son bastante comunes y generalizados en muchos proyectos; en este sentido, las complicaciones de estabilidad se encuentran particularmente en proyectos grandes e importantes, como represas, carreteras y túneles, las cuales pueden causar pérdidas sociales y económicas muy devastadoras. Los cortes, rellenos, represas y terraplenes de carreteras requieren un análisis de estabilidad para la seguridad; por ende, se debe proporcionar una inspección y solución adecuadas para las pendientes para aliviar fallas potencialmente catastróficas. Existen diferentes técnicas para estabilizar taludes, tales como la disminución de la altura y el ángulo de la pendiente, los cuales son métodos geométricos para garantizar la seguridad de las pendientes al minimizar el riesgo de falla Enoch (2021).

Un análisis de estabilidad normalmente considera la geometría que presenta el talud, las propiedades mecánicas y las condiciones como del agua subterránea para determinar el FS, lo que enfatiza la importancia de la geometría del talud en la determinación del FS del talud; los métodos de análisis de estabilidad de taludes se alcanzan a sistematizar en términos usuales como equilibrio límite y análisis de

elementos finitos. El procedimiento de análisis de equilibrio límite sigue a la ubicación de una superficie de deslizamiento de prueba y estima el FS comparando la fuerza de resistencia con la fuerza impulsora; en dicho proceso se asumen superficies de deslizamiento hasta que se alcanza el FS; asimismo, el análisis de elementos finitos no requiere superficies críticas de prueba para automatizar el factor de seguridad Enoch (2021).

La determinación del factor de seguridad consiste en la evaluación de la resistencia de las fuerzas de deslizamiento y las fuerzas antideslizantes Camacho Macedo (2021).

$$FSs = \tau f / \tau d$$

**Se identifica como:**

$FSs$ = coeficiente de seguridad en relación a la resistencia.

$\tau f$ = renuencia de la superficie al corte

$\tau d$ = esfuerzo cortante a lo largo del suelo en la falla

El factor de seguridad en taludes se refiere a un valor numérico utilizado para evaluar la estabilidad de un talud o ladera. Actualmente, existen diferentes normas que rigen el factor de seguridad; respecto a ello, se debe considerar la permanencia de la instalación (temporal o permanente) y el tipo de diseño (estático o sísmico).

**Tabla 1.** *Coefficientes de seguridad mínimo según normativas*

Normativa	Talud Temporal		Talud Permanente	
	Estática	Sísmica	Estática	Sísmica
AASHTO LRFD	1.33-1.53	1.1	1.33-1.53	1.1
NAVFAC-DM7	1.3-1.25	1.2-1.15	1.5	1.2-1.15
FHWA-NHI-11-032	-	1.1	-	1.1
CE.020	-	-	1.5	1.25

Fuente: Valiente, et al (2018)

**Medidas para elevar el Coeficiente de Seguridad**

Existen distintas medidas para garantizar la estabilidad del terreno en diferentes situaciones. En primer lugar, se encuentran las medidas de clase 1, que buscan

generar transformaciones favorables de perfiles geométricos para mejorar la resistencia del suelo. Por otro lado, se encuentran las medidas de tipo 2, que tienen como objetivo reducir el esfuerzo cortante en superficies que presentan potencial destructivo. Finalmente, están las medidas de tipo 3, también conocidas como medidas de recuperación, las cuales buscan mejorar la resistencia del suelo al esfuerzo cortante a lo largo de la superficie de falla potencial (Revelo Burgos, 2018).

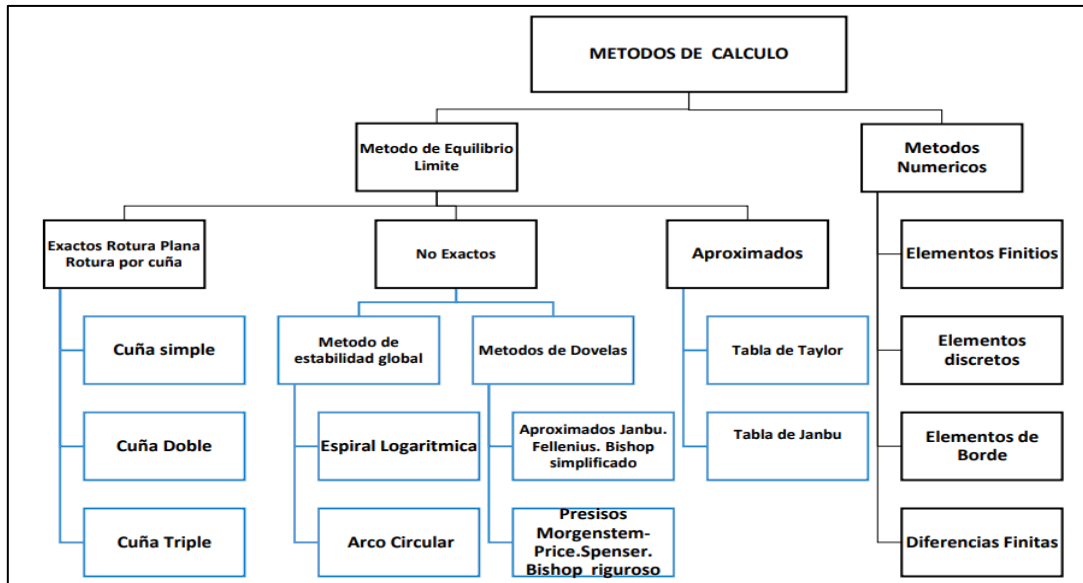
### **Modelación y Análisis en Slide V.06**

Slide es una herramienta muy útil para aquellos que buscan estimar el factor de seguridad, tanto fallas circulares como también las no circulares en taludes de tierra o roca. La modelación y análisis en Slide V.06, se centra en la creación de modelos numéricos precisos de taludes o estructuras geotécnicas, seguido de cálculos y simulaciones exhaustivas para evaluar su estabilidad. Esto involucra la definición de geometrías, propiedades del suelo, condiciones de carga y límites, seguido de un análisis de elementos finitos para determinar el factor de seguridad. La interpretación de resultados implica evaluar si el sistema es estable o en riesgo de inestabilidad. Además, Slide ofrece la capacidad de analizar tanto superficies de deslizamiento individuales como pendientes rotundas más complejas, utilizando diversos métodos de indagación para identificar la superficie de deslizamiento crítica; con esta herramienta, los usuarios pueden obtener una comprensión completa y precisa de la estabilidad de los taludes, lo que es de vital importancia en cualquier proyecto de ingeniería o construcción (Rocscience, 2021).

### **Métodos de análisis para la estabilidad de taludes**

Podemos dividir en dos categorías para realizar el análisis de estabilidad de taludes: métodos de cálculo de modelos numéricos o métodos de equilibrio límite (Valiente Sanz, Sobrecases Martí, & Díaz Orrego, 2018). El análisis de estabilidad de taludes está diseñado para detectar grandes taludes y fortalecerlos para mantenerlo seguro y evitar fallas como vuelcos, deslizamientos, separaciones, etc.; para realizar un diagnóstico se requiere la siguiente información: describir la resistencia del suelo a la fragmentación, dibujar una sección longitudinal del talud,

elegir la superficie de corte más favorable y determinar el factor de seguridad (Braja, 2012).



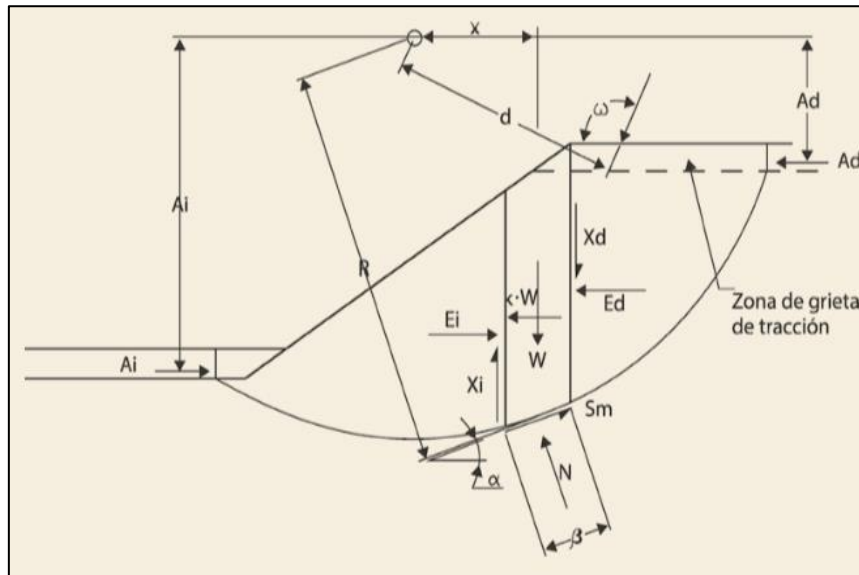
**Figura 1.** Método de cálculo de estabilidad de taludes.

Fuente: Estabilidad de taludes, Suarez 2007.

Existen múltiples métodos para determinar la estabilidad de taludes, de entre los cuales el método de equilibrio límite involucra dividir el suelo en losas o cuñas y usar datos de fuerza cortante en la falla como factor de seguridad. El método del equilibrio límite, estudia el equilibrio de una masa o cuerpo rígido, que están conformados por el talud y también por una superficie geométrica de deslizamiento (línea recta, arco, espiral). El método en cuestión se basa en las leyes de equilibrio estático con el propósito de calcular el estado de equilibrio de una muestra de terreno particularmente inestable; sin embargo, su principal limitación radica en que supone que la resistencia al corte del terreno se mueve de manera total y conjunta en toda la magnitud de la superficie, sin tomar en cuenta el estado tensional y la cantidad de deformación presente (Valiente & Sobrecases, 2015)

El desplazamiento de terreno origina que las propiedades de resistencia se modifiquen, y estos modelos no pueden tener en cuenta este factor; igualmente, el método mencionado comprende en fragmentar la masa del terreno extremadamente inestable en varias partes verticales, calculando el equilibrio de

cada parte y posterior analizar el equilibrio global para alcanzar el factor de seguridad (F) de cada curva de rotura potencial, para después lograr determinar un valor mínimo del factor de seguridad (Curva deslizamiento pésima) (Valiente & Sobrecases, 2015)



**Figura 2.** Equilibrio de una rebanada

Fuente: Factor de seguridad, (Valiente & Sobrecases, 2015)

### Variable dependiente: Estabilidad del talud

#### Definición de estabilidad de talud

Rotrau et al. (2022) mencionan que la estabilidad taludes consiste en la condición de los taludes que resisten o sufren movimiento, en tal sentido, el análisis de estabilidad de taludes es un análisis estático o dinámico, analítico o método numérico para estimar la estabilidad del talud y comprender las causas de una falla de la pendiente o los factores que desencadenan un movimiento de la pendiente. Asimismo, el análisis de estabilidad responde a un problema que exige fuerza y / o equilibrio de momento; por ende, la congruencia entre la resistencia al corte y el esfuerzo de corte expresado como un factor de seguridad precisa la estabilidad del talud.



Los datos de entrada para perpetrar un análisis de estabilidad de taludes están determinados por: (1) la elevación del terreno en una sección perpendicular a la pendiente; (2) perforación para identificar la estratigrafía y obtener muestras de suelo intactas; (3) ensayos de cizallamiento en laboratorio de muestras no perturbadas/cada capa y (4) piezómetros insertados en la pendiente para medir la presión del agua intersticial (Rotaru, et al., 2022).

Añadiendo a lo anterior, la posición de la superficie de deslizamiento/falla se revela una vez que la pendiente ya ha fallado; de lo contrario, se desconoce la ubicación y la forma de la superficie de deslizamiento más crítica. Si la forma de la superficie de falla es un arco circular (la pendiente no es homogénea) o parcialmente circular y lineal, se selecciona una cuadrícula de centros, con el radio variando en cada centro y cubriendo todas las condiciones posibles. La forma de la superficie de deslizamiento del suelo estratificado puede ser poco profunda, alargada, profunda con roturas pronunciadas o convexa (Rotaru, et al., 2022).

### **Definición de talud**

El talud es la inclinación que se da en la parte lateral de una masa de tierra, donde la pendiente del terreno puede ser natural o construida (tanto en zonas de corte como en terraplenes), la pendiente especificada es la tangente al ángulo formado por el plano de la superficie terrestre y la línea horizontal teórica; es preciso mencionar que los taludes varían o dependen de acuerdo con las características geomecánicas del terreno, los taludes pueden fallar en forma imprevista debido a variaciones en su geometría, por sismicidad, por flujo de aguas, variaciones en la resistencia del suelo, de tipo antrópico o meteorización (el hombre se convierte en un agente degradante) y natural (Braja, 2012)

### **Tipos de taludes**

**Taludes contruidos**, resultan de la intervención de la mano humana que realiza cortes en laderas naturales u otras excavaciones, las intervenciones realizadas con alturas e inclinaciones definidas que garantizan la estabilidad de la obra. Los proyectos dependen de las propiedades físicas y mecánicas que ofrecen los materiales y de las condiciones de flujo. Gerscovich, (2012).

Taludes naturales, también llamados ladera constituidos a partir de coluviones, suelo residual o roca. Fueron formados por meteorización de las rocas y transporte de los suelos por acción de la gravedad. Pueden representar formas de cara plana o curvilínea y estas pueden ser cóncavas o convexas, los taludes naturales son relacionados generalmente con la inestabilidad porque las acciones de las fuerzas gravitacionales contribuyen a generar el movimiento de las masas del suelo (Gerscovich, 2009).

### **Partes de un talud**

Los mecanismos de un talud se alcanzan a identificar por algunas cláusulas comúnmente aceptadas, elementalmente la parte principal del talud es la cima o roca, esta es la zona donde se exterioriza con mayor frecuencia el fenómeno de la erosión, la parte media es la zona que evidencia la altura del talud y supremamente está la parte inferior cóncava donde se testimonia la deposición de elementos individuales:

Primero, se menciona al pie o base, el cual es la parte inferior de la pendiente es el punto para determinar el cambio de pendiente, este suele ser cóncavo, pero también puede identificar líneas rectas o formas planas; asimismo, se menciona a la cabeza o escarpe, donde comienza la pendiente, donde se producen la erosión y, en general, las líneas características elevadas. Luego, se menciona a la altura, la cual incluye la medida vertical entre los pies y la cabeza, que está bien definida en taludes artificiales, pero no se puede definir claramente en taludes o taludes naturales debido a accidentes del terreno. De igual manera, se muestra a la altura de nivel freático que consiste en el trayecto vertical que va del pie del talud hasta el nivel del agua incluye el subsuelo, no todos los taludes tienen tales peculiaridades y la presión en el agua medida es igual a la presión atmosférica. Por último, se presenta a la pendiente, la cual es una medida de la pendiente; se mide en grados, porcentajes o en una relación m:1, donde m es la distancia horizontal equivalente a una unidad de distancia vertical (Braja, 2012).

### **Tipos de fallas en Taludes**

A continuación, se muestra las fallas que ocurren comúnmente en taludes naturales, como también pueden presentarse en taludes artificiales:

En primer lugar, se presenta la falla por **deslizamiento rotacional**, la cual se describe como los movimientos instantáneos que se producen en los taludes y que afecta en masas trascendentes de los sismos, con deslizamientos prolongados de una superficie de falla de curva que sucede en la parte interna del talud. Comúnmente estas fallas se desarrollan en terrenos en donde el tipo de suelo es arcilloso homogéneo o en suelos en donde el comportamiento mecánico este condicionado por su fracción arcillosa (Rico, 2005).

En segundo lugar, se menciona a la falla **traslacional**, la cual consiste en movimientos traslacionales sustanciales de la parte de la pendiente del talud sobre el área de falla primordialmente planas, vinculados a la apariencia de estratos poco tenaces ubicados a muy baja profundidad bajo el talud. En los más comunes las arcillas blandas o conocida como arenas finas o limos no plásticos sueltos son los estratos débiles que originan este tipo de fallas (Rico, 2005).

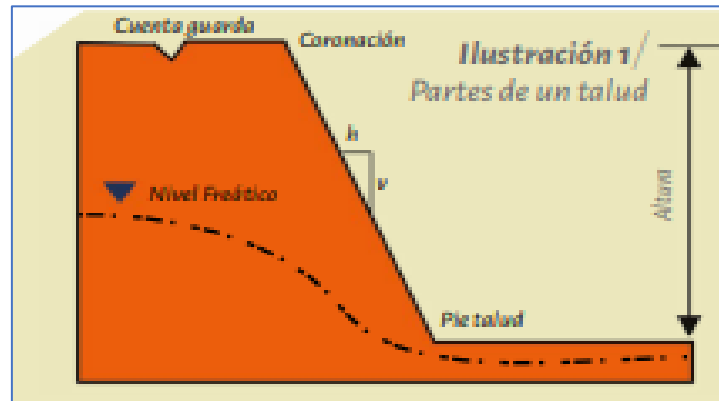
En tercer lugar, se hace mención a las fallas **con superficie compuesta**, las cuales comprenden movimientos en donde se fusionan la revolución y traslación, originando superficies de falla compuestas en donde comúnmente se despliegan en las zonas planas a la vez en los tramos de curva como también en los arcos circulares. Este tipo de fallas pueden originar distorsión de los materiales es comúnmente por las fallas circulares (Rico, 2005).

En cuarto lugar, se presentan las **fallas múltiples**, las cuales abarcan las fallas que se originan con diversas superficies de deslizamiento, siendo simultaneas o en rápida sucesión, se debe diferenciar las fallas periódicas y regresivas en fallas compuestas, falla rotacional, falla traslacional y falla múltiple. Están mayormente asociados a cantiles y arcillas fuertemente consolidadas sin considerar las rocas (Rico, 2005).

### **Estudio de Taludes**

Los estudios de estabilidad de taludes consideran el estado terminable o fenómeno de falla de una masa de suelo; asimismo, los constituyentes externos que causan

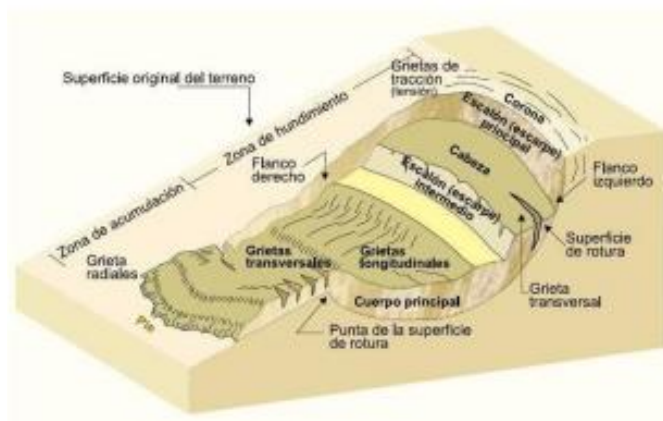
la inestabilidad son las fuerzas de masa, el peso y posiblemente los efectos de filtrado; se deben tener en consideración otros factores, como también las sobrecargas (estáticas/dinámicas) (Valiente Sanz, Sobrecases Martí, & Díaz Orrego, 2018).



**Figura 3.** Estudio de la estabilidad de los taludes.  
Fuente: Análisis Geotécnico, Suarez Díaz 1998

### Falla

Son causadas por las actividades sísmicas internas de las placas tectónicas, y su detección está influenciada por el fondo sísmico, la topografía del terreno y su topografía; en pendientes más pronunciadas, las fallas ocurren esporádicamente y la geología no interviene, mientras que los deslizamientos se caracterizan por deslizamientos y se imponen medidas de protección que interfieren con la topografía, la geología y los movimientos estructurales. (Braja, 2012).



**Figura 4.** Componentes del deslizamiento.  
Fuente: Deslizamientos, Rico 2005

## Tipos de movimiento

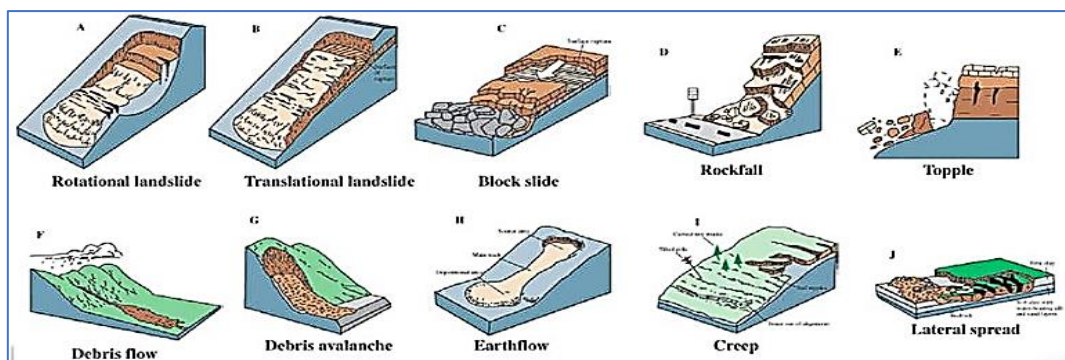
La inestabilidad se puede definir como una serie de movimientos causados principalmente por procesos antrópicos o naturales provocados por fenómenos de erosión, se identifican varios tipos dependiendo de las características de los suelos entrantes y la actividad sísmica de la zona. Se utilizan diversos métodos para lograr el movimiento de la envolvente, de los cuales 14 muestran los tipos de movimientos, cuya condición es apoyar el análisis y diseño del método para lograr su estabilidad (Braja, 2012).

## Deslizamientos

Los deslizamientos superficiales son evidentes en áreas donde la vegetación ha disminuido debido a la deforestación en las laderas con pendientes entre  $18^\circ$  y  $25^\circ$ , y en áreas donde las fuertes lluvias han causado un flujo de agua significativo. El flujo de agua en los suelos afecta la resistencia al corte (Braja, 2012).

## Tipología de inestabilidades

Al ilustrarse los eventos de inestabilidad de taludes, es preciso identificar, a la vez describir los diferentes tipos de conducta y clasificarlos en consecuencia; el análisis preciso de modo de falla consiente perfeccionar las medidas de estabilización y contención de taludes, debido a que se tienen en cuenta el mecanismo, la velocidad y el alcance de la acción. Por el contrario, una definición incorrecta del mecanismo de falla logra conducir a tramitaciones ineficaces y, en algunos casos, ser contraproducente (Valiente Sanz, Sobrecases Martí, & Díaz Orrego, 2018).



**Figura 5.** Clasificación movimientos terreno Varnes.

Fuente: (Valiente Sanz, Sobrecases Martí, & Díaz Orrego, 2018).

## Principales Fallas En Taludes

Las principales causas de taludes e inestabilidad de taludes son: erosión de nutrientes, acumulación de material en la superficie, presión hidrostática, heladas, cambios rápidos de humedad y temperatura, absorción de sólidos internos en rocas solubles, fenómenos naturales químicos, fenómenos naturales biológicos, terremotos. , presión intersticial debida a filtraciones, etc. (Braja, 2012).Cualquier daño a la infraestructura, edificaciones o taludes de la propia obra se puede agrupar esquemáticamente como se visualiza en la tabla:

### Propiedades físicas

Las propiedades físicas de los taludes son aquellas que permiten entender cómo se comporta el talud ante cargas y esfuerzos; asimismo, entre las propiedades físicas más relevantes se encuentran:

**La densidad del suelo** que es la masa de suelo por unidad de volumen y se expresa en unidades de peso por volumen (como gramos por centímetro cúbico). Puede ser la densidad seca o la densidad húmeda.

**Peso unitario**, es el peso del suelo por unidad de volumen y se utiliza para calcular cargas sobre cimientos y estructuras.

**La humedad** se delimita como el valor obtenido de la correlación entre el peso del agua en una muestra y el peso de los sólidos; dicha magnitud puede variar según la profundidad y la ubicación geográfica del suelo e influye en la porosidad, densidad y permeabilidad del suelo (Balasubramanian, 2017).

Por otra parte, respecto al **tipo de suelo**, en muchos sistemas de codificación de suelos, los suelos se dividen en tres grupos principales: gruesos, finos y orgánicos; asimismo, las propiedades del suelo, como la resistencia y la permeabilidad, dependen de la tensión del suelo y los granos, la unidad de peso y el contenido de agua.

### Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas de un talud se refieren a la capacidad del suelo que lo conforma para resistir las fuerzas que actúan sobre él; estas se determinan por medio de ensayos geotécnicos, y son importantes para el diseño de la estabilidad

y seguridad del talud; respecto a ello, se puede mencionar al ángulo de fricción y a la cohesión como las propiedades mecánicas más relevantes.

Por un lado, la resistencia al deslizamiento de las masas del suelo está intrínsecamente vinculado con el **ángulo de fricción** interna, el cual se considera, por lo general, prácticamente independiente de la presión normal, pero susceptible a modificar su valor de acuerdo con el grado de compactación de las partículas, esto es, su densidad.

Los suelos sometidos a esfuerzos normales más elevados presentan una menor humedad y mayor densidad aparente al momento de la falla en comparación con aquellos que experimentan esfuerzos normales más bajos, por lo cual, el ángulo de fricción interna puede variar en su valor. (Balasubramanian, 2017).

Por otra parte, **la cohesión** es una atracción molecular intrínseca que resiste la destrucción o el corte del material, se deriva en los suelos de partículas finas de las películas de agua que unen las partículas individuales en la masa del suelo; asimismo, es la propiedad del suelo de tipos de grano fino con el tamaño de partícula de suelo inferior a 0,002 mm.

Para suelos sin cohesión (o suelos sin finos), las pruebas de compactación estándar son difíciles de realizar, en este caso, la aplicación de vibraciones es el método más eficaz; por añadidura, la fuerza de filtración del agua que se filtra a través de un suelo sin cohesión hace que los granos del suelo ocupen una posición más estable. (Balasubramanian, 2017).

### **Coefficiente de carga sísmica**

Es un factor esencial en el diseño de estructuras que tiene en cuenta la amenaza sísmica en una región específica y se utiliza para calcular las fuerzas sísmicas que actuarán sobre una estructura durante un terremoto, con el objetivo de garantizar la seguridad y la integridad de la misma.

**Tabla 2.** Resultado del análisis de peligro sísmico de Moquegua (aceleraciones en  $cm/s^2$ )

Coordenadas			PERIODO DE RETORNO EN (AÑOS)						
X	Y	PUNTO	30	50	100	200	400	475	950
-71.1	-17.4	1	144.43	180.79	245.34	315.29	403.46	426.27	532.52
-70.85	-17.4	2	141.8	176.84	238.75	306.86	391.04	413.36	513.97
-70.6	-17.4	3	139.06	172.86	232.37	298.68	378.46	400.88	497.77
-71.1	-17.15	4	140.95	175.5	236.44	303.7	385.96	408.21	505.96
-70.85	-17.15	5	138.38	171.72	230.28	295.83	373.88	395.93	490.04
-70.6	-17.15	6	135.88	168.14	224.63	288.97	363.79	384.87	475.43
-71.1	-16.9	7	137.52	170.46	228.24	293.21	369.83	391.44	483.85
-70.85	-16.9	8	135.3	167.22	223.01	286.79	360.27	380.95	470.25

Fuente: (Moreno Lacza, 2019)

### Nivel Freático

Es una variable fundamental en el análisis de la estabilidad de taludes, ya que su posición en el subsuelo puede afectar significativamente la resistencia y la presión sobre el talud. La presencia del agua subterránea puede disminuir la cohesión del suelo, aumentar la presión hidrostática y el peso del suelo, y aumentar el riesgo de erosión. Variaciones estacionales y cambios en el nivel freático deben ser considerados, y en algunos casos, se puede implementar drenaje para controlar su influencia. En resumen, comprender y gestionar adecuadamente el nivel freático es esencial para evaluar y mitigar el riesgo de deslizamientos y colapsos en taludes geotécnicos. (GEOTECNIA FACIL, 2018).

## III. METODOLOGÍA

### 3.1. Tipo y diseño de investigación

Según Ñaupas (2018), La **investigación aplicada** se caracteriza porque se desarrollan problemas e hipótesis de trabajo para abordar cuestiones sobre la



base de investigaciones básicas porque su objetivo es resolver un problema particular o tomar un curso de acción particular, concentrándose en la recopilación y aplicación de conocimientos para el resolver en concreto un problema científico. La presente investigación utiliza teorías que respaldan las variables, se basa en los resultados de fuentes básicas conocidas y están orientadas a la solución de problemas como la estabilidad de taludes por tal motivo es una **investigación aplicada**.

### **El enfoque de investigación:**

Según Hernández y Mendoza (2018) menciona que el **enfoque cuantitativo** refleja la necesidad de medir el tamaño de un problema de investigación y se define como un sistema deductivo y lógico que propone diferentes preguntas de investigación lo que deriva a realizar una o varias hipótesis para posteriormente probarlas mediante la comparación de recopilación y el análisis de datos . La presente investigación será de **enfoque cuantitativo** debido a que se desarrollan ensayos de laboratorio para poder obtener las propiedades físico mecánicas del suelo para la obtención de resultados lógicos y para determinar la geometría del suelo se utiliza la topografía la cual es una medición numérica.

### **Diseño de Investigación:**

Hernández y Mendoza (2018), un diseño **no experimental** se da cuando las variables estudiadas no se manipulan de forma deliberada por parte del investigador; este diseño se basa en la visualización de fenómenos de la forma en que se desarrolle en su contexto natural para después analizarlos; añadiendo a lo anterior, dentro de las investigaciones no experimentales se tienen los tipos longitudinal y transversal que recolecta datos y estudia las propiedades de las variables en un único momento. En la presente investigación la variable independiente factor de seguridad no se manipulará, simplemente se pretende analizar el factor de seguridad en condiciones estáticas y pseudoestáticas a partir de la tipología de suelo y geometría, previa observación de los deslizamientos y derrumbes proponiendo nuevos ángulos de inclinación en lugares definidos, por tal motivo es una investigación **no experimental** y de tipo **transversal**.

### 3.2. Variables y operacionalización

#### **Variable Independiente; Factor de seguridad.**

**Definición conceptual:** Según Enoch (2021), el cálculo del factor de seguridad es el procedimiento general habitual en el análisis para el cálculo de estabilidad de taludes. Existen diferentes métodos y procedimientos de análisis de estabilidad de taludes y cálculo de factor de seguridad.

**Definición operacional:** Según Enoch (2021), en equilibrio límite, el factor de seguridad (FS) se calcula La correlación de la resistencia al corte y el esfuerzo cortante o de corte expresado como un factor de seguridad determina la estabilidad del talud. **FS =  $t_f / t_m$**

La operacionalización de esta variable será mediante su dimensión Modelación mediante el software Slide.

#### **Variable Dependiente: Estabilidad de talud.**

**Definición conceptual:** Según Rotaru, Bejan, & Almohamad (2022), mencionan que la estabilidad en taludes indica la condición de los taludes que resisten o sufren movimiento. El análisis de estabilidad en taludes es un análisis estático o dinámico, analítico o método numérico para evaluar la estabilidad del talud y comprender las causas de una falla de la pendiente o los factores que desencadenan un movimiento de la pendiente. Asimismo, el análisis de estabilidad responde a un problema que exige fuerza y / o equilibrio de momento. La correlación de la resistencia al corte y el esfuerzo cortante o de corte expresado como un factor de seguridad determina la estabilidad del talud.

**Definición operacional:** Los taludes se mantienen generalmente estables en su vida útil sin embargo se pueden producir fallas por diversos fenómenos, dificultando la transitabilidad de la vía. La operacionalización de esta variable será mediante sus dimensiones propiedades físicas, mecánicas, y geométricas del talud.

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### Población

Según Ñaupas et al. (2018), la **población** se define como un conjunto de unidades que contienen características que deben ser consideradas. La unidad de estudio puede ser una persona, cosa u otra. Para el caso actual de esta investigación, la población en estudio está conformada por los taludes entre los progresivos km 6+800 y 8+200 de la carretera Omate - Moquegua.

#### Muestra

Para Arias (2021), delimitar la población es fundamental, ya que la delimitación poblacional determina lo que constituye una muestra. Por lo tanto, el estudio se limita a los taludes del kilómetro Km 6+800, Km 7+500 y Km 8+200, donde se realizarán las calicatas y los estudios necesarios para determinar los objetivos planteados.

#### Muestreo

El muestreo, según Ñaupas et al. (2018), se define como un método que permite seleccionar determinadas unidades de una población como muestra para que los datos requeridos para un estudio puedan ser analizados de manera consistente. Son de tipo probabilístico y no probabilístico; en el cual, el muestreo es deliberado; las unidades son elegidas por el investigador al azar, pero a propósito. El muestreo se basa en estándares individuales de cantidad y calidad que él cree que son importantes para el progreso de su investigación. En la presente investigación, los investigadores escogimos a criterio los puntos críticos de análisis de la carretera a través de la observación; por lo tanto, esta investigación es de tipo **no probabilístico**.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### Técnicas de recolección de datos:

Arias (2018), menciona que la técnica para la obtención de datos en una investigación se da mediante la observación y participación en un determinado lugar geográfico. Es decir, llevar a cabo la observación in situ de manera presencial y directa en un período determinado de tiempo. Esto se debe relacionar directamente con los objetivos planteados y las variables de la investigación que se realizan. Por lo tanto, en la presente investigación utilizaremos la **observación directa**. Se registrarán los datos para caracterizar los materiales, de tal manera que se evalúe la estabilidad de taludes y el factor de seguridad. La información que se recolecte mediante la observación de los ensayos realizados nos permitirá plantear soluciones a la problemática.

#### **Instrumentos de recolección de datos:**

Carrero (2018), menciona que los instrumentos utilizados para la recolección de datos en una investigación tienen el propósito de recopilar y ordenar información con el objetivo de determinar la aplicación de técnicas y ensayos. Para la presente investigación, se obtendrán datos de los instrumentos utilizados mediante fichas de recopilación de datos para realizar los ensayos. Por lo tanto, se llevará a cabo la siguiente secuencia:

Inicialmente, se realizó la observación. Durante el recorrido realizado en la carretera, se identificaron los taludes más críticos. Luego, se llevó a cabo el levantamiento topográfico utilizando equipos de medición de alta gama, como la estación total, y se utilizaron instrumentos de medición superficial para determinar la geometría del talud.

Esto se realizó mediante el procesamiento de la base de datos en el software Civil 3D. Además, se recopilaron datos en el laboratorio de mecánica de suelos utilizando diversos instrumentos. Una vez procesados, estos datos proporcionaron resultados de laboratorio que incluyen las propiedades físicas y mecánicas. Posteriormente, se empleó el software Slide V6.0 para realizar el análisis del Factor de Seguridad (F.S.) y presentar nuevas configuraciones de la geometría del talud. Esto incluye la propuesta de nuevos ángulos de inclinación del talud.

**Tabla 3, Ensayos e instrumentos para los ensayos de mecánica de suelos.**

<b>ESTUDIO Y ENSAYO</b>	<b>INSTRUMENTO</b>
Topográfico	Estación total Prisma Flexómetro Trípode
Granulometría del suelo	Juego de Tamices Cucharon Balanza de precisión 0.5 gr
Contenido de Humedad	Bandeja Taras Horno Balanza de precisión 0.5 gr
Limite Liquido y Plástico	Base de preparación Copa de Casagrande Balanza de precisión 0.5 gr
Peso Específico del Suelo	Balanza de precisión 0.5 gr Horno Cono de Densidad
Densidad natural	Balanza de precisión 0.5 gr Arena graduada Tamizadora Brochas
Corte directo	Equipo de Corte directo

Fuente elaboración Propia

**Validez:**

Urritia Engaña, Barrios Araya, Gutiérrez Núñez, & Mayorga Camus (2014), la validez representa un criterio de evaluación cuyo propósito consiste en evaluar los métodos utilizados para mostrar el grado de consistencia o adecuación de la medición realizada. En el contexto de las pruebas de laboratorio, estas se desarrollan siguiendo los procedimientos establecidos y proporcionados por el MTC y el ASTM, que detalla la secuencia de pasos necesarios para obtener todos los parámetros requeridos para identificar y caracterizar el tipo de suelo presente en el talud.

**Confiabilidad de los instrumentos:**

La confiabilidad de los instrumentos para la recolección de datos se refiere a la consistencia en la producción de resultados similares cuando se emplean en distintos estudios. En este proyecto de investigación, la confiabilidad se garantizará mediante los certificados de calibración de los equipos de laboratorio que se utilizarán en los ensayos. Estos certificados serán emitidos por un especialista en el campo, lo que asegurará la fiabilidad de los datos recopilados.

**3.5. Procedimientos:****Identificación de las zonas de estudio**

La zona de estudio está ubicada en la región Moquegua, Provincia Mariscal Nieto, en la Carretera Moquegua-Omate, en el sector Otorá, Distrito de Torata, a una altitud de aproximadamente 2700 msnm, con coordenadas UTM: 302409.96 m al Este y 8117258.18 m al Sur.

En primer lugar, se realizó una visita a campo para reconocer los diferentes puntos de la carretera donde se pretende llevar a cabo la investigación, además de realizar una descripción visual y mapeo del lugar. Durante esta visita, se identificaron 03 puntos críticos donde se aprecian deslizamientos de taludes, ubicados en el tramo 01 (km 6+800), tramo 02 (km 7+500) y tramo 03 (km 8+200).



**Figura 6.** Tramo de estudio carretera Moquegua – Omate

Fuente: Elaboración propia.

### Levantamiento topográfico

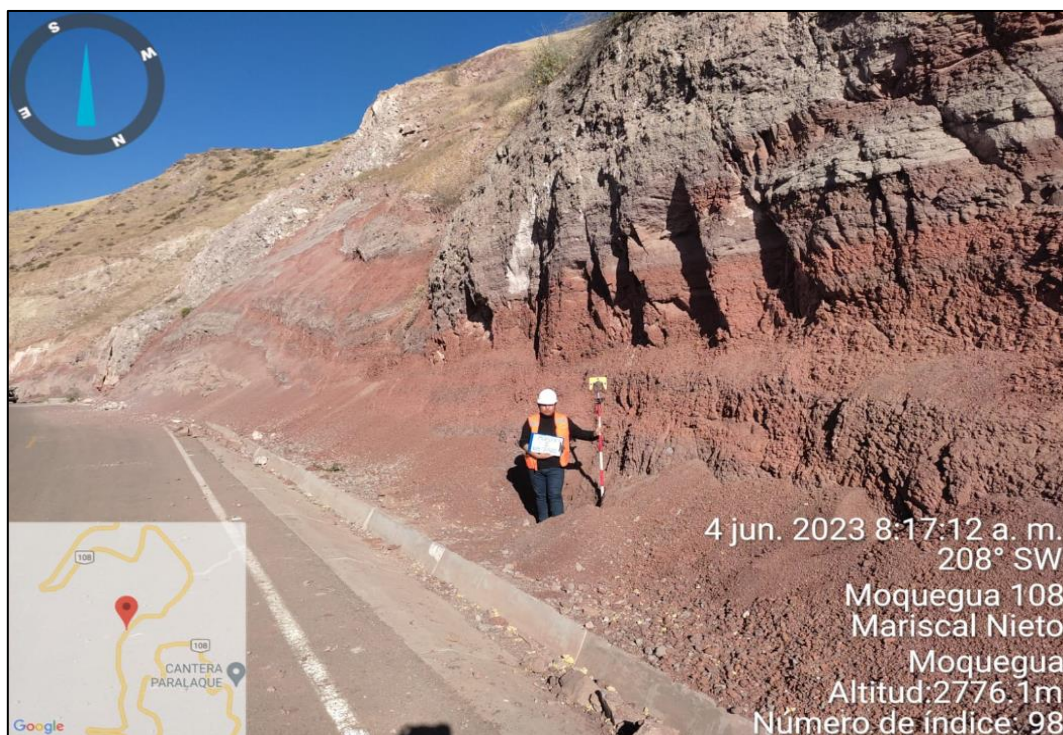
El procedimiento para el levantamiento topográfico se llevó a cabo de manera rigurosa y precisa. Se estableció un equipo de campo equipado con una estación total Leica TS06, la cual se utiliza para medir distancias, ángulos y elevaciones con gran precisión. El proceso involucró la instalación de un prisma en puntos estratégicos de la zona de estudio, permitiendo que la estación total emitiera un láser hacia el prisma y registrara los datos. Los investigadores hemos realizado mediciones cuidadosas en cada punto, teniendo en cuenta la sección de la carretera y el talud de corte. La información obtenida se registró en un sistema de coordenadas UTM, zona 19 sur, lo que garantiza la correcta ubicación geográfica de cada punto. Este procedimiento meticuloso y la utilización de tecnología de vanguardia garantizaron la precisión de los datos topográficos, esenciales para la evaluación de la geometría de los taludes."





**Figura 7.** Levantamiento topográfico km 7+500

Fuente: Elaboración propia.

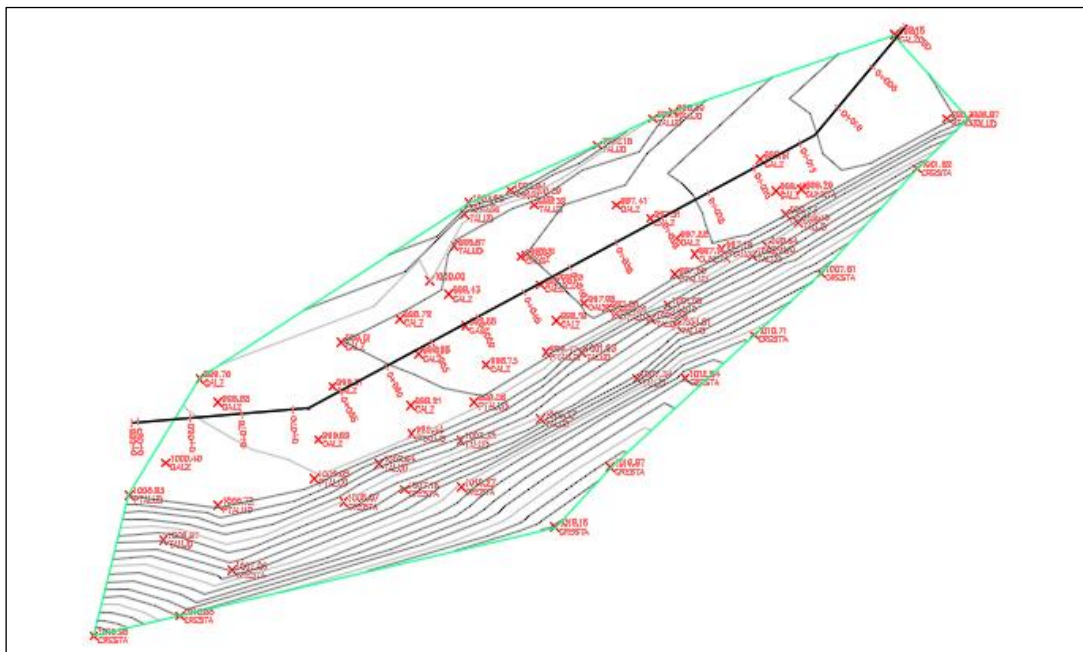


**Figura 8.** Levantamiento topográfico km 6+800

Fuente: Elaboración propia.



El proceso para generar las secciones transversales mediante el software Civil 3D se realizó de manera metódica y eficiente. Una vez importados los datos topográficos, utilizamos las herramientas de diseño del software para crear las secciones transversales de la carretera a intervalos regulares de 5 metros. Estas secciones nos proporcionan una representación detallada de la geometría del terreno, incluyendo el perfil del talud. Al seleccionar el tramo de sección transversal más crítico, pudimos enfocarnos en los puntos de interés donde se apreciaban posibles deslizamientos y otros problemas de estabilidad. Además, el software nos permitió calcular y analizar las características geométricas clave de estos taludes, lo que resulta esencial para la evaluación de la estabilidad y la toma de decisiones en cuanto a su diseño.

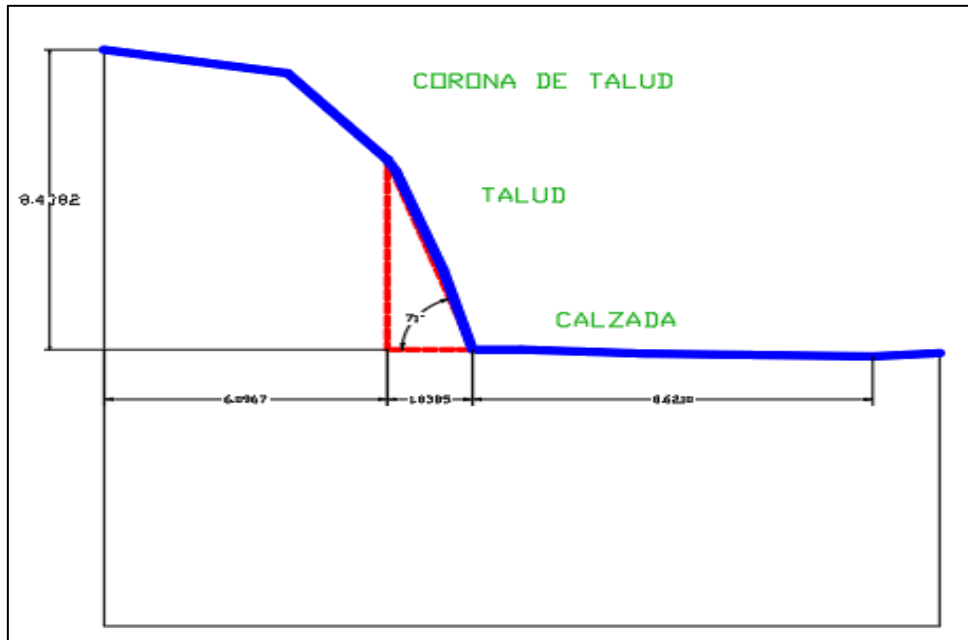


**Figura 9.** *Procesamiento de datos topográficos en Software Civil 3d*

Fuente: Elaboración Propia

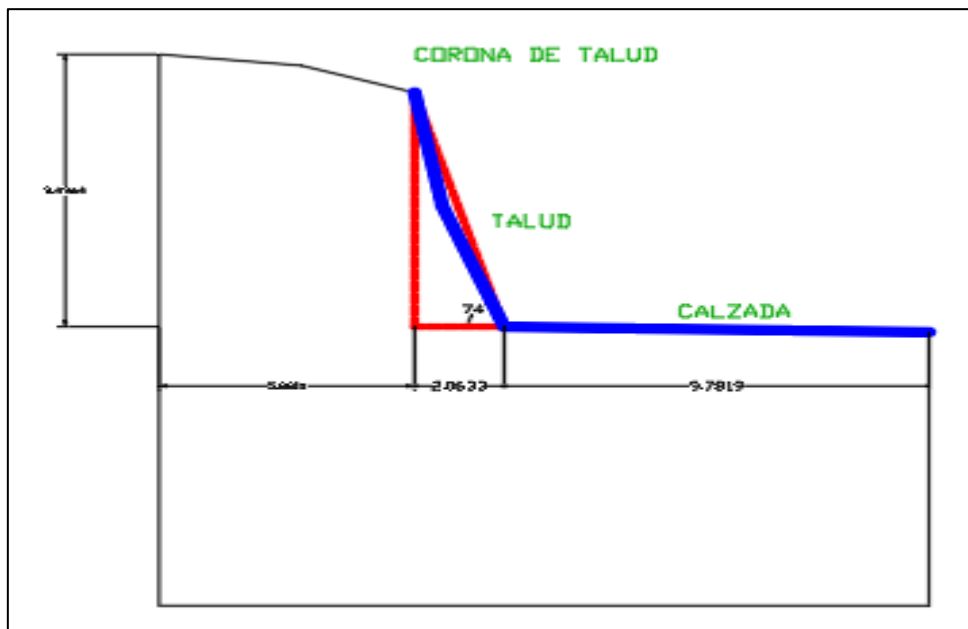
Las secciones críticas identificadas en los tres taludes bajo estudio, ubicados en las progresivas correspondientes a los tramos 01 (km 6+800), 02 (km 7+500) y 03 (km 8+200), presentan alturas respectivas de 8.44 metros, 8.49 metros y 8.50 metros, con inclinaciones de 71°, 74° y 75° grados sexagesimales. Cabe destacar que estos taludes se encuentran a una altitud de 2780.00 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). La topografía de la zona se caracteriza por pendientes

pronunciadas y una uniformidad en los estratos del suelo. No se observa vegetación de tallo alto ni evidencia de roca en estas áreas. Además, se constata la presencia de notables rastros de precipitaciones fluviales en la superficie.



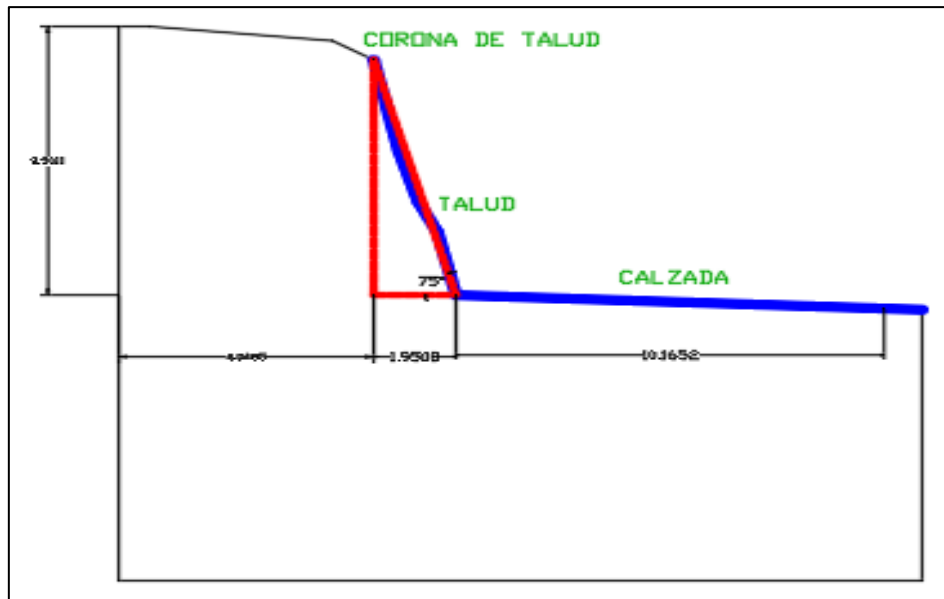
**Figura 10.** Sección transversal de talud tramo 01 km 6+800

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 11.** Sección transversal de talud tramo 02 km 7+500

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 12.** Sección transversal de talud tramo 03 km 8+200.

Fuente: Elaboración propia.

### **Recolección de muestras:**

El procedimiento de excavación de calicatas se realizó con meticulosidad y siguiendo un protocolo preciso. Se seleccionaron ubicaciones estratégicas en el pie y la parte media de cada talud de estudio. El proceso de excavación se llevó a cabo de forma manual, utilizando herramientas específicas para garantizar la integridad de las muestras de suelo. Se excavaron pozos de 1.00 metro de profundidad en cada punto seleccionado, asegurando que las paredes de las calicatas permanecieran estables durante el proceso. Cada calicata proporcionó una muestra representativa de 60 kg de suelo, que luego fue cuidadosamente preparada y etiquetada para su posterior análisis en laboratorio. Este procedimiento meticuloso nos permitió obtener datos precisos sobre las propiedades físicas, y mecánicas del suelo en cada tramo de estudio, lo que resulta fundamental para la evaluación de la estabilidad de los taludes. Antes de emprender la excavación de calicatas en el contexto de la investigación de estabilidad de taludes, es crucial llevar a cabo una planificación detallada que incluya la ubicación precisa de las calicatas, la obtención de permisos y autorizaciones pertinentes, la identificación de servicios subterráneos y la preparación de medidas de seguridad en el sitio, que abarcan desde la

instalación de señales de advertencia hasta la provisión de equipo de protección personal.



**Figura 13.** Talud tramo 03 km 8+200 Excavación de Calicata.

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 14.** Talud tramo 03 km 8+200 Extracción de muestra - Trinchera.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 4.** *Ubicación de las Calicatas.*

<b>Calicata</b>	<b>Profundidad (m)</b>	<b>Cota (msnm)</b>	<b>Coordenada Este</b>	<b>Coordenada Norte</b>
C-01	1	2750.1	302342.16	8117102.23
C-02	1	2766.35	302385.67	8117240.58
C-03	1	2778.22	302507.21	8117324.53

Fuente: Elaboración propia.

### **Densidad y peso unitario en situ de campo**

Para la determinación de la densidad del suelo en cada tramo de estudio, se empleó el método del cono de arena, siguiendo estrictamente las pautas establecidas por la normativa NTP 339.143.

Este proceso comenzó con la excavación de una muestra representativa del suelo en la zona de interés, garantizando que estuviera libre de piedras y materiales no deseados, luego la muestra se colocó en una bolsa hermética y se registró su peso; a continuación, se llenó el cono de arena seca y se posicionó cuidadosamente sobre el suelo en el área de prueba, al retirar el tapón del orificio en la base del cono, se permitió que la arena fluyera hacia el suelo, llenando los vacíos entre las partículas del suelo, una vez que el flujo de arena se detuvo por completo, se midió el volumen de arena acumulado en el recipiente, y este valor se registró como el volumen de arena suelta; con estos datos, se calculó la densidad del suelo, proporcionando información esencial sobre su composición y características físicas en su estado natural, fundamental para la evaluación de la estabilidad de los taludes.





**Figura 15.** Talud tramo 03 km 8+200, Ensayo de Densidad

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 16.** Talud tramo 03 km 8+200, Ensayo de Densidad

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 17.** Talud tramo 03 km 8+200, Ensayo de Densidad

Fuente: Elaboración propia.

El volumen de arena suelta se divide por el volumen conocido del recipiente para obtener la densidad relativa de la arena suelta, esta densidad relativa se compara con los valores de referencia o curvas estándar para determinar la densidad y la compactación del suelo.

Los datos obtenidos del procedimiento de densidad natural en campo para las calicatas del km 6+800, km 7+500 y km 8+200 se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 5.** Datos para el Ensayo de Densidad Natural Método del Cono de Arena

DATOS OBTENIDOS	C-01	C-02	C-03
	KM-6+800	KM-7+500	KM-8+200
Masa de suelo extraído + tara (g)	4019	4875	5248
Masa de tara (g)	0	0	0
Masa de suelo extraído (g)	4019	4875	5248
Masa inicial de arena + equipo (g)	7625	7848	7762
Masa de arena que queda en equipo (g)	2945	2843	1968
Masa de arena en cono de equipo (g) [DATO]	1676	1676	1676
Masa de arena en hoyo (g)	3004	3329	4118
Densidad de arena de ensayo (g/cm) [DATO]	1.461	1.461	1.461
Volumen total de hoyo (cm <sup>3</sup> )	2056.13	2278.58	2818.62

Fuente: Elaboración propia.

## Granulometría

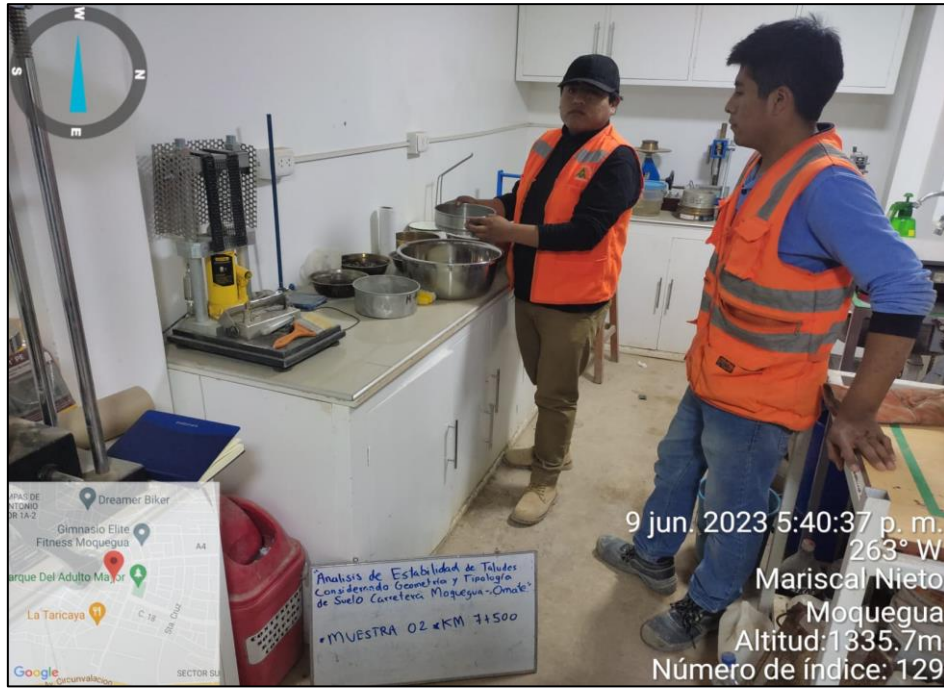
El ensayo de granulometría es un paso esencial en la caracterización del suelo para luego poder determinar la clasificación del suelo mediante SUCS o AASTHO. Tras la obtención de las muestras de las calicatas, se procede al análisis granulométrico siguiendo rigurosamente las pautas establecidas en la normativa NTP 339.128, el proceso inicia con el cuarteo de la muestra para asegurar su representatividad y luego se utilizan una serie de tamices con aberturas que varían desde 3 pulgadas hasta 0.075 mm, dispuestos en orden descendente, este procedimiento se realiza con mucho cuidado asegurando que no se pierdan partículas de suelo en el proceso, el suelo se pasa a través de estos tamices, aplicando un movimiento vibratorio para separar las partículas según su tamaño, en cada tamiz se registra el peso del suelo retenido, estos datos se utilizan para construir la curva granulométrica que proporciona una representación visual de la distribución de tamaños de partículas que presenta nuestro suelo; Además, mediante los sistemas de clasificación SUCS y AASHTO, se categoriza el suelo, lo que resulta fundamental para comprender su comportamiento y su influencia en la estabilidad de los taludes.



**Figura 18.** *Cuarteo de la Muestra*

Fuente: Elaboración propia.





**Figura 19. Tamizado de Muestras**

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 20. Tamizado de muestras**

Fuente: Elaboración propia.

## Límites de Atterberg

Se desarrollaron los ensayos de límite líquido, como también el ensayo de límite plástico siguiendo la normativa NTP 339.129, haciendo uso de una serie de instrumentos certificados y debidamente calibrados. Estos instrumentos incluyen un tamiz N°40, una espátula metálica de hoja flexible, recipientes adecuados, pipeta, piseta con agua destilada, copa de casa grande, ranurador o acanalador, una balanza con una aproximación de 0.01 g y un horno eléctrico calibrado a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  ( $230 \pm 9^\circ\text{F}$ ), el procedimiento se realizó en laboratorio.

Limite Liquido (LL): El ensayo de límite líquido, se realizó siguiendo las pautas detalladas en la norma NTP 339.129. En este proceso, se comienza tomando una muestra representativa del suelo y se mezcla con agua hasta obtener una pasta homogénea. Luego, esta pasta se coloca en la copa de Casagrande, donde se ajusta la distancia entre las dos partes del molde. El molde se levanta y se deja caer varias veces sobre una superficie, lo que permite que la pasta fluya. Continuamente, se procede a amasar y a ajustar la distancia entre las partes del molde hasta que se forme un hilo de suelo que conecte los extremos de la ranura creada por el molde.



**Figura 21.** Ensayo de Limite liquido

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 22.** Copa de Casagrande  
Fuente: Elaboración propia.

Limite Plástico (LP): El ensayo de límite plástico es un componente clave en la caracterización de las propiedades del suelo, se realiza siguiendo el protocolo establecido por la norma NTP 339.129 y ASTM 4318-93.

En este proceso, se toma una porción de la pasta de suelo previamente utilizada en la prueba del límite líquido, esta porción se modela en forma de un pequeño cilindro y se aplasta sobre una superficie lisa (rolado) hasta que se logra la fractura, el límite plástico es crucial para comprender el comportamiento del suelo, se define como el contenido de humedad en el cual el cilindro de suelo comienza a presentar grietas es decir es el valor límite inferior del estado de plasticidad que presenta el suelo. El ensayo se repite con varias muestras, la superficie de trabajo debe estar limpia para cada ensayo realizado y se calcula un promedio de acuerdo a lo indicado en la normativa para desarrollar el ensayo.





**Figura 23. Ensayo de Limite plástico**

Fuente: Elaboración propia

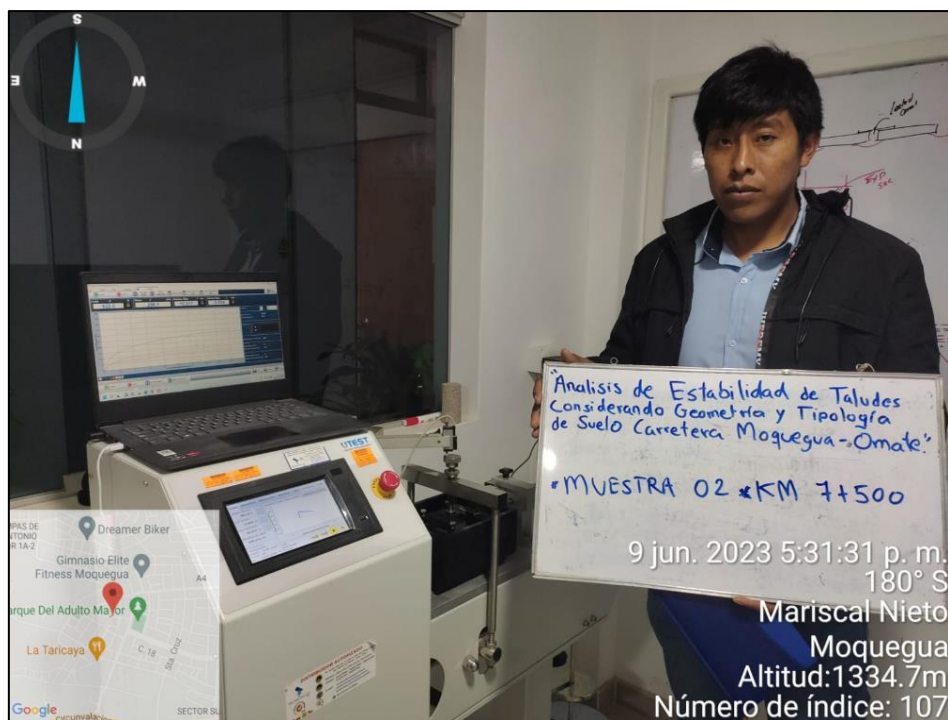


**Figura 24. Rolado de muestra**

Fuente: Elaboración propia

## Corte directo

El ensayo de corte directo, realizado de acuerdo con las normativas ASTM D3080-72, es una parte fundamental en la evaluación de la resistencia al corte del suelo, en este proceso se aplicó una carga normal al plano de movimiento del suelo utilizando un aditamento específico, luego, se monitoreó cuidadosamente la respuesta del suelo a esta carga, registrando tanto la fuerza normal como la fuerza cortante en todo momento, a través de la aplicación de diferentes cargas, se obtuvieron datos cruciales que permitieron identificar los puntos críticos de esfuerzo y falla, lo que es esencial para comprender cómo el suelo se comporta en condiciones de corte y determinar su resistencia ante fuerzas externas. El tipo de ensayo utilizado fue bajo condiciones consolidación-drenado, se aplicó la fuerza de corte muy lentamente para asegurar que se disipe la presión de poros, al culminar el ensayo la muestra se secó para determinar el peso de sólidos, el procedimiento se repitió tres veces para cada muestra con aplicación de diferentes cargas según el procedimiento que indica la normativa.



**Figura 25.** Máquina de Corte Directo

Fuente: Elaboración propia.

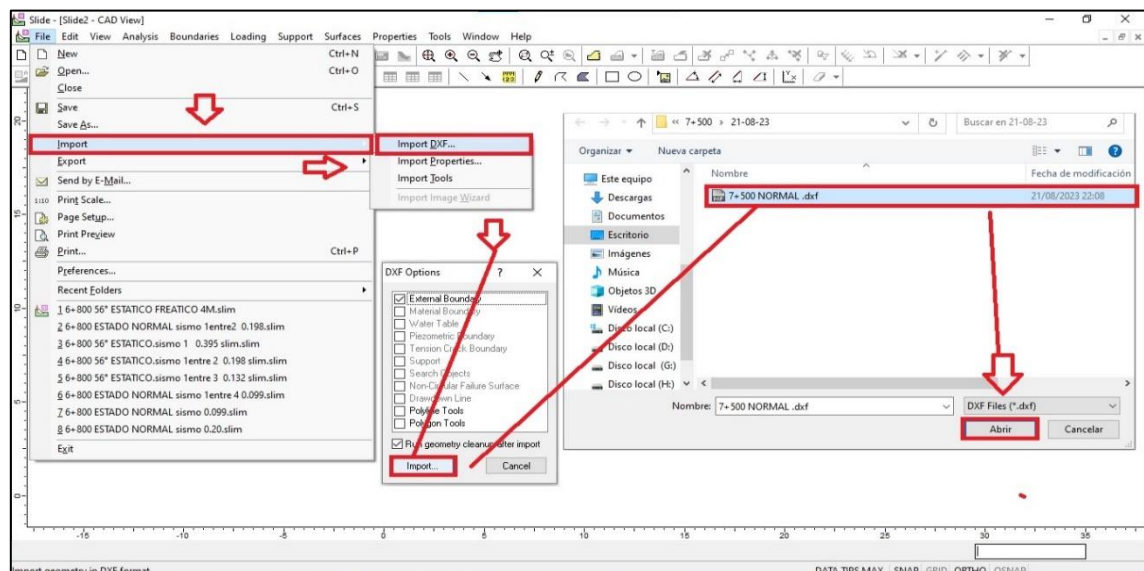


**Figura 26. Ensayo de Corte Directo**

Fuente: Elaboración propia.

### Uso de software Slide V6.0.

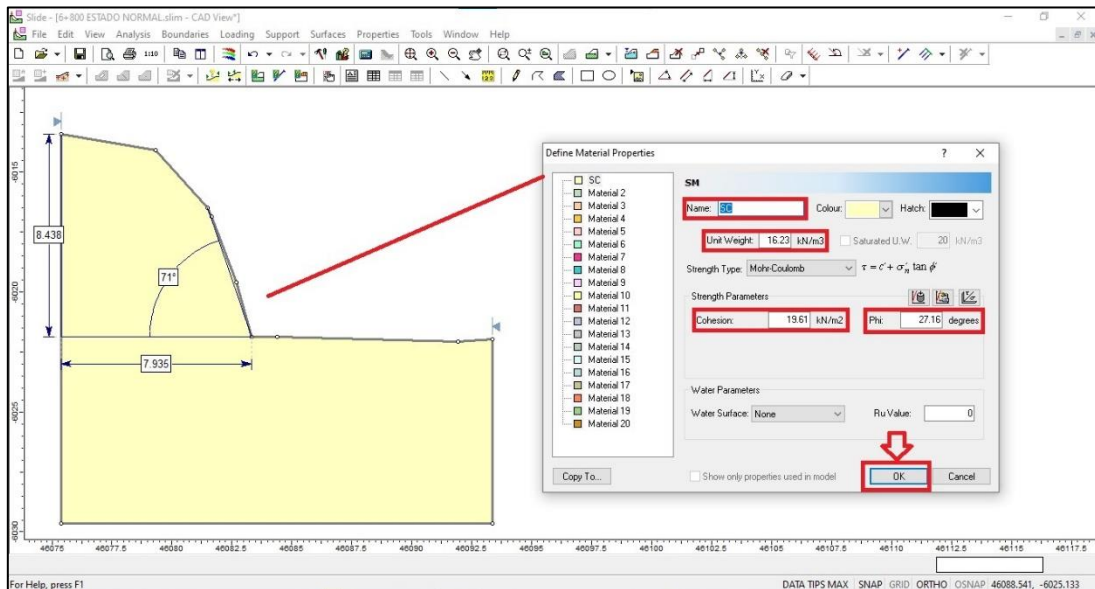
Una vez abierto el programa, se inicia con la importación de la sección del talud producto del levantamiento topográfico en formato de archivo DXF.



**Figura 27. Importación de archivo DXF a Slide v6.0**

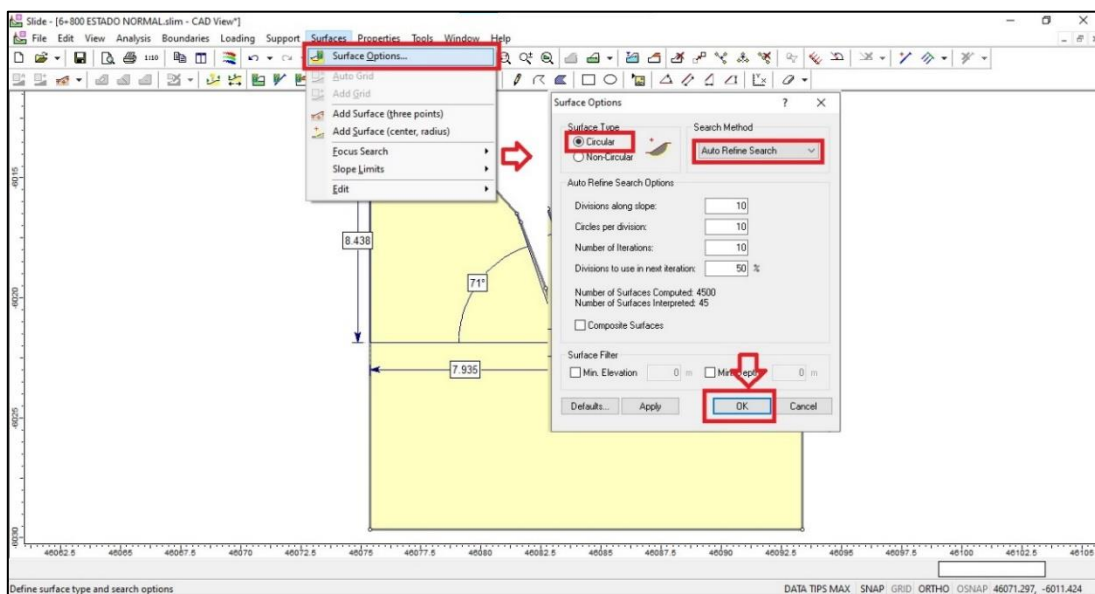
Fuente: Elaboración propia.

Se ingresan los estratos con sus respectivas propiedades (Tipo de suelo para identificación, Peso unitario, Cohesión, y ángulo de fricción), se debe elegir el tipo de modelo matemático para el análisis, siendo en este caso Mohr-Coulomb.



**Figura 28.** Ingreso de datos de propiedades del suelo del talud

Fuente: Elaboración propia.

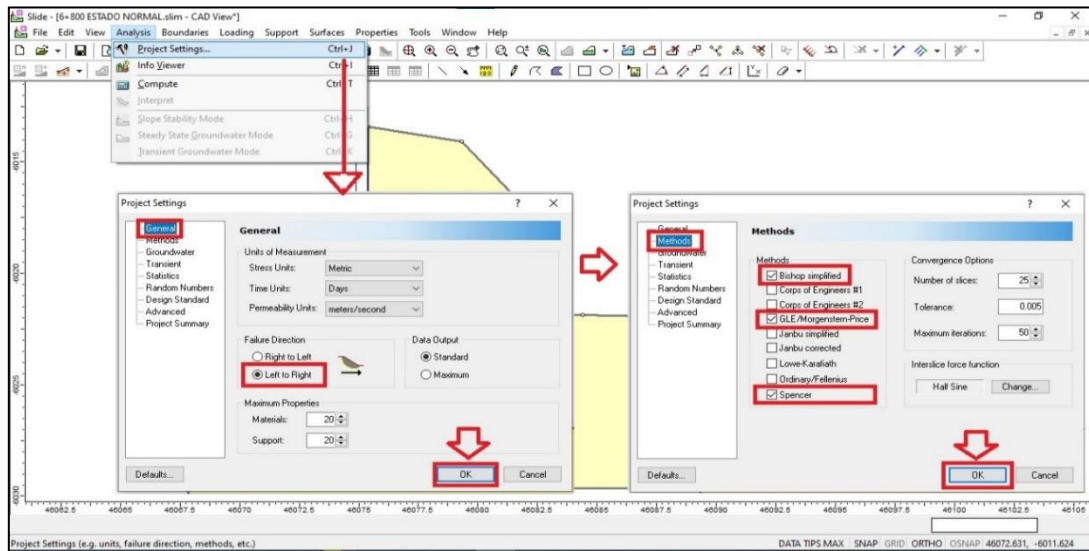


**Figura 29.** Definición del tipo de superficie o tipo de falla del talud

Fuente: Elaboración propia.



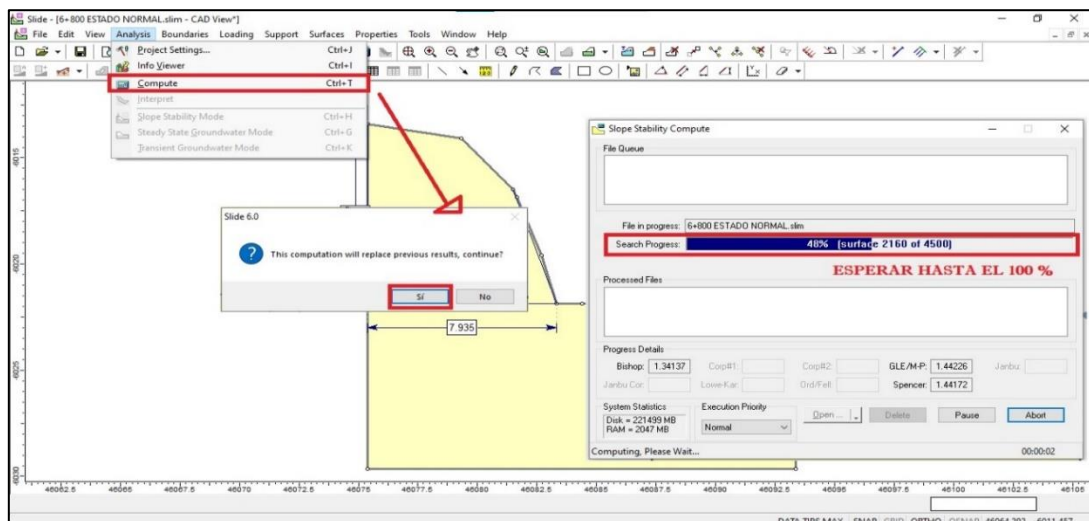
Seguidamente nos dirigimos a configuraciones básicas, en donde se debe definir la dirección de falla del talud y los métodos de análisis para el desarrollo del cálculo del factor seguridad.



**Figura 30.** Definición de dirección de falla y métodos de análisis

Fuente: Elaboración propia.

Posterior a ello se debe computarizar para que el software realice el cálculo del factor de seguridad por los distintos métodos escogidos para el análisis para finalmente obtener valores o coeficientes del factor de seguridad para realizar el análisis comparativo con los valores mínimos solicitados por la norma CE.020.

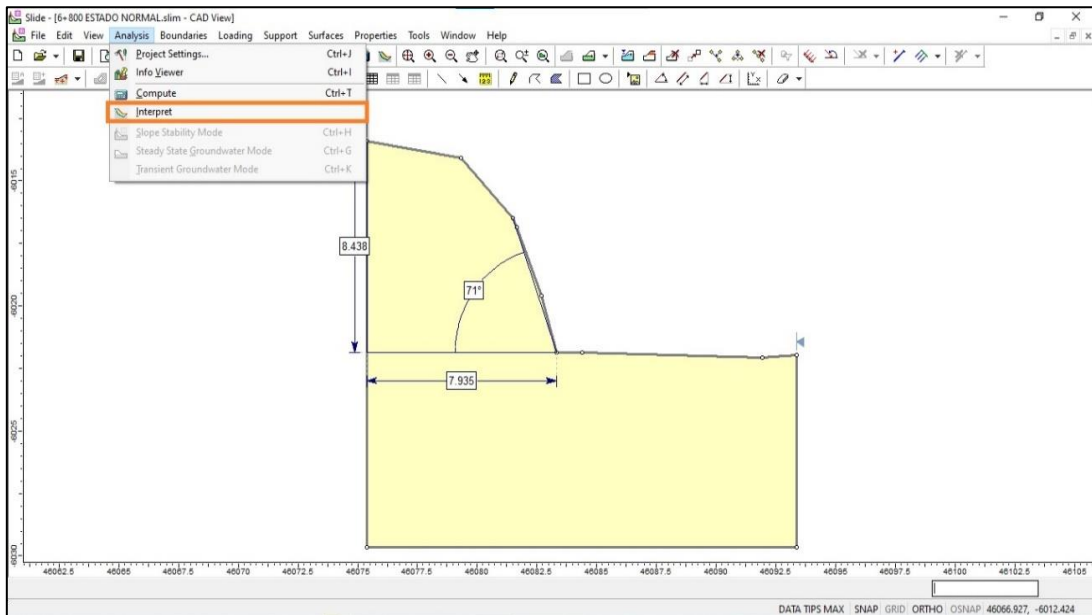


**Figura 31.** Procesamiento de software Slide v6.0

Fuente: Elaboración propia.

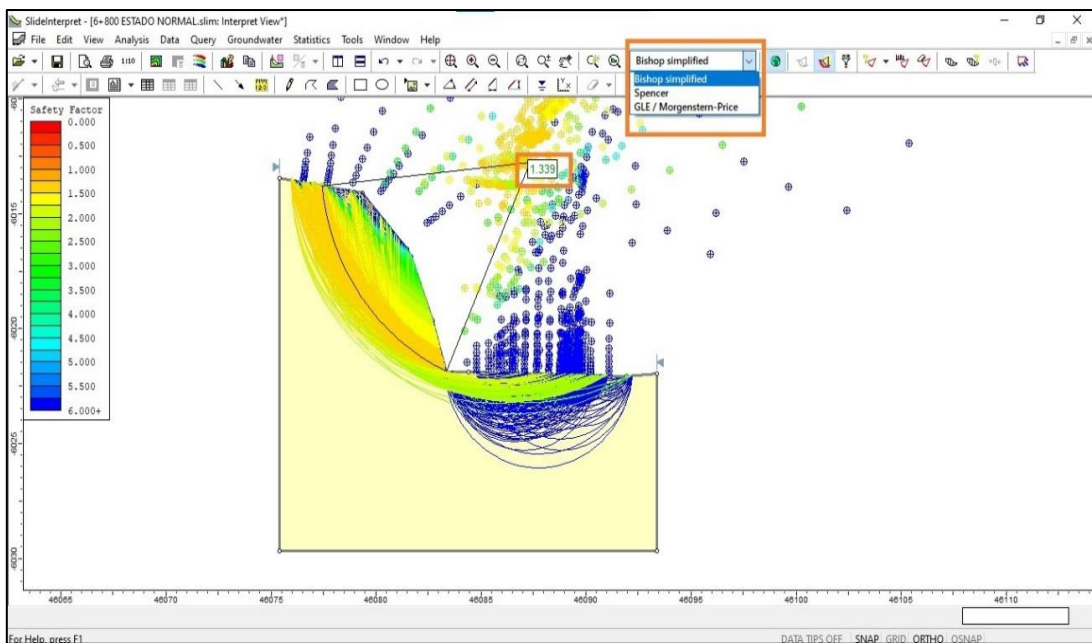


Dando clic en la opción Interpretaremos podremos conocer el Factor de seguridad obtenido por los distintos métodos de análisis propuestos.



**Figura 32.** Procesamiento de software Slide v6.0

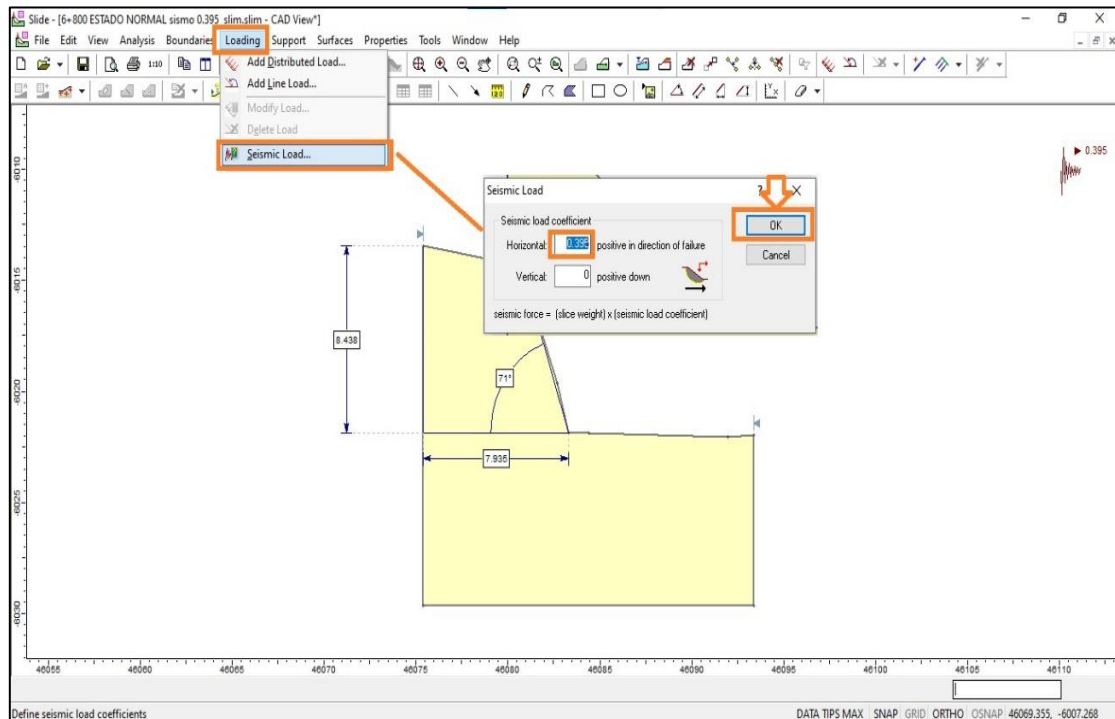
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 33.** Ventana de análisis y resultados del factor de seguridad

Fuente: Elaboración propia.

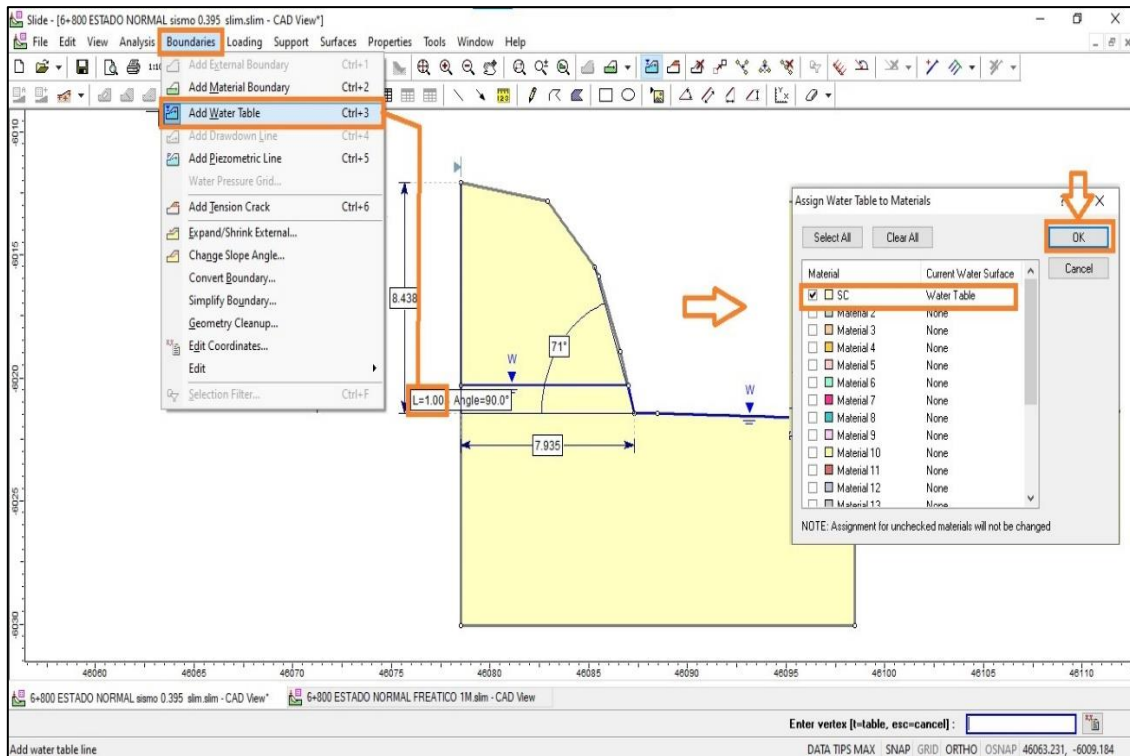
Para condiciones sísmicas o análisis pseudoestático, se debe agregar el coeficiente de carga sísmica según a la zona de estudio y de acuerdo a los parámetros exigidos por la norma CE.020.



**Figura 34.** Asignación del coeficiente carga sísmica para el análisis pseudoestático

Fuente: Elaboración propia.

Para que el software tome la consideración de la presencia del nivel freático, se debe definir primero la altura de los diferentes niveles freáticos que se desea asignar, seguidamente se realizó la gráfica respecto a la altura requerida de nivel freático, seguidamente se escoge los estratos o materiales en donde influirá la carga del nivel freático para este caso solo se tuvo un tipo de suelo o estrato, si se tuviera más de un estrato se debe seleccionar con un “check” los estratos que serán influenciados por el nivel freático; seguidamente se guardan los cambios en la pestaña “ok” y se continua con el procedimiento de análisis de forma tradicional.



**Figura 35.** Asignación de nivel freático en el análisis del factor de seguridad

Fuente: Elaboración propia.

Una vez que se tenga definido las alturas del nivel freático que se consideraran para el análisis de la estabilidad de taludes, se continua con el grabado de este análisis, para que el software pueda realizar el análisis correspondiente y muestre los resultados de factor de seguridad para los distintos métodos de análisis seleccionados al igual que la gráfica de interpretación; cabe resaltar que el software puede realizar el análisis en simultaneo considerando el coeficiente sísmico y el nivel freático.

### 3.6. Método de análisis de datos.

Para esta investigación se utilizó un análisis prospectivo porque es un estudio realizado en tiempo definido, tomando las condiciones más críticas con el único objetivo de poder prever futuras situaciones.

Para la estabilidad del talud: El método **Spencer**, conocido como "Método de las Cuñas," descompone el talud en cuñas que se analizan como cuerpos rígidos en equilibrio, evaluando las fuerzas y momentos en cada cuña para prevenir

deslizamientos. El método **Bishop simplificado**, desarrollado por Ronald Bishop, se basa en el equilibrio límite, asegurando que la resistencia al corte del suelo sea igual a las fuerzas de deslizamiento. Por último, el método **GLE/Morgenstern-Price** utiliza el equilibrio de fuerzas y momentos en bloques creados al dividir el suelo en planos para evaluar la estabilidad del talud. Estos métodos son esenciales en el análisis de la estabilidad de taludes en la ingeniería geotécnica.

**Tabla 6.** Ecuaciones de equilibrio satisfechas por cada método de estabilidad.

Método de Equilibrio Límite	Equilibrio Vertical de Fuerzas	Equilibrio Horizontal de Fuerzas	Equilibrio de Fuerzas	Equilibrio de Momentos
M.Bishop simplificado	SI	NO	NO	SI
M.Jambú simplificado	SI	SI	SI	NO
Spencer	SI	SI	SI	SI
M.Fellenius	SI	NO	NO	SI
M.GLE Morgenstern-P	SI	SI	SI	SI

Fuente: Martínez Aracely 2018.

### 3.7. Aspectos éticos

Esta investigación está destinado únicamente a fines académicos, y ha sido elaborado bajo los principios de autenticidad dadas las consideraciones éticas, los autores asumimos toda la responsabilidad que se puedan derivar de la consulta y utiliza los resultados únicamente con fines de aprendizaje. La prueba de anti plagio mediante el Turnitin respalda este documento garantizando la integridad y veracidad de la información que se brinda, los conceptos de otros autores fueron correctamente referenciados al igual que la imágenes y tablas.

#### IV. RESULTADOS

**Ubicación política:** La presente investigación se desarrolló en el distrito de Torata, Provincia Mariscal Nieto Región de Moquegua

Ubicación: Departamento: Moquegua - Provincia Mariscal Nieto - Distrito: Torata



**Figura 36.** Mapa del Perú

Fuente: Google search



**Figura 37.** Mapa de Moquegua

Fuente: Google search



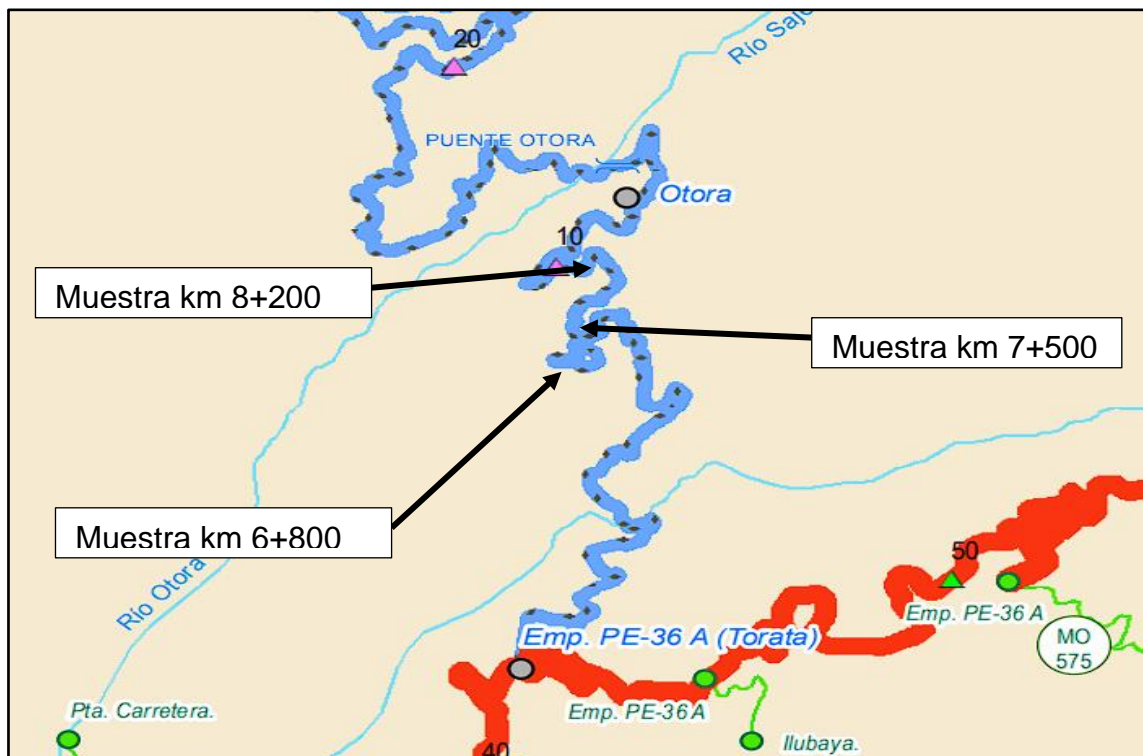
**Figura 38.** Mapa del distrito de Torata

Fuente: Google search



**Figura 39.** Mapa Vial Carretera Moquegua – Omate – Zona de estudio

Fuente: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles



**Figura 40.** Mapa Vial Carretera Moquegua – Omate, ubicación de las Muestras

Fuente: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles

La zona de estudio de la presente investigación se llevó a cabo en los kilómetros km 6+800, km 7+500 y km 8+200 de la carretera Moquegua Omate, en el sector denominado Otorá a una altura de 2700.00 m.s.n.m. el donde se tiene temperaturas que van desde los 12°C a los 23°C, la velocidad de los vientos va desde los 8km/h hasta los 14km/h.

En la Tabla 17 y Tabla 18 tenemos los resultados de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos estudiados para cada muestra, los ensayos se realizaron bajo las normativas NTP y ASTM en un laboratorio autorizado y especializado en mecánica de suelos certificado por ISO 9001.

**Tabla 7. Resultados de las Propiedades de Físicas de los Suelos**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MUESTRA KM 6+800</b>	<b>MUESTRA KM 7+500</b>	<b>MUESTRA KM 8+200</b>
CLASIFICACIÓN SUCS	SC	SC	SC
CLASIFICACIÓN AASHTO	A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)
GRAVEDAD ESPECIFICA	2.79	2.73	2.69
CONTENIDO DE HUMEDAD %	16.1	12.4	14.69
DENSIDAD HÚMEDA DEL SUELO g/cm <sup>3</sup>	1.955	2.139	1.691
DENSIDAD SECA DEL SUELO g/cm <sup>3</sup>	1.684	1.903	1.474
PESO UNITARIO SECO Kn/m <sup>3</sup>	16.51	18.66	14.46
<b>CORRECCIÓN POR SOBRE TAMAÑOS</b>			
CONTENIDO DE HUMEDAD %	16.88	12.64	14.69
DENSIDAD SECA DEL SUELO g/cm <sup>3</sup>	1.66	1.89	1.47
PESO UNITARIO SECO Kn/m <sup>3</sup>	16.23	18.56	14.46

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 8.** Resultados de las Propiedades de Mecánicas de los Suelos

DESCRIPCIÓN	MUESTRA KM 6+800	MUESTRA KM 7+500	MUESTRA KM 8+200
ANGULO DE FRICCIÓN (°)	27.16	27.95	26.23
COHESIÓN (kn/m2)	19.61	24.52	13.1
Q adm.(kg/cm2)	1.59	2.02	1.13

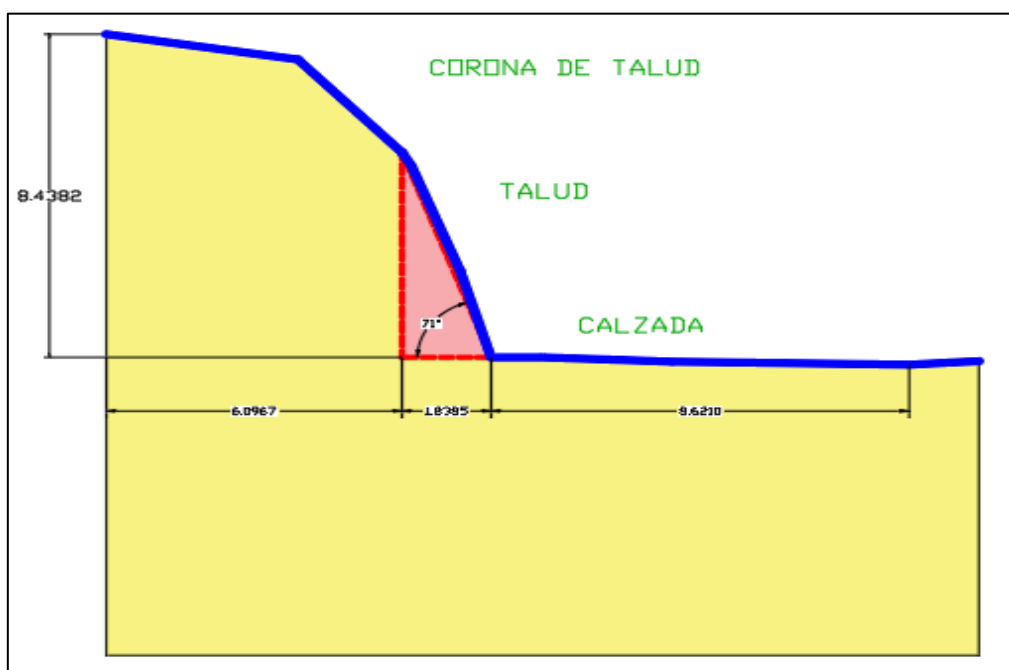
Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 9, Figura 41, Figura 42, y Figura 43 se muestra la geometría actual de los taludes obtenidos del procesamiento topográfico.

**Tabla 9.** Datos de la geometría de los taludes en estado actual.

DESCRIPCIÓN	KM 6+800	KM 7+500	KM 8+200
ANGULO DE INCLINACIÓN (°)	71°	74°	75°
TALUD (H:V)	(1:2.85)	(1:3.5)	(1:3.82)
ALTURA DEL TALUD (m)	8.44	8.49	8.50

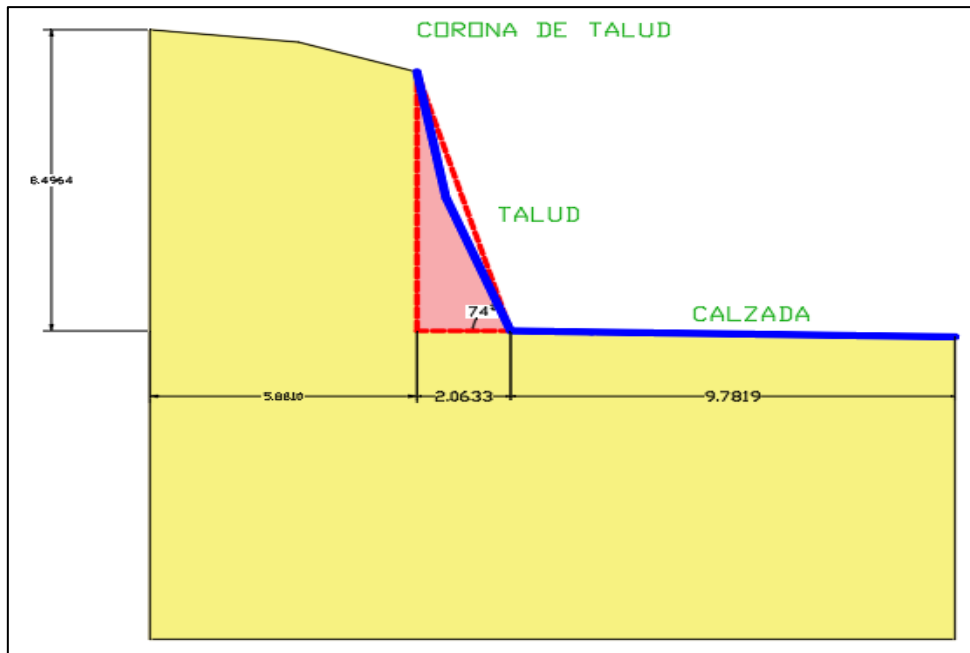
Fuente: Elaboración propia



**Figura 41.** Sección transversal del talud carretera Moquegua Omate KM 6+800

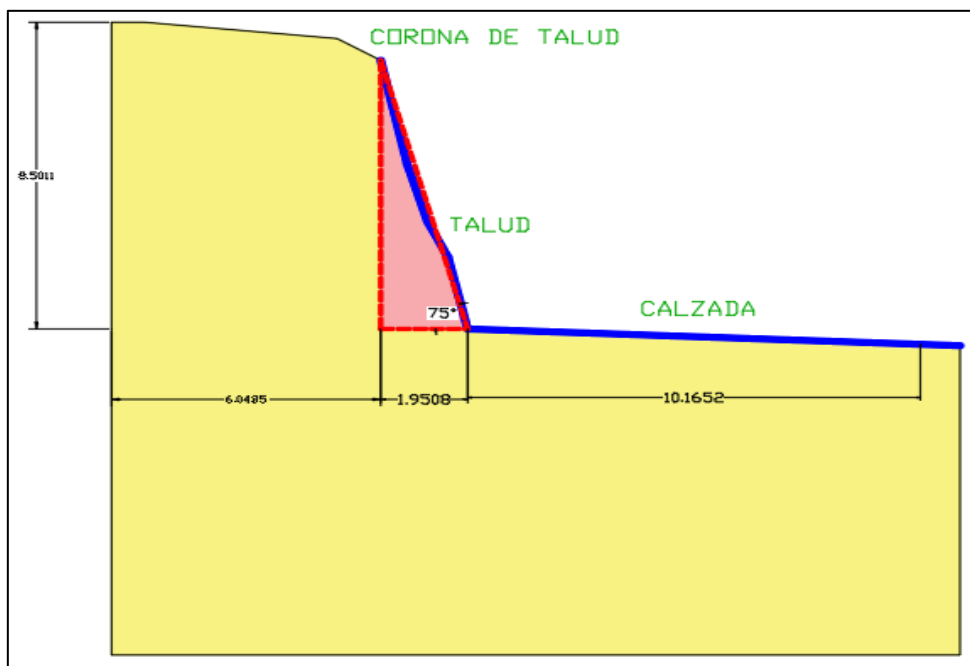
Fuente: Elaboración propia





**Figura 42.** Sección transversal del talud carretera Moquegua Omate KM 7+500

Fuente: Elaboración propia



**Figura 43.** Sección transversal del talud carretera Moquegua Omate KM 8+200

Fuente: Elaboración propia

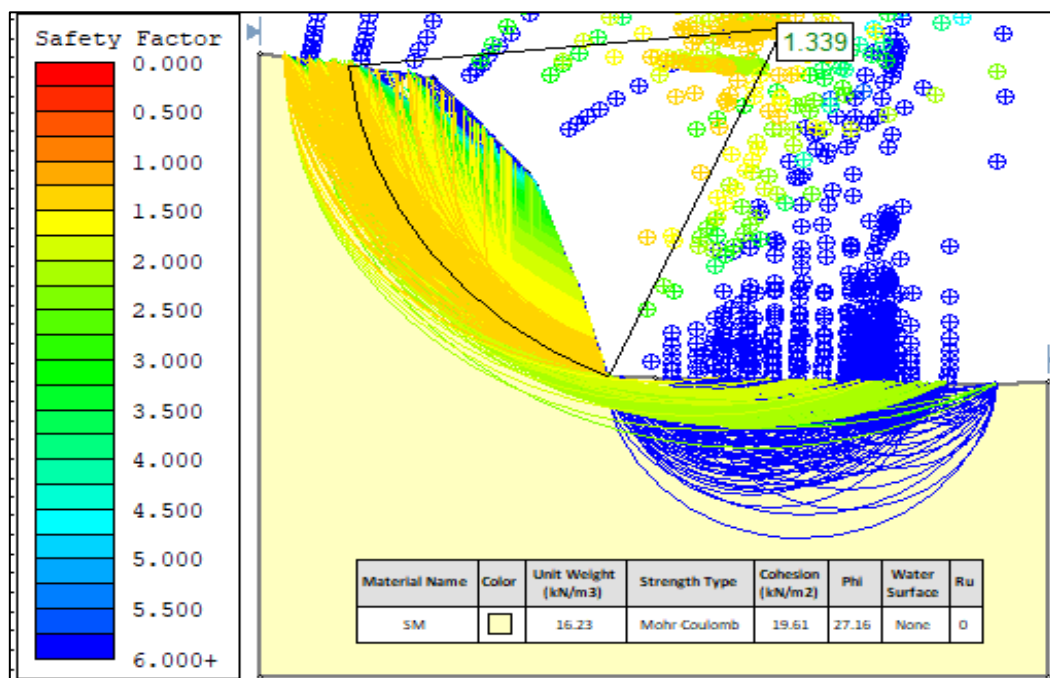
Para el análisis del talud se empleó el software denominado Slide 6.0 este software contiene hasta 9 metodologías de análisis, de estas se eligieron Bishop

Simplificado, Spencer y Gle/Morgenstern – Price, los datos de entrada cargados al software fueron el peso unitario, cohesión y ángulo de fricción interna.

**Objetivo específico 1:**

Analizar el factor de seguridad mediante la variación del ángulo de inclinación del talud.

Para el presente objetivo se analizó el talud del km 6+800 debido a que los taludes presentan propiedades mecánicas del suelo muy similares de un solo estrato y las características geométricas como la altura y el ángulo de inclinación son las más conservadas; se realizó un análisis estático mediante el uso del software Slide 6.0 mediante los métodos de análisis de Bishop simplificado, Spencer y GL Morgenstern-price, para el presente análisis el suelo se clasifica como una arena arcillosa (SC) según SUCS, con un ángulo de fricción interna de 27.16°, una cohesión de 19.61 Kn/m<sup>2</sup>, peso unitario seco de 16.23 Kn/m<sup>3</sup> y una altura de talud de 8.44 m, se analizaran ángulos de inclinación 71° estado natural, 76° según las recomendaciones de los expedientes técnicos, 45° según lo que indica la normativa DG 2018 y 56° como propuesta de estabilidad para suelos mixtos.



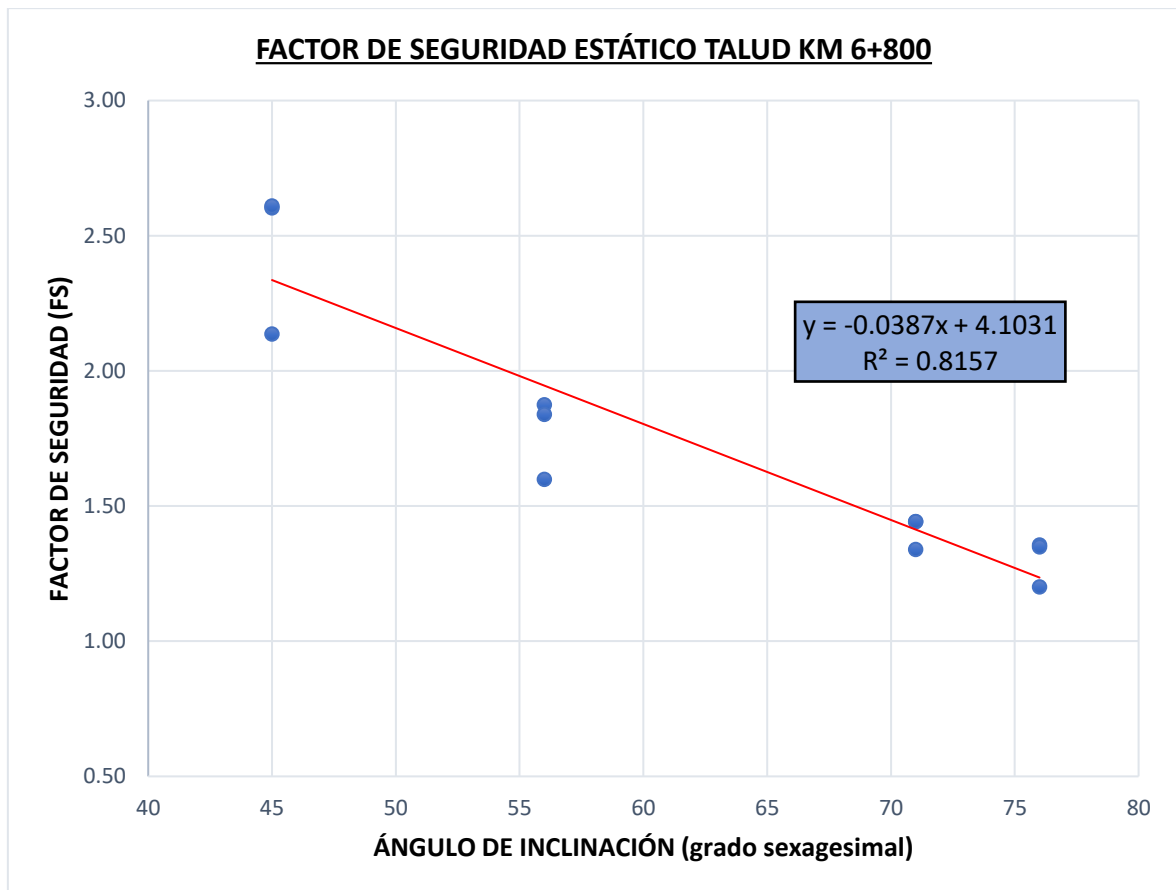
**Figura 44.** Resultado de análisis en software Slide, km 6+800

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.** Factor de seguridad Estático planteando nueva configuración geométrica km 6+800.

<b>ANÁLISIS DE FACTOR DE SEGURIDAD ESTÁTICO EN KM 6+800</b>					
DESCRIPCIÓN	ÁNGULO DE INCLINACIÓN (grado sexagesimal)	TALUD (H:V)	MÉTODO DE ANÁLISIS	FACTOR DE SEGURIDAD	NORMATIVA (TALUD PERMANENTE) CE.020 (FS ≥ 1.5)
ESTADO NATURAL	71	(1:2.85)	BISHOP SIMPLIFICADO	1.34	NO CUMPLE
			SPENCER	1.44	NO CUMPLE
			GLE / Morgen estern-Price	1.44	NO CUMPLE
SEGÚN EXPEDIENTES TÉCNICOS	76	(1: 4)	BISHOP SIMPLIFICADO	1.20	NO CUMPLE
			SPENCER	1.36	NO CUMPLE
			GLE / Morgen estern-Price	1.35	NO CUMPLE
PROPUESTA PARA SUELO MIXTO	56	(1: 1.5)	BISHOP SIMPLIFICADO	1.60	CUMPLE
			SPENCER	1.87	CUMPLE
			GLE / Morgen estern-Price	1.84	CUMPLE
SEGÚN DG-2018 PARA UN SUELO ESPECÍFICO	45	(1: 1)	BISHOP SIMPLIFICADO	2.14	CUMPLE
			SPENCER	2.60	CUMPLE
			GLE / Morgen estern-Price	2.61	CUMPLE

FUENTE: Elaboración propia.



**Figura 45.** Factor de seguridad en función del ángulo de inclinación, km 6+800

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Según las Tablas N° 20 y la Figura N° 34, se observa que los resultados obtenidos del análisis de factor de seguridad para el talud de 71° en la condición actual no cumplen con la estabilidad que exige la CE 020 debido a que el ángulo actual es muy pronunciado y los factores de seguridad son inferiores a 1.50.

Para el análisis de 76° recomendado por los expedientes técnicos para material suelto tampoco se logra alcanzar el factor de seguridad exigido por la normativa.

Para el análisis con ángulo de inclinación de 45° para suelo arcillosos según la DG 2018 se logra la estabilidad con un factor de seguridad que cumple satisfactoriamente con la norma CE 020; sin embargo, la norma DG 2018 no plantea cortes para taludes de suelos específicos uniformes, frente a ello se realizó el análisis para el ángulo 56° como propuesta debido que el suelo del presente estudio se trata de un suelo mixto que se clasificó como una arena arcillosa (SC) y esta

inclinación es un promedio entre lo que exige la norma DG 2018 y lo que recomiendan los expedientes técnicos para cortes en material suelto, los resultados obtenidos cumplen con factores de seguridad mayores a 1.5, eso quiere decir que los suelos mixtos requieren un estudio de estabilidad más profundo en relación a la tabla de taludes de corte que recomienda la normativa DG 2018.

Se observa también que el factor de seguridad va incrementándose en relación al ángulo de inclinación. Esto significa que un ángulo de inclinación más pronunciado aumenta la carga vertical en el talud y también incrementa la componente horizontal de las fuerzas que provocan que el material se desplace.

### **Objetivo específico 2:**

Analizar el factor de seguridad mediante el fraccionamiento del coeficiente de carga sísmica.

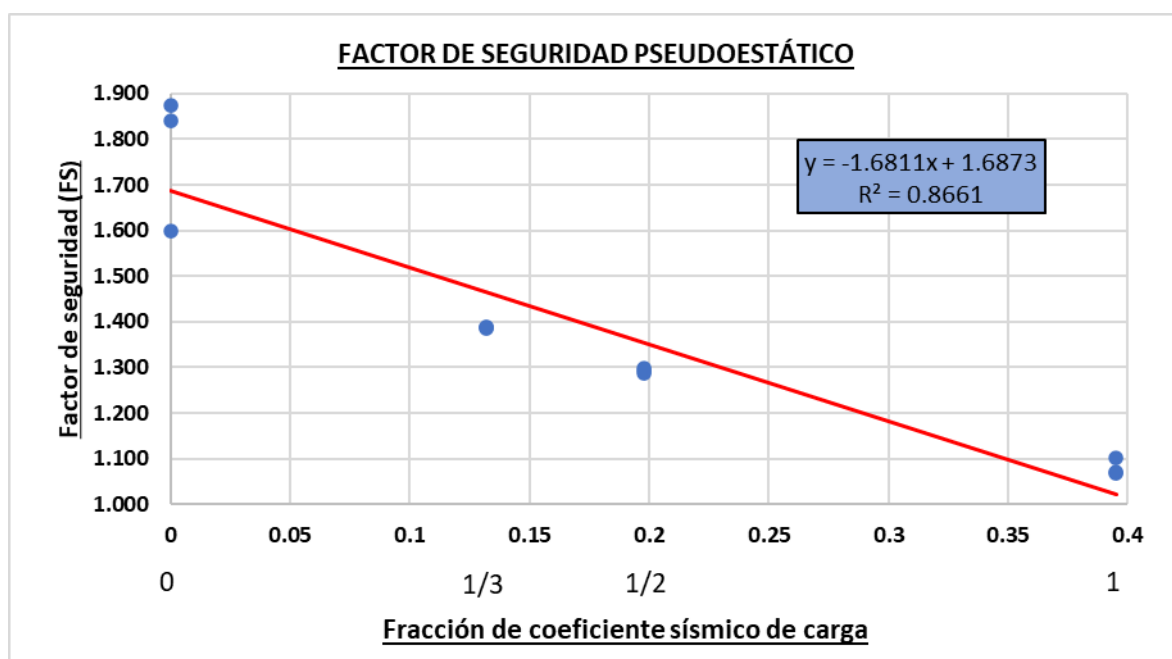
Para el análisis se tomó un coeficiente de carga sísmica de acuerdo al tipo de zona, para un periodo de sismo de retorno de 475 años siendo el valor de 0.395, definido por la norma CE.020.

Se tomó como muestra representativa el talud del km 6+800 debido a que los taludes analizados presentan propiedades geométricas y mecánicas muy similares, para el presente análisis el suelo se clasifica como una arena arcillosa (SC) según ASTHO, con un ángulo de fricción interna de  $27.16^\circ$ , una cohesión de  $19.61 \text{ Kn/m}^2$ , peso unitario seco de  $16.23 \text{ Kn/m}^3$  y una altura de 8.44 m. El cálculo se realizó mediante el software Slide utilizando los métodos de Bishop Simplificado, Spencer, GLE Morgenstern Price y se consideró un fraccionamiento al coeficiente sísmico de  $1/3$ ,  $1/2$ , y el valor total del coeficiente.

**Tabla 11.** Factor de seguridad Pseudoestático km 6+800.

COEFICIENTE SÍSMICO DE CARGA (g)	ÁNGULO DE INCLINACIÓN (grado sexagesimal)	TALUD (H:V)	MÉTODO DE ANÁLISIS	FACTOR DE SEGURIDAD PSEUDOESTÁTICO	NORMATIVA (TALUD PERMANENTE)
					CE.020 (FS ≥ 1.25)
0	56	(1: 1.5)	BISHOP SIMP.	1.60	CUMPLE.
			SPENCER	1.87	CUMPLE.
			GLE / MeP	1.84	CUMPLE.
1/3			BISHOP SIMP.	1.39	CUMPLE.
			SPENCER	1.39	CUMPLE.
			GLE / MeP	1.39	CUMPLE.
1/2	BISHOP SIMP.	1.29	CUMPLE.		
	SPENCER	1.29	CUMPLE.		
	GLE / MeP	1.30	CUMPLE.		
1	BISHOP SIMP.	1.07	NO -CUMPLE.		
	SPENCER	1.10	NO -CUMPLE.		
	GLE / MeP	1.07	NO -CUMPLE.		

FUENTE: Elaboración propia.



**Figura 46.** Factor de seguridad vs fraccionamiento de coeficiente de carga sísmica, km 6+800.

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** De acuerdo a la Tabla 22 y Figura 36, se observa que al considerar el coeficiente de carga sísmica según lo recomendado por las norma CE 020 los resultados son inferiores a 1.25 debido a que se trata de un coeficiente crítico con un periodo de retorno de 475 años, sin embargo las vías que se diseñan en la mayoría de los expedientes técnicos tienen un periodo de diseño de 20 años, es por ello que se realiza el análisis considerando un fraccionamiento del coeficiente de carga sísmica, los resultados obtenidos para los fraccionamientos cumplen con la estabilidad a partir de la fracción de  $\frac{1}{2}$ .

Se observa también que el coeficiente de carga sísmica influye de manera significativa en los resultados del análisis de factor de seguridad, se observa que a medida que la fracción es más pequeña, el factor de seguridad se eleva, esto se debe a que las fuerzas y tensiones que actúan sobre el talud son severamente afectadas, lo que a su vez influye en la distribución de las cargas, la resistencia del material y en la disminución del factor de seguridad.

### **Objetivo específico 3:**

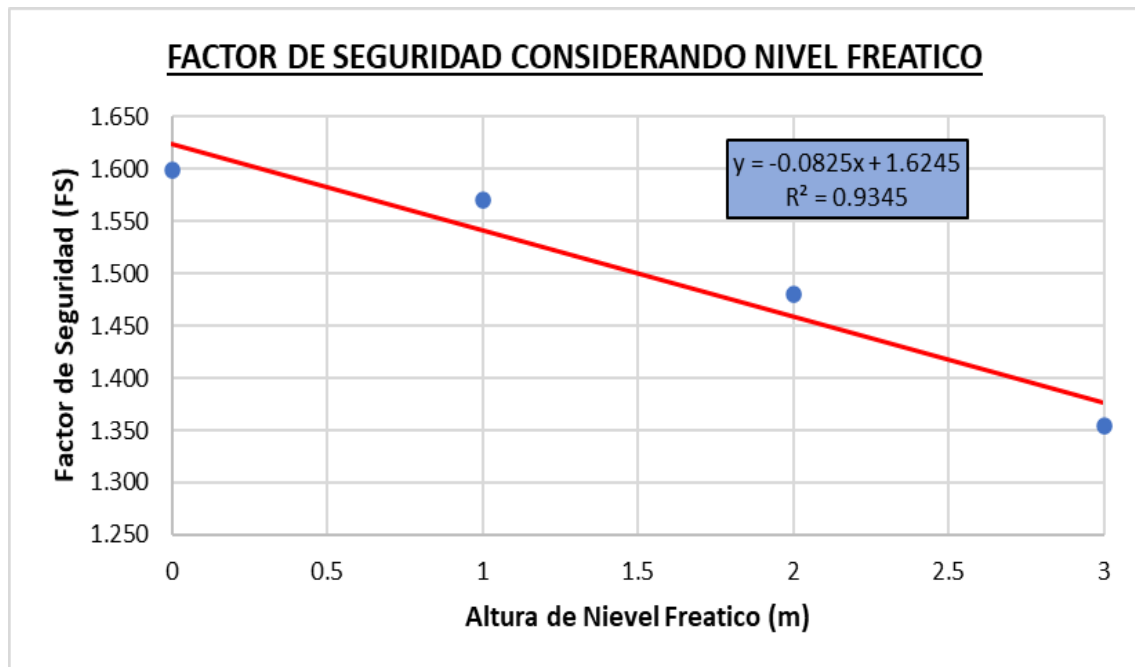
Estimar la influencia del nivel freático en la determinación del factor de seguridad del análisis de estabilidad del talud.

En la Tabla 23 se muestran resultados del Factor de seguridad considerando la presencia del Nivel freático a 1m, 2m, y 3m, respectivamente debido a que en la zona de estudio se tiene presencia de fuertes lluvias en épocas de verano, así mismo en la Figura 38 se muestra la gráfica de dispersión del factor de seguridad. Se tomó como muestra representativa el talud del km 6+800 debido a que los taludes analizados presentan propiedades geométricas y mecánicas muy similares, para el presente análisis el suelo se clasifica como una arena arcillosa (SC) según SUCS, con un ángulo de fricción interna de  $27.16^\circ$ , una cohesión de  $19.61 \text{ Kn/m}^2$ , peso unitario seco de  $16.23 \text{ Kn/m}^3$  y una altura de 8.44 m. El cálculo se realizó mediante el software Slide utilizando el método de Bishop Simplificado.

**Tabla 12.** Factor de seguridad Considerando Nivel freático km 6+800

ALTURA DE NIVEL FREÁTICO (m)	ÁNGULO DE INCLINACIÓN (grado sexagesimal )	TALUD (H:V)	MÉTODO DE ANÁLISIS	FACTOR DE SEGURIDAD	NORMATIVA (TALUD PERMANENTE)
					CE.020 (FS ≥ 1.50)
0				1.60	CUMPLE
1	56	(1: 1.5)	BISHOP	1.57	CUMPLE
2			SIMP.	1.48	NO CUMPLE
3				1.35	NO CUMPLE

FUENTE: Elaboración propia.



**Figura 47.** Influencia del Nivel freático a 1m, 2m, y 3m en el factor de seguridad, km 6+800.

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** De acuerdo a las Tabla 23 y Figura 37, se observa que el nivel freático influye significativamente en los resultados referente al factor de seguridad del talud y se evidencia que a medida que el nivel freático incrementa a 1 m, 2 m y 3 m, disminuye el factor de seguridad. Para el presente análisis se observa que a partir de un nivel freático de 1.5 m hacia arriba el talud se ve afectado poniendo el riesgo la estabilidad ya que los factores de seguridad son inferiores a 1.5 coeficiente



mínimo que exige la norma CE 020; esto se debe a que el suelo al estar con un grado de saturación o porcentaje de humedad alto, experimenta cambios en su comportamiento mecánico, lo que resulta en una disminución del ángulo de fricción y la cohesión. Esto provoca que el talud sea más inestable que en condiciones no expuestas a la humedad.

### Contrastación de hipótesis

**Objetivo específico 1:** Analizar la estabilidad de taludes mediante el conocimiento de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos componentes del talud.

A) PRUEBA DE NORMALIDAD:

1: Planteamiento:

H0: Hipótesis nula: Los resultados de la variable Angulo de inclinación **si** tienen normalidad.

H1: Hipótesis alterna: Los resultados de la variable Angulo de inclinación **no** tienen normalidad.

2: Nivel de Significancia:

$\alpha = 5\%$  (0.05)

3: Prueba Estadística:

Talud de km 6+800.

**Tabla 13.** Prueba de normalidad del ángulo de inclinación del talud y factor de seguridad.

	Shapiro - Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Angulo de Inclinación	0.875	12	0.077
Factor de Seguridad Estático	0.878	12	0.082

FUENTE: Elaboración propia.

Para este objetivo se tienen 12 resultados, entonces se utilizará Shapiro-Wilk.

4: Regla de Decisión:

Angulo de inclinación km 6+800 p-valor= 0.077 > 0.05, Entonces se acepta la hipótesis nula.

H0: Los resultados de la variable Angulo de inclinación **si** tienen normalidad.

5: Conclusión:

Los resultados de la variable Angulo de inclinación km 6+800 si tienen normalidad con 5% de significancia y p-valor= 0.077.

B) CORRELACIÓN DE PEARSON

1: Planteamiento de Hipótesis

Ho: Los resultados de la variable Angulo de Inclinación **no** están relacionados.

H1: Los resultados de la variable Angulo de Inclinación **si** están relacionados.

2: Nivel de Significancia:

$\alpha = 5\%$  (0.05)

3: Prueba Estadística - Correlación de Pearson

Angulo de inclinación talud km 6+800.

**Tabla 14.** Prueba correlación del ángulo de inclinación del talud y factor de seguridad.

Correlaciones			
		Angulo de Inclinación	Factor de Seguridad Estático
Angulo de Inclinación	C. Pearson	1	-.903
	Significancia	-	<0.001
	N	12	12
Factor de Seguridad Estático	C. Pearson	-.903	1
	Significancia	<0.001	-
	N	12	12

FUENTE: Elaboración propia.

\* Para este objetivo se tiene un p-valor=0.001y coeficiente de correlación r de Pearson de 0.903

4: Regla de Decisión:

Angulo de inclinación km 6+800 p-valor= 0.001 > 0.05, se acepta la hipótesis alterna.

5: Conclusión:

La variable Angulo de Inclinación está relacionada de manera directa y positiva con el Factor de seguridad.

Coeficiente de correlación Pearson de ( $r=-0.903$ ) (90%) para el km 6+800.

**Objetivo específico 2:** Analizar el factor de seguridad mediante el fraccionamiento del coeficiente de carga sísmica.

A) PRUEBA DE NORMALIDAD:

1: Planteamiento:

H0: Hipótesis nula: Los resultados de la variable fraccionamiento del coeficiente de carga sísmica si tienen normalidad.

H1: Hipótesis alterna: Los resultados de la variable fraccionamiento del coeficiente de carga sísmica no tienen normalidad.

2: Nivel de Significancia:

$\alpha= 5\%$  (0.05)

3: Prueba Estadística:

Talud de km 6+800.

**Tabla 15.** Prueba de normalidad del ángulo de inclinación del Análisis coeficiente de carga sísmica y factor de seguridad.

	Shapiro - Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Coeficiente Sísmico	0.864	12	0.054
Factor de Seguridad	0.888	12	0.110

FUENTE: Elaboración propia.

Para este objetivo se tienen 12 resultados, entonces se utilizará Shapiro-Wilk.

4: Regla de Decisión:

$p\text{-valor}= 0.054 < 0.05$ , Entonces se acepta la hipótesis nula.

H0: Los resultados de la variable fraccionamiento del coeficiente de carga sísmica si tienen normalidad..

5: Conclusión:

Los resultados de la variable Estabilidad de Talud si tienen normalidad con un

nivel de significancia de 5% y p-valor= 0.054.

## B) CORRELACIÓN DE PEARSON

### 1: Planteamiento de Hipótesis

Ho: Los resultados de la variable fraccionamiento del coeficiente de carga sísmica no están relacionados.

H1: Los resultados de la variable fraccionamiento del coeficiente de carga sísmica si están relacionados.

### 2: Nivel de Significancia:

$\alpha = 5\%$  (0.05)

### 3: Prueba Estadística - Correlación de Pearson

**Tabla 16.** Prueba correlación del ángulo de inclinación del Análisis coeficiente de carga sísmica y factor de seguridad.

Correlaciones			
		Angulo de Inclinación	Factor de Seguridad Estático
Coeficiente Sísmico	C. Pearson	1	-.931
	Significancia	-	<0.001
	N	12	12
Factor de Seguridad	C. Pearson	-.931	1
	Significancia	<0.001	-
	N	12	12

FUENTE: Elaboración propia.

\* Para este objetivo se tiene un p-valor=0.001y coeficiente de correlación r de Pearson de 0.931

### 4: Regla de Decisión:

p-valor= 0.001 < 0.05, se acepta la hipótesis alterna.

### 5: Conclusión:

La variable fraccionamiento del coeficiente de carga sísmica está relacionada de manera directa y positiva con el Factor de seguridad, con un coeficiente de correlación Spearman de (r=-0.93) (93%)

**Objetivo específico 3:** Estimar la influencia del nivel freático en la determinación del

factor de seguridad del análisis de estabilidad del talud.

A) PRUEBA DE NORMALIDAD:

1: Planteamiento:

H0: Hipótesis nula: Los resultados de la variable Nivel Freático si tienen normalidad.

H1: Hipótesis alterna: Los resultados de la variable Nivel Freático no tienen normalidad.

2: Nivel de Significancia:

$\alpha = 5\%$  (0.05)

3: Prueba Estadística:

**Tabla 17.** Prueba de normalidad del Nivel Freático y factor de seguridad.

	Shapiro - Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Nivel Freático	0.993	4	0.972
Factor de Seguridad	0.923	4	0.555

FUENTE: Elaboración propia.

Para este objetivo se tienen 04 resultados, entonces se utilizará Shapiro-Wilk.

4: Regla de Decisión:

p-valor= 0.097 < 0.05, Entonces se acepta la hipótesis alterna.

H0: Los resultados de la variable Nivel Freático si tienen normalidad.

5: Conclusión:

Los resultados de la variable Estabilidad de Talud si tienen normalidad con un nivel de significancia de 5% y p-valor= 0.097.

B) CORRELACIÓN DE PEARSON

1: Planteamiento de Hipótesis

Ho: Los resultados de la variable nivel freático no están relacionados.

H1: Los resultados de la variable nivel freático si están relacionados.

2: Nivel de Significancia:

$$\alpha = 5\% (0.05)$$

3: Prueba Estadística - Correlación de Pearson

**Tabla 18.** Prueba correlación del Nivel Freático y factor de seguridad.

Correlaciones			
		Angulo de Inclinación	Factor de Seguridad Estático
Nivel Freático	C. Pearson	1	-.967
	Significancia	-	.033
	N	4	4
Factor de Seguridad	C. Pearson	-.967	1
	Significancia	.033	-
	N	4	4

FUENTE: Elaboración propia.

\* Para este objetivo se tiene un p-valor=0.033.

4: Regla de Decisión:

p-valor= 0.033 < 0.05, se acepta la hipótesis alterna.

5: Conclusión:

La variable nivel freático está relacionado de manera directa y positiva con el Factor de seguridad, con un coeficiente de correlación Spearman de (r=-0.967) (96%)

## V. DISCUSIÓN:

Discusión 1: En la presente investigación, se plantea analizar y estabilizar mediante el cambio de geometría de tres secciones de talud de la carretera Moquegua – Omate, ubicada a una altitud de 2195 m.s.n.m., en los km 6+800, 7+500 y 8+200, donde su geometría y las propiedades mecánicas del suelo fueron similares para los 03 taludes de un solo estrato (SC -arena arcillosa). De los 03 taludes se analizó el talud del km 6+800 debido a que su geometría es la más conservada, para el análisis se empleó el software Slide 6.0 y se obtuvieron factores de seguridad por método de Bishop simplificado de 1.34, por método Spencer de 1.44 y por método GL/Morgenstern-Price de 1.44, estos valores son menores a 1.5 exigido por la norma CE020 siendo así taludes inestables actualmente. Por ello para garantizar la estabilidad de taludes se proponen nuevos ángulos de inclinación de 76°, 56° y 45°, teniendo como resultados más favorables para los ángulos de inclinación de 56° y 45°, obteniendo factores de seguridad para el ángulo de 56° por el método Bishop simplificado de 1.60, por el método de Spencer de 1.87, y por el método de GLE/Morgenstern Price de 1.84, para el ángulo de 45° por método Bishop simplificado de 2.14, por Spencer 2.60, y por método GLE/Morgenstern Price de 2.61. De acuerdo a la línea de tendencia se puede evidenciar que al disminuir el ángulo de inclinación se tiene mayor valor en el factor de seguridad siendo positivo en la estabilidad del talud para los ángulos de 56° y 45°. Por otra parte, **Torres (2019)** en su investigación, utiliza otro software de análisis como el GEO5 obteniendo factores de seguridad de 3.36 por método Bishop, 3.28 por método Fellenius/Petterson, 3.36 por método Spencer, 3.35 por Método Janbu y 3.36 por método Morgenstern-Price. Pero el contexto era distinto, **Torres (2019)**, realizó el análisis a 1355 m.s.n.m. en el contexto geológico el tipo de suelo trabajado fue una arcilla de baja plasticidad con arena, por otro lado, la presente investigación se realizó a 2195 m.s.n.m. y se trabajó con suelos de tipo arena arcillosa (SC). Estas diferencias pueden atribuirse a las condiciones geológicas específicas de cada ubicación, Ambos estudios resaltan la relevancia del suelo en la estabilidad de los taludes y la necesidad de medidas de mitigación adecuadas. En nuestra propuesta, se opta por el cambio de geometría del talud, mientras que **Torres (2019)**, opta por propuesta como el caso del muro gavión lo que explica los altos valores del factor de seguridad, obteniendo un valor máximo 3.36. Por otro lado, en la investigación

de **Quispe (2022)**, para el análisis utiliza el software GEO5 y optando la propuesta de cambio de geometría de talud para su muestra en el km 0+640 obtiene valores de 1.53 por método Bishop, 1.32 por método Fellenius/ Petterson, 1.52 por método Spencer, 1.53 por método Janbu y Morgenstern-Price, para el km 0+660 de 1.60 por método Bishop, 1.37 por método Fellenius/ Petterson, 1.59 por método Spencer, y 1.60 por método Janbu y Morgenstern-Price, para el km 0+680 de 1.56 por método Bishop, Spencer, Janbu y Morgenstern-Price, y de 1.45 por método Fellenius/ Petterson, para el km 0+700 de 2.08 por método Bishop, Spencer, Janbu y Morgenstern-Price, y de 1.92 por método Fellenius/ Petterson, pero teniendo un contexto geológico distinto, **Quispe (2022)**, se encuentra en una región de altitud de 3500 m.s.n.m. Para sus muestras del km 0+640 y km 0+660, el tipo de suelo analizado es grava limosa con arena (GM), para km 0+680 y 0+780, el tipo de suelo es grava arcilloso-limoso con arena (GC-GM), teniendo suelos diferentes al suscrito de esta investigación, los cuales tendrán un comportamiento y propiedades mecánicas diferentes debido a la cantidad de % humedad que tiene la zona justificando la variación de resultados de factor de seguridad para contexto geológico.

Discusión 2: En la presente investigación se plantea el análisis pseudoestático en estabilidad de taludes mediante la consideración del coeficiente de carga sísmica de acuerdo a la zona de ubicación para determinar cómo influye en la disminución del factor de seguridad, para ello se empleó un coeficiente de carga sísmica de la región de Moquegua de 0.395g para un periodo de retorno de 475 años. Se llevó a cabo un fraccionamiento del coeficiente sísmico considerando 1/3, 1/2 y el valor total del coeficiente. Como muestra representativa, se seleccionó la propuesta 03 del talud del km 6+800, y los resultados obtenidos mediante el software Slide V 6.0 fueron; en la fracción de 1/3 se obtuvieron factores de seguridad de 1.385 por método Bishop, 1.387 por método Spencer y 1.388 por método GLE/Morgenstern Price. En la fracción 1/2, los factores de seguridad fueron 1.293 por método Bishop 1.286 por método Spencer y 1.298 por método GLE/Morgenstern Price, mientras que, para la unidad completa, los factores de seguridad fueron de 1.069 por método Bishop, 1.103 por método Spencer y 1.070 por método GLE/Morgenstern Price. Como se puede apreciar en la línea de tendencia a mayor fracción del coeficiente



de carga sísmica genera la reducción del factor de seguridad. Estos resultados difieren de lo expuesto en el artículo de **Mesa Lavista, Álvarez Pérez y Chávez Gómez (2020)** en su investigación para el análisis de taludes utilizó el software QUAKE/W y SLOPE/W consideró taludes de alturas diversas de 6m, 12m y 18m. Además, de que emplearon dos métodos de análisis MEF y Newmark, con coeficientes sísmicos de baja y alta sismicidad, construyendo acelerogramas (50 sismos) a partir de los espectros de diseño, obteniendo una media representativa para posterior realizar la simulación en el software antes mencionado. Los resultados de su investigación arrojaron factores de seguridad con aceleración baja en taludes de 6m de 2.546 (MEF) y 1.392 (Newmark), para taludes de 12m de 2.261 (MEF) y 2.040 (Newmark), y en taludes de 18m de 1.129 (MEF) y 2.587 (Newmark). Para aceleración alta, se registraron valores de 1.366 (MEF) y 1.290 (Newmark) para taludes de 6m, 0.505 (MEF) y 0.0040 (Newmark) en taludes de 12m, y 0.157 (MEF) y 0.000 (Newmark) en taludes de 18m evidenciando una notoria reducción del factor de seguridad al aumentar el coeficiente sísmico, Tal diferencia se debe a las particularidades contextuales, en la presente investigación se trabaja con el fraccionamiento de un único coeficiente sísmico obtenido a partir de registros, regulaciones y normativas sísmicas. Es crucial agregar el contexto geológico dado que nuestra investigación se llevó a cabo en Perú, mientras que la investigación mencionada anteriormente se realizó en México siendo la el comportamiento sísmico distinto en cada zona. Agregar a ello que ambas investigaciones recomiendan que se debe valorar la sismicidad para el análisis de estabilidad de taludes.

Discusión 3: En el marco de la presente investigación, se enfoca en un análisis de estabilidad de talud considerando la influencia del nivel freático a diferentes profundidades: 1 metro, 2 metros y 3 metros; El talud analizado del km 6+800 presenta las siguientes propiedades geométricas, un ángulo de inclinación de  $56^\circ$  con una relación de 1:1.5 (H:V), se calcularon los factores de seguridad utilizando el método Bishop y los resultados de la variación en el nivel freático con respecto a una profundidad de 1m fueron de 1.57, para 2m de 1.48, y para 3m de 1.35, en condiciones estáticas; Por otro lado **Falla Melo, Ramírez Segura y Rivera Tarquino (2022)**, en su investigación tuvieron como resultado factores de

seguridad significativamente más bajos alcanzando factores de seguridad de 0.16 a 0.241 para 4 y 5 metros de altura de nivel freático, la disminución tan drástica del factor de seguridad de la investigación, se da debido a que el contexto era distinto, en la zona de estudio las lluvias y niveles freáticos son más altos, en el contexto geológico se tienen 02 tipo de estratos en la composición del talud, siendo los tipos de suelo arena arcillosa (SC) en el cuerpo de talud, y en el pie de talud una arcilla de baja plasticidad (CL), como también valores de cohesión muy bajos de 0.002 KN/m<sup>2</sup>. Por un lado la presente investigación trabaja para el análisis la muestra KM 6+800 teniendo un solo tipo de suelo clasificado como Arena arcillosa (SC), y valor de cohesión de 19.61 KN/m<sup>2</sup>. Además, es relevante mencionar que utilizaron hasta ocho métodos de análisis, lo que resalta la variabilidad de resultados que puede surgir debido a diferentes enfoques metodológicos; Por otro lado, en la investigación de **Robles Martínez (2017)**, se obtuvieron factores de seguridad de 1.422, 1.311, 1.472 y 1.192 en condiciones naturales; sin embargo, al considerar la sismicidad y las precipitaciones, estos factores disminuyeron drásticamente a 0.753, 0.943, 0.935 y 0.804, respectivamente; Además, al proponer nuevas configuraciones geométricas, se lograron factores de seguridad máximos de 1.956, 1.916, 1.974 y 1.567, respectivamente, es fundamental destacar que esta investigación se llevó a cabo en un contexto diferente, con tres tipos de suelo: arcilla de media plasticidad, arcilla de media plasticidad con arena y limo de baja plasticidad con arena, se utilizó un coeficiente de sismo de 0.3g y se registraron precipitaciones fluviales sustancialmente más altas, alcanzando los 726mm. En contraste, en nuestra investigación para el talud en condiciones naturales obtuvimos como resultados factores de seguridad inferiores a 1.5 que no cumplen con lo que exige la norma CE 0.20, se desarrolló sin la consideración del coeficiente sísmico de carga y con precipitaciones fluviales más de 520 mm, con un tipo de suelo arena arcillosa (SC), y para la configuración geométrica propuesta de 56° los resultados fueron: 1.57, 1.48 y 1.35, estas diferencias en los parámetros y condiciones ambientales han influido en las variaciones de resultados observados en los factores de seguridad. Del análisis comparativo de las investigaciones los autores resaltamos los resultados obtenidos, debido a que en ambas investigaciones tenemos la disminución significativa del factor de seguridad por la presencia de nivel freático.

## **VI. CONCLUSIONES:**

Conclusión 1: En la presente investigación se analizó los taludes de la Carretera Omate – Moquegua, se identificaron sectores críticos y en ese sentido se ha evaluado los siguientes indicadores: Ángulo de Inclinación, Carga símica y Nivel Freático para analizar la estabilidad o inestabilidad de los taludes.

Conclusión 2: Del análisis realizado en los taludes en condiciones actuales mediante el uso del software Slide v 6.0 se obtuvieron factores de seguridad de 1.34 método Bishop, 1.44 método Spencer y 1.44 método GLE / Morgenstern Price, frente a los resultados obtenidos concluimos que los taludes en condiciones actuales son inestables, propensos a deslizamiento o derrumbe debido a que los valores para el factor de seguridad en condiciones estáticas son menores a 1.5 valor mínimo que exige la norma CE 020, para el análisis de relación 1:4 que recomiendan los expedientes técnicos no se logra cumplir con el factor de seguridad según la norma CE 020 esto es debido a que esta relación es determinada de una clasificación litológica, sin embargo se debe clasificar el suelo mediante SUCS o ASTHO; y para el análisis en una relación 1:1 que se recomienda en la DG 2018 para suelos arcillosos se cumple satisfactoriamente, pero el suelo del talud analizado es un suelo mixto arena arcillosa (SC) el DG 2018 solo recomienda cortes para estratos de suelo uniforme. De las propuestas analizadas para suelos mixtos se obtuvo la relación de corte de 1:5 (79°) como un adecuado ángulo de inclinación que garantiza la estabilidad a pesar de que se obtiene un talud más empinado a lo recomendado por la DG 2018, el factor de seguridad obtenido (FS =1.60, 1.87 y 1.84) es mayor a lo que exige la norma CE 020; eso quiere decir que las recomendaciones que nos da la DG 2018 para corte en taludes necesita ser analizada cuando se tiene la presencia de suelos mixtos con fines de obtener un impacto significativo en la estabilidad del talud.

Conclusión 3: Se realizó el análisis estático y pseudoestático en el km 6+800 con un ángulo de inclinación de 56°. En el análisis estático, el valor del factor de seguridad es de 1.6, mientras que para el análisis pseudoestático se realizó una verificación con diferentes fraccionamientos de la carga símica. Obteniendo factores de seguridad para 1/3 de 1.39 y para 1/2 de 1.29, disminuyendo significativamente, y quedando propenso al deslizamiento del talud.

Conclusión 4: Se concluye que cuando se hace el análisis con el nivel freático considerando tres alturas de 1m, 2m y 3m se puede verificar que el factor de seguridad desciende de 1.60 a 1.57, 1.48 y 1.35 respectivamente, la influencia del nivel freático es super importante con mayor razón en esta carretera, porque hay temporadas de avenidas de diciembre a marzo que generan el deslizamiento de los taludes con mayor frecuencia que en la época de estiaje.

Conclusión 5: En la presente investigación es importante mencionar que la cohesión del suelo es una propiedad que influye de manera significativa en el comportamiento de estabilidad de un talud, alterando resultados con tan solo un mínimo incremento en su valor; también es importante señalar que las muestras para analizar los suelos sean recolectadas de acuerdo a los estratos de los taludes para obtener resultados más precisos, y finalmente se verificó que los parámetros de corte que recomiendan la mayoría de los expedientes técnicos no satisfacen con los factores mínimos que exige la norma CE.020, por otro lado los parámetros que recomienda la DG-2018 para corte de taludes solo se consideran suelos homogéneos; sin embargo, los taludes en las carreteras de la sierra Peruana se caracterizan por estar compuestos por suelos mixtos es por ello que de la presente investigación concluimos que cuando se tenga la presencia de suelos mixtos se realicen los análisis y propuestas considerando una nueva geometría de acuerdo a la tipología de suelo con el fin de garantizar la seguridad y optimizar costos.

## **VII. RECOMENDACIONES:**

En futuras investigaciones se recomienda realizar el análisis del factor de seguridad en regiones de costa en donde se encuentran otros tipos de variables como la erosión, humedad por brisas marinas, viento y los cambios en las propiedades del suelo.

En futuras investigaciones se recomienda analizar las alturas de las terracerías o también llamadas banquetas y cómo influye esto en un factor de seguridad compuesto.

Se recomienda en futuras investigaciones utilizar otros softwares de modelamiento aplicando otros métodos para obtener un análisis complementario.

## REFERENCIAS

- Andina. (16 de Marzo de 2022). *Huancavelica: luvias generan deslizamientos de tierra y piedras e interrupción de vías*. Obtenido de <https://andina.pe/agencia/noticia-huancavelica-lluvias-generan-deslizamientos-tierra-y-piedras-e-interrupcion-vias-884973.aspx>
- Arias Gonzáles, J. L. (2021). *Diseño y Metodología de la Investigación*. Lima: Enfoques Consulting EIRL.
- Balasubramanian, A. (Febrero de 2017). Propiedades de Ingeniería de los suelos. *Centro de Estudios Avanzados en Ciencias de la Tierra*. doi:10.13140/RG.2.2.16181.06887
- Braja, D. (2012). *Fundamentos de Ingeniería d ecimentaciones*. Cengage Learning.
- Breña Vásquez, C. H. (2019). *Estabilidad de taludes de la carretera longitudinal de la sierra, tramo Cochabamba-Cutervo-Chiple, Cajamarca-Perú*. Tesis de Maestría , Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/323353566.pdf>
- Camacho Macedo, G. M. (2021). *Determinacion del factor de seguridad para comparar técnicas de estabilizacion de taludes utilizando GE05 caso: parque el Milgaro, Huaraz Ancash 2020*. Tesis de grado, Facultad de Ingenieria y Arquitectrua. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60818>
- Campos, C. (2021). *Informe de evaluación de riesgos ante deslizamientos originado por luvias intensas en el centro poblado de Sillapata, distrito de Sillapata, provincia de Dos de Mayo, departamento de Huánuco*. Huanuco, Perú: Oficina Técnica de Defensa Civil de la Municipalidad Distrital de Sillapata. Obtenido de [https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//11606\\_informe-de-evaluacion-de-riesgos-ante-deslizamientos-originado-por-lluvias-intensas-en-el-centro-poblado-de-sillapara-distrito-de-sillapata-provincia-.pdf](https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//11606_informe-de-evaluacion-de-riesgos-ante-deslizamientos-originado-por-lluvias-intensas-en-el-centro-poblado-de-sillapara-distrito-de-sillapata-provincia-.pdf)
- Carrasco Alva, G., & Urbina Vilchez, R. (2019). *Calculo del factor de seguridad aplicando tensiones totales en los taludes de la carretera baños del Inca-Llacanora 2019*. Cajamarca. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23496/Carrasco%20Alva%20Gilmer%20-%20Urbina%20Vilchez%20Rodrigo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Carrero , E. (2018). *Técnicas de Recolecion de Datos*. Lima: Enfoques Consulting EIRL.
- Carrillo, A., & Carrillo, E. (2018). Bioprotección de taludes en el Perú. *Alianzas globales para el desarrollo y la educación en Ingeniería: Actas de la 15.ª conferencia internacional LACCEI sobre Ingeniería, Educación y Tecnología*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7353058>
- Castro, A., Davila, C., Laura, W., Cubas, F., Avalos, G., López, C., . . . Marín, D. (2021). *Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Naciona*. Senhami. Retrieved from <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01404SENA-4.pdf>
- Cedeño Burgos, C. V., & González Torres, R. P. (2021). *Estudio de la variabilidad de parámetros geotécnicos en el modelamiento de la estabilización de taludes, caso de estudio Curva de Retorno (abscisas 82+500 a 84+500) en la carretera Cuenca-Molleturo-Puerto Inca, provincia del Azuay*. Guayaquil–Ecuador. Obtenido de [http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/53830/1/T-70618%20Cede%c3%b1o-Gonz%c3%a1lezTitulaci%c3%b3n\\_Tesis.pdf](http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/53830/1/T-70618%20Cede%c3%b1o-Gonz%c3%a1lezTitulaci%c3%b3n_Tesis.pdf)
- Crosta, G., Picarelli, L., & Urciuoli, G. (29 de Octubre de 2021). Problemas de estabilidad de taludes en arcillas rígidas y formaciones de flysch. *Ingeniería Geológica*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/journal/engineering-geology/special-issue/102X729DNJT>
- Dewedree, S., & Norafida, S. (Julio de 2018). Análisis de estabilidad de taludes bajo diferentes parámetros de clavado del suelo usando el software SLOPE/W. *Revista de Física: Serie de conferencias*. doi:10.1088/1742-6596/1174/1/012008
- El Peruano. (19 de Marzo de 2023). *Indeci: 573 distritos de la costa norte y sierra se encuentran en riesgo por precipitaciones*. Obtenido de <http://www.elperuano.pe/noticia/208077-indeci-573-distritos-de-la-costa-norte-y-sierra-se-encuentran-en-riesgo-por-precipitaciones>
- Elaboración propia. (s.f.). Tramo de estudio carretera Moquegua - Omate. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/76781/taludes.pdf>
- Enoch, M. (2021). Estudio sobre la influencia de la altura y el ángulo del talud en el factor de seguridad y forma de falla de taludes basado en el método de análisis de reducción de resistencia. *Revista de Ciencias Básicas y Aplicadas de la Universidad Beni-Suef*, 10(31). doi:10.1186/s43088-021-00115-w
- Falla Melo, D. K., Ramírez Segura, J. S., & Rivera Tarquino, V. A. (2022). *Análisis de la estabilidad de un talud ubicado en el k1+120 de la vía El País-La Mina*

en la ciudad de Ibagué departamento del Tolima. Ibagué– Colombia. Obtenido de <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/3414aa90-4a89-48e4-86ca-8ad29f110d4a/content>

Fuentes Bayas, K. J. (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– Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/25353/1/FIGEMPA-CIM-FUENTES%20KATHERINE.pdf>

García López, A. A. (2022). *Análisis de estabilidad y propuesta de métodos de estabilización para el talud del km 7+500 al km 12+000 de la vía Guaranda –Riobamba*. Quito– Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/27759/1/UCE-FING-CIC-GARCIA%20ANGEL.pdf>

GEOTECNIA FACIL. (2018). *Definición de nivel freático*. Obtenido de <https://geotecniafacil.com/que-es-el-nivel-freatico-definicion-piezometrico/>

Gerscovich, D. (2009). *Estabilidad de Talude*.

He, Y., Li, Z., Wang, W., Yuan, R., Zhao, X., & Nikitas, N. (2022, Noviembre 1). Análisis de estabilidad de taludes considerando la anisotropía de resistencia del suelo  $c - \phi$ . *Informes científicos volumen*. doi:10.1038/s41598-022-20819-y

Hernandez Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). *Metodología de la Investigación las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mexico: McGraw-Hill Interamericana Editores.

Ilustre Colegio Oficial de Geólogos. (17 de Octubre de 2016). *SLIDE la mejor aplicación de estabilidad de taludes*. Obtenido de <https://www.icog.es/TyT/index.php/2016/10/slide-la-mejor-aplicacion-estabilidad-taludes/>

Manual de carreteras, diseño geométrico DG-2018. (s.f.). *Manual de carreteras, diseño geométrico DG-2018*. Viceministerio de Transporte. Obtenido de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-01-13%20Especificaciones%20Tecnicas%20Generales%20para%20Construcci%C3%B3n%20-%20EG-2013%20-%20\(Versi%C3%B3n%20Revisada%20-%20JULIO%20](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-01-13%20Especificaciones%20Tecnicas%20Generales%20para%20Construcci%C3%B3n%20-%20EG-2013%20-%20(Versi%C3%B3n%20Revisada%20-%20JULIO%20)



- Mesa Lavista, M., Álvarez Péres, J., & Chávez Gómez, J. H. (2020). EVALUACIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD EN TALUDES DE TERRAPLENES CARRETEROS ALTOS ANTE CARGA SÍSMICA. *Ingeniería Sísmica*.
- MINAM. (2015). *Mapa de susceptibilidad física del Perú: zonas propensas a inundaciones y deslizamientos en la*. Lima: Ministerio del Ambiente. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/01/MAPA-DE-SUSCEPTIBILIDAD-FISICA.pdf>
- Moreno Lacza, R. (2019). *VULNERABILIDAD SISMICA DE LA CIUDAD DE MOQUEGUA*. Obtenido de <http://www.cismid.uni.edu.pe/vulnerabilidad-sismica-de-la-ciudad-de-moquegua/>.
- Nawar, A. (2020). Soil properties for earth building construction in city of Zakho-Iraq. *Revista de arqueología de Egipto/Egiptología de Palarch*. Obtenido de <https://archives.palarch.nl/index.php/jae/article/view/3428>
- Ñaupas Paitán, H., Valdivia Dueñas, M., Palacios Vilela, J. J., & Romero Delgado, H. E. (2018). *Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis*. Bogota.
- Ñaupas, P. H., Valdivia, D. M., Palacios, V. J., & Romero, D. H. (2018). *Metodología de la Investigación*. Edición de la U. .
- Pérez, E. (2005). *Estabilidad de Taludes*. Universidad Politécnica de Cataluña.
- Prado Gonzáles, A. A., Aguilar Guevara, J. R., & Cruz Talavera, R. J. (2020). *Análisis de estabilidad de talud de la carretera Nic. 7 en el km 176, municipio de Santo Tomas, del departamento de Chontales*. Managua– Nicaragua. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/12506/1/ADAN%20ALBERTO%20PRADO%20GONZ%20LEZ.pdf>
- Quispe Huaman, W. (2022). *Evaluación del factor de seguridad en taludes para la determinación del sistema de sostenimiento, carretera Huaypo Grande*. Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo, Lima. Obtenido de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/94751/Quispe\\_HW-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/94751/Quispe_HW-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Revelo Burgos, V. U. (2018). *Modelo Para La Estabilización De Taludes En Las Carreteras Del Subtrópico Del Nor Occidente Del Ecuador A Fin De Evitar Accidentes De Tránsito Y Disminuir Los Costos De Operación Vehicular*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2714/1/Maestr%C3%ADa%20V.%20T.40%20-%20Revelo%20Burgos%20Vicente%20Ulpiano.pdf>

- Robles Martínez, E. E. (2017). *Análisis de estabilidad del talud aplicado a carretera Velacruz – Chaguarpamba – Rio Pindo (km 23+100), de la provincia de Loja – República del Ecuador*. Loja– Ecuador. Obtenido de <https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/20226/1/Robles%20Mart%20c3%adnez%2c%20Edinson%20Eduardo.pdf>
- Rocscience. (25 de Noviembre de 2021). *Descripción general de Slide2*. Obtenido de <https://www.rocscience.com/help/slide2/documentation>
- Rotaru, A., Bejan, F., & Almohamad, D. (2022). Análisis sostenible de estabilidad de taludes: un estudio crítico sobre métodos. *Sostenibilidad* , 14(14). doi:10.3390/su14148847
- RPP. (7 de Enero de 2021). *Lluvias generan deslizamientos y bloqueos de carreteras en algunas regiones del país*. Obtenido de <https://rpp.pe/peru/cusco/lluvias-generan-deslizamientos-y-bloqueo-de-carreteras-en-algunas-regiones-del-pais-noticia-1313907>
- Torres Ríos, L. (2019). *Estabilidad de Taludes para mejorar la transitabilidad y seguridad en los*. Tesis de Grado, Universidad César Vallejo. Obtenido de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/37101/Torres\\_RL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/37101/Torres_RL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Urritia Engaña, M., Barrios Araya, S., Gutiérrez Núñez, M., & Mayorga Camus, M. (2014). Métodos óptimos para determinar validez de contenido. *Educación Médica Superior*.
- Valiente Sanz, R., Sobrecases Martí, S., & Díaz Orrego, A. (2018). Estabilidad de Taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y Métodos de Cálculo. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/76781/taludes.pdf>
- Valiente, R., & Sobrecases, S. (2015). *Estabilidad de Taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y Métodos de Cálculo*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Vemba Mucuta Lito, H., Cartaya Pires, M., & Watson Quesada, R. (2020). Evaluación de estabilidad en taludes del yacimineto castellano mediante el calculo del factor de seguridad. *Minería y Geología*.
- Yang, R., & Xiao, P. (8 de Noviembre de 2019). Análisis de estabilidad de taludes en suelos expansivos no saturados: un estudio de caso. *Frente Ciencias de la Tierra*,. doi:10.3389/feart.2019.00292

# ANEXOS

## Anexo 1. Matriz de Consistencia.

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
Análisis del Factor de Seguridad en Estabilidad de Taludes considerando Geometría y Tipo de Suelo, Carretera Omate - Moquegua, Moquegua, 2023						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
P. General	O. General	H. General	INDEPENDIENTE			
<p>A partir de una evaluación visual en la Carretera Omate-Moquegua ubicado en el Dpto de Moquegua, se pudo verificar un sector crítico, ubicado entre las progresivas sector km 6+800 - 8+200 , donde se definió la geometría del talud en base al Manual de Carreteras; sin embargo, ocurren frecuentes deslizamientos o derrumbes que alteran la transitabilidad de la vía y provoca accidentes de tránsito, afectando los niveles de servicio de la carretera.</p> <p><b>¿Como Influye la geometría del talud y el tipo de suelos para la valoración del Factor de Seguridad para la Estabilidad de Taludes?</b></p>	<p><b>Analisis del</b> factor de seguridad en taludes en función a la geometría y tipología de suelos para evitar derrumbes y deslizamientos que alteran los niveles de servicio de la carretera Omate-Moquegua en el sector km 6+800 al km 8+200.</p>	<p>Un procedimiento técnico adecuado para prevenir deslizamientos y derrumbes en la carretera Omate-Moquegua se podría realizar analizando la geometría de la vía en conjunto con las propiedades de los suelos componentes del talud.</p>	Factor de Seguridad	Modelacion Slide V.06	<p>FS Estatico</p> <p>FS Pseudoestatico</p>	Gabinete
P. Especificos	O. Especifico	H. Especifico	DEPENDIENTE	Propiedades físicas y mecánicas de los suelos.	Angulo de inclinacion	Equipos Topograficos
<p>De acuerdo al Manual de Carreteras del MTC para definir el angulo inclinacion de los taludes se debe seguir una tablas referenciales para materiales establecidos; sin embargo, cuando existen suelos mixtos que no estan en las tablas no se especifica una recomendacion del talud a conformar. Siendo asi que en la mayoría de los expedientes tecnicos recomiendan configuraciones geometricas inapropiadas, por lo que no garantiza la estabilidad del talud produciéndose derrumbes y deslizamientos que ponen en riesgo la seguridad de los usuarios de la vía. <b>¿ Como Influye la inclinación del talud en la determinación del factor de seguridad en taludes conformados por suelos mixtos?</b></p>	<p>Analizar el factor de seguridad mediante la variación del ángulo de inclinación del talud.</p>	<p>Definiendo un adecuado <b>ángulo de inclinación</b> del talud conociendo las propiedades físicas y mecánicas del suelo que lo componen, tendría un impacto significativo en el calculo apropiado del factor de seguridad de los taludes en la Carretera Omate-Moquegua.</p>	Estabilidad del Talud		Angulo de fricción	Ensayos de Laboratorio
<p>Cuando se realizan analisis de estabilidad de taludes, en algunas circunstancias no se verifica el analisis Pseudoestatico del talud, solo se realiza un analisis estatico empleando software de modelacion. <b>¿En que proporcion el analisis Pseudoestatico de taludes altera el factor de seguridad en la estabilidad de taludes?</b></p>	<p>Analizar el factor de seguridad mediante el fraccionamiento del coeficiente de carga sísmica.</p>	<p>Mediante la consideracion del coeficiente de carga sísmica de acuerdo a la zona de ubicación del talud se podría determinar la proporcion en que este altera el Factor de Seguridad en la estabilidad de taludes.</p>			Cohesión	
					Nivel freático	
<p>Durante el análisis de la estabilidad de taludes muchas veces el enfoque solo se concentra en las propiedades de los suelos y no se tiene en cuenta la influencia de la presencia del nivel freatico durante la modelacion de la estabilidad del talud. <b>¿Como influye la presencia del Nivel freatico en la determinacion del Factor de Seguridad en la Estabilidad de Taludes?</b></p>	<p>Estimar la influencia del nivel freatico en la determinacion del factor de seguridad del analisis de estabilidad del talud</p>	<p>Mediante la determinacion de la ubicación del nivel freatico en el talud se definiria un adecuado factor de seguridad acorde a la condicion real de los suelos en el terreno.</p>		Carga Sísmica	Registros historicos	

## Anexo 2. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR	ESCALA DE MEDICION
<b>Variable Independiente:</b> Factor de seguridad	Según Enoch (2021), El cálculo del factor de seguridad es el procedimiento general habitual en el análisis para el cálculo de estabilidad de taludes. Existen diferentes métodos y procedimientos de análisis de estabilidad de taludes y cálculo de factor de seguridad.	Según Enoch (2021) En equilibrio límite, el factor de seguridad (FS) se calcula La correlación de la resistencia al corte y el esfuerzo cortante o de corte expresado como un factor de seguridad determina la estabilidad del talud. $FS = \frac{t_f}{t_m}$ La operacionalización de esta variable será mediante su dimensión Modelación mediante el software Slide.	Modelacion Slide V.06	Fs estático	Razón
				Fs dinámico	Razón
<b>Variable Dependiente:</b> Estabilidad de taludes	Según Rotrau et al. (2022) mencionan que la estabilidad en taludes indica la condición de los taludes que resisten o sufren movimiento. El análisis de estabilidad en taludes es un análisis estático o dinámico, analítico o método numérico para evaluar la estabilidad del talud y comprender las causas de una falla de la pendiente o los factores que desencadenan un movimiento de la pendiente. Asimismo, el análisis de estabilidad responde a un problema que exige fuerza y / o equilibrio de momento. La correlación de la resistencia al corte y el esfuerzo cortante o de corte expresado como un factor de seguridad determina la estabilidad del talud.	Los taludes se mantienen generalmente estables en su vida útil sin embargo se pueden producir fallas por diversos fenómenos, dificultando la transitabilidad de la vía. La operacionalización de esta variable será mediante sus dimensiones propiedades físicas, mecánicas, y geométricas del talud.	Propiedades físicas y mecánicas de los suelos.	Angulo de inclinacion	Razón
				Angulo de fricción	Razón
				Cohesión	Razón
				Nivel freático	Razón
				Carga Sísmica	Razón

### Anexo 3. Resultados de ensayos de laboratorio.



**SERGEO**  
LABORATORIO GEOTÉCNICO



RUC: 20519878969  
Asoc. San Carlos Mza L1 Lte14 Calle 7 - San Antonio - Moquegua  
Telf.: 053799296 - Cel. Claro: 953752299 - Movistar: 953643969  
E-mail: laboratorio@sergeo.com.pe  
www.sergio.com.pe

#### ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO NTP 339.128

Proyecto: Análisis del factor de seguridad en estabilidad de taludes considerando geometría y tipo de suelo, carretera Omate - Moquegua, 2023

Ubicación: Torata- Mariscal Nieto - Moquegua

Informe de ensayo No. T23-170-1-1-2023

Solicitante: Mamani Ramos, Julio Cesar / Tarqui Flores, Willians Yamil

ID LAB: M23-679

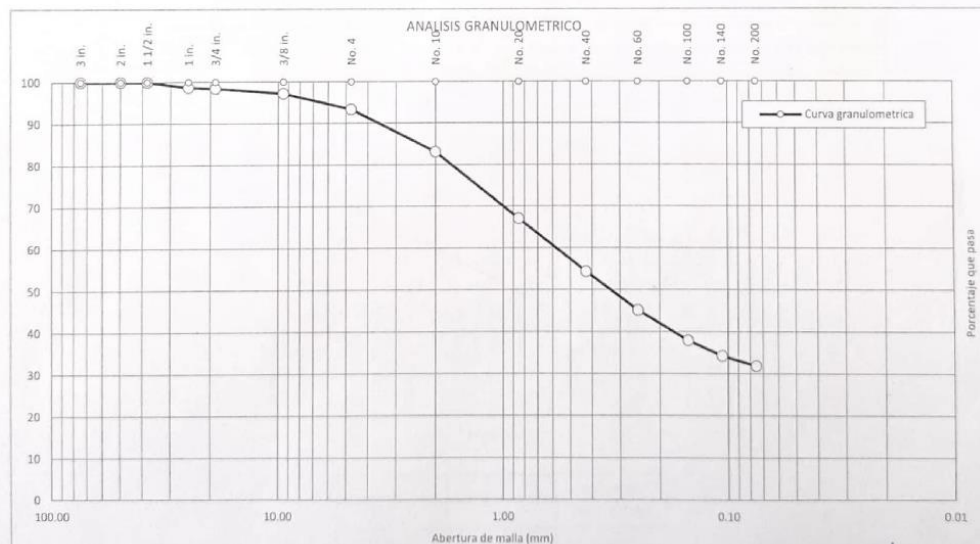
Fecha reporte: 14/06/2023

ID cliente: PSI No.: 23-389

Muestreado por:	J. Mamani R./W. Tarqui F.	Calicata No.:	C1	Presentación:	Sacos (01)	
Fecha muestreo:	03/06/2023	Estrato No.:	E1	Cantidad:	Aprox. 60kg	
Identificación:	Fundacion km 6+800	Profundidad (m):	0.00 @ -3.00	Fecha de recepción:	03/06/2023	
Metodo de prueba:	A	X	B	-	Estado de la muestra de seleccionada:	Seca
Uso de tamizado compuesto:	Si	X	No	-	Tamiz de separacion:	No. 4
Masa muestra seca total (g):	13495	Masa muestra mayor a 3 in. (g):	-	Masa muestra menor a 3 in. (g):	13495	
Masa muestra menor a No. 4 (g):	12542.62	Masa humeda sub muestra < No. 4 (g):	228.3	Intenido Humedad sub muestra < No. 4 (%):	18.4	
Masa seca sub muestra < No. 4 (g):	192.84					

ANALISIS GRANULOMETRICO				
Malla (Pulg)	mm.	Masa retenida (g)	% Retenido	% Pasante
3 in.	75	-	-	100
2 in.	50	-	-	100
1 1/2 in.	38.1	-	-	100
1 in.	25	176	1.30	99
3/4 in.	19	40	0.30	98
3/8 in.	9.5	164	1.22	97
No. 4	4.75	518	3.84	93
No. 10	2	21.24	10.28	83
No. 20	0.85	33.14	16.04	67
No. 40	0.425	26.19	12.68	54
No. 60	0.25	19.09	9.24	45
No. 100	0.15	14.91	7.22	38
No. 140	0.106	7.53	3.64	34
No. 200	0.075	4.96	2.40	32

RESUMEN DE RESULTADOS	
S.U.C.S.	SC
A.A.S.H.T.O.	A-2-7(0)
D <sub>60</sub>	0.615
D <sub>30</sub>	0.071
D <sub>10</sub>	0.024
Cu	26.09
Cc	0.34
Limite Liquido	45
Limite Plastico	29
Indice de Plasticidad	16
Cantos Rodados > 3 in. (%)	-
Grava (%)	6.7
Arena (%)	61.5
Finos (%)	31.8



Observaciones::

Ensayado Por: A. Mamani  
Revisado Por: K. Calizaya

*[Firma]*  
**SERGEO**  
LABORATORIO GEOTÉCNICO  
ROSSANA NELLY QUISPE VALENCIA  
INGENIERO CIVIL  
Rep. del Colegio de Ingenieros N° 145498



ENSAYO PARA DETERMINAR LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELO NTP 339.129

Proyecto: Análisis del factor de seguridad en estabilidad de taludes considerando geometría y tipo de suelo, carretera Ormate - Moquegua, 2023

Ubicación: Torata - Mariscal Nieto - Moquegua

Informe de ensayo No. 123-170-1-2-2023

Solicitante: Mamani Ramos, Julio Cesar / Tarqui Flores, Williams Yamil

ID LAB: M23-679

Fecha reporte: 14/06/2023

ID cliente: PSL No. 23-389

Muestreado por:	I. Mamani R/W. Tarqui F.	Calicata No.:	C1	Presentación:	Sacos (01)
Fecha muestreo:	03/06/2023	Estrato No.:	E1	Cantidad:	Aprox. 60kg
Identificación:	Fundación km 6+800	Profundidad (m):	0.00 @ -3.00	Fecha de recepción:	03/06/2023

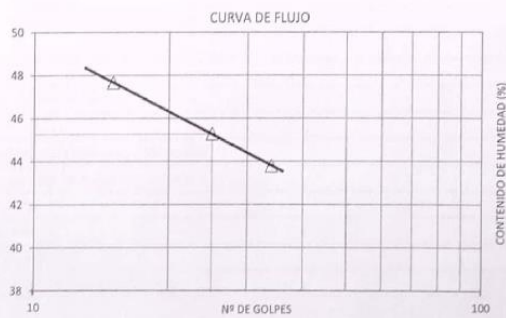
Preparación de la muestra		Equipo de prueba utilizado			
Húmeda:	X	Lavado en el tamiz No.40:	X	Limite plástico:	Rolado a mano: X
Seca (aire):	-	Tamizado en seco con el tamiz No.40:	-	Dispositivo mecánico rolado:	-
Seca (horno):	-	Pasada mecánicamente por el tamiz No. 40:	-	Limite líquido:	Manual: X
		Mezclado en plato de vidrio y partículas de arena grandes y medianas removidas:	-	Mecánico:	-
Mezclado con agua:	Destilado: X	Casagrande/ASTM Herramienta ranurada:	-	Metal:	-
	Desmineralizado: -		-	Plástico:	X
	Otro: -	Metodo de prueba:	A X B -		

LIMITE LIQUIDO (LI)

No. Tara	246	240	214	-	-
Masa muestra húmeda + tara (g)	37.27	34.65	36.26	-	-
Masa muestra seca + tara (g)	33.81	31.72	33.19	-	-
Masa tara (g)	26.55	25.25	26.18	-	-
Masa de agua (g)	3.46	2.93	3.07	-	-
Masa del suelo seco (g)	7.26	6.47	7.01	-	-
Humedad (%)	47.66	45.29	43.79	-	-
Golpes	15	25	34	-	-

LIMITE PLASTICO (Lp)

Recipiente N°	243	226	-	-	-
Masa recipiente + suelo húmedo (g)	20.71	20.56	-	-	-
Masa recipiente + suelo seco (g)	19.04	18.84	-	-	-
Masa del recipiente (g)	13.26	12.98	-	-	-
Masa de agua (g)	1.67	1.72	-	-	-
Masa del suelo seco (g)	5.78	5.86	-	-	-
Humedad (%)	28.89	29.35	-	-	-



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
45	29	16

Observaciones:

Ensayado Por: A. Mamani

Revisado Por: K. Calizaya



**SERGEO**  
LABORATORIO GEOTÉCNICO



RUC: 20519878969  
Asoc. San Carlos Mza L111e14 Calle 7 - San Antonio - Moquegua  
Telf: 053799296 - Cel. Claro: 951752299 - Movistar: 953643969  
E-mail: laboratorio@sergeo.com.pe  
www.sergeo.com.pe

**METODO PARA DETERMINAR GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO USANDO UN PICNOMETRO CON AGUA NTP 339.131**

Proyecto: Análisis del factor de seguridad en estabilidad de taludes considerando geometría y tipo de suelo, carretera Omate – Moquegua, 2023

Ubicación: Torata- Mariscal Nieto – Moquegua Informe de ensayo No: T23-170-1.3-2023  
Solicitante: Mamani Ramos, Julio Cesar / Tarqui Flores, Williams Yamil ID LAB: M23-679  
Fecha reporte: 14/06/2023 ID cliente: PSE No.: 23-389  
Muestreado por: J. Mamani R./W. Tarqui F. Calicata No.: C1 Presentación: Sacos (01)  
Fecha muestreo: 03/06/2023 Estrato No.: E1 Cantidad: Aprox. 60kg  
Identificación: Fundacion km 6+800 Profundidad (m): 0.00 @ -3.00 Fecha de recepción: 03/06/2023

**METODO PARA LA DETERMINAR GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO ASTM C127**

Muestra > No. 4

Masa de la muestra seca en el horno OD (g)	5,797
Masa de la muestra al aire SSD (g)	6,090
Masa de la muestra sumergida (g)	3,474
Densidad Relativa (Gravedad específica)	2.72
Densidad Relativa (Gravedad específica SSD)	2.33
Densidad Relativa Aparente	2.50

No. Tara	-
Masa de la muestra al aire SSD (g)	6,090
Masa de la muestra seca en el horno (g)	5,797
% Absorción	5.1

**METODO PARA DETERMINAR GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO USANDO UN PICNOMETRO CON AGUA ASTM D854**

Metodo de prueba A - B X Muestra < No. 4

Picnometro N*	4
Masa del picnometro (g)	0
Masa del picnometro + sólidos del suelo (g)	60.15
Masa del picnometro + sólidos del suelo + agua a temperatura de ensayo (g)	716.30
Temperatura de ensayo, (°C)	22.9
Masa del picnometro + agua a temperatura de ensayo (g)	678.23
Recipiente N*	-
Masa del recipiente (g)	-
Masa del recipiente + sólidos del suelo (g)	-
Masa de los sólidos del suelo (g)	60.15
Coefficiente de temperatura K a temperatura de ensayo	0.999
Gravedad específica aparente de los sólidos del suelo a 20°C	2.72
Material < malla No. 4 (%)	93.35
Material > malla No. 4 (%)	6.65
Gs material > malla No 4 a 20 °C	2.50
Gravedad específica aparente promedio del suelo	2.71

Observaciones::

Ensayado Por: A. Mamani

Revisado Por: K. Callzaya

**SERGEO**  
LABORATORIO GEOTÉCNICO  
ROSSANA NELLY QUISPE VALENCIA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 145498





**METODO PARA LA DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO IN SITU POR METODO DEL CONO DE ARENA NTP 339.143**

**Proyecto:** Análisis del factor de seguridad en estabilidad de taludes considerando geometría y tipo de suelo, carretera Omate – Moquegua, 2023

**Ubicación:** Torata- Mariscal Nieto – Moquegua

Informe de ensayo No. T23-170-1.4-2023

**Solicitante:** Mamani Ramos, Julio Cesar / Tarqui Flores, Willians Yamil

ID LAB: M23-679

**Fecha reporte:** 14/06/2023

ID cliente: PSL No.: 23-389

**Muestreado por:** J. Mamani R./W. Tarqui F.

Calicata No. C1

Presentación: Sacos (01)

**Fecha muestreo:** 03/06/2023

Estrato No. E1

Cantidad: Aprox. 60kg

**Identificación:** Fundacion km 6+800

Profundidad (m): 0.00 @ -3.00

Fecha de recepción: 03/06/2023

**PROCESAMIENTO EN CAMPO**

Masa de suelo extraído + tara (g)	4019
Masa de tara (g)	0
Masa de suelo extraído (g)	4019
Masa inicial de arena + equipo (g)	7625
Masa de arena que queda en equipo (g)	2945
Masa de arena en cono de equipo (g) [DATO]	1676
Masa de arena en hoyo (g)	3004
Densidad de arena de ensayo (g/cm <sup>3</sup> ) [DATO]	1.461
Volumen total de hoyo (cm <sup>3</sup> )	2056.13

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Masa suelo húmedo + tarro (g)	1011.20
Masa suelo seco + tarro (g)	908.20
Masa tarro (g)	268.30
Contenido de humedad utilizado para el calculo (%)	16.1

**CÁLCULO DE DENSIDADES**

Densidad húmeda del suelo (g/cm <sup>3</sup> )	1.955
Densidad seca del suelo (g/cm <sup>3</sup> )	1.684
Peso Unitario Seco (kN/m <sup>3</sup> )	16.51

**Observaciones:**

Ensayado Por: J. Mamani R./W. Tarqui F.

Revisado Por: K. Calizaya





**SERGEO**  
LABORATORIO GEOTÉCNICO



RUC: 20519878969  
Asoc. San Carlos Mza L1 Lte14 Calle 7 - San Antonio - Moquegua  
Telf.: 053799296 - Cel.: 953752299 - 953643969  
E-mail: laboratorio@sergeo.com.pe  
www.sergео.com.pe

**PRACTICA CORRECCION POR SOBRETAMAÑO ASTM D4718**

**Proyecto:** Análisis del factor de seguridad en estabilidad de taludes considerando geometría y tipo de suelo, carretera Omate – Moquegua, 2023

**Ubicación:** Torata- Mariscal Nieto – Moquegua

Informe de ensayo No. T23-170-1.5-2023

**Solicitante:** Mamani Ramos, Julio Cesar / Tarqui Flores, Williams Yamil

ID LAB: M23-679

**Fecha reporte:** 14/06/2023

ID cliente: PSL No.: 23-389

**Muestreado por:** J. Mamani R./W. Tarqui F.

Calicata No. C1

Presentación: Sacos (01)

**Fecha muestreo:** 03/06/2023

Estrato No. E1

Cantidad: Aprox. 60kg

**Identificación:** Fundacion km 6+800

Profundidad (m): 0.00 @ -3.00

Fecha de recepción: 03/06/2023

**Corrección del Peso Unitario y Humedad para la Fracción**

**Método:**

Tamiz que define sobretamaño/Fracción de Control:

Designación

No. 4

Sobretamaño (%):

$P_c$

6.65

Fracción de Fina/Control (%):

$P_f$

93.35

Gs de Sobretamaño/Control:

$G_M$

2.22

Humedad Sobretamaño/Control (%):

$w_c$

5.05

Peso Unitario de Agua ( $kN/m^3$ ):

$B_w$

9.802

Peso Unitario Seco del Total Ensayado ( $kN/m^3$ ):

$B_{or}$

16.51

Contenido de Humedad del Total (%):

$w_r$

16.10

Porcentaje de compactacion

100.00

Peso Unitario Seco Fraccion Fina/Control ( $kN/m^3$ ):

$B_{or} =$

16.23

Contenido de Humedad Fraccion Fina/Control:

$w_r =$

16.88

Densidad Seca Fraccion Fina/Control ( $g/cm^3$ ):

$B_{or} =$

1.66

**Observaciones:**

Elaborado Por: A. Mamani

Revisado Por: K. Calizaya



ROSSANA NELLY QUISPE VALENCIA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 145498



ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS Y DRENADAS ASTM D3080

Proyecto: Análisis del factor de seguridad en estabilidad de taludes considerando geometría y tipo de suelo, carretera Omate - Moquegua, 2023

Ubicación: Torata- Mariscal Nieto - Moquegua

Informe de ensayo No: T23-170-1.6-2023

Solicitante: Mamani Ramos, Julio Cesar / Tarqui Flores, Williams Yamil

ID LAB: M23-679

Fecha reporte: 14/06/2023

ID cliente: PSL No.: 23-389

Muestreado por: J. Mamani R./W. Tarqui F.

Calicata No: C1

Presentación: Sacos (D1)

Fecha muestreo: 03/06/2023

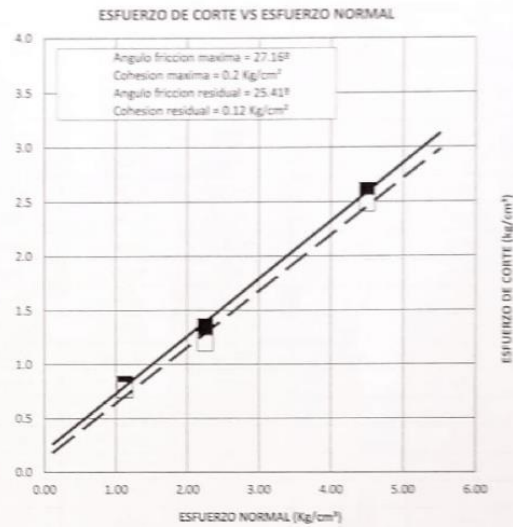
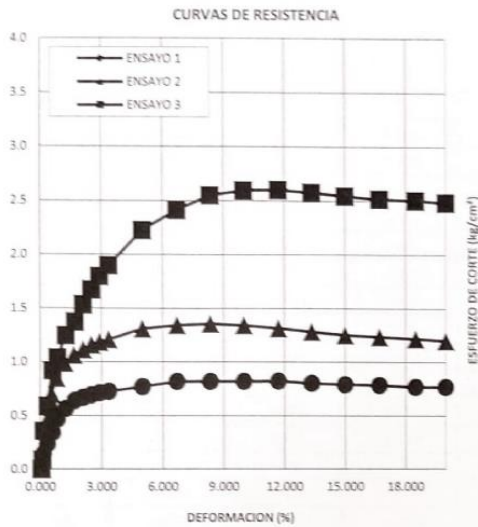
Estrato No: E1

Cantidad: Aprox. 60kg

Identificación: Fundacion km 6+800

Profundidad (m): 0.00 @ -3.00

ID cliente: PSL No.: 23-389



IDENTIFICACION MUESTRA				
Clasificación SUCS	SC			
Clasificación AASHTO	A-2-7(0)			
Estructura del suelo	Remoldeado			
CARACTERTERISTICAS		ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
Esfuerzo Normal	Kg/cm²	1.00	2.00	4.00
Esfuerzo de corte	Kg/cm²	0.82	1.36	2.60
Velocidad de corte	mm/min	0.50	0.50	0.50
Diametro del espécimen	cm	6.00	6.00	6.00
Altura del espécimen	cm	2.00	2.00	2.00
Humedad inicial	%	16.88	16.88	16.88
Humedad final	%	30.07	29.11	28.46
Densidad seca inicial	g/cm³	1.655	1.655	1.655
Densidad húmeda inicial	g/cm³	1.935	1.935	1.935

Equipo: Corte Directo Marca ORION - RCP LABORATORIOS EIRL, con certificado de calibración CCP-0554-061-21 EUCROM

Observaciones:

Ensayado Por: A. Mamani

Revisado Por: K. Calizaya



ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS Y DRENADAS ASTM D3080

Proyecto: Análisis del factor de seguridad en estabilidad de taludes considerando geometría y tipo de suelo, carretera Ormate – Moquegua, 2023

Ubicación: Torata- Mariscal Nieto – Moquegua

2 de 4

Solicitante: Mamani Ramos, Julio Cesar / Tarqui Flores, Williams Yamil

M23-679

Fecha reporte: 14/06/2023

ENSAYO No 1								
Horizontal(cm)	Fuerza(kg)	Vertical(cm)	Defor. Horizontal(%)	Defor. Vertical(cm)	Defor. Vertical(%)	Frza Cortante(kg)	Area Corregida(cm2)	Esfzo Cortant(kg/cm2)
0.000	0.041	-0.077	0.050	0.00000	0.00000	0.041	36.0	0.001
0.005	0.977	-0.077	0.100	-0.00010	-0.00500	0.977	36.0	0.027
0.010	4.984	-0.077	0.150	-0.00020	-0.01000	4.984	36.0	0.138
0.020	8.451	-0.078	0.350	-0.00080	-0.04000	8.451	36.0	0.235
0.035	12.254	-0.078	0.600	-0.00100	-0.05000	12.254	36.0	0.340
0.050	16.804	-0.078	0.850	-0.00100	-0.05000	16.804	36.0	0.467
0.075	20.322	-0.078	1.250	-0.00120	-0.06000	20.322	36.0	0.565
0.100	23.015	-0.078	1.700	-0.00100	-0.05000	23.015	36.0	0.639
0.125	24.025	-0.078	2.100	-0.00080	-0.04000	24.025	36.0	0.667
0.150	24.912	-0.078	2.500	-0.00070	-0.03500	24.912	36.0	0.692
0.175	25.575	-0.078	2.900	-0.00070	-0.03500	25.575	36.0	0.710
0.200	26.074	-0.078	3.350	-0.00070	-0.03500	26.074	36.0	0.724
0.300	27.696	-0.078	5.000	-0.00070	-0.03500	27.696	36.0	0.769
0.400	29.419	-0.078	6.700	-0.00080	-0.04000	29.419	36.0	0.817
0.500	29.446	-0.078	8.350	-0.00140	-0.07000	29.446	36.0	0.818
0.600	29.450	-0.079	10.000	-0.00160	-0.08000	29.450	36.0	0.818
0.700	29.602	-0.079	11.700	-0.00150	-0.07500	29.602	36.0	0.822
0.800	28.858	-0.079	13.350	-0.00180	-0.09000	28.858	36.0	0.802
0.900	28.430	-0.080	15.000	-0.00260	-0.13000	28.430	36.0	0.790
1.000	28.256	-0.080	16.700	-0.00260	-0.13000	28.256	36.0	0.785
1.100	27.583	-0.080	18.500	-0.00340	-0.17000	27.583	36.0	0.766
1.200	27.583	-0.081	20.000	-0.00390	-0.19500	27.583	36.0	0.766

Observaciones:

Ensayado Por: A. Mamani

Revisado Por: K. Callzaya

2 de 4



ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS Y DRENADAS ASTM D3080

Proyecto: Análisis del factor de seguridad en estabilidad de taludes considerando geometría y tipo de suelo, carretera Omate – Moquegua, 2023

Ubicación: Torata- Mariscal Nieto – Moquegua

3 de 4

Solicitante: Mamani Ramos, Julio Cesar / Tarqui Flores, Williams Yamil

M23-679

Fecha reporte: 14/06/2023

ENSAYO No 2								
Horizontal(cm)	Fuerza(kg)	Vertical(cm)	Defor. Horizontal(%)	Defor. Vertical(cm)	Defor. Vertical(%)	Fraa Cortante(kg)	Area Corregida(cm2)	Esfoa Cortant(kg/cm2)
0.000	0.010	-0.108	0.050	0.00000	0.00000	0.010	36.0	0.000
0.005	1.346	-0.110	0.050	-0.00190	-0.09500	1.346	36.0	0.037
0.010	7.485	-0.111	0.100	-0.00280	-0.14000	7.485	36.0	0.208
0.020	16.020	-0.112	0.300	-0.00410	-0.20500	16.020	36.0	0.445
0.035	25.146	-0.114	0.550	-0.00620	-0.31000	25.146	36.0	0.699
0.050	30.500	-0.116	0.800	-0.00810	-0.40500	30.500	36.0	0.847
0.075	35.547	-0.117	1.200	-0.00850	-0.42500	35.547	36.0	0.987
0.100	38.260	-0.117	1.650	-0.00920	-0.46000	38.260	36.0	1.063
0.125	40.116	-0.119	2.100	-0.01060	-0.53000	40.116	36.0	1.114
0.150	41.696	-0.120	2.500	-0.01180	-0.59000	41.696	36.0	1.158
0.175	42.685	-0.122	2.900	-0.01360	-0.68000	42.685	36.0	1.186
0.200	43.532	-0.123	3.350	-0.01440	-0.72000	43.532	36.0	1.209
0.300	47.155	-0.126	5.000	-0.01730	-0.86500	47.155	36.0	1.310
0.400	48.325	-0.127	6.700	-0.01830	-0.91500	48.325	36.0	1.342
0.500	48.783	-0.129	8.350	-0.02050	-1.02500	48.783	36.0	1.355
0.600	48.329	-0.141	10.000	-0.03230	-1.61500	48.329	36.0	1.342
0.700	47.353	-0.143	11.700	-0.03440	-1.72000	47.353	36.0	1.315
0.800	46.234	-0.146	13.350	-0.03740	-1.87000	46.234	36.0	1.284
0.900	45.082	-0.148	15.000	-0.03950	-1.97500	45.082	36.0	1.252
1.000	44.490	-0.151	16.700	-0.04300	-2.15000	44.490	36.0	1.236
1.100	43.817	-0.155	18.500	-0.04670	-2.33500	43.817	36.0	1.217
1.200	43.185	-0.160	20.000	-0.05220	-2.61000	43.185	36.0	1.200

Observaciones:

Ensayado Por: A. Mamani

Revisado Por: K. Calizaya





ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS Y DRENADAS ASTM D3080

Proyecto: Análisis del factor de seguridad en estabilidad de taludes considerando geometría y tipo de suelo, carretera Omate – Moquegua, 2023

Ubicación: Torata- Mariscal Nieto – Moquegua

3 de 4

Solicitante: Mamani Ramos, Julio Cesar / Tarqui Flores, Williams Yamil

M23-679

Fecha reporte: 14/06/2023

ENSAYO No 3								
Horizontal(cm)	Fuerza(kg)	Vertical(cm)	Defor. Horizontal(%)	Defor. Vertical(cm)	Defor. Vertical(%)	Frza Cortante(kg)	Area Corregida(cm <sup>2</sup> )	Esfzo Cortant(kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.020	-0.174	0.050	0.00000	0.00000	0.020	36.0	0.001
0.005	3.060	-0.175	0.100	-0.00060	-0.03000	3.060	36.0	0.085
0.010	12.804	-0.175	0.150	-0.00060	-0.03000	12.804	36.0	0.356
0.020	21.152	-0.175	0.350	-0.00070	-0.03500	21.152	36.0	0.588
0.035	33.093	-0.177	0.600	-0.00290	-0.14500	33.093	36.0	0.919
0.050	37.415	-0.183	0.850	-0.00850	-0.42500	37.415	36.0	1.039
0.075	44.849	-0.190	1.250	-0.01530	-0.76500	44.849	36.0	1.246
0.100	49.385	-0.195	1.700	-0.02060	-1.03000	49.385	36.0	1.372
0.125	55.218	-0.200	2.100	-0.02580	-1.29000	55.218	36.0	1.534
0.150	60.225	-0.206	2.500	-0.03170	-1.58500	60.225	36.0	1.673
0.175	64.671	-0.210	2.900	-0.03600	-1.80000	64.671	36.0	1.796
0.200	68.270	-0.214	3.350	-0.03920	-1.96000	68.270	36.0	1.896
0.300	80.099	-0.228	5.000	-0.05350	-2.67500	80.099	36.0	2.225
0.400	86.839	-0.236	6.700	-0.06200	-3.10000	86.839	36.0	2.412
0.500	91.765	-0.243	8.350	-0.06900	-3.45000	91.765	36.0	2.549
0.600	93.426	-0.248	10.000	-0.07320	-3.66000	93.426	36.0	2.595
0.700	93.630	-0.251	11.700	-0.07690	-3.84500	93.630	36.0	2.601
0.800	92.784	-0.255	13.350	-0.08020	-4.01000	92.784	36.0	2.577
0.900	91.642	-0.256	15.000	-0.08130	-4.06500	91.642	36.0	2.546
1.000	90.612	-0.259	16.700	-0.08500	-4.25000	90.612	36.0	2.517
1.100	90.185	-0.263	18.500	-0.08820	-4.41000	90.185	36.0	2.505
1.200	89.466	-0.269	20.000	-0.09440	-4.72000	89.466	36.0	2.485

Observaciones:

Ensayado Por: A. Mamani

Revisado Por: K. Callizaya

4 de 4



**SERGEO**  
LABORATORIO GEOTÉCNICO



RUC: 20519878969  
Asoc. San Carlos Mza L1 Lte14 Calle 7 – San Antonio - Moquegua  
Telf.: 053799296 - Cel. Claro: 953752299 - Movistar: 953643969  
E-mail: laboratorio@sergeo.com.pe  
www.serggeo.com.pe

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO NTP 339.128

**Proyecto:** Análisis del factor de seguridad en estabilidad de taludes considerando geometría y tipo de suelo, carretera Omate – Moquegua, 2023

**Ubicación:** Torata- Mariscal Nieto – Moquegua

Informe de ensayo No. T23-170-2.1-2023

**Solicitante:** Mamani Ramos, Julio Cesar / Tarqui Flores, Williams Yamil

ID LAB: M23-680

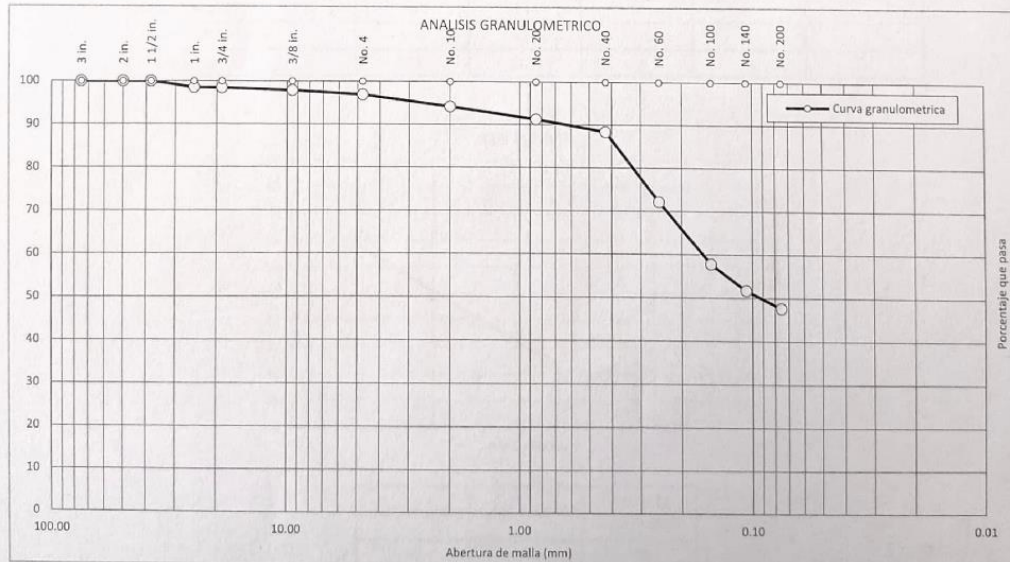
**Fecha reporte:** 14/06/2023

ID cliente: PSL No.: 23-389

Muestreado por:	J. Mamani R./W. Tarqui F.	Calicata No.	C2	Presentación:	Sacos (01)	
Fecha muestreo:	03/06/2023	Estrato No.	E1	Cantidad:	Aprox. 60kg	
Identificación:	Fundacion km 7+500	Profundidad (m):	0.00 @ -3.00	Fecha de recepción:	03/06/2023	
Metodo de prueba:	A	X	B	-	Estado de la muestra de seleccionada:	Seca
Uso de tamizado compuesto:	Si	X	No	-	Tamiz de separacion:	No. 4
Masa muestra seca total (g):	14694	Masa muestra mayor a 3 in. (g):	-	Masa muestra menor a 3 in. (g):	14694	
Masa muestra menor a No. 4 (g):	14226.93	Masa humeda sub muestra < No. 4 (g):	198.83	Intenido Humedad sub muestra < No. 4 (%):	15.1	
Masa seca sub muestra < No. 4 (g):	172.73					

Malla (Pulg)	mm.	Masa retenida (g)	% Retenido	% Pasante
3 in.	75	-	-	100
2 in.	50	-	-	100
1 1/2 in.	38.1	-	-	100
1 in.	25	2.16	1.47	99
3/4 in.	19	10	0.07	98
3/8 in.	9.5	87	0.59	98
No. 4	4.75	144	0.98	97
No. 10	2	4.87	2.73	94
No. 20	0.85	5.2	2.92	91
No. 40	0.425	5.09	2.86	88
No. 60	0.25	28.95	16.24	72
No. 100	0.15	25.53	14.32	58
No. 140	0.106	10.88	6.10	52
No. 200	0.075	7.31	4.10	48

S.U.C.S.	SC
A.A.S.H.T.O.	A-2-7(0)
D <sub>60</sub>	0.165
D <sub>30</sub>	0.047
D <sub>10</sub>	0.016
Cu	10.49
Cc	0.86
Límite Líquido	42
Límite Plástico	25
Índice de Plasticidad	17
Cantos Rodados > 3 in. (%)	-
Grava (%)	3.1
Arena (%)	49.3
Finos (%)	47.6



**Observaciones:**

Ensayado Por: A. Mamani  
Revisado Por: K. Callzaya

**SERGEO**  
LABORATORIO GEOTÉCNICO  
ROSSANA NELLY QUISPE VALENCIA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 145498



**ENSAYO PARA DETERMINAR LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELO ASTM D4318**

**Proyecto:** Análisis del factor de seguridad en estabilidad de taludes considerando geometría y tipo de suelo, carretera Omate – Moquegua, 2023

**Ubicación:** Torata- Mariscal Nieto – Moquegua

Informe de ensayo No. T23-170-2-2-2023

**Solicitante:** Mamani Ramos, Julio Cesar / Tarqui Flores, Williams Yamil

ID LAB: M23-680

**Fecha reporte:** 14/06/2023

ID cliente: PSL No.: 23-389

**Muestreado por:** J. Mamani R./W. Tarqui F.

Calicata No. C2

Presentación: Sacos (01)

**Fecha muestreo:** 03/06/2023

Estrato No. E1

Cantidad: Aprox. 60kg

**Identificación:** Fundacion km 7+500

Profundidad (m): 0.00 @ -3.00

Fecha de recepción: 03/06/2023

**Preparacion de la muestra**

**Equipo de prueba utilizado**

Humeda:	X	Lavado en el tamiz No.40:	X	Limite plastico:	Rolado a mano:	X
Seca (aire):	-	Tamizado en seco con el tamiz No.40:	-	Dispositivo mecanico rolado:		-
Seca (Horno):	-	Pasada mecanicamente por el tamiz No. 40:	-	Limite liquido:	Manual:	X
		Mezclado en plato de vidrio y particulas de arena grandes y medianas removidas:	-		Mecanico:	-
Mezclado con agua:	Destilado: X	Casagrande/ASTM Herramienta ranurada:			Metal:	-
	Desmineralizado: -				Plastico:	X
	Otro: -	Metodo de prueba:	A X B			-

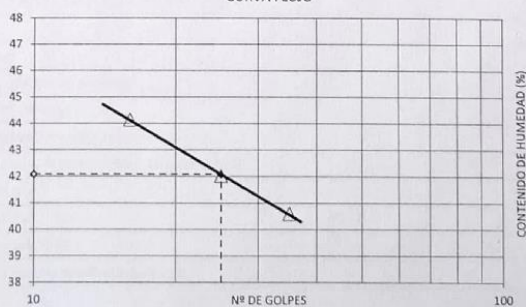
**LIMITE LIQUIDO (LI)**

No. Tara	211	234	203	-	-
Masa muestra húmeda + tara (g)	35.61	36.01	35.74	-	-
Masa muestra seca + tara (g)	32.71	33.06	33	-	-
Masa tara (g)	26.14	26.04	26.25	-	-
Masa de agua (g)	2.9	2.95	2.74	-	-
Masa del suelo seco (g)	6.57	7.02	6.75	-	-
Humedad (%)	44.14	42.02	40.59	-	-
Golpes	16	25	35	-	-

**LIMITE PLASTICO (Lp)**

Recipiente N°	228	214	-	-	-
Masa recipiente + suelo húmedo (g)	20.36	20.57	-	-	-
Masa recipiente + suelo seco (g)	18.85	19.04	-	-	-
Masa del recipiente (g)	12.85	13.08	-	-	-
Masa de agua (g)	1.51	1.53	-	-	-
Masa del suelo seco (g)	6.00	5.96	-	-	-
Humedad (%)	25.17	25.67	-	-	-

**CURVA FLUJO**



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
42	25	17

**Observaciones:**

Ensayado Por: A. Mamani

Revisado Por: K. Calizaya





**SERGEO**  
LABORATORIO GEOTÉCNICO



RUC: 20519878969  
Asoc. San Carlos Mza L1 Lte14 Calle 7 – San Antonio - Moquegua  
Telf.: 053799296 - Cel. Claro: 953752299 - Movistar: 953643969  
E-mail: laboratorio@sergeo.com.pe  
www.sergio.com.pe

**METODO PARA DETERMINAR GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO USANDO UN PICNOMETRO CON AGUA NTP 339.131**

<b>Proyecto:</b>	Análisis del factor de seguridad en estabilidad de taludes considerando geometría y tipo de suelo, carretera Omate – Moquegua, 2023		
<b>Ubicación:</b>	Torata- Mariscal Nieto – Moquegua	<b>Informe de ensayo No.</b> T23-170-2.3-2023	
<b>Solicitante:</b>	Mamani Ramos, Julio Cesar / Tarqui Flores, Willians Yamil	<b>ID LAB:</b>	M23-680
<b>Fecha reporte:</b>	14/06/2023	<b>ID cliente:</b>	PSL No.: 23-389
<b>Muestreado por:</b>	J. Mamani R./W. Tarqui F.	<b>Calicata No.</b>	C2
<b>Fecha muestreo:</b>	03/06/2023	<b>Estrato No.</b>	E1
<b>Identificación:</b>	Fundacion km 7+500	<b>Profundidad (m):</b>	0.00 @ -3.00
		<b>Presentación:</b>	Sacos (01)
		<b>Cantidad:</b>	Aprox. 60kg
		<b>Fecha de recepción:</b>	03/06/2023

**METODO PARA LA DETERMINAR GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO ASTM C127**

Muestra > No. 4

Masa de la muestra seca en el horno OD (g)	5,314
Masa de la muestra al aire SSD (g)	5,610
Masa de la muestra sumergida (g)	3,289
Densidad Relativa (Gravedad específica)	2.29
Densidad Relativa (Gravedad específica SSD)	2.42
Densidad Relativa Aparente	2.62

No. Tara	1
Masa de la muestra al aire SSD (g)	5,610
Masa de la muestra seca en el horno (g)	5,314
% Absorción	5.6

**METODO PARA DETERMINAR GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO USANDO UN PICNOMETRO CON AGUA ASTM D854**

Metodo de prueba A - B X Muestra < No. 4

Picnometro N°	1
Masa del picnometro (g)	0
Masa del picnometro + sólidos del suelo (g)	60.13
Masa del picnometro + sólidos del suelo + agua a temperatura de ensayo (g)	716.24
Temperatura de ensayo, (°C)	24
Masa del picnometro + agua a temperatura de ensayo (g)	678.1
Recipiente N°	-
Masa del recipiente (g)	-
Masa del recipiente + sólidos del suelo (g)	-
Masa de los sólidos del suelo (g)	60.13
Coefficiente de temperatura K a temperatura de ensayo	0.999
Gravedad específica aparente de los sólidos del suelo a 20°C	2.73
Material < malla No. 4 (%)	96.89
Material > malla No. 4 (%)	3.11
Gs material > malla No 4 a 20 °C	2.62
Gravedad específica aparente promedio del suelo	2.73

**Observaciones:**

Ensayado Por: A. Mamani  
Revisado Por: K. Calizaya

**SERGEO**  
LABORATORIO GEOTÉCNICO  
ROSSANA NELLY QUISPE VALENCIA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 145498





**METODO PARA LA DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO IN SITU POR METODO DEL CONO DE ARENA NTP 339.143**

<b>Proyecto:</b>	Análisis del factor de seguridad en estabilidad de taludes considerando geometría y tipo de suelo, carretera Omate - Moquegua, 2023		
<b>Ubicación:</b>	Torata- Mariscal Nieto - Moquegua	Informe de ensayo No. T23-170-2-A-2023	
<b>Solicitante:</b>	Mamani Ramos, Julio Cesar / Tarqui Flores, Willians Yamil	ID LAB:	M23-680
<b>Fecha reporte:</b>	14/06/2023	ID cliente:	PSI No.: 23-389
<b>Muestreado por:</b>	J. Mamani R./W. Tarqui F.	Calicata No.	C2
<b>Fecha muestreo:</b>	03/06/2023	Estrato No.	E1
<b>Identificación:</b>	Fundacion km 7+500	Profundidad (m):	0.00 @ -3.00
		<b>Presentación:</b>	5acos (03)
		<b>Cantidad:</b>	Aprox. 60kg
		<b>Fecha de recepción:</b>	03/06/2023

**PROCESAMIENTO EN CAMPO**

Masa de suelo extraído + tara (g)	4875
Masa de tara (g)	0
Masa de suelo extraído (g)	4875
Masa inicial de arena + equipo (g)	7848
Masa de arena que queda en equipo (g)	2843
Masa de arena en cono de equipo (g) [DATO]	1676
Masa de arena en hoyo (g)	3329
Densidad de arena de ensayo (g/cm <sup>3</sup> ) [DATO]	1.461
Volumen total de hoyo (cm <sup>3</sup> )	2278.58

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Masa suelo húmedo + tarro (g)	1163.10
Masa suelo seco + tarro (g)	1062.60
Masa tarro (g)	253.20
Contenido de humedad utilizado para el cálculo (%)	12.4

**CÁLCULO DE DENSIDADES**

Densidad húmeda del suelo (g/cm <sup>3</sup> )	2.139
Densidad seca del suelo (g/cm <sup>3</sup> )	1.903
Peso Unitario Seco (kN/m <sup>3</sup> )	18.66

**Observaciones:**

Ensayado Por: J. Mamani R./W. Tarqui F.  
Revisado Por: K. Callzaya



**SERGEO**  
LABORATORIO GEOTÉCNICO



RUC: 20519878969  
Asoc. San Carlos Mza L1 Lte14 Calle 7 – San Antonio - Moquegua  
Telf.: 053799296 - Cel.: 953752299 - 953643969  
E-mail: laboratorio@sergeo.com.pe  
www.serggeo.com.pe

**PRACTICA CORRECCION POR SOBRETAMAÑO ASTM D4718**

**Proyecto:** Análisis del factor de seguridad en estabilidad de taludes considerando geometría y tipo de suelo, carretera Omate – Moquegua, 2023

**Ubicación:** Torata- Mariscal Nieto – Moquegua

Informe de ensayo No. T23-170-2.5-2023

**Solicitante:** Mamani Ramos, Julio Cesar / Tarqui Flores, Williams Yamil

ID LAB: M23-680

**Fecha reporte:** 14/06/2023

ID cliente: PSL No.: 23-389

**Muestreado por:** J. Mamani R./W. Tarqui F.

**Calicata No.:** C2

**Presentación:** Sacos [01]

**Fecha muestreo:** 03/06/2023

**Estrato No.:** E1

**Cantidad:** Aprox. 60kg

**Identificación:** Fundacion km 7+500

**Profundidad (m):** 0.00 @ -3.00

**Fecha de recepción:** 03/06/2023

Corrección del Peso Unitario y Humedad para la Fracción

Método:

Tamiz que define sobretamaño/Fracción de Control:

Designación

No. 4

Sobretamaño (%):

$P_C$

3

Fracción de Fina/Control (%):

$P_F$

97

Gs de Sobretamaño/Control:

$G_M$

2.29

Humedad Sobretamaño/Control (%):

$w_C$

5.6

Peso Unitario de Agua ( $kN/m^3$ ):

$\bar{B}_w$

9.802

Peso Unitario Seco del Total Ensayado ( $kN/m^3$ ):

$\bar{B}_{OT}$

18.66

Contenido de Humedad del Total (%):

$w_T$

12.42

Porcentaje de compactacion

100.00

Peso Unitario Seco Fraccion Fina/Control ( $kN/m^3$ ):

$\bar{B}_{OT}^F$

18.66

Contenido de Humedad Fraccion Fina/Control:

$w_T^F$

12.64

Densidad Seca Fraccion Fina/Control ( $g/cm^3$ ):

$\bar{B}_{OT}^F$

1.893

**Observaciones:**

Elaborado Por: A. Mamani

Revisado Por: K. Calizaya

  
**SERGEO**  
LABORATORIO GEOTÉCNICO  
ROSSANA NELLY QUISPE VALENCIA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 145498



ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS Y DRENADAS ASTM D3080

Proyecto: Análisis del factor de seguridad en estabilidad de taludes considerando geometría y tipo de suelo, carretera Ormate - Moquegua, 2023

Ubicación: Torata- Mariscal Nieto - Moquegua

Solicitante: Mamani Ramos, Julio Cesar / Tarqui Flores, Williams Yamil

Informe de ensayo No. T23-170-2.6-2023

Fecha reporte: 14/06/2023

ID LAB: M23-680

Muestreado por: J. Mamani R./W. Tarqui F.

Calicata No. C2

ID cliente: PSL No.: 23-389

Fecha muestreo: 03/06/2023

Estrato No. E1

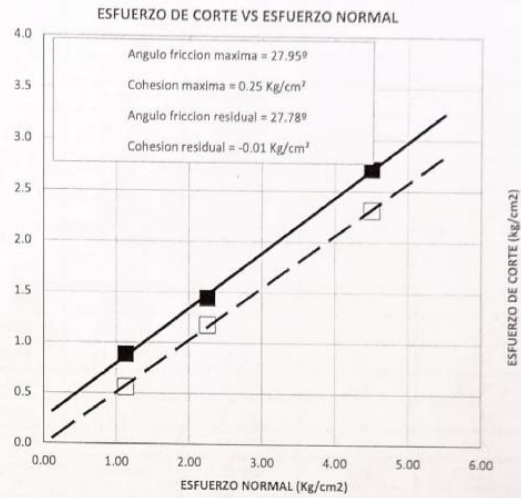
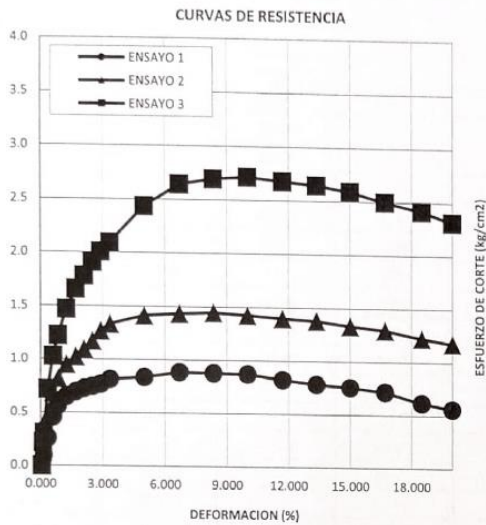
Presentación: Sacos (01)

Identificación: Fundacion km 7+500

Profundidad (m): 0.00 @ -3.00

Cantidad: Aprox. 60kg

ID cliente: PSL No.: 23-389



IDENTIFICACION MUESTRA				
Clasificación SUCS		SC		
Clasificación AASHTO		A-2-7(0)		
Estructura del suelo		Remoldeado		
CARACTERTERISTICAS		ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
Esfuerzo Normal	Kg/cm <sup>2</sup>	1.00	2.00	4.00
Esfuerzo de corte	Kg/cm <sup>2</sup>	0.89	1.44	2.72
Velocidad de corte	mm/min	1.00	1.00	1.00
Diametro del espécimen	cm	6.00	6.00	6.00
Altura del espécimen	cm	2.00	2.00	2.00
Humedad inicial	%	12.64	12.64	12.64
Humedad final	%	30.43	29.38	28.65
Densidad seca inicial	g/cm <sup>3</sup>	1.89	1.89	1.89
Densidad humeda inicial	g/cm <sup>3</sup>	2.13	2.13	2.13

Equipo: Corte Directo Marca ORION - RCP LABORATORIOS EIRL, con certificado de calibración CCP-0554-061-21 ELICROM

Observaciones:

Ensayado Por: A. Mamani

Revisado Por: K. Calizaya



ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS Y DRENADAS ASTM D3080

Proyecto: Análisis del factor de seguridad en estabilidad de taludes considerando geometría y tipo de suelo, carretera Omate – Moquegua, 2023

Ubicación: Torata- Mariscal Nieto – Moquegua

2 de 4

Solicitante: Mamani Ramos, Julio Cesar / Tarqui Flores, Williams Yamil

M23-680

Fecha reporte: 14/06/2023

ENSAYO No 1								
Horizontal(cm)	Fuerza(kg)	Vertical(cm)	Defor. Horizontal(%)	Defor. Vertical(cm)	Defor. Vertical(%)	Frza Cortante(kg)	Area Corregida(cm <sup>2</sup> )	Esfzo Cortante(kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.010	-0.027	0.050	0.00000	0.00000	0.010	36.0	0.000
0.005	2.070	-0.027	0.100	-0.00010	-0.00500	2.070	36.0	0.058
0.010	3.447	-0.028	0.150	-0.00080	-0.04000	3.447	36.0	0.096
0.020	9.320	-0.030	0.350	-0.00310	-0.15500	9.320	36.0	0.259
0.035	16.448	-0.034	0.600	-0.00660	-0.33000	16.448	36.0	0.457
0.050	20.303	-0.034	0.850	-0.00650	-0.32500	20.303	36.0	0.564
0.075	23.392	-0.032	1.250	-0.00530	-0.26500	23.392	36.0	0.650
0.100	25.014	-0.032	1.700	-0.00520	-0.26000	25.014	36.0	0.695
0.125	26.166	-0.032	2.100	-0.00530	-0.26500	26.166	36.0	0.727
0.150	26.880	-0.034	2.500	-0.00670	-0.33500	26.880	36.0	0.747
0.175	27.614	-0.035	2.900	-0.00760	-0.38000	27.614	36.0	0.767
0.200	29.318	-0.035	3.350	-0.00790	-0.39500	29.318	36.0	0.814
0.300	30.061	-0.037	5.000	-0.00980	-0.49000	30.061	36.0	0.835
0.400	31.866	-0.037	6.700	-0.01000	-0.50000	31.866	36.0	0.885
0.500	31.601	-0.037	8.350	-0.01030	-0.51500	31.601	36.0	0.878
0.600	31.377	-0.038	10.000	-0.01070	-0.53500	31.377	36.0	0.872
0.700	29.592	-0.042	11.700	-0.01520	-0.76000	29.592	36.0	0.822
0.800	28.165	-0.047	13.350	-0.01980	-0.99000	28.165	36.0	0.782
0.900	27.247	-0.048	15.000	-0.02080	-1.04000	27.247	36.0	0.757
1.000	25.840	-0.050	16.700	-0.02330	-1.16500	25.840	36.0	0.718
1.100	22.169	-0.052	18.500	-0.02520	-1.26000	22.169	36.0	0.616
1.200	20.169	-0.052	20.000	-0.02520	-1.26000	20.169	36.0	0.560

Observaciones:

Ensayado Por: A. Mamani

Revisado Por: K. Calizaya

2 de 4

**SERGEO**  
LABORATORIO GEOTÉCNICO  
ROSSANA NELLY QUISPE VALENCIA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 145498





ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS Y DRENADAS ASTM D3080

Proyecto: Análisis del factor de seguridad en estabilidad de taludes considerando geometría y tipo de suelo, carretera Omate - Moquegua, 2023

Ubicación: Torata- Mariscal Nieto - Moquegua

Solicitante: Mamani Ramos, Julio Cesar / Tarqui Flores, Willians Yamil

Fecha reporte: 14/06/2023

3 de 4

M23-680

ENSAYO No 2								
Horizontal(cm)	Fuerza(kg)	Vertical(cm)	Deform. Horizontal(%)	Deform. Vertical(cm)	Deform. Vertical(%)	Frza Cortante(kg)	Area Corregida(cm <sup>2</sup> )	Esfzo Cortante(kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.031	-0.051	0.050	0.00000	0.00000	0.031	36.0	0.001
0.005	5.979	-0.052	0.100	-0.00150	-0.07500	5.979	36.0	0.166
0.010	7.292	-0.054	0.150	-0.00280	-0.14000	7.292	36.0	0.203
0.020	17.032	-0.055	0.350	-0.00420	-0.21000	17.032	36.0	0.473
0.035	24.650	-0.059	0.600	-0.00760	-0.38000	24.650	36.0	0.685
0.050	29.433	-0.062	0.850	-0.01070	-0.53500	29.433	36.0	0.818
0.075	34.256	-0.065	1.250	-0.01440	-0.72000	34.256	36.0	0.952
0.100	36.825	-0.070	1.700	-0.01880	-0.94000	36.825	36.0	1.023
0.125	39.334	-0.072	2.100	-0.02120	-1.06000	39.334	36.0	1.093
0.150	42.098	-0.075	2.500	-0.02380	-1.19000	42.098	36.0	1.169
0.175	45.607	-0.076	2.900	-0.02540	-1.27000	45.607	36.0	1.267
0.200	47.923	-0.078	3.350	-0.02750	-1.37500	47.923	36.0	1.331
0.300	50.869	-0.086	5.000	-0.03470	-1.73500	50.869	36.0	1.413
0.400	51.576	-0.090	6.700	-0.03930	-1.96500	51.576	36.0	1.433
0.500	51.979	-0.094	8.350	-0.04340	-2.17000	51.979	36.0	1.444
0.600	51.253	-0.100	10.000	-0.04870	-2.43500	51.253	36.0	1.424
0.700	50.294	-0.101	11.700	-0.05020	-2.51000	50.294	36.0	1.397
0.800	49.600	-0.107	13.350	-0.05570	-2.78500	49.600	36.0	1.378
0.900	47.998	-0.110	15.000	-0.05950	-2.97500	47.998	36.0	1.333
1.000	46.693	-0.112	16.700	-0.06090	-3.04500	46.693	36.0	1.297
1.100	44.068	-0.118	18.500	-0.06750	-3.37500	44.068	36.0	1.224
1.200	42.382	-0.123	20.000	-0.07200	-3.60000	42.382	36.0	1.177

Observaciones:

Ensayado Por: A. Mamani  
Revisado Por: K. Calizaya

**SERGEO**  
LABORATORIO GEOTÉCNICO  
ROSSANA NELLY QUISPE VALENCIA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 145498



ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS Y DRENADAS ASTM D3080

Proyecto: Análisis del factor de seguridad en estabilidad de taludes considerando geometría y tipo de suelo, carretera Omate - Moquegua, 2023

Ubicación: Torata- Mariscal Nieto - Moquegua

4 de 4

Solicitante: Mamani Ramos, Julio Cesar / Tarqui Flores, Williams Yamil

M23-680

Fecha reporte: 14/06/2023

ENSAYO No 3								
Horizontal[cm]	Fuerza[kg]	Vertical[cm]	Defor. Horizontal(%)	Defor. Vertical[cm]	Defor. Vertical(%)	Frza Cortante(kg)	Area Corregida[cm2]	Esfro Cortant[kg/cm2]
0.000	0.020	-0.113	0.050	0.00000	0.00000	0.020	36.0	0.001
0.005	7.719	-0.114	0.100	-0.00110	-0.05500	7.719	36.0	0.214
0.010	10.870	-0.117	0.150	-0.00400	-0.20000	10.870	36.0	0.302
0.020	25.748	-0.117	0.350	-0.00430	-0.21500	25.748	36.0	0.715
0.035	36.955	-0.120	0.600	-0.00690	-0.34500	36.955	36.0	1.027
0.050	44.001	-0.123	0.850	-0.00950	-0.47500	44.001	36.0	1.222
0.075	52.893	-0.127	1.250	-0.01420	-0.71000	52.893	36.0	1.469
0.100	59.674	-0.132	1.700	-0.01880	-0.94000	59.674	36.0	1.658
0.125	64.079	-0.137	2.100	-0.02440	-1.22000	64.079	36.0	1.780
0.150	68.811	-0.141	2.500	-0.02750	-1.37500	68.811	36.0	1.911
0.175	72.288	-0.145	2.900	-0.03180	-1.59000	72.288	36.0	2.008
0.200	75.296	-0.148	3.350	-0.03500	-1.75000	75.296	36.0	2.092
0.300	87.627	-0.158	5.000	-0.04500	-2.25000	87.627	36.0	2.434
0.400	95.060	-0.167	6.700	-0.05380	-2.69000	95.060	36.0	2.641
0.500	97.040	-0.175	8.350	-0.06230	-3.11500	97.040	36.0	2.696
0.600	97.779	-0.184	10.000	-0.07120	-3.56000	97.779	36.0	2.716
0.700	96.432	-0.186	11.700	-0.07340	-3.67000	96.432	36.0	2.679
0.800	95.290	-0.192	13.350	-0.07850	-3.92500	95.290	36.0	2.647
0.900	93.353	-0.196	15.000	-0.08250	-4.12500	93.353	36.0	2.593
1.000	89.926	-0.200	16.700	-0.08690	-4.34500	89.926	36.0	2.498
1.100	86.968	-0.204	18.500	-0.09060	-4.53000	86.968	36.0	2.416
1.200	83.342	-0.208	20.000	-0.09450	-4.72500	83.342	36.0	2.315

Observaciones:

Ensayado Por: A. Mamani

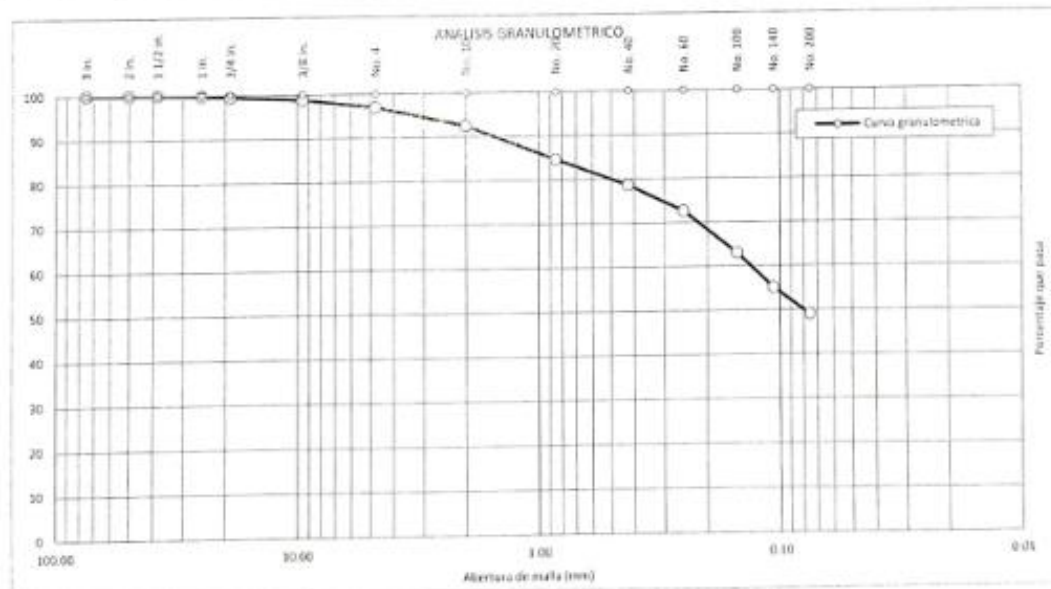
Revisado Por: K. Calizaya

**ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO NTP 319.128**

<b>Proyecto:</b>	Análisis del factor de seguridad en estabilidad de taludes considerando geometría y tipo de suelo, carretera Omate - Moquegua, 2023				
<b>Ubicación:</b>	Torata - Municipal Nieto - Moquegua			Informe de ensayo No: 711-170-11-2023	
<b>Solicitante:</b>	Mamani Ramos, Julio Cesar / Tarqui Flores, Wilkins Yamil			M148	M21482
<b>Fecha reporte:</b>	14/06/2023			El cliente	RS No: 21-893
<b>Muestreado por:</b>	I Mamani R/W Tarqui F	Catavá No.	C3	Presentación:	Sarros (SI)
<b>Fecha muestreo:</b>	06/06/2023	Extrato No.	E1	Cantidad:	Aprox 10kg
<b>Identificación:</b>	Fundación km 8+200	Profundidad (m):	0.00 (R- 3.00)	Fecha de recepción:	01/06/2023
<b>Método de prueba:</b>	A	X	B	Estado de la muestra de seleccionada:	
<b>Uso de tamizado compuesto:</b>	Si	X	No	Tipo de separación:	
<b>Masa muestra seca total (g):</b>	13618	Masa muestra mayor a 3 in. (g):		Masa muestra menor a 3 in. (g):	
<b>Masa muestra menor a No. 4 (g):</b>	11884.04	Masa muestra sub muestra - No. 4 (g):		215.97	Umedad humedad sub muestra - No. 4 (%):
<b>Masa seca sub muestra &lt; No. 4 (g):</b>	188.06				

ANALISIS GRANULOMETRICO				
Malla (Pulg)	mm.	Masa retenida (g)	% Retenido	% Pasante
3 in.	75	-	-	100
2 in.	50	-	-	100
1 1/2 in.	38.1	-	-	100
1 in.	25	27	0.20	100
3/4 in.	19	39	0.29	100
3/8 in.	9.5	103	0.76	99
No. 4	4.75	241	1.77	97
No. 10	2	8.72	4.50	92
No. 20	0.85	15.24	7.86	85
No. 40	0.425	11.67	6.07	79
No. 60	0.25	11.61	5.99	73
No. 100	0.15	18.64	9.61	63
No. 140	0.106	15.34	7.91	55
No. 200	0.075	11.82	6.10	48

RESUMEN DE RESULTADOS	
S.U.C.S	SC
A.A.S.H.T.O.	A-2-6(O)
D <sub>10</sub>	0.133
D <sub>30</sub>	0.048
D <sub>60</sub>	0.015
Cu	8.71
Cc	1.08
Limite Líquido	40
Limite Plástico	24
Índice de Plasticidad	16
Cantos Rodados > 3 in. (%)	-
Grava (%)	3.0
Areña (%)	48.0
Finos (%)	49.0


**Observaciones:**

Ensayado Por: A. Mamani  
 Revisado Por: K. Calzaya



**ENSAYO PARA DETERMINAR LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELO ASTM D4318**

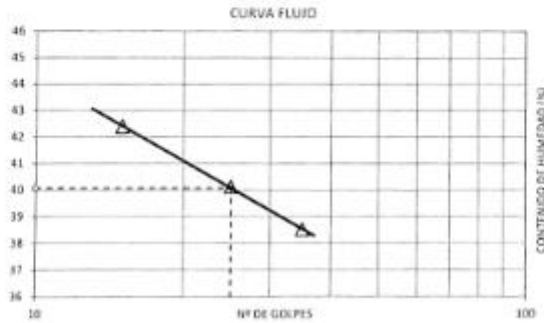
<b>Proyecto:</b>	Análisis del factor de seguridad en estabilidad de taludes considerando geometría y tipo de suelo, carretera Ormate - Moquegua, 2023				
<b>Ubicación:</b>	Torata- Mariscal Nieto - Moquegua		Informe de ensayo No. 123-170-3-2-2023		
<b>Solicitante:</b>	Mamani Ramos, Julio Cesar / Tarqui Flores, Wilfredo Yanes		ID LAB	M23-682	
<b>Fecha reporte:</b>	14/06/2023		ID cliente	PSE No. 23-389	
<b>Muestreado por:</b>	J. Mamani R./W. Tarqui F.	<b>Calicata No.:</b>	C3	<b>Presentación:</b>	Seco (SE)
<b>Fecha muestreo:</b>	03/06/2023	<b>Extrato No.:</b>	E1	<b>Cantidad:</b>	Aprox. 60kg
<b>Identificación:</b>	Fundación km 8+200	<b>Profundidad (m):</b>	0.00 @ - 3.00	<b>Fecha de recepción:</b>	03/06/2023
<b>Preparación de la muestra</b>			<b>Equipo de prueba utilizado</b>		
<b>Húmeda:</b>	X	Lavado en el tamiz No. 40	X	Límite plástico:	Rotado a mano: X
<b>Seca (aire):</b>	-	Tamizado en seco con el tamiz No. 40	-	Dispositivo mecánico rotado:	-
<b>Seca (Horno):</b>	-	Fasado mecánicamente por el tamiz No. 40	-	Límite líquido:	Manual: X
		Mezclado en plato de vidrio y partículas de arena grandes y medianas removidas	-	Mecánico:	-
<b>Mezclado con agua:</b>	Destilado: X		Engrande ASTM Herramienta ramada:	Metal:	-
	Desmineralizado: -			Plástico:	X
	Otros: -	<b>Método de prueba:</b>	A	X	B

**LIMITE LIQUIDO (Ll)**

No. Tara	229	251	256	-	-
Masa muestra húmeda + tara (g)	36.57	35.86	35.77	-	-
Masa muestra seca + tara (g)	33.56	33.12	33.14	-	-
Masa tara (g)	26.46	26.29	26.31	-	-
Masa de agua (g)	3.01	2.74	2.63	-	-
Masa del suelo seco (g)	7.10	6.83	6.83	-	-
Humedad (%)	42.39	40.12	38.51	-	-
Golpes	15	25	35	-	-

**LIMITE PLASTICO (Lp)**

Recipiente N°	253	234	-	-	-
Masa recipiente + suelo húmedo (g)	20.57	20.95	-	-	-
Masa recipiente + suelo seco (g)	19.11	19.48	-	-	-
Masa del recipiente (g)	12.87	13.21	-	-	-
Masa de agua (g)	1.46	1.48	-	-	-
Masa del suelo seco (g)	6.24	6.27	-	-	-
Humedad (%)	23.40	23.60	-	-	-



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
40	24	16

**Observaciones:**

Ensayado Por: A. Mamani  
Revisado Por: K. Calizaya





**METODO PARA DETERMINAR GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO USANDO UN PICNOMETRO CON AGUA NTP 339.131**

<b>Proyecto:</b>	Análisis del factor de seguridad en estabilidad de taludes considerando geometría y tipo de suelo, carretera Omate - Moquegua, 2023				
<b>Ubicación:</b>	Torata - Mariscal Nieto - Moquegua	Hoja de ensayo No. 123-100-1-1-2023			
<b>Solicitante:</b>	Mamani Ramos, Julio Cesar / Tarqui Flores, Williams Yamil	ID LAB: M21-081			
<b>Fecha reporte:</b>	14/06/2023	ID cliente: 951 No. 21-987			
<b>Muestreo por:</b>	I. Mamani R./W. Tarqui F.	Calcula No.	C3	Presentación:	Siem 300
<b>Fecha muestreo:</b>	03/06/2023	Extrato No.	E1	Cantidad:	Aprox 600g
<b>Identificación:</b>	Fundación km 8+200	Profundidad (m):	0.00 @ - 3.00	Fecha de recepción:	03/06/2023

**METODO PARA LA DETERMINAR GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO ASTM C127**

Muestra > No. 4

Masa de la muestra seca en el horno OD (g)	5,332
Masa de la muestra al aire SSD (g)	5,628
Masa de la muestra sumergida (g)	3,324
Densidad Relativa (Gravedad específica)	2.31
Densidad Relativa (Gravedad específica SSD)	2.44
Densidad Relativa Aparente	2.66

No. Tara	-
Masa de la muestra al aire SSD (g)	5,628
Masa de la muestra seca en el horno (g)	5,332
% Absorción	5.8

**METODO PARA DETERMINAR GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO USANDO UN PICNOMETRO CON AGUA ASTM DB54**

Metodo de prueba A Muestra < No. 4

Picnometro N°	1
Masa del picnometro (g)	0
Masa del picnometro + sólidos del suelo (g)	60.18
Masa del picnometro + sólidos del suelo + agua a temperatura de ensayo (g)	705.11
Temperatura de ensayo, (°C)	22.7
Masa del picnometro + agua a temperatura de ensayo (g)	667.01
Recipiente N°	-
Masa del recipiente (g)	-
Masa del recipiente + sólidos del suelo (g)	-
Masa de los sólidos del suelo (g)	60.18
Cociente de temperatura K a temperatura de ensayo	0.999
Gravedad específica aparente de los sólidos del suelo a 20°C	2.72
Material < malla No. 4 (%)	3.01
Material > malla No. 4 (%)	96.99
Gs material > malla No 4 a 20 °C	2.66
Gravedad específica aparente promedio del suelo	2.657

**Observaciones:**

Ensayado Por: A. Mamani  
Revisado Por: K. Caltraya

INGENIERO CIVIL  
REG. del Colegio de Ingenieros N° 145458



**METODO PARA LA DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO IN SITU POR METODO DEL CONO DE ARENA NTP 339.143**

**Proyecto:** Análisis del factor de seguridad en estabilidad de taludes considerando geometría y tipo de suelo, carretera Omate – Moquegua, 2023

**Ubicación:** Torata- Mariscal Nieto – Moquegua

Informe de ensayo No. 123-170-3-A-2023

**Solicitante:** Mamani Ramos, Julio Cesar / Tarqui Flores, Williams Yamil

ID LAB: M23-581

**Fecha reporte:** 14/06/2023

ID cliente: PSL No.: 23-389

**Muestreado por:** J. Mamani R./W. Tarqui F.

Calcula No. C3

Presentación: Sacos (04)

**Fecha muestreo:** 03/06/2023

Estrato No. E1

Cantidad: Aprox. 60kg

**Identificación:** Fundacion km 8-200

Profundidad (m): 0.00 @ -3.00

Fecha de recepción: 03/06/2023

**PROCESAMIENTO EN CAMPO**

Masa de suelo extraído + tara (g)	5248
Masa de tara (g)	0
Masa de suelo extraído (g)	5248
Masa inicial de arena + equipo (g)	7762
Masa de arena que queda en equipo (g)	1968
Masa de arena en cono de equipo (g) [DATO]	1676
Masa de arena en hoyo (g)	4118
Densidad de arena de ensayo (g/cm <sup>3</sup> ) [DATO]	1.461
Volumen total de hoyo (cm <sup>3</sup> )	2818.62

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Masa suelo húmedo + tarro (g)	1144.70
Masa suelo seco + tarro (g)	1023.80
Masa tarro (g)	268.50
Contenido de humedad utilizado para el cálculo (%)	16.01

**CÁLCULO DE DENSIDADES**

Densidad húmeda del suelo (g/cm <sup>3</sup> )	1.862
Densidad seca del suelo (g/cm <sup>3</sup> )	1.605
Peso Unitario Seco (kN/m <sup>3</sup> )	15.74

**Observaciones:**

Ensayado Por: J. Mamani R./W. Tarqui F.

Revisado Por: K. Calizaya

**PRACTICA CORRECCION POR SOBRETAMAÑO ASTM D4718**

<b>Proyecto:</b>	Análisis del factor de seguridad en estabilidad de taludes considerando geometría y tipo de suelo, carretera Ornate – Moquegua, 2023			<b>Informe de ensayo No:</b>	121-170-15-2023
<b>Ubicación:</b>	Torata- Mariscal Nieto – Moquegua			<b>ID (LAB):</b>	M23-GB1
<b>Solicitante:</b>	Mamani Ramos, Julio Cesar / Tarqui Flores, Williams Yamil			<b>ID cliente:</b>	PSI No.: 23-389
<b>Fecha reporte:</b>	14/06/2023			<b>Presentación:</b>	Sacos (01)
<b>Muestreado por:</b>	J. Mamani R./W. Tarqui F.	<b>Caltrato No:</b>	C3	<b>Cantidad:</b>	Aprox 60kg
<b>Fecha muestreo:</b>	04/06/2023	<b>Estado No:</b>	E1	<b>Fecha de recepción:</b>	01/06/2023
<b>Identificación:</b>	Fundacion km B+200	<b>Profundidad (m):</b>	0.00 (P-3.00)		

**Corrección del Peso Unitario y Humedad para la Fracción**
**Método:**

Tamiz que define sobretamaño/Fracción de Control:	Designación	No. 4
Sobretamaño (%):	$P_c$	3
Fracción de Fina/Control (%):	$P_f$	97
Gs de Sobretamaño/Control:	$G_{ss}$	2.31
Humedad Sobretamaño/Control (%):	$w_c$	5.6
Peso Unitario de Agua ( $kN/m^3$ ):	$\bar{R}_w$	9.802
Peso Unitario Seco del Total Ensayado ( $kN/m^3$ ):	$R_{tr}$	15.74
Contenido de Humedad del Total (%):	$w_t$	16.01
Porcentaje de compactación		100.00
		15.74
Peso Unitario Seco Fraccion Fina/Control ( $kN/m^3$ ):	$R_{tr}^*$	15.59
Contenido de Humedad Fraccion Fina/Control:	$w_t^*$	16.33
Densidad Seca Fraccion Fina/Control ( $g/cm^3$ ):	$R_{tr}^{**}$	1.59

**Observaciones:**

Elaborado Por: A. Mamani

Revisado Por: E. Collaya

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS Y DRENADAS ASTM D3080**
**Proyecto:** Análisis del factor de seguridad en estabilidad de taludes considerando geometría y tipo de suelo, carretera Ormate - Moquegua, 2023

**Ubicación:** Torata- Mariscal Nieto - Moquegua

Informe de ensayo No. 123-170-16-2023

**Solicitante:** Mamani Ramos, Julio Cesar / Tarqui Flores, William Yamil

ID LAB: M/168

**Fecha reporte:** 14/06/2023

ID cliente: PSI No. 21 389

**Muestreado por:** I. Mamani R./W. Tarqui F.

Calicata No. C3

Presentación: Suro 101

**Fecha muestreo:** 03/06/2023

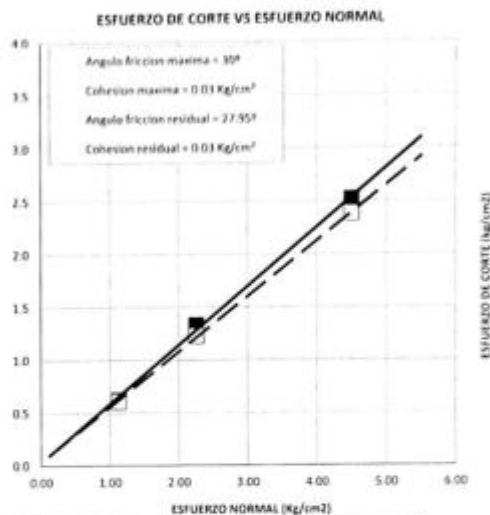
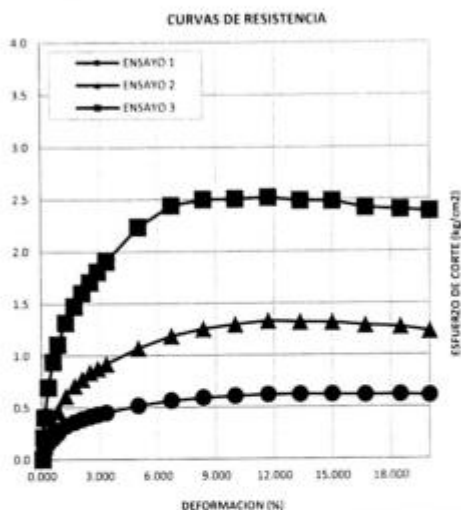
Estrato No. E1

Cantidad: Aprox 50kg

**Identificación:** Fundación km 8-200

Profundidad (m): 0.00 @ - 1.00

ID cliente: PSI No. 21 389



IDENTIFICACION MUESTRA				
Clasificación SUCS	SC			
Clasificación AASHTO	A-2-G(0)			
Estructura del suelo	REMOLDEADO			
CARACTERISTICAS	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	
Esfuerzo Normal	kg/cm <sup>2</sup>	1.00	2.00	4.00
Esfuerzo de corte	kg/cm <sup>2</sup>	0.62	1.33	2.52
Velocidad de corte	mm/min	0.25	0.25	0.25
Diametro del espécimen	cm	6.00	6.00	6.00
Altura del espécimen	cm	2.00	2.00	2.00
Humedad inicial	%	16.33	16.33	16.33
Humedad final	%	28.80	27.98	25.92
Densidad seca inicial	g/cm <sup>3</sup>	1.59	1.59	1.59
Densidad húmeda inicial	g/cm <sup>3</sup>	1.85	1.85	1.85

**Equipo:** Corte Directo Marca ORION - RCP LABORATORIOS EIRL, con certificación de calibración CCP-0554-061-21 EUICROM

**Observaciones:**
**Ensayado Por:** A. Mamani

**Revisado Por:** K. Calloaya

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS Y DRENADAS ASTM D3080**
**Proyecto:** Análisis del factor de seguridad en estabilidad de taludes considerando geometría y tipo de suelo, carretera Omate – Moquegua, 2023

**Ubicación:** Torata- Mariscal Nieto – Moquegua

2 de 4

**Solicitante:** Mamani Ramos, Julio Cesar / Tarqui Flores, Williams Yamil

M23-681

**Fecha reporte:** 14/05/2023

ENSAYO No 1								
Horizontal(cm)	Fuerza(kg)	Vertical(cm)	Deform. Horizontal(%)	Deform. Vertical(cm)	Deform. Vertical(%)	Fuerza Cortante(kg)	Área Corregida(cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante(kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.010	-0.177	0.050	0.00000	0.00000	0.010	36.0	0.000
0.005	2.529	-0.178	0.100	-0.00090	-0.04500	2.529	36.0	0.070
0.010	2.998	-0.178	0.150	-0.00140	-0.07000	2.998	36.0	0.083
0.020	5.741	-0.180	0.350	-0.00310	-0.15500	5.741	36.0	0.159
0.035	7.464	-0.183	0.600	-0.00670	-0.33500	7.464	36.0	0.207
0.050	9.116	-0.186	0.850	-0.00970	-0.48500	9.116	36.0	0.253
0.075	11.594	-0.191	1.250	-0.01400	-0.70000	11.594	36.0	0.322
0.100	12.859	-0.197	1.700	-0.02010	-1.00500	12.859	36.0	0.357
0.125	13.929	-0.201	2.100	-0.02430	-1.21500	13.929	36.0	0.387
0.150	14.725	-0.205	2.500	-0.02830	-1.41500	14.725	36.0	0.409
0.175	15.520	-0.209	2.900	-0.03250	-1.62500	15.520	36.0	0.431
0.200	16.173	-0.212	3.350	-0.03540	-1.77000	16.173	36.0	0.449
0.300	18.600	-0.226	5.000	-0.04920	-2.46000	18.600	36.0	0.517
0.400	20.292	-0.232	6.700	-0.05560	-2.78000	20.292	36.0	0.564
0.500	21.261	-0.240	8.350	-0.06350	-3.17500	21.261	36.0	0.591
0.600	21.842	-0.247	10.000	-0.07020	-3.51000	21.842	36.0	0.607
0.700	22.332	-0.251	11.700	-0.07420	-3.71000	22.332	36.0	0.620
0.800	22.373	-0.256	13.350	-0.07550	-3.97500	22.373	36.0	0.621
0.900	22.352	-0.259	15.000	-0.08220	-4.11000	22.352	36.0	0.621
1.000	22.189	-0.262	16.700	-0.08510	-4.25500	22.189	36.0	0.616
1.100	22.260	-0.267	18.500	-0.09080	-4.54000	22.260	36.0	0.618
1.200	21.965	-0.272	20.000	-0.09530	-4.76500	21.965	36.0	0.610

**Observaciones:**
**Ensayado Por:** A. Mamani

**Revisado Por:** K. Calzaya

2 de 4





**ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS Y DRENADAS ASTM D3080**

**Proyecto:** Análisis del factor de seguridad en estabilidad de taludes considerando geometría y tipo de suelo. Carretera Omate - Moquegua, 2023

**Ubicación:** Tarma - Mariscal Nieto - Moquegua

3 de 4

**Solicitante:** Mamani Ramos, Julio Cesar / Tarqui Flores, William Yamil

023-081

**Fecha reporte:** 14/06/2023

ENSAYO No 2								
Horizontal(mm)	Curva(kg)	Vertical(mm)	Difer. Horizontal(%)	Difer. Vertical(mm)	Difer. Vertical(%)	Fuerza Cortante(kg)	Área Corregida(mm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante(kg/cm <sup>2</sup> )
0.020	0.010	-0.235	0.050	0.00000	0.00000	0.010	36.0	0.000
0.025	4.257	-0.235	0.100	-0.00070	0.01500	4.257	36.0	0.118
0.030	4.897	-0.236	0.150	-0.00140	0.07000	4.897	36.0	0.136
0.020	7.680	-0.237	0.350	-0.00220	0.11000	7.680	36.0	0.213
0.035	12.534	-0.238	0.600	-0.00340	0.17000	12.534	36.0	0.348
0.050	16.836	-0.243	0.850	-0.00820	0.41000	16.836	36.0	0.468
0.075	22.036	-0.248	1.250	-0.01280	0.64000	22.036	36.0	0.612
0.100	25.646	-0.252	1.700	-0.01750	0.87500	25.646	36.0	0.712
0.125	27.920	-0.256	2.100	-0.02160	1.08000	27.920	36.0	0.775
0.150	30.235	-0.258	2.500	-0.02370	1.18500	30.235	36.0	0.840
0.175	31.560	-0.262	2.900	-0.02680	1.34000	31.560	36.0	0.877
0.200	33.182	-0.266	3.350	-0.03120	1.56000	33.182	36.0	0.922
0.300	38.545	-0.277	5.000	-0.04230	2.11500	38.545	36.0	1.071
0.400	42.747	-0.284	6.700	-0.04950	2.47500	42.747	36.0	1.187
0.500	45.174	-0.291	8.350	-0.05610	2.80500	45.174	36.0	1.255
0.600	46.693	-0.295	10.000	-0.05980	2.99000	46.693	36.0	1.297
0.700	47.845	-0.297	11.700	-0.06230	3.11500	47.845	36.0	1.329
0.800	47.448	-0.302	13.350	-0.06730	3.36500	47.448	36.0	1.318
0.900	47.305	-0.304	15.000	-0.06900	3.45000	47.305	36.0	1.314
1.000	46.316	-0.305	16.700	-0.07040	3.52000	46.316	36.0	1.287
1.100	45.745	-0.306	18.500	-0.07140	3.57000	45.745	36.0	1.271
1.200	44.184	-0.308	20.000	-0.07220	3.66500	44.184	36.0	1.227

**Observaciones:**

**Ensayado Por:** A. Mantari

**Revisado Por:** K. Colmay

3 de 4

  
**SERGEO**  
ROSAURA NELLY CUSI VALENZA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 145498



ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS Y DRENADAS ASTM D 3080

**Proyecto:** Analisis del factor de seguridad en estabilidad de taludes considerando geometría y tipo de suelo, carretera Dinarte - Moquegua, 2023

**Ubicación:** Torata- Mariscal Nieto - Moquegua

**Solicitante:** Mamani Ramos, Julio Cesar / Tarqui Flores, Williams Yamil

M23-GR1

**Fecha reporte:** 14/06/2023

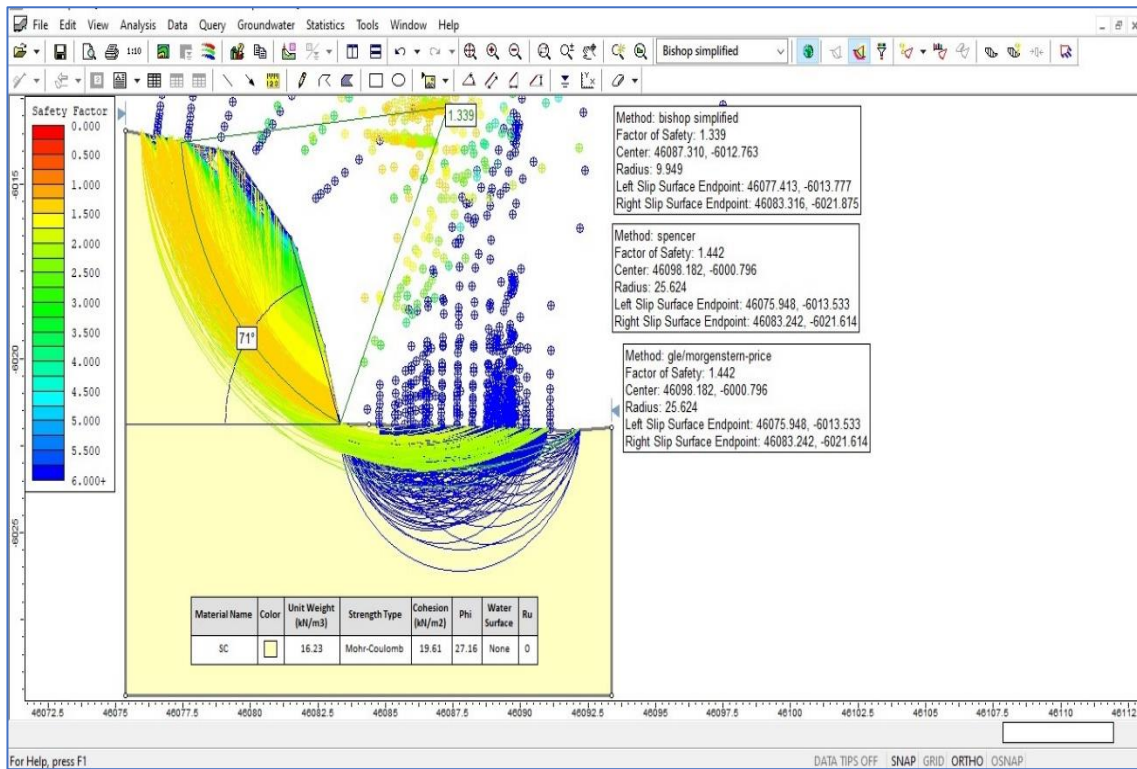
ENSAYO No 3								
Horizontal(cm)	Fuerza(kg)	Vertical(cm)	Deform. Horizontal(%)	Deform. Vertical(cm)	Deform. Vertical(%)	Fuerza Constante(kg)	Area Corregida(cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante(kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.020	-0.278	0.050	0.00000	0.00000	0.020	36.0	0.001
0.005	7.631	-0.279	0.100	-0.00080	-0.04000	7.631	36.0	0.212
0.010	14.574	-0.279	0.150	-0.00120	-0.06000	14.574	36.0	0.405
0.020	25.055	-0.282	0.350	-0.00370	-0.18500	25.055	36.0	0.696
0.035	33.875	-0.286	0.600	-0.00790	-0.39500	33.875	36.0	0.941
0.050	39.891	-0.288	0.850	-0.00970	-0.48500	39.891	36.0	1.108
0.075	47.417	-0.294	1.250	-0.01600	-0.80000	47.417	36.0	1.317
0.100	53.117	-0.299	1.700	-0.02140	-1.07000	53.117	36.0	1.475
0.125	57.655	-0.303	2.100	-0.02530	-1.26500	57.655	36.0	1.602
0.150	61.387	-0.307	2.500	-0.02950	-1.47500	61.387	36.0	1.705
0.175	64.987	-0.312	2.900	-0.03380	-1.69000	64.987	36.0	1.805
0.200	68.607	-0.315	3.350	-0.03750	-1.87500	68.607	36.0	1.906
0.300	80.456	-0.328	5.000	-0.04990	-2.49500	80.456	36.0	2.235
0.400	87.839	-0.336	6.700	-0.05830	-2.91500	87.839	36.0	2.440
0.500	89.949	-0.341	8.350	-0.06270	-3.13500	89.949	36.0	2.499
0.600	90.091	-0.345	10.000	-0.06730	-3.36500	90.091	36.0	2.503
0.700	90.601	-0.348	11.700	-0.07090	-3.52500	90.601	36.0	2.517
0.800	89.510	-0.352	13.350	-0.07420	-3.71000	89.510	36.0	2.486
0.900	89.358	-0.355	15.000	-0.07620	-3.84000	89.358	36.0	2.482
1.000	87.013	-0.359	16.700	-0.08130	-4.06000	87.013	36.0	2.417
1.100	86.331	-0.362	18.500	-0.08370	-4.18500	86.331	36.0	2.398
1.200	85.720	-0.364	20.000	-0.08610	-4.30500	85.720	36.0	2.381

Observaciones:

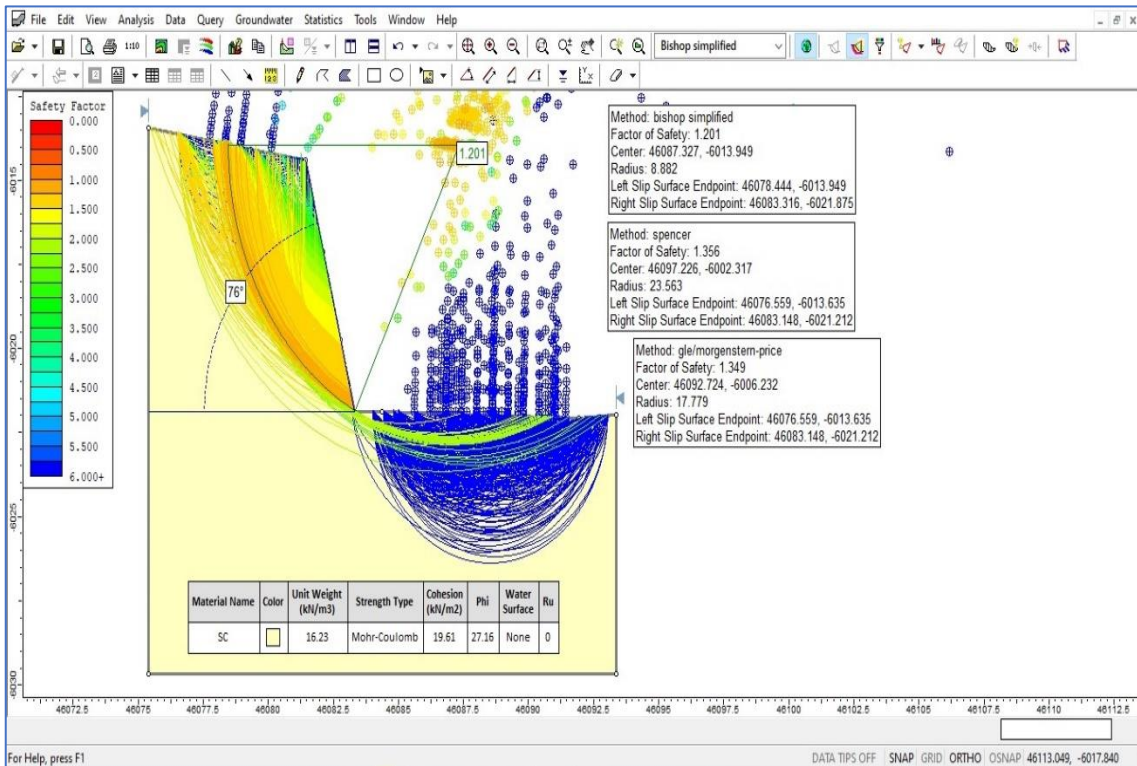
Ensayado Por: A. Mamari

Revisado Por: K. Caldaya

## Anexo 4. Resultados del Software Slide.

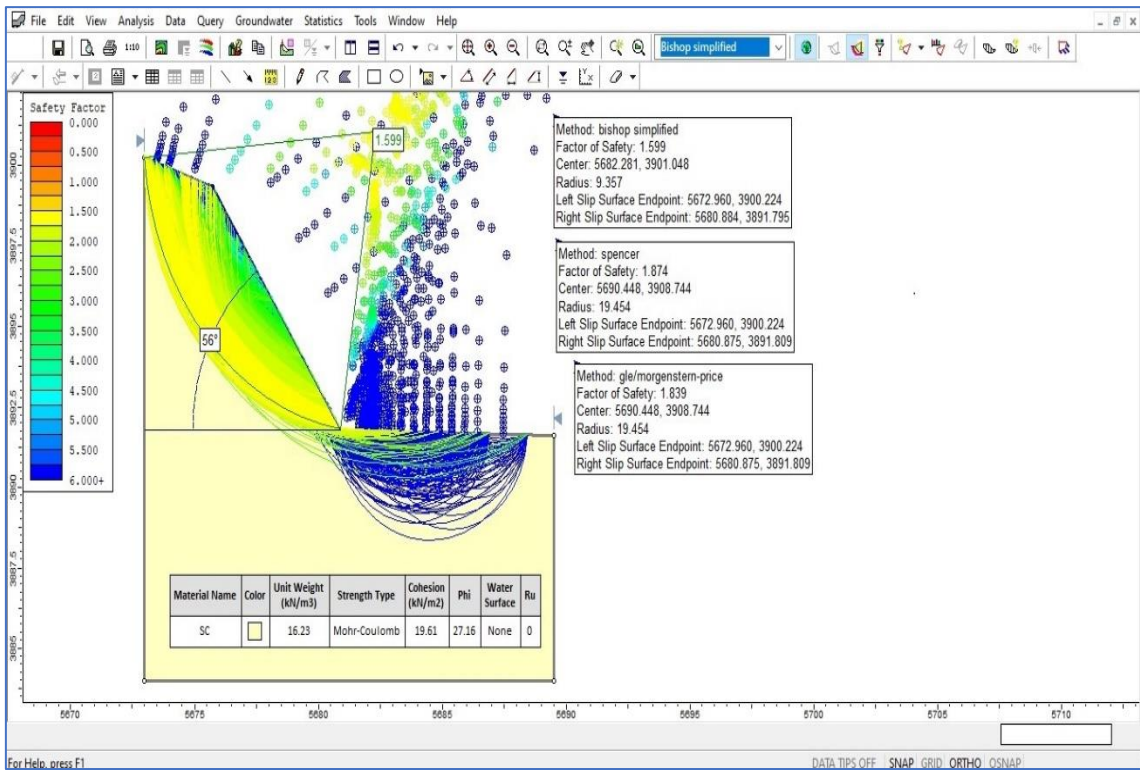


Factor de seguridad para ángulo de 71° en estado natural-actual.

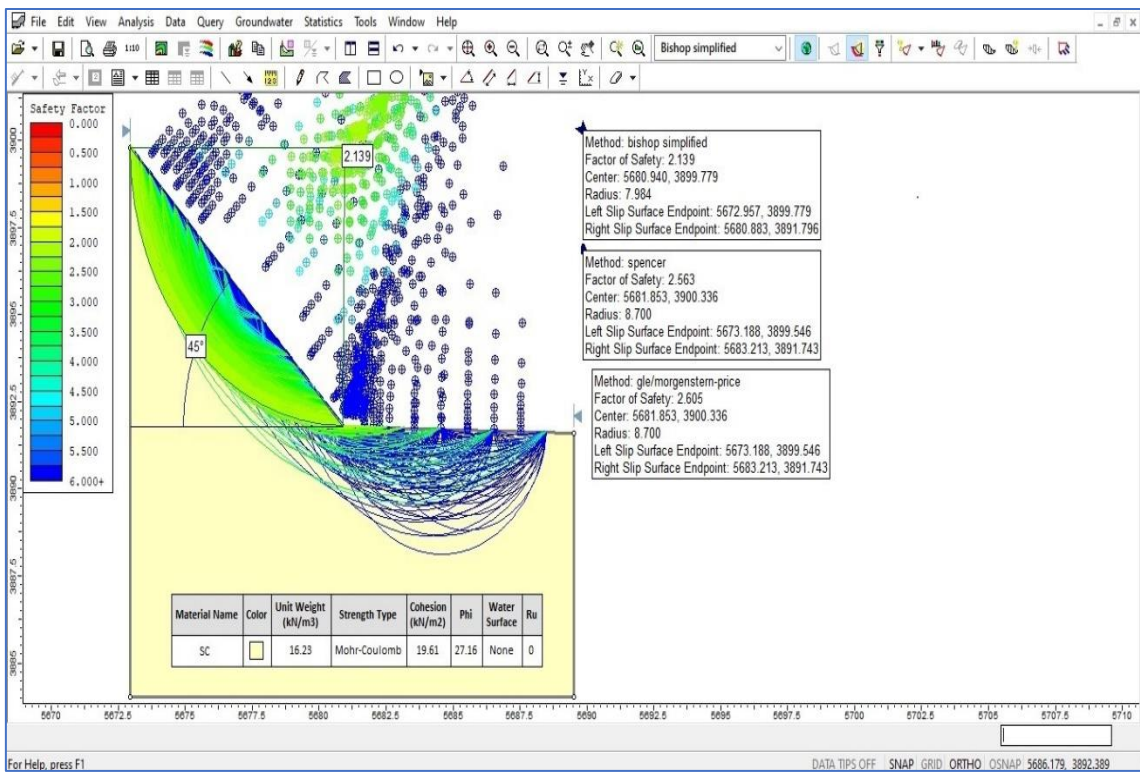


Factor de Seguridad para ángulo de 76° recomendado por expedientes técnicos.

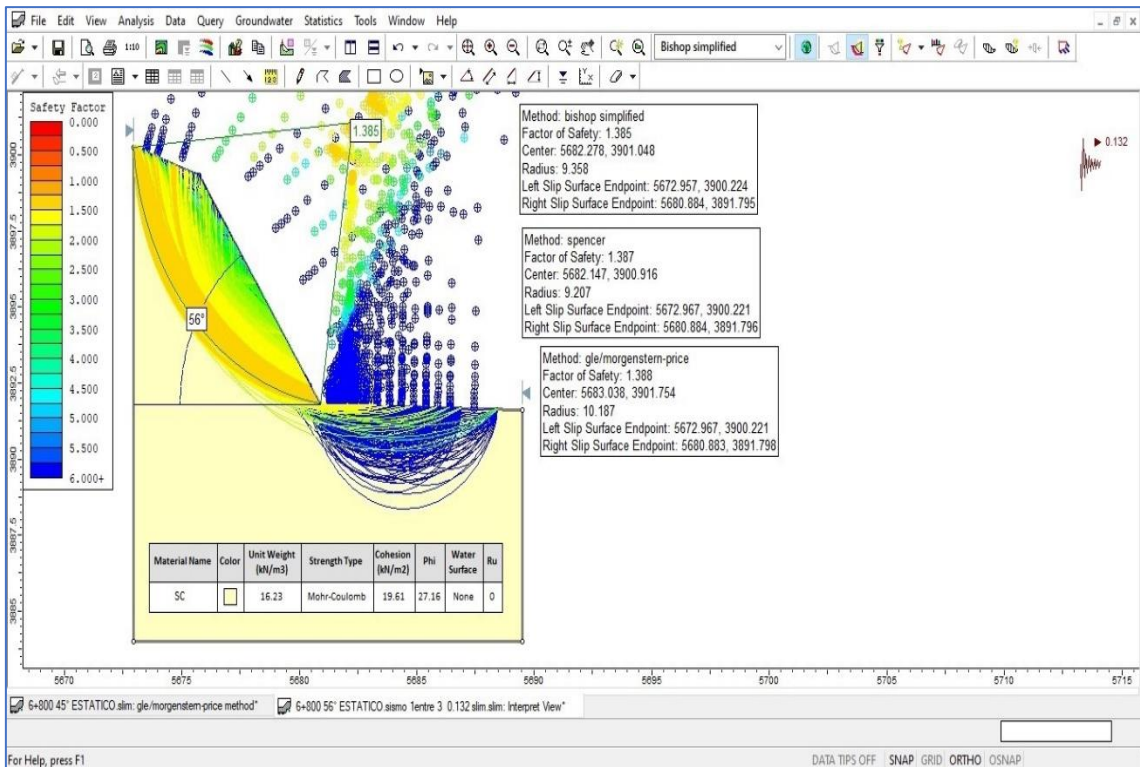




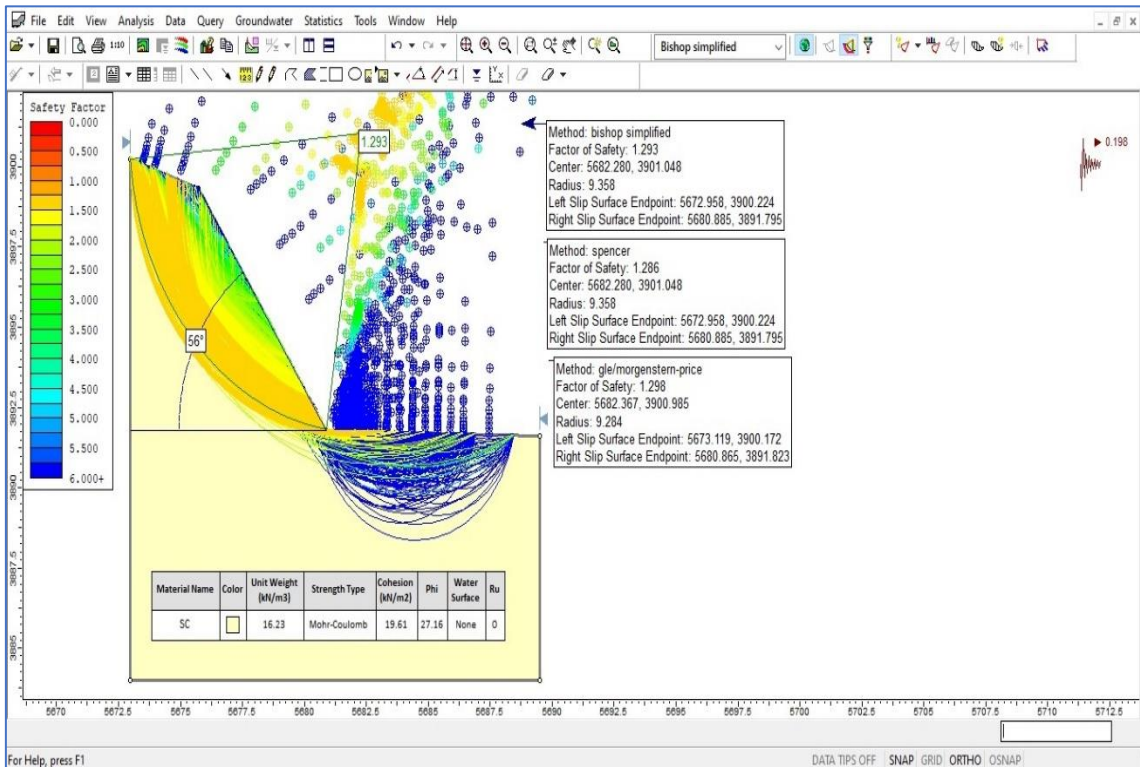
Factor de seguridad para ángulo de 56° propuesto para suelos mixtos.



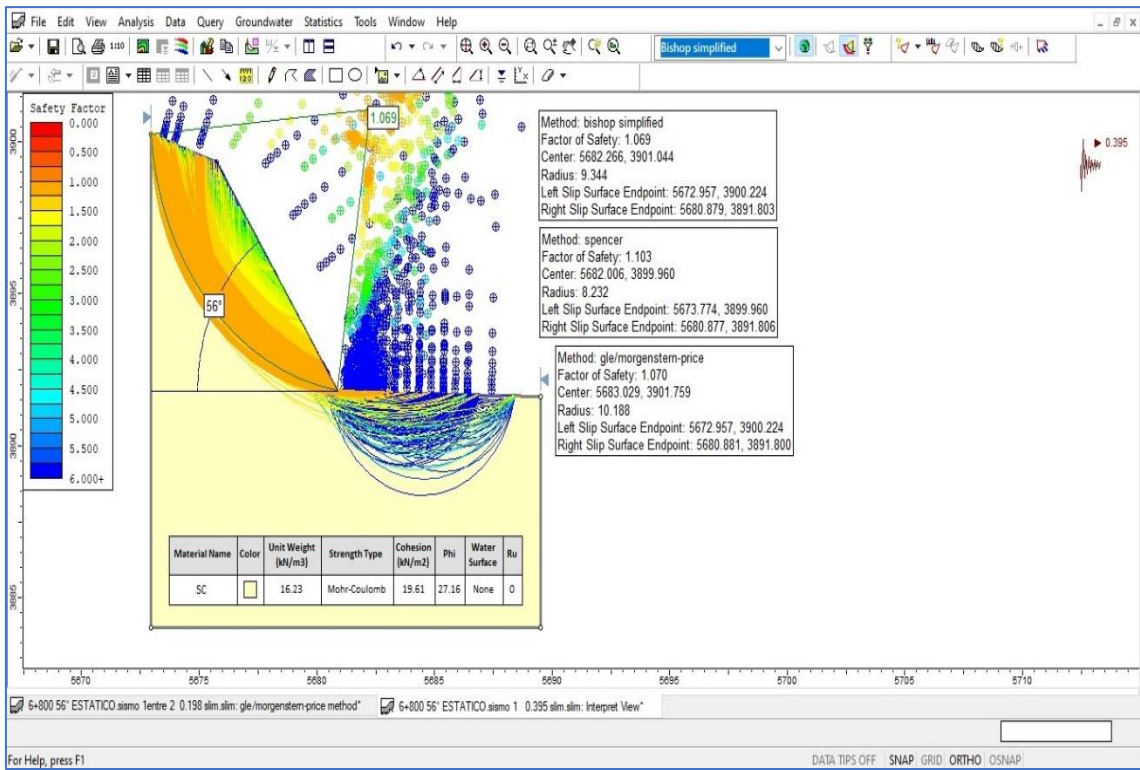
Factor de seguridad para ángulo de 45° para un suelo específico por DG-2018.



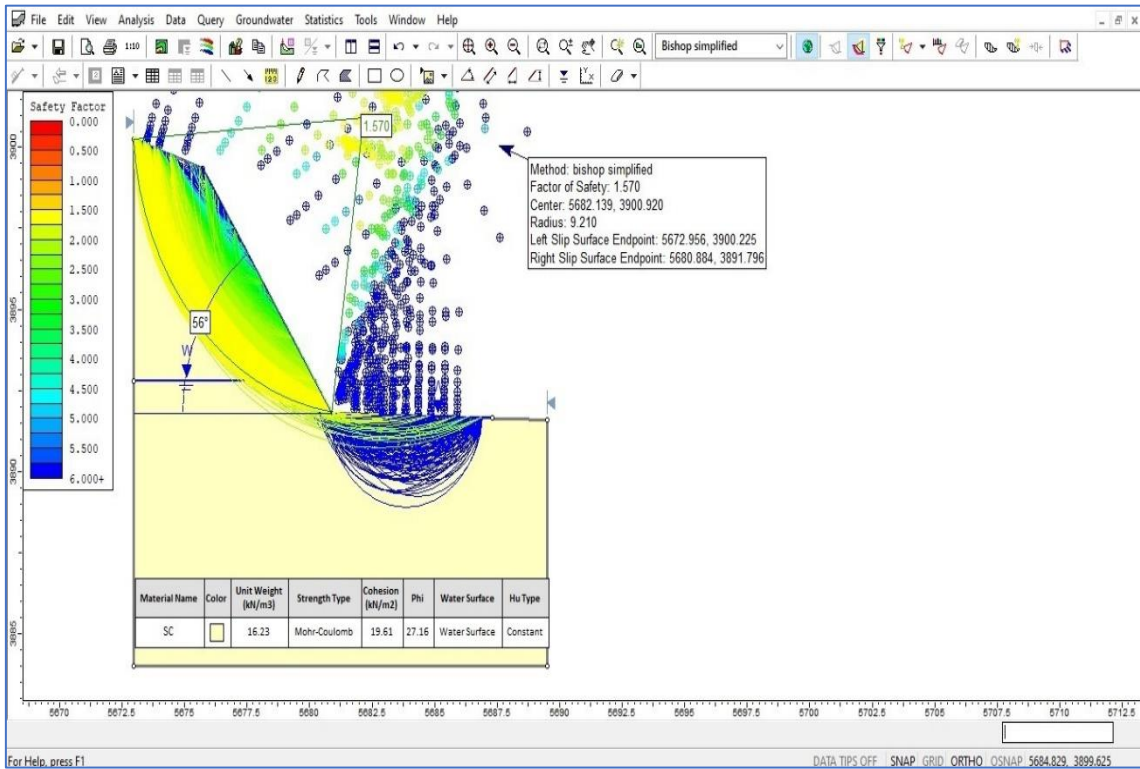
Factor de seguridad Pseudoestatico considerando 1/3 de coeficiente de carga sísmica.



Factor de seguridad Pseudoestatico considerando 1/2 de coeficiente de carga sísmica.

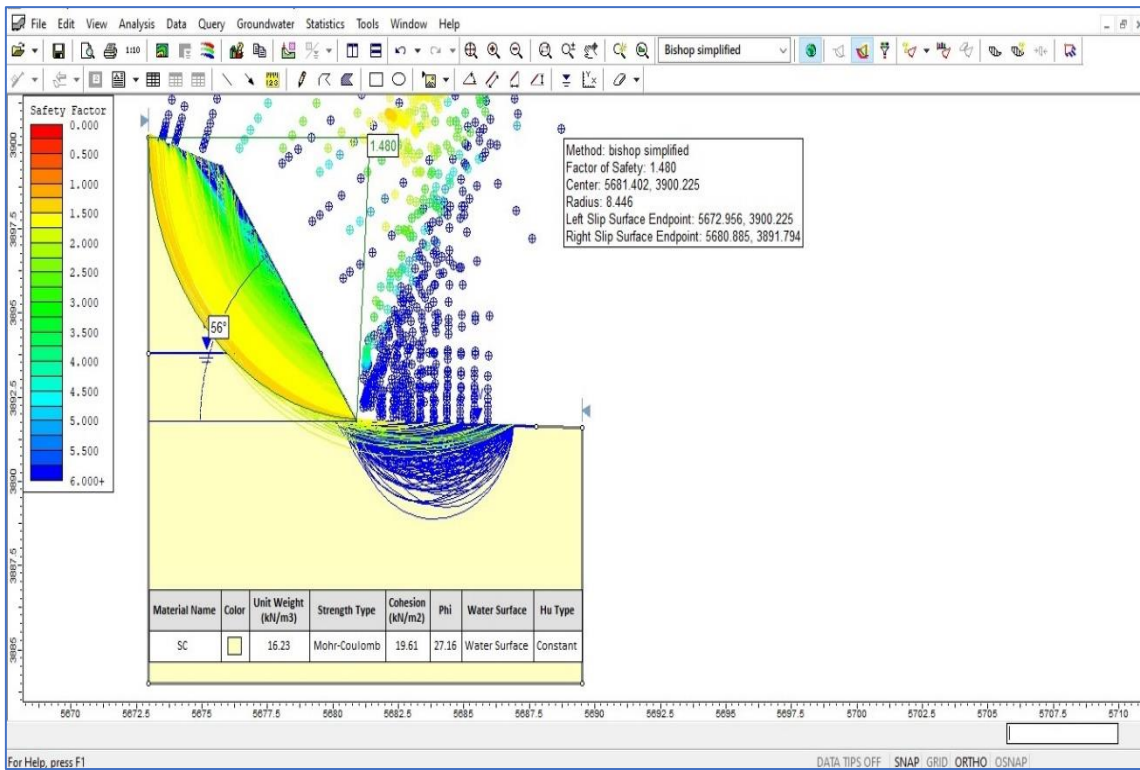


Factor de seguridad Pseudoestatico considerando coeficiente de carga sísmica.

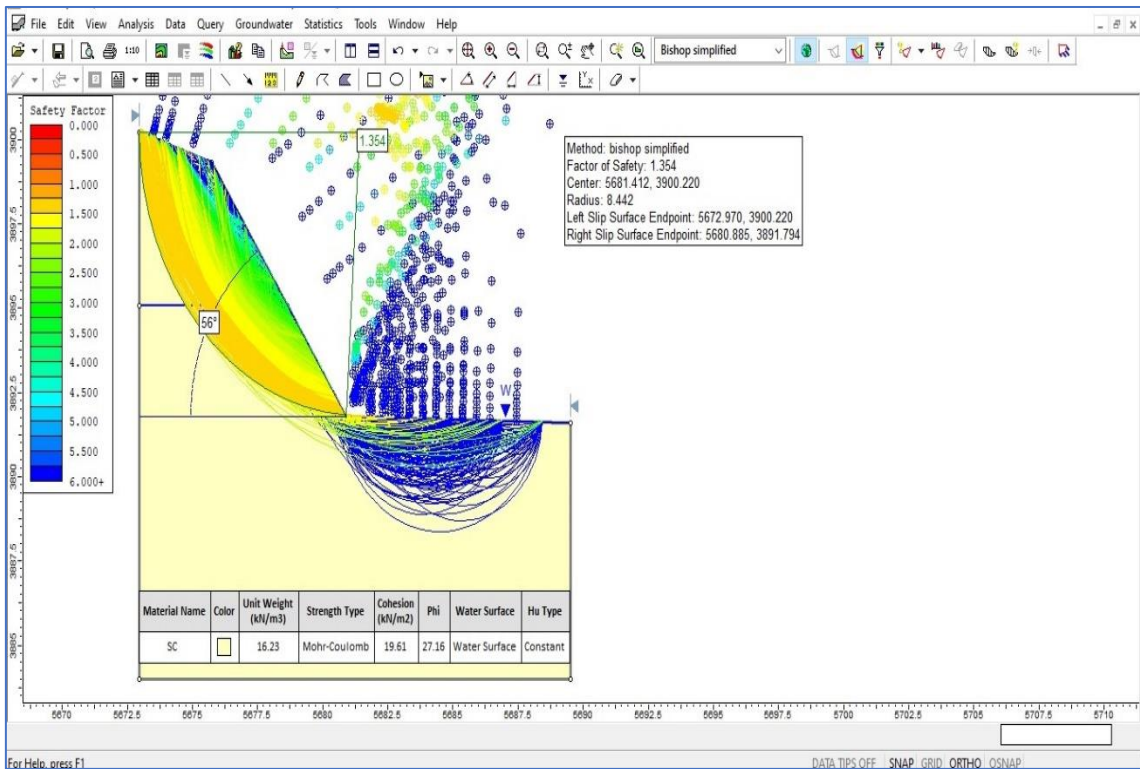


Factor de seguridad considerando nivel freático a 1m de altura.





Factor de seguridad considerando nivel freático a 2m de altura.



Factor de seguridad considerando nivel freático a 3m de altura.

CAPACIDAD DE CARGA - METODO DE TERZAGHI

$$q_u = c N_c s_c + q^* N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma$$

DATOS

$\gamma_{suelo}$	16.23	Kn/m <sup>3</sup>
$\phi$	27.16	°
C	19.61	Kn/m <sup>2</sup>
B	1.5	m
Df	1.5	m
fs	3	
q	24.35	Kn/m <sup>2</sup>

$$q = Df * \gamma_{suelo}$$

$$\phi' = \tan^{-1} \left( \frac{2}{3} * \tan \phi \right)$$

$$c' = \frac{2}{3} * C$$

Coefficientes de Reduccion

$\phi'$	18.88	°
C'	13.07	Kn/m <sup>2</sup>

a	a'
2.966	2.116

$$b = -250,5\phi^6 + 663,9\phi^5 - 715,3\phi^4 + 389,6\phi^3 - 108,3\phi^2 + 18,115\phi + 0,003063$$

Factores de Capacidad de Carga

$$N_q = \frac{a^2}{2 \cdot a \cdot \cos^2(45 + \phi/2)}$$

$$a = e^{(0,75 \pi - \phi/2) \tan \phi}$$

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

$$N_\gamma = \frac{\tan \phi}{2} \left( \frac{K_{py}}{\cos^2 \phi} - 1 \right)$$

TIPO DE FALLA	
GENERAL	LOCAL

Nq	Nq'
16.19	6.62

Nc	Nc'
29.60	16.43

Ny	Ny'
12.00	2.99

b	b'
2.685	1.978

Coefficiente de empuje pasivo

$$K_{py} = 3 * \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi + 33}{2} \right)$$

Kpy	Kpy'
37.814	16.572

Factor de forma "s <sub>i</sub> "	Continua	Circular	Cuadrada
s <sub>c</sub>	1.0	1.3	1.3
s <sub>γ</sub>	1.0	0.6	0.8

Sc y Sy escoger según a la forma de la zapata

Sc	1.3
Sy	0.8

$$q_u = c N_c s_c + q^* N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma$$

TIPO DE FALLA	
GENERAL	LOCAL
qu	qu'
1265.48	469.57

$$Q_{adm.} = \frac{qu}{Fs}$$

qadm	qadm	KN/m <sup>2</sup>
421.83	156.52	
4.301	1.596	Kg/cm <sup>2</sup>

Cálculo de capacidad de carga admisible del suelo para el talud del km 6+800.

CAPACIDAD DE CARGA - METODO DE TERZAGHI

$$q_u = c N_c s_c + q^* N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma$$

DATOS

$\gamma_{suelo}$	18.56	Kn/m <sup>3</sup>
$\phi$	27.95	°
C	24.52	Kn/m <sup>2</sup>
B	1.5	m
Df	1.5	m
fs	3	
q	27.84	Kn/m <sup>2</sup>

$$q = Df * \gamma_{suelo}$$

$$\phi' = \tan^{-1}\left(\frac{2}{3} * \tan\phi\right)$$

$$C' = \frac{2}{3} * C$$

Coefficientes de Reduccion

$\phi'$	19.48	°
C'	16.35	Kn/m <sup>2</sup>

a	a'
3.067	2.167

$$b = -250,50^6 + 663,90^5 - 715,30^4 + 389,60^3 - 108,30^2 + 18,1150 + 0,003063$$

Factores de Capacidad de Carza

$$N_q = \frac{a^2}{2 * a * \cos^2(45 + \phi/2)}$$

$$a = e^{(0,75 \pi - \phi/2) \tan \phi}$$

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

$$N_\gamma = \frac{\tan \phi}{2} \left( \frac{K_{py}}{\cos^2 \phi} - 1 \right)$$

TIPO DE FALLA	
GENERAL	LOCAL
Nq	Nq'
17.71	7.05

Nc	Nc'
31.49	17.09

Ny	Ny'
13.68	3.32

b	b'
2.753	2.026

Coefficiente de empuje pasivo

$$K_{py} = 3 * \tan^2\left(45 + \frac{\phi + 33}{2}\right)$$

Kpy	Kpy'
41.008	17.564

Factor de forma "s <sub>i</sub> "	Continua	Circular	Cuadrada
s <sub>c</sub>	1.0	1.3	1.3
s <sub>γ</sub>	1.0	0.6	0.8

Sc y Sy escoger según a la forma de la zapata

Sc	1.3
Sy	0.8

$$q_u = c N_c s_c + q^* N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma$$

TIPO DE FALLA	
GENERAL	LOCAL
qu	qu'
1648.94	596.25

$$Q_{adm} = \frac{qu}{Fs}$$

qadm	qadm
549.65	198.75
5.605	2.027

Cálculo de capacidad de carga admisible del suelo para el talud del km 7+500.

CAPACIDAD DE CARGA - METODO DE TERZAGHI

$$q_u = c N_c s_c + q^* N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma$$

DATOS

$\gamma_{suelo}$	14.46	Kn/m <sup>3</sup>
$\phi$	26.23	°
C	13.1	Kn/m <sup>2</sup>
B	1.5	m
Df	1.5	m
fs	3	
q	21.69	Kn/m <sup>2</sup>

$$q = Df \cdot \gamma_{suelo}$$

$$\phi' = \tan^{-1}\left(\frac{2}{3} \cdot \tan \phi\right)$$

$$C' = \frac{2}{3} \cdot C$$

Coefficientes de Reduccion

$\phi'$	18.18	°
C'	8.73	Kn/m <sup>2</sup>

a	a'
2.852	2.058

$$b = -250,5\phi^6 + 663,9\phi^5 - 715,3\phi^4 + 389,6\phi^3 - 108,3\phi^2 + 18,115\phi + 0,003063$$

Factores de Capacidad de Carga

$$N_q = \frac{\alpha^2}{2} a \cdot \cos^2(45 + \phi/2)$$

$$\alpha = e^{(0,75 \pi - \phi/2) \tan \phi}$$

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

$$N_\gamma = \frac{\tan \phi}{2} \left( \frac{K_{p\gamma}}{\cos^2 \phi} - 1 \right)$$

TIPO DE FALLA	
GENERAL	LOCAL

Nq	Nq'
14.58	6.16

Nc	Nc'
27.56	15.70

Ny	Ny'
10.28	2.65

b	b'
2.604	1.923

Coefficiente de empuje pasivo

$$K_{py} = 3 + \tan^2(45 + \frac{\phi + 33}{2})$$

Kpy	Kpy'
34.394	15.491

Factor de forma "s <sub>i</sub> "	Continua	Circular	Cuadrada
s <sub>c</sub>	1.0	1.3	1.3
s <sub>γ</sub>	1.0	0.6	0.8

Sc y Sy escoger según a la forma de la zapata

Sc	1.3
Sy	0.8

$$q_u = c N_c s_c + q^* N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma$$

TIPO DE FALLA	
GENERAL	LOCAL

qu	qu'
874.83	334.87

qadm	qadm
291.61	111.62
2.974	1.138

Cálculo de capacidad de carga admisible del suelo para el talud del km 8+200.



## Anexo 5. Panel Fotográfico.



Levantamiento topográfico con estación total.



Ensayo de densidad en campo.





Recolección de muestra mediante trinchera parte media del talud.



Ensayo de densidad en parte media del talud.





Cuarteo de la muestra para realizar los ensayos.



Ensayos de limites de consistencia en laboratorio.



Ensayo de limite plástico con Copa de Casagrande.



Ensayo en máquina de corte directo – laboratorio de mecánica de suelos.