

**UNIVERSIDAD DE HUANUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS**

---

**“Análisis comparativo de solución en la estabilidad de talud,  
utilizando los softwares geotécnicos Slide y Geo 5, en el km  
347-km 352 de carretera Cerro de Pasco-Huánuco-2023”**

---

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

AUTORA: Gamarra Miranda, Leyla Fátima

ASESORA: Arteaga Espinoza, Delia Dignarda

HUÁNUCO – PERÚ

2026

# U

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

- Tesis ( X )
- Trabajo de Suficiencia Profesional ( )
- Trabajo de Investigación ( )
- Trabajo Académico ( )

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Geotécnia  
**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** (2020)

**CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:**

**Área:** Ingeniería, Tecnología

**Sub área:** Ingeniería Civil

**Disciplina:** Geotécnia

# D

**DATOS DEL PROGRAMA:**

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniera Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (x)
- UDH ( )
- Fondos Concursables ( )

**DATOS DEL AUTOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 71204227

**DATOS DEL ASESOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 73645168

Grado/Título: Master en dirección de proyectos

Código ORCID: 0009-0001-0745-5433

**DATOS DE LOS JURADOS:**

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible	40895876	0000-0001-7920-1304
2	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769
3	Trujillo Ariza, Yelen Liseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745

# H



**UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO**  
*Facultad de Ingeniería*

**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO(A) CIVIL**

En la ciudad de Huánuco, siendo las 15:30 horas del día **jueves 14 de mayo de 2026**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

- |                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| ❖ DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS | PRESIDENTE |
| ❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO | SECRETARIO |
| ❖ MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA | VOCAL      |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 0796-2026-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE SOLUCIÓN EN LA ESTABILIDAD DE TALUD, UTILIZANDO LOS SOFTWARES GEOTÉCNICOS SLIDE Y GEO5, EN EL KM 347- KM 352 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO-HUÁNUCO-2023", presentado por el (la) Bachiller. Bach: **Leyla Fatima GAMARRA MIRANDA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) *Aprobado* por *Unanimidad* con el calificativo cuantitativo de *11* y cualitativo de *Suficiente* (Art. 47).

Siendo las *16:30* horas del día **14 del mes de mayo** del año 2026, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

  
DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS  
DNI: 40895876  
ORCID: 0000-0001-7920-1304  
**PRESIDENTE**

  
MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO  
DNI: 41891649  
ORCID: 0000-0001-8392-1769  
**SECRETARIO (A)**

  
MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA  
DNI: 70502371  
ORCID: 0000-0002-5650-3745  
**VOCAL**



**UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO**



**CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD**

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: LEYLA FATIMA GAMARRA MIRANDA, de la investigación titulada "ANÁLISIS COMPARATIVO DE SOLUCIÓN EN LA ESTABILIDAD DE TALUD, UTILIZANDO LOS SOFTWARES GEOTÉCNICOS SLIDE Y GEO5, EN EL KM 347 - KM 352 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO-HUANUCO-2023", con asesor(a) INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1042-2023-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 22 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 09 de marzo de 2026



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA  
D.N.I.: 71345687  
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

Jr. Hermilio Valdizán N° 871 - Jr. Progreso N° 650 - Teléfonos: (062) 511-113  
Telefax: (062) 513-154  
Huánuco - Perú

## 23. LEYLA FATIMA GAMARRA MIRANDA.docx

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>22%</b> INDICE DE SIMILITUD	<b>22%</b> FUENTES DE INTERNET	<b>3%</b> PUBLICACIONES	<b>6%</b> TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.udh.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>8%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>6%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.unan.edu.ni</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.unheval.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA  
D.N.I.: 71345687  
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

## **DEDICATORIA**

A mis padres y hermanos, que son los impulsores de mis sueños y que siempre han estado conmigo incluso en momentos difíciles durante mi vida.

A mi hijo, mi mayor inspiración y razón para seguir superándome cada día; que este logro sea un ejemplo de perseverancia y amor para su vida.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres y hermanos quienes siempre me han apoyado incondicionalmente para lograr todas mis metas personales y académicas.

A mi hijo, quien es mi mayor motivación e inspiración para seguir superándome cada día. Este logro también es para ti, por dar sentido a cada esfuerzo y sacrificio.

También quiero agradecer a la Universidad de Huánuco y docentes que fueron parte de mi trayectoria universitaria y por el conocimiento que es necesario para estar hoy aquí.

Finalmente, expreso mi sincero reconocimiento a mi asesor por su dedicación, paciencia y orientación constante durante el desarrollo de este trabajo.

# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
RESUMEN .....	XII
ABSTRACT.....	XIII
INTRODUCCION.....	XIV
CAPÍTULO I.....	16
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	16
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	16
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	17
1.2.1 PROBLEMA GENERAL .....	17
1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	17
1.3 OBJETIVO GENERAL.....	18
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	18
1.5.1 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA .....	18
1.5.2 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA .....	19
1.5.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	19
1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	19

1.7	VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
	CAPÍTULO II.....	21
	MARCO TEÓRICO .....	21
2.1	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	21
2.1.1	ANTECEDENTES INTERNACIONALES .....	21
2.1.2	ANTECEDENTES NACIONALES .....	24
2.1.3	ANTECEDENTES LOCALES.....	27
2.2	BASES TEÓRICAS .....	27
2.2.1	TALUD .....	27
2.2.2	PARTES DE LOS TALUDES .....	28
2.2.3	LOS DESLIZAMIENTOS.....	29
2.2.4	ANÁLISIS DE INESTABILIDAD EN TALUDES .....	30
2.2.5	EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LIMITE .....	30
2.2.6	PRINCIPALES MÉTODO DE CALCULO .....	31
2.2.7	FACTOR DE SEGURIDAD .....	32
2.2.8	CORTE DE TALUDES Y ESCALONAMIENTO DE BANQUETAS 33	
2.2.9	ANCLAJES METÁLICOS.....	34
2.2.10	SOFTWARE GEO5.....	36
2.2.11	SOFTWARE SLIDE.....	37
2.2	DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	37

2.3	HIPÓTESIS.....	38
2.4.1	HIPÓTESIS GENERAL.....	38
2.4.2	HIPÓTESIS ESPECIFICA.....	38
2.4	VARIABLES.....	39
2.5.1	VARIABLE DEPENDIENTE .....	39
2.5.2	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	39
2.5	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	40
CAPÍTULO III.....		41
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		41
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	41
3.1.1	ENFOQUE .....	41
3.1.2	ALCANCE O NIVEL .....	41
3.1.3	DISEÑO .....	42
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	42
3.2.1	POBLACIÓN .....	42
3.2.2	MUESTRA.....	42
3.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	46
3.3.1	PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	46
3.3.2	PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.....	46
3.3.3	PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS..	47
CAPÍTULO IV.....		48

RESULTADOS.....	48
4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS .....	48
4.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS DE LOS TALUDES.....	48
4.1.2 ÍNDICE DE SEGURIDAD EN CONDICIONES NORMALES CON EL SOFTWARE SLIDE.....	50
4.1.3 ÍNDICE DE SEGURIDAD EN CONDICIONES NORMALES CON EL SOFTWARE GEO5 .....	52
4.1.4 ÍNDICES DE SEGURIDAD CON LA PRIMERA SOLUCIÓN (BANQUETAS) SOFTWARE SLIDE.....	55
4.1.5 ÍNDICES DE SEGURIDAD CON LA PRIMERA SOLUCIÓN (BANQUETAS) SOFTWARE GEO 5.....	57
4.1.6 ÍNDICES DE SEGURIDAD CON LA SEGUNDA SOLUCIÓN (ANCLAJES) EN EL SOFTWARE SLIDE .....	59
4.1.7 ÍNDICES DE SEGURIDAD CON LA SEGUNDA SOLUCIÓN (ANCLAJES) EN EL SOFTWARE GEO5 .....	62
4.1.8 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS 65	
CAPÍTULO V.....	72
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	72
5.1 PRESENTAR LA CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....	72
CONCLUSIONES .....	74
RECOMENDACIONES.....	76
BIBLIOGRAFÍA.....	77

ANEXOS: ..... 81

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Factores de seguridad con la Norma CE.20 .....	33
Tabla 2 El sistema de variables-dimensiones e indicadores.....	40
Tabla 3 Características geotécnicas del km 352 y km 347 .....	48
Tabla 4 Características geotécnicas para los programas del km 352 y km 347 .....	48
Tabla 5 Índices de seguridad del km 352 y km 347 en ambos softwares (Slide y Geo5) .....	55
Tabla 6 Valores recomendados de corte por el tipo de material .....	55
Tabla 7 Índice de seguridad del km 352 y km 347 con Banquetas en ambos softwares (Slide y Geo 5).....	58
Tabla 8 Índices de seguridad en km 352 y km 347 con Anclajes en ambos softwares (Slide y Geo 5).....	64
Tabla 9 Resumen de factores de seguridad por software y escenario (km 352 y km 347 .....	65
Tabla 10 Observación empírica de comparación directa de los factores de seguridad .....	65
Tabla 11 Resultados (t prueba pareada) .....	67
Tabla 12 Implicancias técnicas para la contrastación .....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Partes de un Talud y ladera respectivamente.....	28
Figura 2 Método de rebanadas o dovelas.....	31
Figura 3 Metodos del Equilibrio Limite .....	32
Figura 4 Escalonamiento de talud.....	34
Figura 5 Vista de los anclajes en taludes.....	34
Figura 6 Partes de un anclaje metálico.....	35
Figura 7 Tipos de anclajes según los factores .....	36
Figura 8 Ejemplo de software Geo5.....	36
Figura 9 Ejemplo del software Slide.....	37
Figura 10 Curvas de nivel de las secciones.....	44
Figura 11 Perfil longitudinal de las 2 secciones .....	45
Figura 12 Perfil del Talud sección-01 (km 352).....	49
Figura 13 Perfil del Talud sección-02 (km 347).....	49
Figura 14 Asignación de los parámetros de la sección-01 “km 352” (Slide)	50
Figura 15 Asignación de los parámetros de la sección-02 “km 347” (Slide)	51
Figura 16 Índice de seguridad del km 352 por el método Spencer (Slide)...	51
Figura 17 Índice de seguridad del km 347 por el método Spencer (Slide)...	52
Figura 18 Asignación de los parámetros de la sección-01 “km 352” (Geo5)	53
Figura 19 Asignación de los parámetros de la sección-02 “km 347” (Geo5)	53
Figura 20 Índice de seguridad del km 352 por el método Spencer (Geo5)..	54
Figura 21 Índice de seguridad del km 347 por el método Spencer (Geo5)..	54
Figura 22 Índice de seguridad por Spencer del km 352, con Banquetas (Slide) .....	56
Figura 23 Índice de seguridad por Spencer del km 347, con Banquetas (Slide) .....	56
Figura 24 Índice de seguridad por Spencer del km 352, con Banquetas (Geo5).....	57
Figura 25 Índice de seguridad por Spencer del km 347, con Banquetas (Geo5).....	58
Figura 26 Carga y espaciamiento horizontal del anclaje para el Km 352 (Slide) .....	59

Figura 27 Angulo, longitud y espaciamento vertical del anclaje para el Km 352 (Slide) .....	59
Figura 28 Carga y espaciamento horizontal del anclaje para el Km 347 (Slide) .....	60
Figura 29 Angulo, longitud y espaciamento vertical del anclaje para el Km 347 (Slide) .....	60
Figura 30 Índice de seguridad por Spencer del km 352, con Anclajes (Slide) .....	61
Figura 31 Índice de seguridad por Spencer del km 347, con Anclajes (Slide) .....	61
Figura 32 Fuerza, espaciamento, ángulo y longitud de los anclajes para el Km 352 (Geo5) .....	62
Figura 33 Fuerza, espaciamento, ángulo y longitud de los anclajes para el Km 352 (Geo5) .....	62
Figura 34 Índice de seguridad por Spencer del km 352, con Anclajes (Geo5) .....	63
Figura 35 índice de seguridad por Spencer del km 347, con Anclajes (Geo5) .....	63
Figura 36 Índices de seguridad comparado con la norma en condiciones normales (Enfoque Spencer) .....	67
Figura 37 Índices de seguridad comparado con la norma con banquetas (Enfoque Spencer).....	68
Figura 38 Índices de seguridad comparado con la norma con anclajes (Enfoque Spencer).....	69

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue realizar un análisis comparativo de soluciones para la estabilidad de taludes, utilizando los softwares geotécnicos Slide y Geo5, en el tramo comprendido entre los kilómetros 347 y 352 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco, durante el año 2023.

Se desarrolló un estudio de tipo aplicado, con enfoque cuantitativo, nivel descriptivo y diseño no experimental. La población estuvo conformada por los taludes del tramo indicado, y la muestra correspondió a dos perfiles críticos localizados en el km 347+000 y km 352+000. Se obtuvieron parámetros geotécnicos mediante ensayos de laboratorio (granulometría, límites de Atterberg, peso unitario y corte directo) y se modelaron los taludes en ambos softwares, aplicando el método de equilibrio límite con el enfoque de Spencer.

En condiciones con banquetas, se obtuvieron factores de seguridad (FS) adimensionales de 1.201 y 1.223 en Slide, y de 1.43 y 1.56 en Geo5. Con anclajes, Slide alcanzó FS de 1.644 y 1.649, mientras que Geo5 registró FS de 1.610 y 1.640. La comparación se efectuó tomando como referencia la Norma Técnica E.050 del Reglamento Nacional de Edificaciones, que establece un mínimo de  $FS = 1.50$  para considerar estable un talud en condiciones estáticas.

Se concluyó que, con banquetas, el software Geo5 logró valores más cercanos o superiores al mínimo normativo en comparación con Slide; mientras que con anclajes, ambos programas superaron el valor exigido, evidenciando la efectividad de esta solución para estabilizar los taludes analizados.

**Palabras Claves:** Geo5, Slide, Banquetas, Índice de seguridad, anclajes, análisis comparativo.

## ABSTRACT

The objective of this research was to conduct a comparative analysis of slope stability solutions using the geotechnical software programs Slide and Geo5 in the section between kilometers 347 and 352 of the Cerro de Pasco–Huánuco Highway during 2023.

An applied study was conducted with a quantitative approach, a descriptive level, and a non-experimental design. The population consisted of the slopes of the indicated section, and the sample corresponded to two critical profiles located at km 347+000 and km 352+000. Geotechnical parameters were obtained through laboratory tests (granulometry, Atterberg limits, unit weight, and direct shear), and the slopes were modeled in both software programs, applying the limit equilibrium method with the Spencer approach.

Under sidewalk conditions, dimensionless safety factors (FS) of 1.201 and 1.223 were obtained for Slide, and 1.43 and 1.56 for Geo5. With anchors, Slide achieved FS of 1.644 and 1.649, while Geo5 recorded FS of 1.610 and 1.640. The comparison was made using Technical Standard E.050 of the National Building Regulations, which establishes a minimum FS of 1.50 for a slope to be considered stable under static conditions.

It was concluded that, with sidewalks, the Geo5 software achieved values closer to or higher than the regulatory minimum compared to Slide; while with anchors, both programs exceeded the required value, demonstrating the effectiveness of this solution in stabilizing the analyzed slopes.

**Keywords:** Geo5, Slide, Sidewalks, Safety Index, anchors, comparative analysis.

## INTRODUCCION

Uno de los inconvenientes más frecuentes en las obras de ingeniería civil es la inestabilidad de los taludes, sobre todo en carreteras situadas en zonas con pendientes pronunciadas. Los graduales provocan retrasos en la realización de las obras, pérdidas monetarias y peligros para la seguridad de los usuarios. Para evitar este tipo de errores, es esencial calcular la estabilidad por medio de métodos de análisis confiables que hagan posible determinar el factor de seguridad (FS) y seleccionar las soluciones constructivas apropiadas.

Hoy en día, hay varias aplicaciones informáticas geotécnicas que utilizan técnicas de modelado computacional y límite de equilibrio para calcular el FS, como por ejemplo Geo5 y Slide. Estos programas permiten simular diversas condiciones de carga, geometría y propiedades del suelo, además de comparar distintas opciones de intervención, como por ejemplo anclajes metálicos, banquetes y escalones, que se emplean para estabilizar los taludes críticos.

El presente trabajo tiene como propósito comparar los resultados obtenidos con los softwares Slide y Geo5 para taludes críticos del tramo comprendido entre los kilómetros 347 y 352 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco, evaluando el FS en condiciones normales y con la aplicación de las soluciones técnicas mencionadas. Los resultados se contrastan con los valores mínimos establecidos por la Norma Técnica E.050 “Suelos y Cimentaciones”, a fin de determinar el software y la solución que ofrecen mayor estabilidad.

Por lo que el trabajo esta estructura de la siguiente manera:

Capítulo 1: Se exponen la definición y formulación del problema, justificación, limitaciones y la viabilidad de la investigación.

Capítulo 2: Presenta el marco teórico y los principios conceptuales que sustentan la estabilidad de taludes, además de definir las variables, hipótesis y antecedentes importantes.

Capítulo 3: Expone la metodología utilizada, la población y la muestra; así como los métodos de recopilación de datos y el proceso de análisis.

Capítulo 4: Muestra los resultados derivados de la comparación entre softwares y soluciones técnicas, así como su comprobación con respecto a la norma.

Capítulo 5: Comprende la contrastación de los resultados, las conclusiones y las sugerencias para futuras indagaciones y aplicaciones.

# CAPÍTULO I

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A escala global, la estabilidad de taludes es un asunto crucial en proyectos de infraestructura vial porque los deslizamientos de tierra causan pérdidas económicas, cortes de rutas y, frecuentemente, ponen en peligro la vida humana. En naciones con situaciones geográficas complicadas, como Perú, Japón o Chile, se han puesto en práctica varios sistemas de análisis y soluciones constructivas tanto manuales como por computadora para analizar y optimizar la seguridad de los taludes. Herramientas vitales para simular intervenciones técnicas, modelar condiciones geomecánicas y calcular factores de seguridad incluyen el uso de software geotécnico como Geo5 o Slide. (Chowdhury, 2016).

En el Perú, en términos de geografía, hay una gran cantidad de zonas montañosas que son atravesadas por carreteras que necesitan cortes y rellenos. El deslizamiento de tierras ha aumentado con la interacción de elementos como la geología, el clima extremo y la deforestación, principalmente en las sierras del sur y centro. La Norma Técnica E.050 "Suelos y cimentaciones", emitida por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, indica que los taludes deben tener un factor de seguridad mínimo de 1,50, lo que hace necesario emplear métodos de análisis confiables para poder satisfacer esta exigencia. No obstante, en numerosos proyectos todavía no se ha logrado establecer una norma unificada para elegir el software de análisis ni la solución técnica más eficaz. (MTC, 2017).

En el segmento de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco que va del kilómetro 347 al 352, se han encontrado taludes con pendientes empinadas. Estos tienen suelos poco cohesivos y están expuestos a condiciones climáticas desfavorables. La existencia de áreas críticas con riesgo potencial de deslizamiento ha sido confirmada por las observaciones de campo y la realización de un levantamiento topográfico, lo que pone en peligro la seguridad vial y la continuidad del tránsito. La ausencia de un análisis

comparativo entre distintos programas de software geotécnico y soluciones constructivas complica la toma de decisiones técnicas que aseguran la estabilidad de estos tipos de estructuras.

En este sentido, el problema central radica en la necesidad de determinar, mediante un análisis comparativo, qué software geotécnico (Slide o Geo5) y qué solución técnica (banquetas o anclajes metálicos) proporciona una mayor estabilidad a los taludes críticos del tramo de estudio, asegurando el cumplimiento de los factores de seguridad establecidos por la Norma Técnica E.050.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 PROBLEMA GENERAL**

¿Cuál software geotécnico, Slide o Geo5, y cuál solución técnica, banquetas o anclajes metálicos, brinda mayor estabilidad a los taludes críticos del tramo km 347 – km 352 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco, según los factores de seguridad establecidos en la Norma Técnica E.050?

### **1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿Cómo influyen los parámetros geotécnicos (cohesión, ángulo de fricción y peso unitario) en los factores de seguridad de los taludes críticos del tramo km 347 – km 352 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco?
- ¿Cuáles son los factores de seguridad obtenidos en los softwares Slide y Geo5 para los taludes críticos, en condiciones normales y aplicando las soluciones técnicas de banquetas y anclajes metálicos?
- ¿Qué diferencias existen entre los resultados de los factores de seguridad obtenidos por Slide y Geo5, y qué implicancias presentan para la selección de la solución más efectiva en la estabilización de taludes?

### **1.3 OBJETIVO GENERAL**

Determinar, mediante los softwares geotécnicos Slide y Geo5, qué solución técnica banquetas o anclajes metálicos proporciona mayor estabilidad a los taludes críticos del tramo km 347 – km 352 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco, de acuerdo con la Norma Técnica E.050.

### **1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar la influencia de los parámetros geotécnicos (cohesión, ángulo de fricción y peso unitario) en el factor de seguridad de los taludes críticos del tramo km 347 – km 352 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco.
- Comparar los factores de seguridad obtenidos en los softwares Slide y Geo5 para los taludes críticos, en condiciones normales y aplicando las soluciones técnicas de banquetas y anclajes metálicos.
- Identificar las diferencias y similitudes entre los resultados de Slide y Geo5; y determinar sus implicancias técnicas para la selección de la solución más efectiva en la estabilización de taludes.

### **1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.5.1 Justificación práctica**

La justificación practica del proyecto se fundamenta en la necesidad de aumentar la estabilidad y seguridad de los taludes de los tramos del km 347- km 352 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco.

Porque en el lugar de estudio tiene problemas de inestabilidad de taludes, lo que puede poner en peligro la seguridad de la carretera y de los conductores. Por ello, se estudió y evaluó soluciones para mitigar los efectos de los deslizamientos y se realizó un análisis comparativo con el que se determinó la opción más eficaz y adecuada entre los resultados de los programas Slide y Geo5.

### **1.5.2 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

La justificación teórica del proyecto se fundamenta en la necesidad de la aplicación y comparación de diferentes métodos o soluciones con herramientas de análisis geotécnico con la intención de evaluar la estabilidad de taludes de manera más precisa y eficiente.

Además de poder avanzar en el conocimiento del campo de la geotecnia, ya que se realizó un análisis de comparación con las soluciones, mediante los dos softwares, lo que conlleva a ampliar el conocimiento de manejo y mejora de las técnicas en el análisis, la cual se validó el método del Equilibrio Límite y dovelas, por supuesto la precisión de los softwares utilizados y finalmente sobre todo contribuir con el conocimiento en el campo de la geotecnia.

### **1.5.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA**

La justificación metodológica del proyecto se fundamenta de emplear un enfoque riguroso y metodológico para lograr la investigación y sobre todo obtener unos resultados confiables y válidos.

Es decir, como partida se seleccionó los softwares debido a su amplio uso en la geotecnia ya que son aceptados por expertos en el campo, además que ofrecen herramientas que ayudan en el análisis de estabilidad, luego está la recolección de datos geotécnicos en el campo la cual son influyentes en la precisión de los resultados, para realizar la comparación con los 2 programas la cual permitió evaluar las similitudes y diferencias con las soluciones propuestas.

### **1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

Una limitación de la investigación es la falta de trabajos que realizaron comparaciones de análisis de estabilidad de taludes con softwares geotécnicos como el Slide y Geo5 a nivel local en la UDH y Unheval.

Otra limitación es la precisión de los softwares geotécnicos ya que los resultados obtenidos mediante el software geotécnico Slide y GEO5, pueden verse afectados por las suposiciones y restricciones inherentes en los

mismos softwares en las versiones gratuitas, la cual se restringen ciertas funciones a comparación de los normales.

### **1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente proyecto de investigación es factible o viable porque medios financieros es solventado por el investigador, no se requerido que el proyecto sea financiamiento de cualquier entidad. Además, es factible ya que como se realizará un estudio de biotecnología sin impacto negativo en el entorno del lugar de estudio; por el contrario, aporta beneficios para mejorar la calidad de vida.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Grajales y Ramírez (2018), en su trabajo titulado: “*Análisis de la Estabilidad de un Talud derivado de Cenizas Volcánicas ubicado en la Vía Cerritos la Virginia*”; presentada a la Pontificia Libre de Colombia; se planteó como objetivo principal de realizar un análisis de estabilidad de taludes en condiciones parcialmente saturadas de la carretera Cerritos-La Virginia. La metodología de la investigación es de carácter descriptivo; por lo cual la investigación tuvo a las siguientes conclusiones: 1) Desarrollando todos los laboratorios propuestos para lograr los objetivos planteados originalmente, se logró determinar los distintos parámetros físico-mecánicos que determinan la inclinación. Se identificaron dos capas principales en el talud. En la parte superior, hay una capa de arcilla de baja compresibilidad de 0 a 5 m, y una capa de limo de baja compresibilidad se extiende más allá de los 5 m. 2) La primera capa tiene un valor de cohesión significativo de 65,2 Kn/m<sup>2</sup> y un ángulo de fricción de 9,9° hasta la primera profundidad de 2,2 m, seguida de una cohesión de 47,6 Kn/m<sup>2</sup> y un ángulo de fricción de 11,7°. existen capas hasta la profundidad de 5 metros, luego a partir de los 5 metros de profundidad se encontraron limos de baja compresibilidad con ángulos de fricción entre 23,4° y 34,2° y valores de cohesión entre 22,6 Kn/m<sup>2</sup> y 34 Kn/m<sup>2</sup>. 3) Utilizando software y métodos matemáticos (Bishop simplificado) para poder comparar resultados e identificar y definir cuáles son los más importantes, en base a la distribución de los estratos encontrados se realizó un análisis factorial de seguridad. Estabilidad de taludes. 4) Los pesos específicos encontrados en las distintas muestras analizadas variaron entre 2,58 y 2,97, correspondientes a las áreas más comunes de suelo derivado de ceniza volcánica. 5) El software dio un factor de seguridad de 0,91, mientras

que el método matemático dio un factor de seguridad de 1,05. Se puede observar que ambos datos son cercanos y menores a 1,5, valor que determina la tolerancia de estabilidad, pero la pendiente no es estable. Debido al aumento de las medidas de desestabilización de taludes, existe un riesgo potencial de colapso en invierno.

Sierra (2019) en su trabajo titulado: *“Análisis Comparativo de la Solución de Estabilidad de Taludes, por medio de Software Geotécnicos, para el km 79 + 625 del Tramo Seis: Ampliación del Tercer Carril Vía Anapoima – Mosquera Cundinamarca”*; presentada a la Universidad Militar Nueva Granada; se planteó como objetivo principal es realizar el modelado de soluciones de estabilidad de taludes en diferentes software de análisis y luego comparamos los resultados entre estos software, sugiriendo qué software es el más adecuado y fácil de entender para modelar y especificar los resultados obtenidos. Tiene como lugar de estudio al tramo 6 - Talud K79+ 625 de la Carretera Anapoima-Mosquera (Cundinamarca). Luego la investigación llego a las siguientes conclusiones: 1) Considerando los diversos factores que afectan la estabilidad de taludes y laderas, se concluyó que es de gran importancia conocer las condiciones geográficas, geotécnicas, topográficas y geométricas de las formas del terreno y de los suelos, ya que estos factores influyentes afectan la inestabilidad y estabilidad de taludes. 2) De manera similar, los altos niveles de agua subterránea afectan directamente la estabilidad de las pendientes y conducen a una mala cohesión del material. Como resultado, el factor de seguridad cae por debajo del resultado de la tolerancia de estabilidad (1,50 para Columbia según NSR-10) y la estabilidad de la pista se ve comprometida. 3) Para el talud del tramo 6 del km 79+625 de la vía Anapoima-Mosquera (Cundinamarca), mediante parámetros calculados a partir de resultados experimentales, correlaciones SPT y referencias, se ha comprobado que los tipos de material presentes en el talud son homogéneos. Se informa que el tipo LODOLITA tiene un factor de seguridad inicial de menos de 1 antes de la intervención en la carretera. Una vez aplicado el análisis al software, al implementar los métodos Spencer, Simplified Janbu y

Bishop, se encontraron diferencias entre los programas de software cuando se modeló utilizando el método Dovelas. Se utilizan más funciones en el software GEO 5, ya que es el software que utiliza una herramienta llamada optimización que calcula el círculo de error más probable. 4) A partir de lo anterior se concluye que el software SLIDE es el software más comprensible y fácil de usar que puede modelar fácilmente cualquier tipo de pendiente, teniendo en cuenta su interfaz simple y muchas características útiles y simples. Donde uno puede, una vez que comprenda la implementación del análisis para las herramientas en ese momento, puede cambiar rápidamente la metodología que utiliza los factores de seguridad calculados en diferentes iteraciones se pueden mostrar en diferentes gamas de colores.

Padro et al., (2020) en su trabajo titulado: “*Análisis de Estabilidad de Talud de la Carretera Nic.7 en el km 176, Municipio de Santo Tomas, del Departamento de Chontales*”; presentada a la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua; se planteó como objetivo principal de analizar la estabilidad de taludes de la carretera Nic.7 en el km 176 en la provincia de Chontales, el tipo de investigación que presenta es de tipo investigativo, con un enfoque mixto tanto cualitativo como cuantitativo, de naturaleza descriptiva, como se mencionó el área de estudio es el km 176 de la carretera Nic.7 y como muestra al municipio de Santo Tomás; la investigación llegó a las siguientes conclusiones: 1) Las características geológicas de los taludes son consistentes de arriba a abajo y son predominantemente tobas (cenizas y bolitas de roca y material vítreo de la actividad volcánica del Terciario) y erupciones previas en la zona, producto de un flujo volcánico provocado por él. Se identificaron deslizamientos de tierra, deslizamientos de tierra y desprendimientos de rocas de varios diámetros, que van desde material de suelo hasta rocas de 15 metros de diámetro. 2) En el análisis se utilizó el software SLIDE, considerando las peores condiciones del área modelada utilizando diferentes métodos. Para implementar el programa, se aclararon las propiedades estándar del material a partir de los documentos recopilados de los ensayos de laboratorio y la clasificación

de las rocas y sus propiedades geomecánicas. 3) Entones, los resultados revelaron un factor de seguridad muy bajo (0,338) para masas extraídas más grandes. Se logra un factor de seguridad mínimo de 0,4 en promedio utilizando diferentes modelos, y 1,5 se considera estable. 4) En base a los resultados obtenidos se consideró el modelo óptimo de estabilización del talud, el cual consistió en remover casi por completo el talud. El terraplén se reformó utilizando el software AutoCAD. 5) Se encontró una diferencia entre los nuevos factores de seguridad cuando se procesan con el software SLIDE. Estos factores de seguridad siguen siendo inestables, pero la masa separada es mucho menor. 6) finalmente de los métodos propuestos, también se pueden implementar diversas medidas de estabilización de taludes, como el uso de sistemas de trincheras, barreras, redes y muros de contención. También se pueden usar medidas de protección como muros de concreto, postes y gaviones para evitar que los materiales bloqueen o bloqueen las carreteras.

### **2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES**

Chavez (2021) en su tesis titulada: *“Análisis comparativo de estabilización de taludes empleando muros de contención vs geomallas en el Parque Cultural Bicentenario, Ventanilla 2021”*; presentada a la Universidad César Vallejo; el tipo de investigación que se uso es aplicada, con un diseño experimental y enfoque cuantitativa; se planteó como objetivo general de evaluar la estabilidad de taludes con muros contención comparando con geomalla en el Parque Cultural Bicentenario de Ventanilla. Presenta como muestra a 14 taludes localizadas en las Manzanas. Lote A 1, Lote C 1, Lote D 1 en la Zona Oeste de UPS. Posteriormente se llegó a las siguientes como: 1) Los resultados obtenidos cumplen con los requisitos legales y llevan a la conclusión de que se puede lograr un factor de seguridad alto y estables en comparación con muro de contención por gravedad. 2) Los resultados obtenidos en las Figuras 6, 7, 8 y 10 permitieron construir un sistema de muros de contención por gravedad, logrando una cimentación de muro Tipo 1 con base de 3.10 m y voladizo de 0.90 m. Pantalla de 2,50 metros. grande.

Para tipo mural, base de 2,50 m, 2 bases de 0,60 m de altura y pantalla de 2,55 m. grande. Finalmente, en el tipo de muro, hay 3 cimientos con una base de 2,10 m y una altura de 0,60 m y un lienzo de 2,50 m. Para la resistencia del concreto se utilizó  $f'c =$  al menos 175 kg/cm<sup>2</sup> debido a factores climáticos en la zona de Ventanilla. 3) Los resultados obtenidos en las Figuras 8 y 9 concluyen que el muro de contención por gravedad no cumple con el factor de seguridad estándar para análisis cuasiestáticas. 4) Los resultados obtenidos en las Figuras 10, 11, 12 y 13 permitieron diseñar un sistema de muros de tierra estabilizada (geomalla). El sistema tiene una longitud de empotramiento de geomalla uniaxial de hasta 95 KN/m y una longitud de base de 5,00 m para el muro del primer nivel. Se logró una longitud de empotramiento de geomalla uniaxial de 95 en los muros del segundo y tercer nivel de 95 KN/m máx. de 3,00 m. También algunos geos compuestos de canales de drenaje para canalizar el agua a estas plataformas y proteger los muros. Se utilizó un valor de resistencia de  $f'c=280\text{kg/cm}^2$  para los bloques de hormigón prefabricados. 6) Los resultados obtenidos en las Figuras 12 y 13 demuestran que la pared inferior estabilizada cumple con los factores de seguridad reglamentarios en análisis cuasiestáticas. 7) finalmente De los resultados obtenidos en la Figura 17 se puede concluir que el costo directo por metro recto del sistema de muro de contención es de S/.5158.94 y el costo directo del muro de tierra armada es de S/.4697.03. Por lo tanto, existe una diferencia de S/.461.91 entre los dos sistemas y un ahorro de S/.92,382.00 para el sistema de geomalla en un muro de 200ml, lo que indica un diseño óptimo.

Silva (2018), en su tesis titulada: “*Análisis comparativo de estabilidad de talud y propuesta de solución con muros anclados en la Carretera Las Pirias-Cajamarca, 2018*”; presentada a la Universidad César Vallejo; el tipo de investigación fue aplicada, con un método cuasi-experimental y con un nivel explicativo; se planteó como población a la Carretera Las Pirias-Cajamarca en el tramo 15+280 la cual fue excavado una calicata (C-1) y como muestra corresponde a los 30 metros de altura del talud. Se trazó como objetivo general de determinar el impacto de los muros de

anclaje en la estabilidad de taludes en la Carretera Las Pirias-Cajamarca, para luego llegar a las siguientes conclusiones: 1) Después de realizar el análisis de estabilidad de taludes de la carretera Pirias-Cajamarca mediante un programa de deslizamiento perteneciente al método de equilibrio marginal, esto afecta los cálculos de estabilidad de taludes ya que tiene un factor de seguridad de 0.91. Esto significa que la pendiente es inestable, como concuerdan todos los métodos de equilibrio marginal. Sin embargo, cuando se despliegan los rigidizadores (anclajes en este caso),  $F_s$  es 1.30, proporcionando estabilidad al área de estudio. 2) El análisis de estabilidad de taludes de la carretera La Pirias-Cajamarca se realizó con el programa Plaxis 8.2 perteneciente al método de elementos finitos, incide en el cálculo de la estabilidad de taludes, pues al deslizar  $15.46 * 10^3$  da un factor de seguridad de 0.90, por lo que se estudió. área es inestable como el método anterior, se aplicó refuerzo de anclaje, que es similar a  $F_s$ . sea 1.43 con un desplazamiento de  $480 * 10^{-3}m$  que significa que este campo de investigación es estable. 3) Finalmente el análisis de estabilidad de taludes de la carretera La Pirias-Cajamarca se analizó tanto por el método de elementos finitos como por el método de equilibrio límite, los cuales coincidieron en que este talud progresivo era inestable. Sin embargo, cuando se aplica un sistema de refuerzo, que en este caso es un anclaje, afecta la estabilidad del talud, porque ambos métodos dan como resultado la estabilidad creada por ese sistema de refuerzo.

Llaique (2022) en su tesis titulado: “*Evaluación, análisis y estabilidad de taludes con el Sistema Erdox en la carretera PE-28B del km 152+045 al km 152+195 - Kepashiato - Kiteni*”; presentada a la Universidad Continental; tiene el objetivo principal de lograr estabilizar los taludes de la carretera PE-28B, del km 152+045 hasta el km 152+195; proponiendo un diseño experimental y con un método cuantitativa; y como muestra considera a los Km 152+045 al Km 152+195 de la carretera PE-28B Kepashiato – Kiteni, sector de Agua Dulce, para ser más exacto unos 150m. El trabajo concluyó con las siguientes conclusiones: 1) La primera conclusión fue que después de diseñar los cuatro sistemas de estabilidad

de taludes para la estabilidad de taludes en el área de estudio, cada sistema representa el factor de seguridad máximo en el modelado de Slide v6.0 y representa el costo del sistema Terramesh, gaviones, muros de hormigón, hormigón armado y Erdox. El sistema Erdox es el más económico. 2) De los ensayos mecánicos de suelos se obtuvieron los siguientes resultados: clasificación granulométrica fue grava arcillosa (AASHTO), grava arcillosa con arena (SUCS), límite de plasticidad 22.0 e índice de plasticidad 16.0, cortante recto, cohesión 0.36 kg/cm<sup>2</sup>, ángulo de fricción 38.13°. Estas pruebas fueron necesarias para determinar la textura y estructura del suelo. 3) Que los parámetros mencionados fueron necesarios para el modelado en el software Slide v 6.0. La componente de seguridad del talud estudiado es de 0.79, la cual no cumple con los parámetros de la normativa vigente. 4) Finalmente, el coste total de la instalación del sistema Terramesh fue de SGD 316.230,13, el sistema de muros de gaviones SGD 169.089,56, el sistema de muros de hormigón armado SGD 246.764,52 soles y el sistema Erdox SGD 112.724,96 soles. Se realizó un análisis comparativo de costos entre las posibles soluciones método constructivo Erdox, Terramesh, muro de gaviones y muro de hormigón, demostrando que el método constructivo Erdox es el más económico.

### **2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES**

Actualmente, las principales universidades de Huánuco, la Universidad Nacional Hermilio Valdizán (Unheval) y la Universidad de Huánuco (UDH), no cuentan con proyectos similares en comparación de propuesta de solución mediante softwares geotécnicos.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

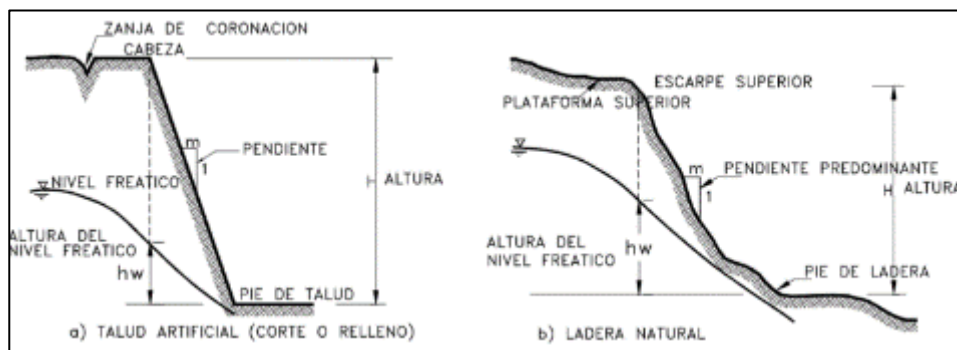
### **2.2.1 TALUD**

Una pendiente o talud consiste en un terreno que se inclina con respecto a la horizontal, y la superficie generalmente tiene una forma infinita. Además de la mecánica de suelos y rocas, también se deben

considerar los aspectos geológicos para un análisis de taludes exitoso. Para darle a esta pendiente una estabilidad estable, la pendiente puede ser artificial o natural. El análisis requiere una evaluación que considere el factor de seguridad para lograr la estabilidad deseada del talud propenso a deslizamientos y evitar pérdidas humanas y económicas (Llaique, 2022).

**Figura 1**

*Partes de un Talud y ladera respectivamente*



*Nota:*

*La figura muestra la geometría y partes de un talud y una ladera, Fuente: Suarez (2009).*

## 2.2.2 PARTES DE LOS TALUDES

Según Prado et al., (2020) hay varios términos que definen la porción de la pendiente. Un talud consiste en una parte alta o superior convexa con cabeza, cresta, lomo o escarpe donde ocurren procesos de exposición o erosión. Una base inferior o cóncava con una parte media semi-rectificada y una pata, pata o base donde se desarrolla principalmente el proceso de deposición.

- **Pie o base:** Viene a ser la ubicación de un cambio repentino en la pendiente en la base de una pendiente o talud. La forma del pie del talud es generalmente cóncava.
- **Cabeza o cresta:** La cabeza es el lugar donde la pendiente o la parte superior de la pendiente cambia. Si la pendiente desde aquí es semivertical o empinada, se dice que es empinada de laas pendientes pronunciadas

pueden coincidir con crestas de deslizamientos de tierra. La forma de la cabeza es generalmente convexa.

- **La altura o elevación:** Esta es la distancia vertical entre los pies y la cabeza, bien definida en pendientes artificiales, pero difícil de cuantificar en pendientes porque los pies y la cabeza generalmente no son características topográficas distintas.
- **Altura del nivel freático:** Esta es la distancia vertical desde la base de una pendiente o ladera de una colina hasta el nivel freático (la presión en el agua es igual a la presión atmosférica). La altura del nivel freático generalmente se mide por debajo del nivel de la pendiente.
- **Pendiente:** Se puede medir en grados, porcentaje o relación m:1. donde m es la distancia horizontal igual a la unidad de distancia vertical. Ejemplo:  $45^\circ = 100\% = 1H:1V$ . En general, los suelos o rocas más resistentes tienden a formar pendientes más empinadas, mientras que los materiales más débiles o blandos tienden a formar pendientes menos profundas.

### 2.2.3 LOS DESLIZAMIENTOS

Como se mencionó Prado et al., (2020) que los deslizamientos son movimientos repentinos o lentos de masas de suelo y/o roca por una pendiente. Es un fenómeno natural definido como el descenso lento o brusco de una pendiente compuesta de materiales naturales como roca, suelo, vegetación y relleno artificial. Los derrumbes y derrumbes ocurren principalmente durante las épocas de lluvias y periodos de actividad sísmica y se presentan de dos formas:

➤ **Deslizamientos lentos:** Según Prado et al., (2020) menciona que dependen de las características del terreno por el que se deslice. Su velocidad de movimiento es tan lenta que no se reconoce. Este tipo de deslizamiento produce varios centímetros de sedimento anualmente. Están marcados de la siguiente manera. Por una serie de rasgos marcados en el suelo.

➤ **Deslizamientos rápidos:** Según Prado et al., (2020) hace referencia que es un movimiento repentino. La velocidad de movimiento es tan alta que toda la sustancia puede caer en minutos o segundos. A menudo ocurren durante la temporada de lluvias o durante períodos de intensa actividad sísmica. Estos son difíciles de identificar y causan propiedades significativas y pérdida de vidas.

#### **2.2.4 ANÁLISIS DE INESTABILIDAD EN TALUDES**

Como se menciona Prado et al., (2020) la evaluación de la estabilidad de la pendiente requiere, entre otras cosas, investigaciones para caracterizar la resistencia del suelo, determinar el perfil de la pendiente, las condiciones del filtro y del agua subterránea y, finalmente, calcular los factores de seguridad. Necesitamos determinar la superficie de fractura crítica.

También es importante mencionar que Chavez (2021) hace referencia se debe asegurar el equilibrio y evitar que los terrones se deslicen en los planos de falla. Esto puede deberse a filtración, formaciones débiles o mayor tensión o congestión en las laderas superiores.

Según el Reglamento Nacional de Edificación (RNE), la norma CE.020 establece que “la estabilización de taludes establece una relación con la parte geotécnica, cuya finalidad es proporcionar un equilibrio adecuado y sostenible para la carga.”

#### **2.2.5 EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LIMITE**

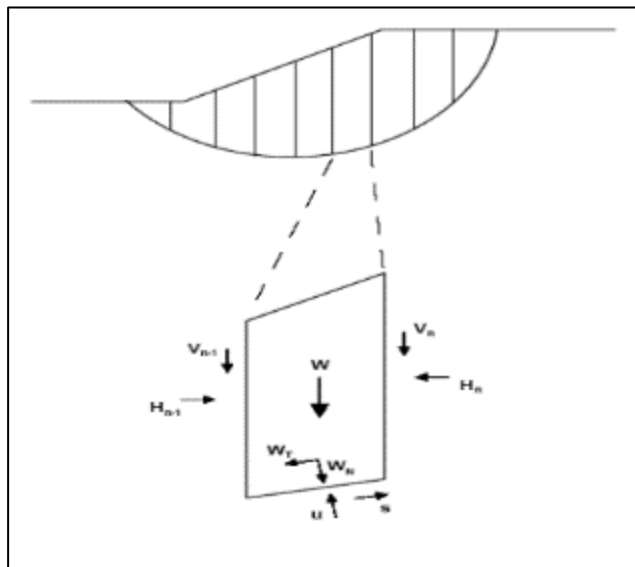
Prado et al., (2020), el método del equilibrio límite estudia el equilibrio de un cuerpo rígido que consta de pendientes y superficies deslizantes de forma arbitraria (líneas rectas, arcos circulares, espirales logarítmicas). En dicho equilibrio, se calcula el esfuerzo cortante ( $\tau$ ) y se compara con la resistencia efectiva ( $\tau_f$ ) calculada según la norma. El criterio de rotura de Coulomb; tal comparación proporciona una primera indicación de estabilidad debido al factor de seguridad.

$$F = T_f / T$$

De Tapia (2009), se sabe Casi todos los métodos actualmente en uso se basan en el llamado método de rebanada, dividiendo el macizo resbaladizo en rebanadas verticales, calculando el balance de cada una de estas rebanadas y finalmente analizando el balance general para determinar el factor de seguridad (FS). Se define como la relación entre la fuerza o momento resistente y la fuerza o momento impulsor.

**Figura 2**

*Método de rebanadas o dovelas*



*Nota.* La figura muestra las fuerzas que se aplican en una rebanada. Fuente: Tapia (2009).

## 2.2.6 PRINCIPALES MÉTODOS DE CÁLCULO

De Tapia (2009) se puede dividir que los métodos más utilizados son los siguientes:

**Figura 3**

*Metodos del Equilibrio Limite*

Métodos de equilibrio límite	Superficies de falla	Equilibrio	Características
Ordinario o de Fellenius (Fellenius 1927)	Circulares	Fuerzas	<ul style="list-style-type: none"><li>- No considera fuerzas entre las dovelas.</li><li>- No satisface equilibrio de fuerzas.</li><li>- El procedimiento del método es simple.</li><li>- Impreciso para taludes planos.</li><li>- Factores de seguridad bajos.</li></ul>
Bishop Simplificado (Bishop 1955)	Circulares	Momentos	<ul style="list-style-type: none"><li>- Asume que todas las fuerzas de cortante entre dovelas son = 0.</li><li>- Reduce número de incógnitas.</li><li>- No se establecen condiciones de equilibrio para una dovela.</li></ul>
Janbu Simplificado (Janbu 1968)	De cualquier superficie de falla	Fuerzas	<ul style="list-style-type: none"><li>- Asume que no hay fuerzas de cortante entre dovelas.</li><li>- No satisface equilibrio de momentos.</li><li>- Utiliza un factor de corrección <math>F_0</math> para tener en cuenta este posible error.</li><li>- Los factores de seguridad son bajos.</li></ul>
Spencer (1967)	De cualquier superficie de falla	Momentos y fuerzas	<ul style="list-style-type: none"><li>- La inclinación de las fuerzas laterales son las mismas para cada tajada, pero son desconocidas.</li><li>- Satisface el equilibrio estático.</li></ul>

*Nota:* La figura muestra los métodos principales del equilibrio limite. Fuente: Tapia (2009).

### **2.2.7 FACTOR DE SEGURIDAD**

De Llaique (2022) menciona que una de las decisiones que pone a prueba el conocimiento de un ingeniero es determinar qué valores corresponden a los valores de los componentes de seguridad. Varios autores han desarrollado métodos para calcular el factor de seguridad.

Actualmente, el Perú cuenta con varias normativas nacionales e internacionales ampliamente reconocidas que regulan el factor de seguridad durante el uso, bajo las condiciones de cálculo ya sean estáticas o sísmicas (Llaique, 2022).

**Tabla 1**

*Factores de seguridad con la Norma CE.20*

NORMA	TALUD PERMANENTE		TALUD TEMPORAL	
	ESTATICA	SISIMICA	ESTATICA	SISIMICA
CE.020	1.5	1.25	...	...

*Nota.* La figura muestra los factores de seguridad establecida por la norma peruana.

Fuente: CE.20 (2016).

### **2.2.8 Corte de taludes y escalonamiento de banquetas**

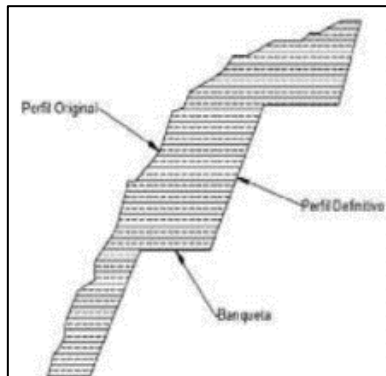
Muñoz (2017) menciona que la nivelación o escalonamiento de taludes consiste en la construcción de plataformas planas en medio de los taludes denominadas adoquines. La masa de terreno debidamente cortada o compactada fuera del talud se denomina pavimentos, y para mejorar su estabilidad se reduce la pendiente del talud para reducir las fuerzas que actúan sobre él.

A base Martínez (2019) los trabajos de taludes se realizan para mantener la seguridad y productividad de la minería, para estabilizar los taludes de corte, para evitar perturbaciones durante los trabajos de explotación cuando las pendientes están diseñadas, se debe realizar un análisis general basado en la experiencia de ingeniería y el terreno circundante, las condiciones geológicas, las condiciones reales de pendientes similares en áreas cercanas y el reconocimiento geológico. También es importante implementar las medidas necesarias para asegurar una construcción más aceptable, teniendo en cuenta las condiciones que se presenten durante la ejecución de las obras.

**Propósito de la Banqueta:** En la parte inferior de una gran pendiente continua, la descarga y la velocidad del agua superficial aumentan, lo que provoca un aumento en las fuerzas de flujo. En este caso, se puede reducir la velocidad del flujo colocando un banco casi horizontal en medio del talud, o se puede evitar que el agua superficial se concentre en el fondo del talud construyendo una zanja en el banco para drenar el talud.

**Figura 4**

*Escalonamiento de talud*



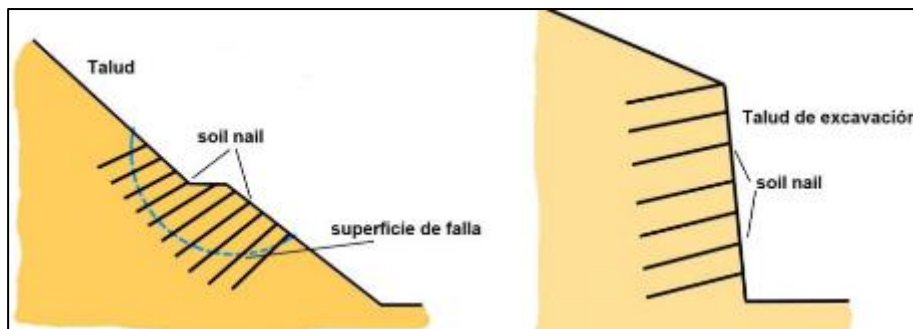
*Nota:* La figura muestra la ladera inicial y el talud de corte. Fuente: Muñoz (2017).

### 2.2.9 Anclajes metálicos

Farias y Yanayaco (2020) menciona que los anclajes son elementos estructurales cuya finalidad es transferir la fuerza de tracción al terreno circundante y estabilizar el terreno o talud para evitar grandes deslizamientos.

**Figura 5**

*Vista de los anclajes en taludes*



*Nota:* La figura muestra dos tipos de taludes con anclajes. Fuente: Farias y Yanayaco (2020).

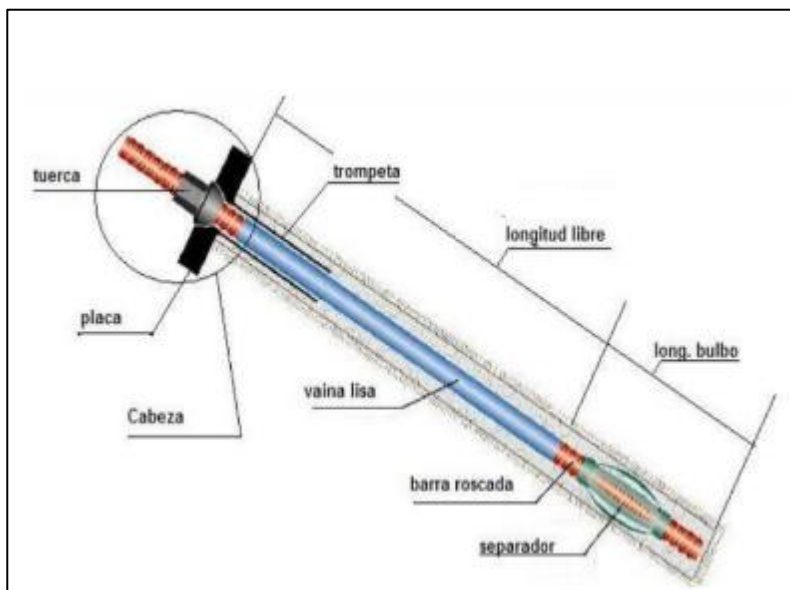
Además, menciona las partes de un anclaje:

- **Bulbo:** La longitud de la viga, conocida como zona de anclaje, cubre el refuerzo de anclaje. Uno de los mayores problemas en esta zona es la mala cementación del suelo. En situaciones en las que la conexión entre la bombilla y el suelo no es buena, se puede sacar el ancla.

- **Longitud libre:** Esta zona se caracteriza por la capacidad de cambiar libremente de forma, pues se forma una coraza lisa y en ella se encuentran fibras que forman la unión de uno o más cables de acero, lo que permite estos movimientos hasta su capacidad de anclaje final.
- **Cabeza:** La conexión entre el anclaje y la protección en la superficie del talud. Es un sistema de placa y tuerca que soporta el marco en el suelo.

**Figura 6**

*Partes de un anclaje metálico*

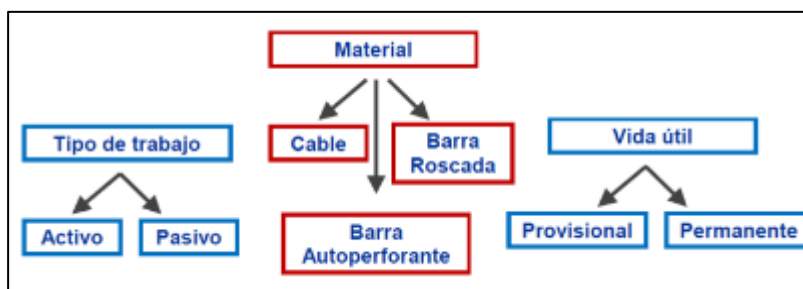


*Nota:* La figura muestra las partes de un anclaje metálico. Fuente: Farias y Yanayaco (2020).

**Tipos de anclajes:** Farias y Yanayaco (2020) divide los anclajes según el tipo de trabajo que se pretende, de acuerdo a tipo de material y sobre la vida útil que tenga.

**Figura 7**

*Tipos de anclajes según los factores*



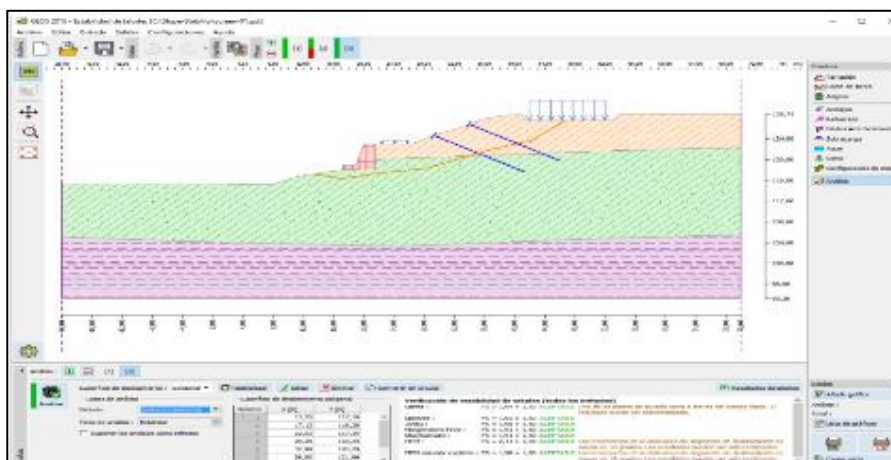
*Nota: La figura muestra las clases de anclajes según el tipo y vida útil. Fuente: Farias y Yanayaco (2020).*

## 2.2.10 SOFTWARE GEO5

En la ingeniería geotécnica, el programa Geo5 se utiliza ampliamente para el análisis y diseño de estructuras geotécnicas, incluido el análisis de estabilidad de taludes. Su importancia radica en su capacidad para realizar cálculos complejos de forma rápida y precisa, esto que ayuda a los ingenieros a evaluar la estabilidad de los taludes y a diseñar medidas de estabilización adecuadas. El programa también proporciona una interfaz amigable que facilita la entrada de datos y la visualización de los resultados (Musil y Trnka, 2013).

**Figura 8**

*Ejemplo de software Geo5*



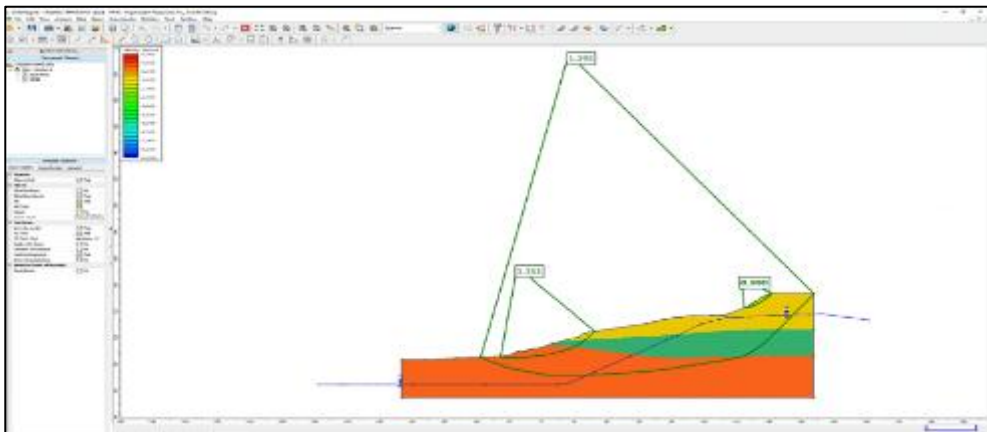
*Nota. La figura muestra un ejemplo de modelamiento de un talud, con muro y anclajes. Fuente: fine (2020).*

### 2.2.11 SOFTWARE SLIDE

En ingeniería geotécnica, el software Slide es ampliamente reconocido por su papel en el análisis de la estabilidad de los taludes. ofrece herramientas sofisticadas para evaluar la estabilidad de los taludes y crear soluciones apropiadas. Su capacidad para considerar múltiples condiciones y parámetros geotécnicos, realizar análisis detallados y generar informes completos es lo que lo hace útil (Rocscience, 2020).

**Figura 9**

*Ejemplo del software Slide*



*Nota.* La figura muestra los coeficientes de seguridad de un talud en condiciones normales. Fuente: Rocscience (2020).

## 2.2 DEFINICIONES CONCEPTUALES

**Estabilidad:** En el campo de la estabilidad de taludes se estudia la estabilidad o posible inestabilidad del talud durante la ejecución del proyecto u obra, aspecto directamente relacionado con el diseño geotécnico geológico (Farias y Yanayaco, 2020)

**Talud:** Un talud es una superficie inclinada de un terreno o estructura que puede ser inestable. El análisis de estabilidad de taludes es una evaluación de la capacidad del terreno para mantener su integridad estructural y resistir fuerzas externas (Chowdhury, 2014).

**Equilibrio límite:** Se considera el equilibrio entre las fuerzas que actúan sobre un talud y la resistencia del suelo, es la base del análisis de la estabilidad de los taludes. Este método es útil para determinar si un talud es estable o propenso a deslizarse. (Fredlund y Krahn, 2018).

**Anclaje metálico:** Los anclajes de taludes son componentes estructurales que aumentan la estabilidad de una pendiente o talud. Consisten en colocar refuerzos, como cables o barras de acero, in el suelo o en estructuras adyacentes al talud. (Hoek y Bray, 2000).

**Corte de talud:** La excavación o remoción de material en la parte superior de una pendiente o talud con el objetivo de crear una superficie vertical o inclinada se conoce como cortes de talud. Estos cortes se realizan por una variedad de razones, incluida la construcción de carreteras, edificios y canales, entre otras (Dunnicliff, 1993).

## **2.3 HIPÓTESIS**

### **2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL**

La evaluación de los taludes críticos con Slide y Geo5, considerando las soluciones de banquetas y anclajes metálicos, permite identificar diferencias significativas en los factores de seguridad y seleccionar la solución más estable según la Norma E.050.

### **2.4.2 HIPÓTESIS ESPECIFICA**

- Los parámetros geotécnicos (cohesión, ángulo de fricción y peso unitario) influyen significativamente en el factor de seguridad de los taludes críticos del tramo km 347 – km 352 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco.
- Existen diferencias significativas en los factores de seguridad obtenidos entre los softwares Slide y Geo5 para los taludes críticos, tanto en condiciones normales como con las soluciones técnicas de banquetas y anclajes metálicos.

- Las diferencias encontradas entre los resultados de Slide y Geo5 tienen implicancias técnicas relevantes para determinar la solución más efectiva en la estabilización de taludes.

## **2.4 VARIABLES**

### **2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE**

La estabilidad de Talud

### **2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE**

Los softwares geotécnicos

## 2.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 2

*El sistema de variables-dimensiones e indicadores*

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTOS
<b>V. Independiente</b> Software geotécnico	Programas especializados que permiten evaluar la estabilidad de taludes mediante métodos de equilibrio límite y análisis computacional.	Uso de los programas Slide y Geo5 para calcular el factor de seguridad (FS) en taludes críticos del tramo km 347 – km 352, considerando las condiciones normales y con soluciones técnicas.	Slide	•Análisis estático, metodología de uso, parámetros y características del software	FS: adimensional y $\Delta$ FS: %	Resultados de modelado en software y Norma Técnica E.050
			Geo 5		FS: adimensional y $\Delta$ FS: %	
			Factor de seguridad (FS)	• FS normal, FS banquetas, FS anclajes y $\Delta$ FS entre softwares	FS: adimensional y $\Delta$ FS: %	Reportes exportados por el programa y Norma Técnica E.050
<b>V. Dependiente</b> Estabilidad de taludes	Capacidad de los taludes para resistir deslizamientos, determinada principalmente por el factor de seguridad y su comparación con el valor mínimo establecido por la Norma Técnica E.050.	FS calculado con Slide y Geo5 en condiciones normales y con intervenciones de banquetas y anclajes metálicos, verificando cumplimiento normativo (FS $\geq$ 1.50).	Con banquetas /escalones	•FS obtenido por software, $\Delta$ FS respecto a condición normal y cumplimiento con E.050	FS: adimensional, $\Delta$ FS: %	Reporte de software, Comparación con valor normativo E.050
			Con anclajes metálicos			
			Parámetros geotécnicos	•Cohesión (c), Ángulo de fricción ( $\phi$ ) y Peso unitario ( $\gamma$ )	C: kPa; $\phi$ : °; $\gamma$ : kN/m <sup>3</sup>	Ensayo de corte directo y Ensayo de peso específico

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

En cuanto al tipo de la investigación presentada en este estudio es aplicada, porque se aplicó técnicas y métodos para analizar la estabilidad de los taludes mediante el método de Equilibrio Limite o Dovelas a base de la obtención los factores de seguridad entre softwares Slide y Geo5, posteriormente se realizó un análisis de comparación de resultados obtenidos lo cual genero conocimiento y soluciones prácticas en la vida real, tanto económica, social y tecnológica.

##### **3.1.1 ENFOQUE**

En cuanto al enfoque de la investigación presentada en este estudio es de enfoque cuantitativo porque los resultados del análisis de estabilidad de talud se cuantificasen numéricamente a base del factor de seguridad, a partir de los modelos de los softwares geotécnicos Slide y Geo5.

##### **3.1.2 ALCANCE O NIVEL**

El alcance de la investigación fue comparativo y explicativo, ya que se evaluaron y contrastaron dos soluciones técnicas (banquetas y anclajes) aplicadas a taludes críticos, utilizando dos softwares geotécnicos (Slide y Geo5). Este enfoque permitió identificar diferencias en los factores de seguridad obtenidos y determinar cuál combinación de software y solución proporciona una mayor estabilidad, tomando como referencia la Norma Técnica E.050 del Reglamento Nacional de Edificaciones. El estudio no solo describió resultados, sino que interpretó las causas de las diferencias encontradas y planteó implicancias para su aplicación en proyectos de ingeniería civil.

### 3.1.3 DISEÑO

En cuanto al diseño de la investigación presentada en este estudio es un diseño **no experimental**, ya que se observó el contexto en el que se encontraron la variable independiente, lo que permitió analizar en una amplia variedad de escenarios, porque se utilizara dos mecanismos de desarrollo diferentes

Esquema del diseño de la Investigación

M1-----O1

M2-----O2

Donde:

M1: Talud analizada usando SLIDE.

M2: Talud analizada usando GEO5.

O1: Estabilidad de talud hallado usando SLIDE.

O2: Estabilidad de talud hallado usando GEO5

## 3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

### 3.2.1 POBLACIÓN

En cuanto a la población en el presente trabajo Hernández, Fernando y Baptista (2010) menciona una población se define como una colección de casos que cumplen varias especificaciones.

Por lo tanto, en el presente proyecto se consideró como población a todos los taludes presentes en el tramo comprendido entre los kilómetros 347 y 352 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco, caracterizados por pendientes pronunciadas y riesgo de deslizamientos.

### 3.2.2 MUESTRA

En cuanto a la muestra en el presente trabajo Hernández, Fernando y Baptista (2010) menciona que una muestra es un subgrupo de una población a partir del cual se recopilan datos representativos de esa población.

Por lo tanto, en el presente proyecto se consideró como muestra; a dos perfiles de taludes seleccionados por su mayor criticidad, localizados en el km 347+000 y el km 352+000, determinados a partir del levantamiento topográfico y el análisis de la geometría del terreno.

Figura 10

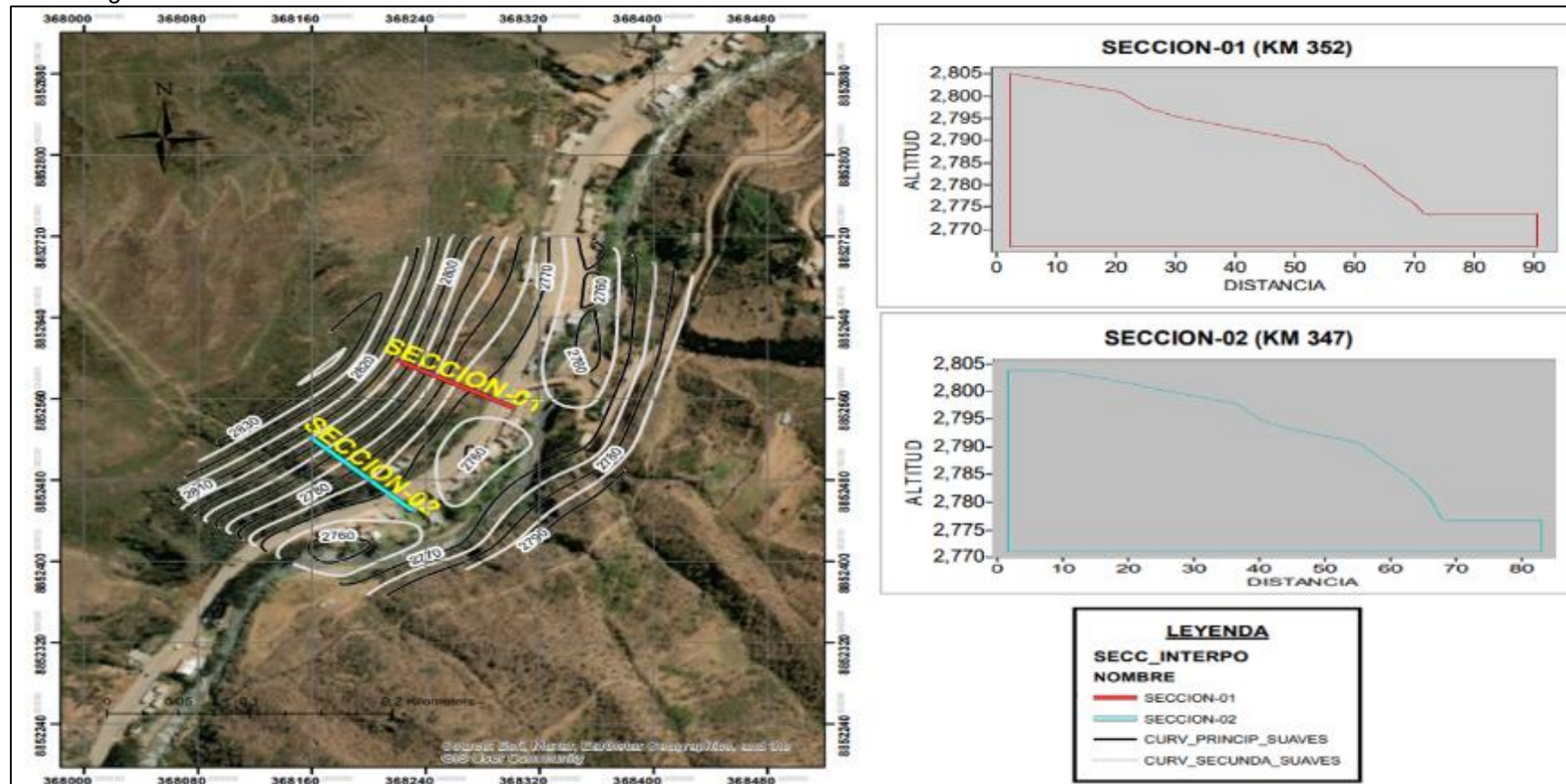
Curvas de nivel de las secciones



Nota. La figura muestra la topografía del lugar de estudio en ArcGIS.

Figura 11

Perfil longitudinal de las 2 secciones



Nota. La figura muestra los 2 perfiles de los km 352 y km 347 con el programa ArcGIS.

### 3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

#### 3.3.1 Para la recolección de datos

**Técnicas:** La técnica base que se empleó en el presente proyecto la será la **observación directa**, ya que esta consistió en observar y documentar directamente los fenómenos o eventos relacionados con la estabilidad de los taludes la carretera Cerro de Pasco-Huánuco, en los tramos del km 347-km 352; tales como las características geológicas, las condiciones climáticas, entre otras. Así mismo se empleó la **observación participante**, esta técnica involucro en la utilización de los softwares Slide y Geo5 y que posteriormente ayudo a ver las limitaciones y beneficios de cada programa, siendo útil para la comparación entre ellas.

**Instrumentos:** Las herramientas imprescindibles en la recopilación de datos del lugar de estudio son:

- Las plantillas para el estudio de suelos
  - o Ensayo granulométrico
  - o Ensayos de Limite líquido y plástico
  - o Ensayo de peso específico
  - o Ensayo de corte directo

#### 3.3.2 Para la presentación de datos

Para la presentación de datos del presente proyecto se utilizaron **gráficos y tablas** que se realizaron en el software Excel; dentro de ello los más comunes están los gráficos de barras lo cual es muy bueno y eficaz para presentar los datos y sobre todo para presentar un análisis de comparación entre las alternativas de solución para los taludes críticos del lugar de estudio.

También están las **vistas en 3D** de los softwares Slide y Geo5 ya que va a generar visualizaciones con una mayor comprensión y sobre todo la geometría del talud y demás características.

### 3.3.3 Para el análisis e interpretación de los datos

Respecto al análisis e interpretación de los datos se analizó también **gráficamente** por diagramas de barras para poder observar y comparar los resultados que se obtuvieron de los softwares Slide y Geo5. A su vez se interpretó los factores de seguridad obtenidos en las corridas de Slide y Geo5 fueron organizados en tablas para cada perfil y escenario. Se realizó **estadística descriptiva** (media) y, con el propósito de evaluar diferencias entre softwares, se aplicó la prueba t de Student para muestras pareadas ( $\alpha = 0.05$ ), considerando como pares los resultados de los perfiles km 352 y km 347. Dado el reducido número de perfiles ( $n = 2$ ), las pruebas estadísticas se interpretaron con cautela y se complementaron con un análisis de relevancia práctica (comparación frente a la Norma E.050).

Luego se procedió a una **interpretación cualitativa** de los resultados donde se explicó con fundamentos sólidos los resultados obtenidos al comparar las soluciones para mejorar la estabilidad en los taludes.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

Esta investigación utilizó el programa ArcGIS para crear curvas topográficas para determinar los contornos y las secciones transversales en los kilómetros 352 y 347 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco. Como el trabajo consiste en un análisis comparativo de solución con el sistema de anclajes y banquetas en los programas geotécnicos Slide y GEO5, se procederá de la siguiente manera:

##### 4.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS DE LOS TALUDES

Las características geotécnicas de los suelos en los taludes Km 352 y Km 347 se utilizan para la aplicación de análisis en los programas Slide y Goe5. Para ambos taludes, el suelo es de arcilla arenosa de baja plasticidad con grava (CL), según el estudio de suelo que se muestra en el anexo.

**Tabla 3**

*Características geotécnicas del km 352 y km 347*

Talud	$\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	c (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)
km 352	1.733	0.033	30.50
km 347	1.825	0.039	33.10

**Tabla 4**

*Características geotécnicas para los programas del km 352 y km 347*

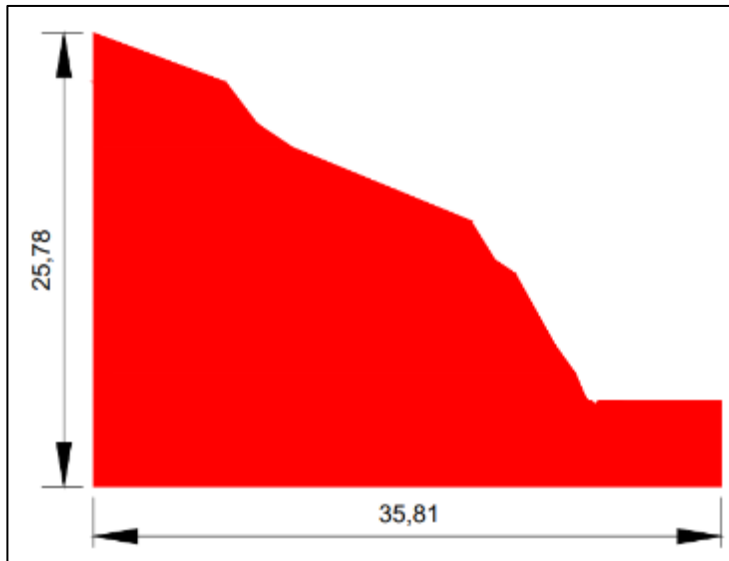
Talud	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	c (kPa)	$\phi$ (°)
km 352	17.33	3.30	30.50
km 347	18.00	3.80	33.10

**Nota:**

*En la tabla 3 se observa las principales características del suelo de los taludes estudiados en las unidades otorgados por el estudio de suelo, pero en la tabla 4, se observa los parámetros en las unidades correctas que se introducirán en los programas Slide y Geo5.*

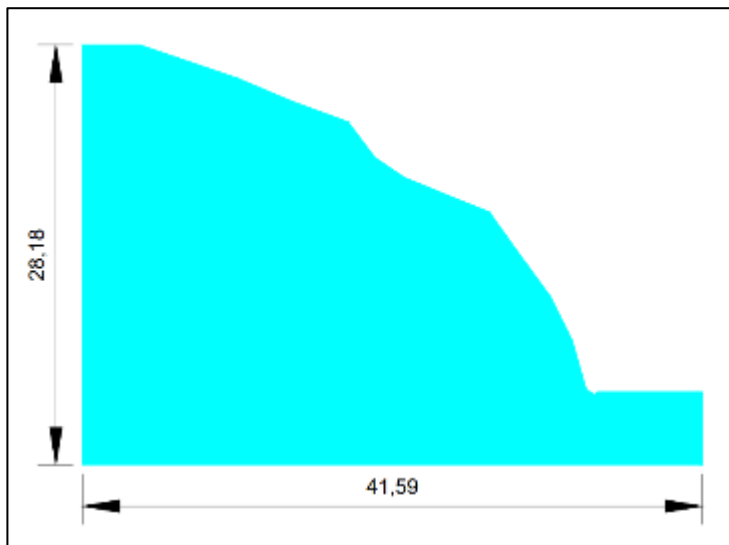
**Figura 12**

*Perfil del Talud sección-01 (km 352)*



**Figura 13**

*Perfil del Talud sección-02 (km 347)*



### **Interpretación:**

En las **figuras 12 y 13**, concierne a los perfiles de la sección 01 tienen una altura y longitud de 25,78 m y 35,81 m, mientras que la sección 02 tiene una altura y longitud de 28,18 m y 41,59 m.

#### **4.1.2 ÍNDICE DE SEGURIDAD EN CONDICIONES NORMALES CON EL SOFTWARE SLIDE**

Se asignará las propiedades de los suelos de los taludes en estudio, además se optará por el **enfoque de Spencer** ya que, en comparación con los otros métodos de dovelas, puede proporcionar resultados más realistas y detallados.

**Figura 14**

*Asignación de los parámetros de la sección-01 "km 352" (Slide)*

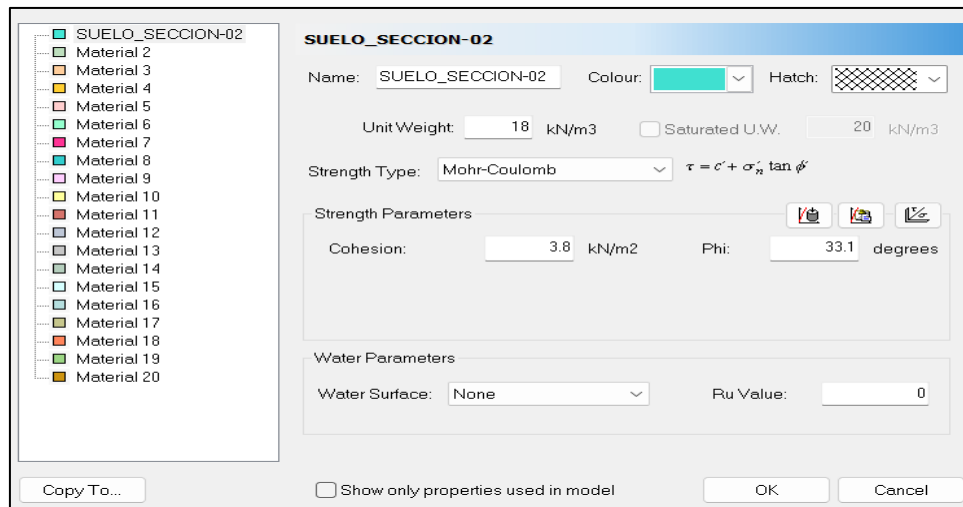
The screenshot shows a software window titled "SUELO\_SECCION-01". On the left is a list of materials from "SUELO\_SECCION-01" to "Material 20". The main panel is for "SUELO\_SECCION-01" and contains the following fields:

- Name: SUELO\_SECCION-01
- Colour: [Orange color swatch]
- Hatch: [Cross-hatch pattern]
- Unit Weight: 17.33 kN/m3
- Saturated U.W.: 20 kN/m3 (checkbox is unchecked)
- Strength Type: Mohr-Coulomb
- Strength Parameters:  $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$
- Cohesion: 3.3 kN/m2
- Phi: 30.5 degrees
- Water Parameters: Water Surface: None, Ru Value: 0

Buttons at the bottom include "Copy To...", "Show only properties used in model" (checkbox), "OK", and "Cancel".

**Figura 15**

*Asignación de los parámetros de la sección-02 "km 347" (Slide)*

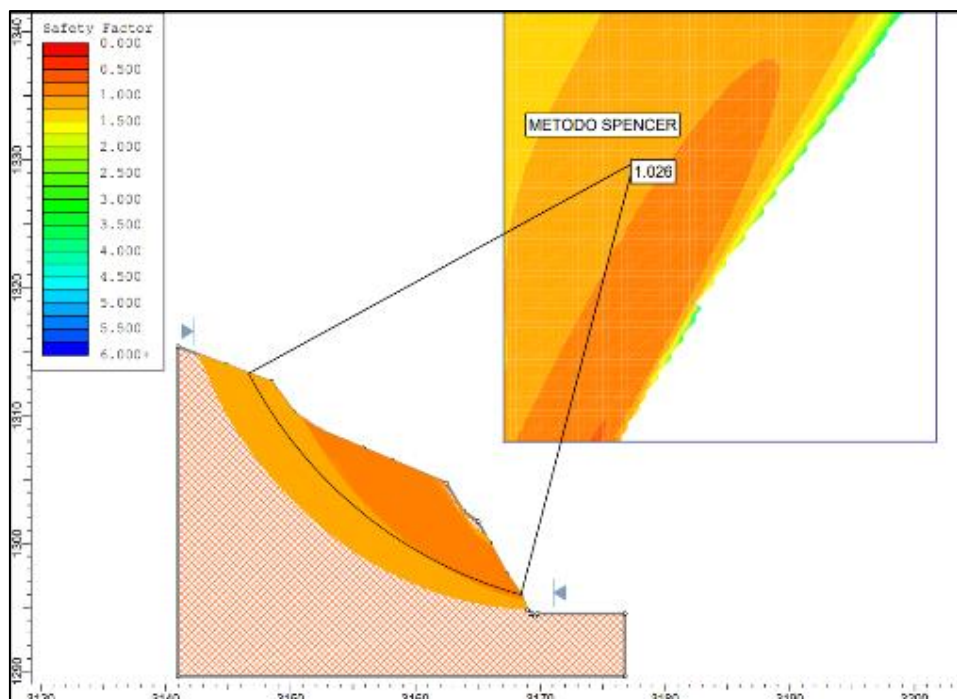


**Interpretación:**

En las **figuras 14 y 15**, se observa los parámetros geotécnicos de los suelos asignados en el programa Slide tanto para los km 252 y km 347, con un tipo de fuerza Mohr-Coulomb.

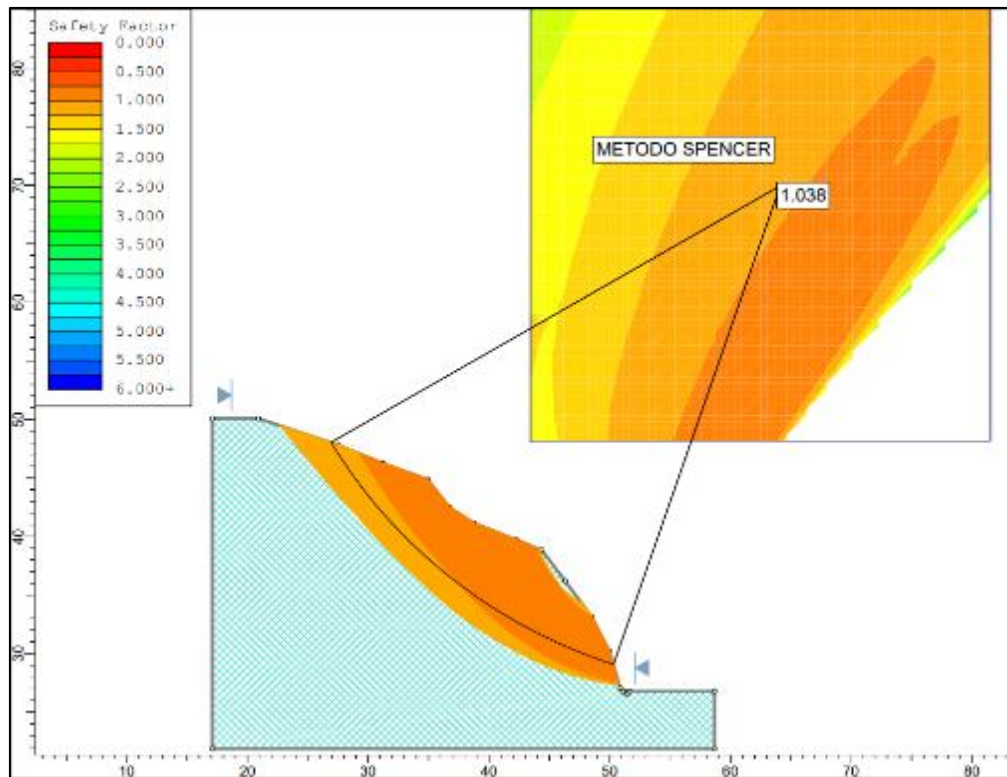
**Figura 16**

*Índice de seguridad del km 352 por el método Spencer (Slide)*



**Figura 17**

*Índice de seguridad del km 347 por el método Spencer (Slide)*



**Interpretación:**

En las **figuras 16 y 17**, se obtiene los índices de seguridades por el enfoque Spencer en ambos taludes estudiados, con valores de 1.026 y 1.038, para el km 352 y km 347 respectivamente; se puede deducir claramente que no superan el índice recomendado por la norma peruana que es mayor 1.5.

**4.1.3 ÍNDICE DE SEGURIDAD EN CONDICIONES NORMALES CON EL SOFTWARE GEO5**

Se asignará las propiedades de los suelos de los taludes en estudio, de igual manera se optará por el **enfoque de Spencer** ya que, en comparación con los otros métodos de dovelas, puede proporcionar resultados más realistas y detallados.

**Figura 18**

*Asignación de los parámetros de la sección-01 "km 352" (Geo5)*

**Figura 19**

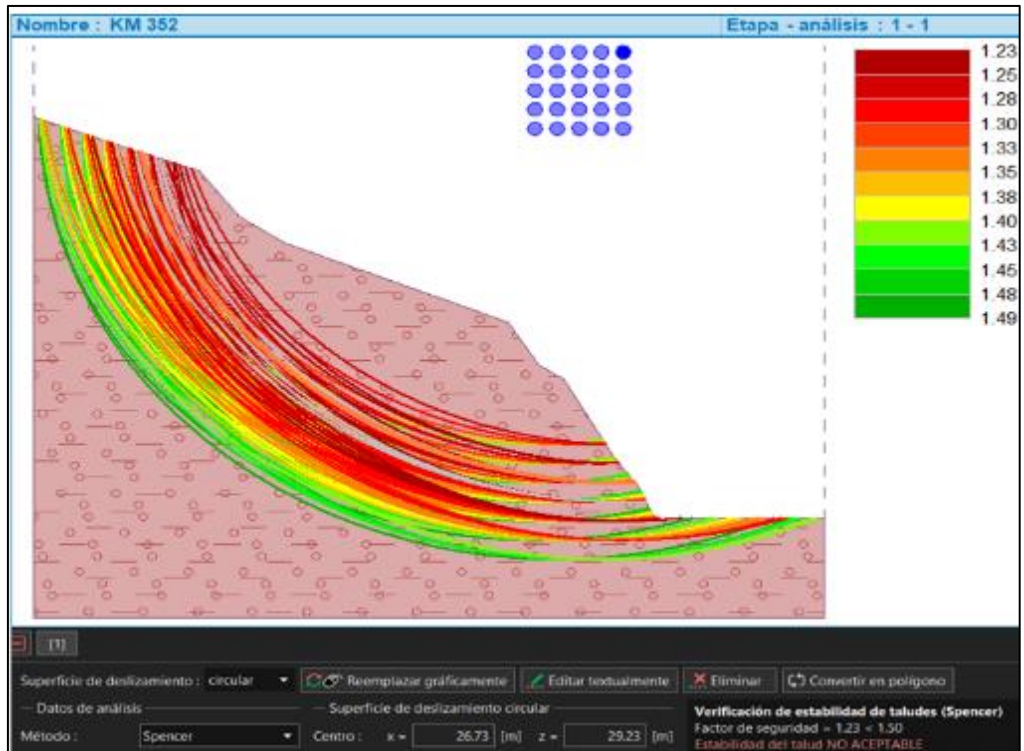
*Asignación de los parámetros de la sección-02 "km 347" (Geo5)*

### **Interpretación:**

En las **figuras 18 y 19**, se observa los parámetros geotécnicos de los suelos asignados en el programa Geo5 (versión DEMO) tanto para los km 252 y km 347, con un tipo de fuerza Mohr-Coulomb.

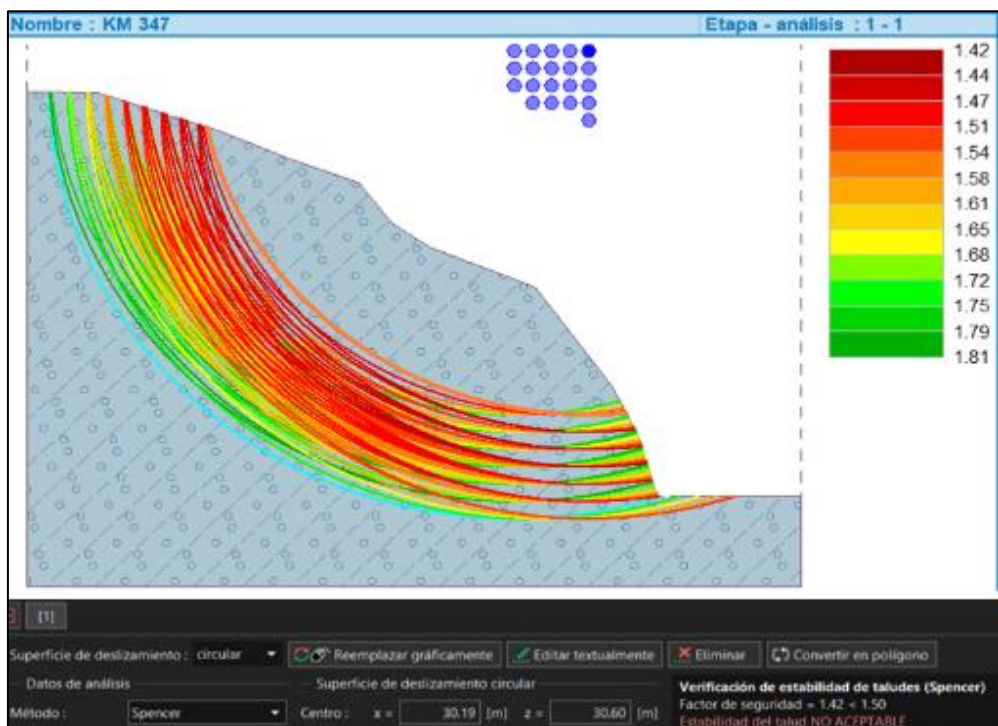
**Figura 20**

*Índice de seguridad del km 352 por el método Spencer (Geo5)*



**Figura 21**

*Índice de seguridad del km 347 por el método Spencer (Geo5)*



### **Interpretación:**

En las **figuras 20 y 21**, se obtiene los índices de seguridades por el enfoque Spencer en ambos taludes estudiados, con valores de 1.23 y 1.42, para el km 352 y km 347 respectivamente; se puede deducir claramente que tampoco superan el índice recomendado por la norma peruana que es mayor 1.5.

**Tabla 5**

*Índices de seguridad del km 352 y km 347 en ambos softwares (Slide y Geo5)*

Talud	Metodo Spencer		Norma E050
	Slide	Geo 5	
km 352	1.026	1.23	1.5
km 347	1.038	1.42	1.5

### **Nota:**

Como se puede ver, los índices de ambos taludes examinados están por debajo de 1.5 en ambos programas Slide y Geo5.

#### **4.1.4 ÍNDICES DE SEGURIDAD CON LA PRIMERA SOLUCIÓN (BANQUETAS) SOFTWARE SLIDE**

En base a la **tabla 6**, sugerido por el Manual de Carreteras DG-2018, la cual podemos optar por el correcto y adecuada relación de corte, como se mencionó para los taludes Km 352 y Km 347 se trata de un suelo “arcilla arenosa de baja plasticidad con grava (CL)”, por ende, en base a ello y a las alturas que también de 25,78m (seccion-01) y 28,18 m (sección-02) se tendrá que tomar en cuenta banquetas y una relación de 1:1 por conveniencia.

**Tabla 6**

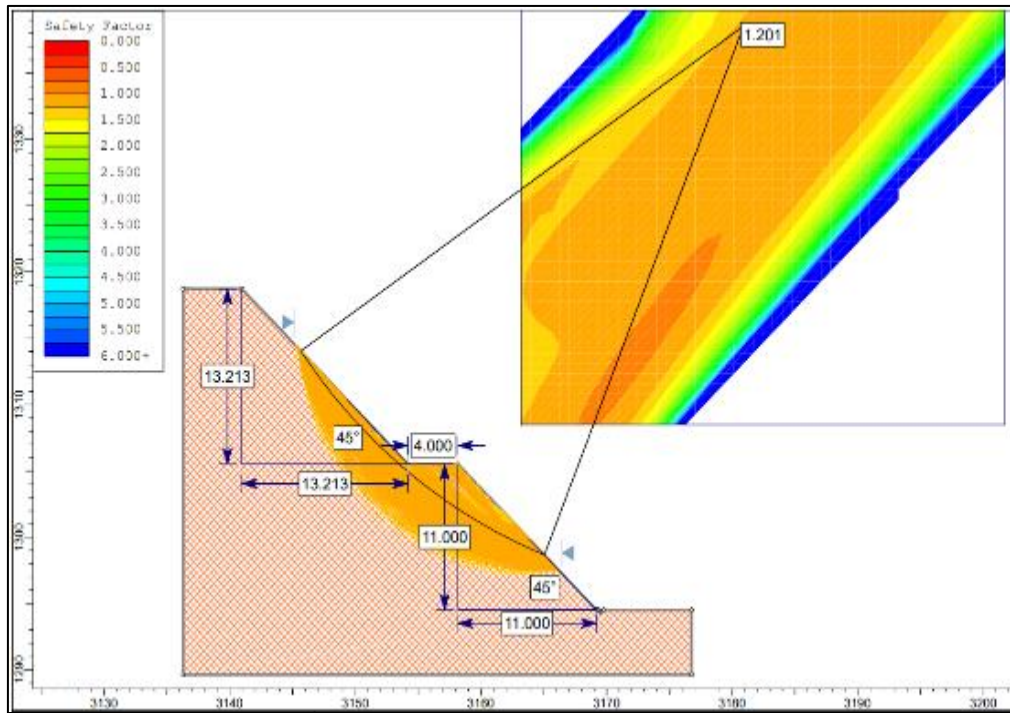
*Valores recomendados de corte por el tipo de material*

Clasificación de suelos de corte	Roca Fija	Roca Suelta	Material			
			Graba	Limo arcilloso	Arenas	
Altura del corte	< 5 m	1:10	1:6-1:4	1:1-1:3	1:1	2:1
	5 - 10 m	1:10	1:4-1:2	1:1	1:1	*
	> 10 m	1:8	1:2	*	*	*

\* requiere banquetas y estudio de estabilidad

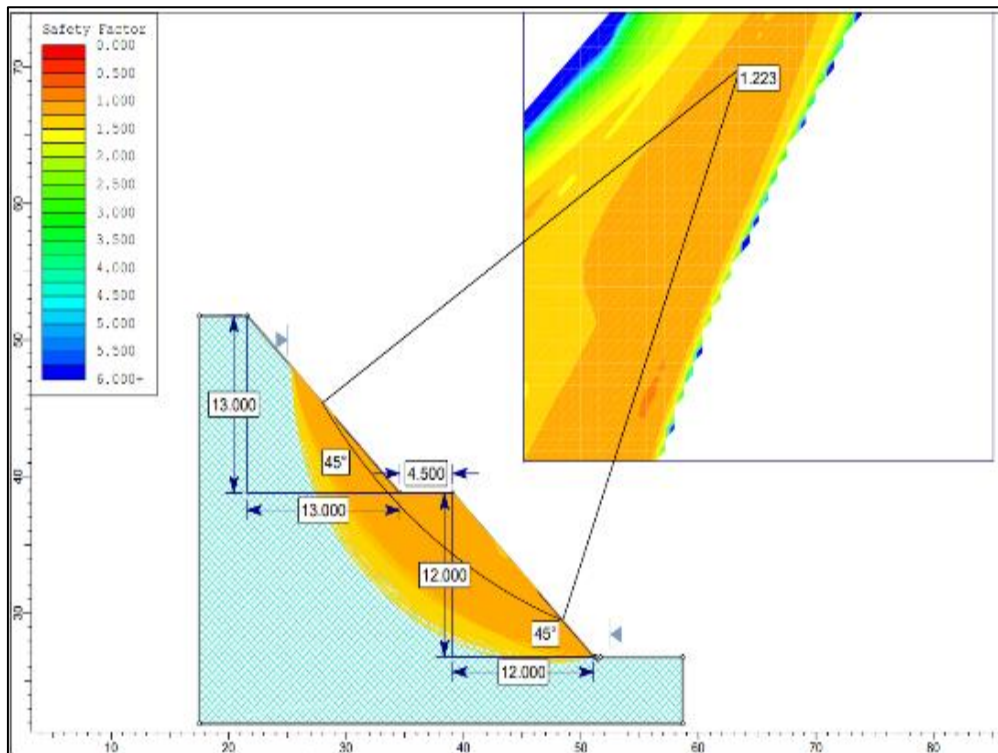
**Figura 22**

*Índice de seguridad por Spencer del km 352, con Banquetas (Slide)*



**Figura 23**

*Índice de seguridad por Spencer del km 347, con Banquetas (Slide)*



## Interpretación

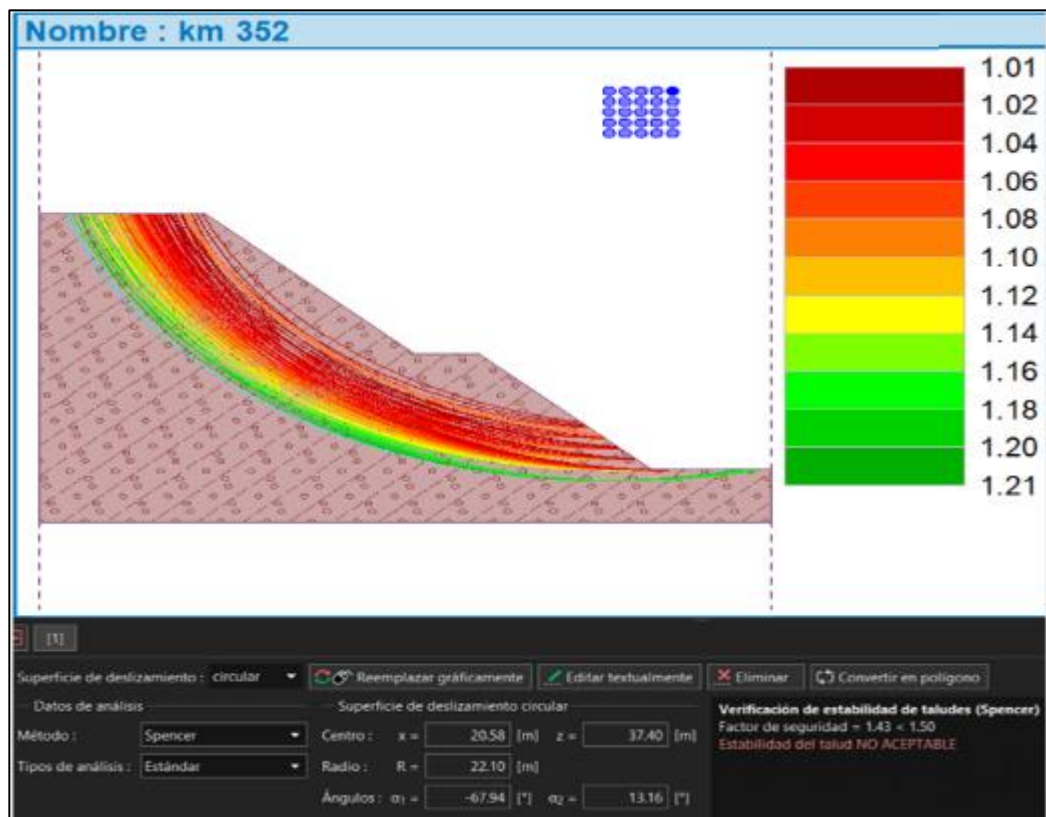
En la **figura 22 y 23** se obtiene los índices de seguridades por el enfoque Spencer en ambos taludes estudiados, con valores de 1.201 y 1.223, para el km 352 y km 347 respectivamente; se puede deducir claramente que aún no superan el índice recomendado por la norma peruana que es mayor 1.5.

### 4.1.5 ÍNDICES DE SEGURIDAD CON LA PRIMERA SOLUCIÓN (BANQUETAS) SOFTWARE GEO 5

De la misma manera se tendrá que tomar en cuenta banquetas y una relación de 1:1 para los taludes de los km 352 y km 347 en el software Geo5.

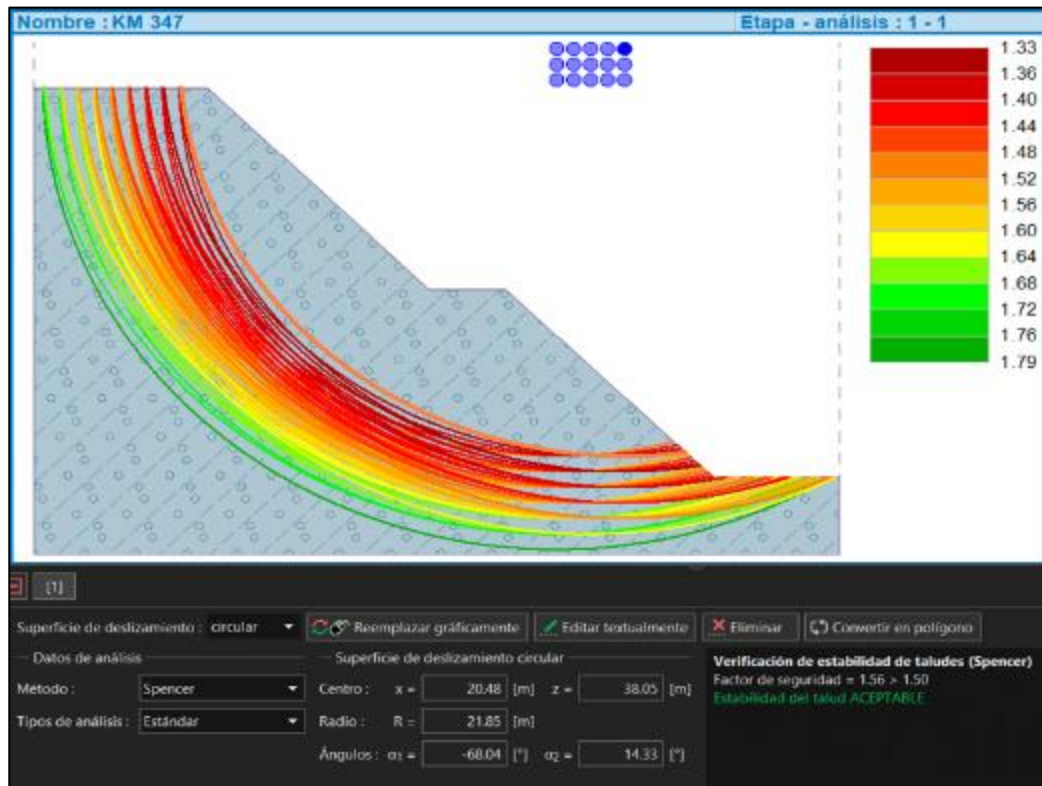
**Figura 24**

*Índice de seguridad por Spencer del km 352, con Banquetas (Geo5)*



**Figura 25**

*Índice de seguridad por Spencer del km 347, con Banquetas (Geo5)*



### Interpretación

En la **figura 24 y 25** se obtiene los índices de seguridades por el enfoque Spencer en ambos taludes estudiados, con valores de 1.43 y 1.56, para el km 352 y km 347 respectivamente; se puede deducir claramente que la primera no falta mucho para superar el 1.5, en caso contrario para el km 347 el factor si supera en recomendado.

**Tabla 7**

*Índice de seguridad del km 352 y km 347 con Banquetas en ambos softwares (Slide y Geo 5)*

Talud	Metodo Spencer		Norma E050
	Slide	Geo 5	
km 352	1.201	1.43	1.5
km 347	1.223	1.56	1.5

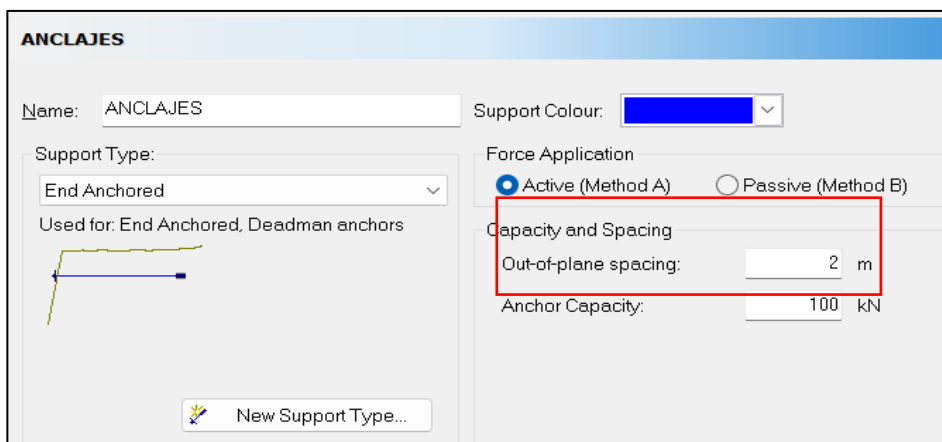
**Nota:**

Como se puede ver, los índices obtenidos por el programa Slide aún están por debajo de 1.5, pero respecto al programa Geo5 los valores obtenidos ya casi supera y superan en el caso del km 347.

**4.1.6 ÍNDICES DE SEGURIDAD CON LA SEGUNDA SOLUCIÓN (ANCLAJES) EN EL SOFTWARE SLIDE**

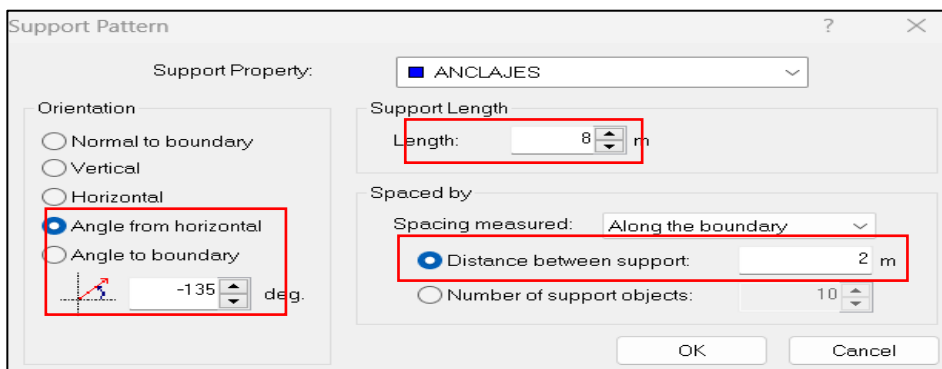
**Figura 26**

*Carga y espaciamiento horizontal del anclaje para el Km 352 (Slide)*



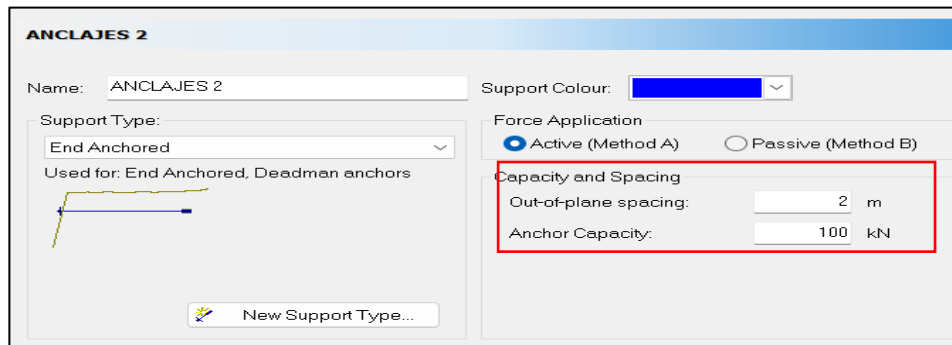
**Figura 27**

*Angulo, longitud y espaciamiento vertical del anclaje para el Km 352 (Slide)*



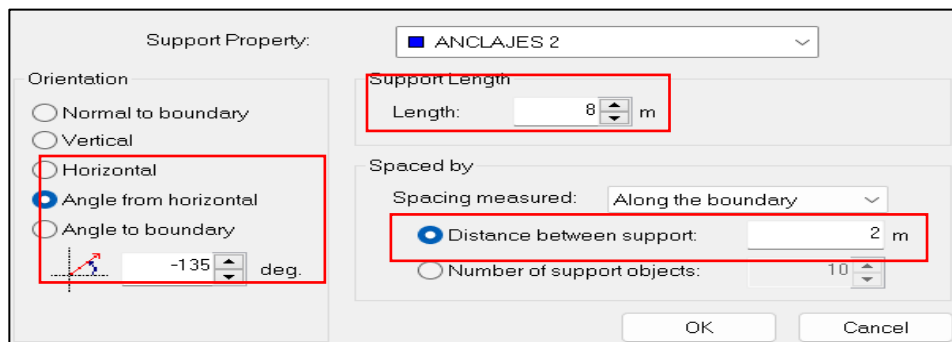
**Figura 28**

*Carga y espaciamento horizontal del anclaje para el Km 347 (Slide)*



**Figura 29**

*Angulo, longitud y espaciamento vertical del anclaje para el Km 347 (Slide)*

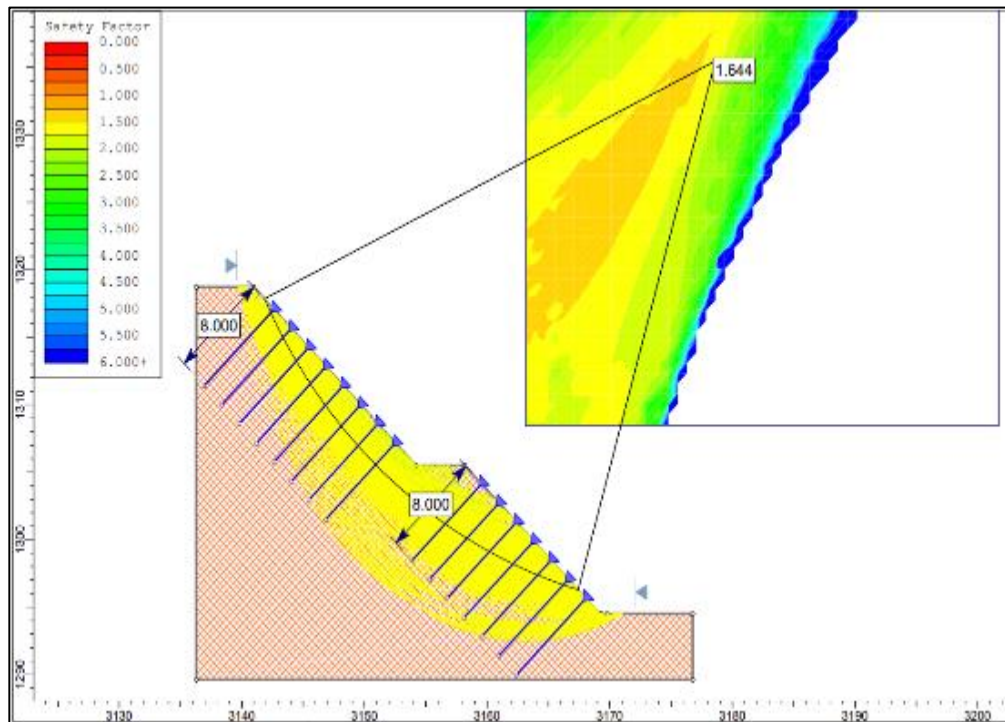


### **Interpretación**

En las **figuras 26 y 27**, se observa todo referente a los anclajes del km 352, con respecto a la capacidad de carga se optó por 100 KN, con separación horizontal de 2m y el ángulo de colocación es en base al corte del talud de 45° para la relación 1:1, con una longitud de anclaje de 8 m; de manera similar es respecto al km 347, como se observa en las **figuras 28 y 29**.

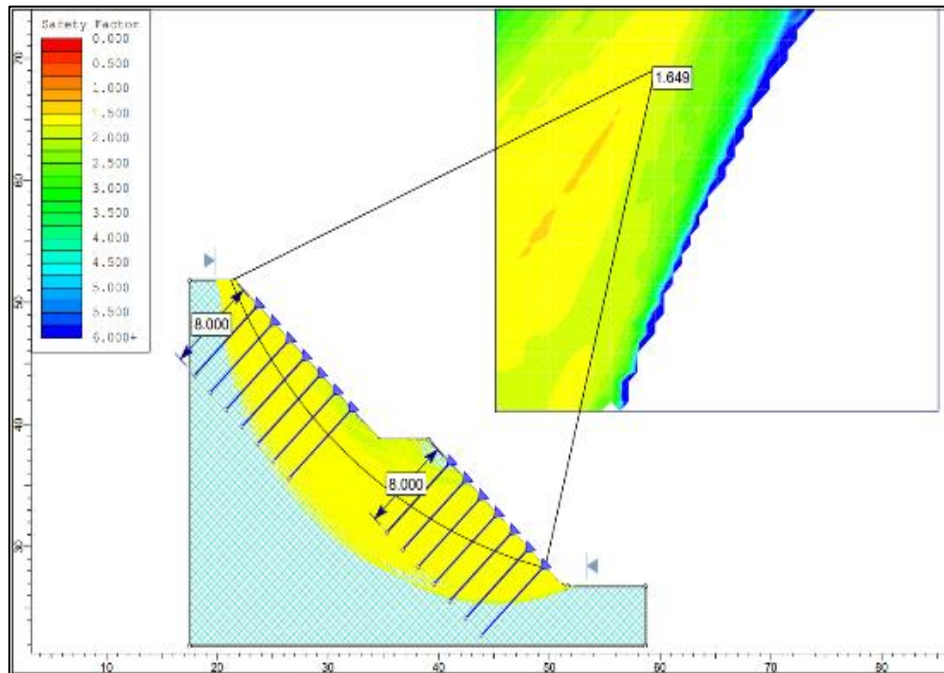
**Figura 30**

*Índice de seguridad por Spencer del km 352, con Anclajes (Slide)*



**Figura 31**

*Índice de seguridad por Spencer del km 347, con Anclajes (Slide)*



### Interpretación

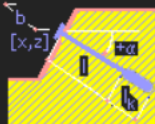
En las **figuras 30 y 31**, se obtiene índices de seguridad para el km 352 de 1.664 y para el km 347 un valor de 1.649, por lo cual si lograr superar al mínimo establecido de 1.5 por la norma.

#### 4.1.7 ÍNDICES DE SEGURIDAD CON LA SEGUNDA SOLUCIÓN (ANCLAJES) EN EL SOFTWARE GEO5

**Figura 32**

*Fuerza, espaciamiento, ángulo y longitud de los anclajes para el Km 352 (Geo5)*

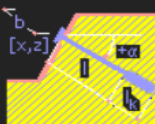
— Datos de anclaje	
Punto de inicio :	x = <input type="text" value="11.65"/> [m]
	z = <input type="text" value="27.97"/> [m]
longitud libre :	l = <input type="text" value="8.00"/> [m]
Longitud de la raíz :	l <sub>k</sub> = <input type="text" value="0.00"/> [m]
Pendiente :	α = <input type="text" value="135.00"/> [°]
Espaciado entre anclajes :	b = <input type="text" value="2.00"/> [m]
— Fuerza	
Fuerza de tesado :	F = <input type="text" value="100.00"/> [kN]



**Figura 33**

*Fuerza, espaciamiento, ángulo y longitud de los anclajes para el Km 352 (Geo5)*

— Datos de anclaje	
Punto de inicio :	x = <input type="text" value="19.10"/> [m]
	z = <input type="text" value="21.00"/> [m]
longitud libre :	l = <input type="text" value="8.00"/> [m]
Longitud de la raíz :	l <sub>k</sub> = <input type="text" value="0.00"/> [m]
Pendiente :	α = <input type="text" value="135.00"/> [°]
Espaciado entre anclajes :	b = <input type="text" value="2.00"/> [m]
— Fuerza	
Fuerza de tesado :	F = <input type="text" value="100.00"/> [kN]



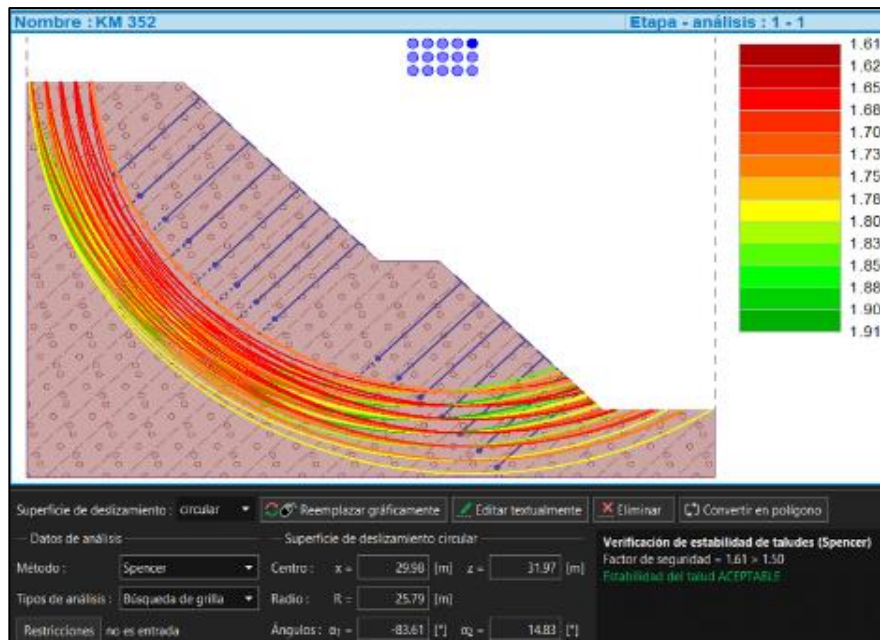
### Interpretación

En las **figuras 32 y 33**, se observa todo referente a los anclajes del km 352 y km 347, con respecto a la fuerza de tensado se optó por 100 KN, con

separación de 2m y una pendiente de 45° para la relación 1:1, con una longitud libre de 8 m.

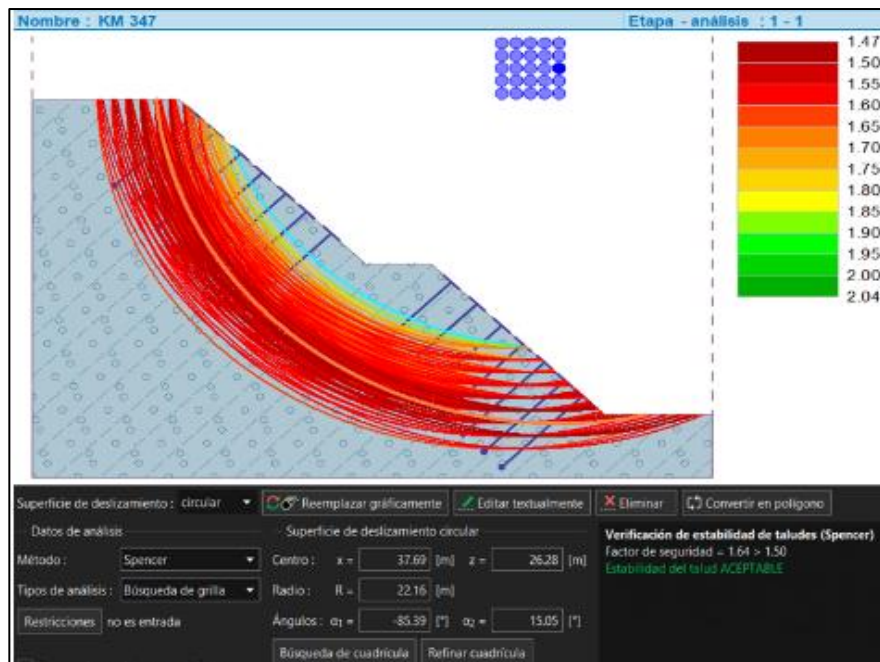
**Figura 34**

*Índice de seguridad por Spencer del km 352, con Anclajes (Geo5)*



**Figura 35**

*Índice de seguridad por Spencer del km 347, con Anclajes (Geo5)*



### **Interpretación**

En la **figura 34 y 35** se obtiene índices de seguridad para el km 352 de 1.61 y para el km 347 un valor de 1.64, por lo cual si lograr superar al mínimo establecido de 1.5 por la norma.

**Tabla 8**

*Índices de seguridad en km 352 y km 347 con Anclajes en ambos softwares (Slide y Geo 5)*

Talud	Método Spencer		Norma E050
	Slide	Geo 5	
<b>km 352</b>	1.644	1.61	1.5
<b>km 347</b>	1.649	1.64	1.5

*Nota. Como se puede ver, los índices obtenidos por el programa Slide están por encima de 1.5, de igual manera al programa Geo5 los valores obtenidos superan el mínimo establecido.*

#### 4.1.8 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

**Tabla 9**

*Resumen de factores de seguridad por software y escenario (km 352 y km 347)*

Software	Escenario	km 352	km 347	Promedio
Slide	Normal	1.026	1.038	1.032
Geo5	Normal	1.23	1.42	1.325
Slide	Banquetas	1.201	1.223	1.212
Geo5	Banquetas	1.43	1.56	1.495
Slide	Anclajes	1.664	1.649	1.657
Geo5	Anclajes	1.61	1.64	1.625

*Nota.* Valores extraídos de las corridas con método Spencer; anclajes cumplen E.050 en todos los casos; banquetas cumplen en Geo5 para km347 pero no en Slide; condiciones normales no cumplen. FS adimensional; Norma E.050 exige  $FS \geq 1.50$ .

#### Hipótesis 1 (H1) — Parámetros geotécnicos

Enunciado

**H0** (nula): Los parámetros geotécnicos (cohesión  $c$ , ángulo de fricción  $\phi$  y peso unitario  $\gamma$ ) no influyen en el factor de seguridad (FS).

**H1** (alternativa): Los parámetros geotécnicos ( $c$ ,  $\phi$ ,  $\gamma$ ) sí influyen en el FS.

**Tabla 10**

*Observación empírica de comparación directa de los factores de seguridad*

Datos (resumen de parámetros usados)			
	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c$ (kPa)	$\phi$ (°)
km 352	17.33	3.30	30.50
km 347	18.00	3.80	33.10
Observación empírica (comparación directa)			
	0.67	0.50	2.60
Mejora en parámetros (km352 → km347)			
%	3.90%	19%	8.50%
Resultado en FS (Slide normal)	1.026 → 1.038 ( $\Delta = +0.012$ , +1.17%).		
Resultado en FS (Geo5 normal)	1.230 → 1.420 ( $\Delta = +0.190$ , +15.45%).		

*Nota.* Se realizó Observación empírica (comparación directa) porque no es posible realizar una prueba estadística robusta (correlación o regresión) con  $n = 2$  observaciones. Con dos casos no pueden estimarse correlaciones con validez ni obtener p-valores confiables.

### **Contrastación H1 (parámetros geotécnicos):**

Se plantea que los parámetros geotécnicos (cohesión  $c$ , ángulo de fricción  $\phi$  y peso unitario  $\gamma$ ) influyen en el factor de seguridad. Comparando los perfiles estudiados, el perfil km 347 presenta mayores valores de  $c$  (3.8 kPa vs 3.3 kPa),  $\phi$  ( $33.10^\circ$  vs  $30.50^\circ$ ) y  $\gamma$  ( $\approx 18.00$  kN/m<sup>3</sup> vs 17.33 kN/m<sup>3</sup>), y simultáneamente muestra mayores factores de seguridad en condición normal (Slide: 1.038 vs 1.026; Geo5: 1.420 vs 1.230).

**Limitación estadística:** dado el reducido número de perfiles ( $n = 2$ ) no es posible validar H1 mediante pruebas estadísticas convencionales (correlación/regresión) con un nivel de confianza aceptable.

Por tanto, en términos prácticos e ingenieriles se acepta la hipótesis H1; es decir los parámetros geotécnicos (cohesión, ángulo de fricción y peso unitario) influyen significativamente en el factor de seguridad de los taludes críticos del tramo km 347 – km 352 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco.

### **Hipótesis 2 (H2) — Diferencias Slide vs Geo5**

#### **Enunciado**

**H0:** No existen diferencias significativas entre los factores de seguridad calculados por Slide y Geo5.

**H1:** Existen diferencias significativas entre los factores de seguridad calculados por Slide y Geo5.

#### **Prueba aplicada**

Prueba  $t$  de Student pareada (Geo5 vs Slide) usando los dos perfiles como pares (km352 y km347). Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .

**Tabla 11**

*Resultados (t prueba pareada)*

Escenario	t-stat	p-value	df	Media (Geo5 - Slide)	sd (diff)
Normal	3.292	0.1877	1	0.293	0.1259
Banquetas	5.241	0.12	1	0.283	0.0764
Anclajes	-1.4	0.3949	1	-0.0315	0.0318

**Nota.** Para normal:  $p = 0.1877 > 0.05$ , No rechazamos  $H_0$  (no diferencia estadísticamente significativa), para banquetas:  $p = 0.1200 > 0.05$ , No rechazamos  $H_0$  y para los anclajes:  $p = 0.3949 > 0.05$ , también No rechazamos  $H_0$ .

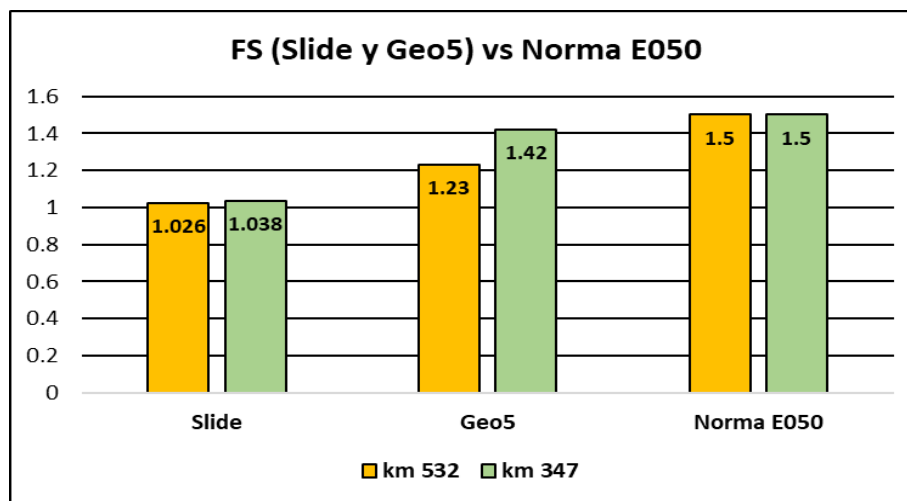
**Interpretación práctica (ingeniería)**

Aunque no hay significancia estadística al 5% (debido al muy pequeño tamaño muestral), la magnitud de la diferencia en Normal y Banquetas es relevante: la media Geo5 - Slide  $\approx +0.28$  FS. Esa diferencia puede llevar a decisiones distintas: por ejemplo, con Banquetas Geo5 da FS = 1.56 (km347), cumple E.050; mientras Slide da 1.223 no cumple.

Con Anclajes las diferencias son mínimas ( $\Delta \approx -0.03$ ) y ambas herramientas indican cumplimiento (FS > 1.50).

**Figura 36**

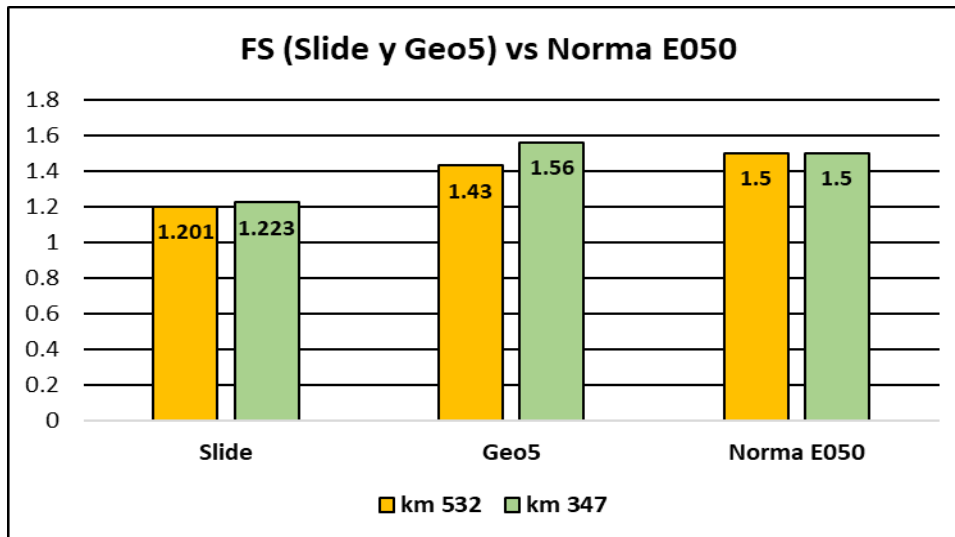
*Índices de seguridad comparado con la norma en condiciones normales (Enfoque Spencer)*



**Interpretación:** se observa mediante el grafico de barras que los índices obtenidos por Geo5 son mayores a los de Slide, pero ninguno iguala o sobrepasa al establecido por la Norma E050.

**Figura 37**

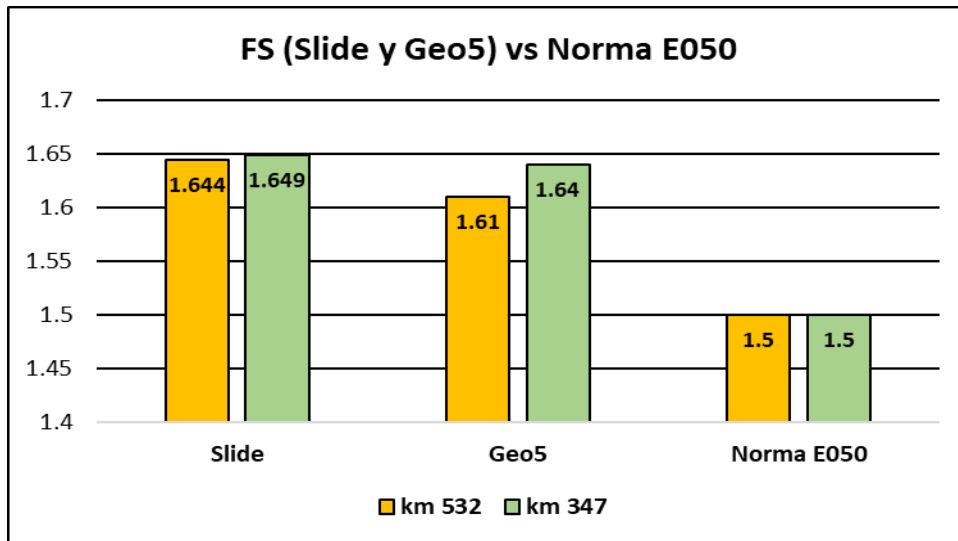
*Índices de seguridad comparado con la norma con banquetas (Enfoque Spencer)*



**Interpretación:** se empieza a observar el aumento de índice de seguridad en ambos softwares por la implementación de los cortes y las banquetas, en el caso del Slide aun no supera el establecido, pero en el Geo5 se observa un claro aumento y respecto al km 347 ya supero el 1.5.

**Figura 38**

*Índices de seguridad comparado con la norma con anclajes (Enfoque Spencer)*



**Interpretación:** es evidente que los valores de los dos taludes examinados (km 352 y km 347) en el software Slide y Geo5 superan los mínimos recomendados por la norma E050 ( $FS > 1.5$ ).

**Contrastación H2 (comparación Slide vs Geo5):**

Se aplicó la prueba t pareada ( $\alpha = 0.05$ ) comparando los FS obtenidos por Geo5 y Slide para los perfiles km 352 y km 347 en cada escenario (normal, banquetas, anclajes). Los resultados muestran p-values mayores a 0.05 en los tres escenarios; por tanto, estadísticamente no se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias.

Sin embargo, desde una perspectiva de ingeniería, las diferencias medias observadas en condiciones Normal y Banquetas ( $\approx +0.28$  FS a favor de Geo5) son de relevancia práctica, ya que afectan el cumplimiento de la Norma E.050 (por ejemplo, banquetas en km 347: Geo5 = 1.56 cumple; Slide = 1.223 no cumple). Se concluye que, aun cuando la prueba estadística no sea concluyente por limitación muestral, existe evidencia práctica de que los softwares pueden arrojar resultados distintos con impacto decisorio.

### Hipótesis 3 (H3) — Implicancias técnicas

#### Enunciado

**H0:** Las diferencias entre Slide y Geo5 no tienen implicancias técnicas relevantes para seleccionar la solución más efectiva.

**H1:** Las diferencias entre Slide y Geo5 sí tienen implicancias técnicas relevantes

**Tabla 12**

*Implicancias técnicas para la contrastación*

Banquetas:	Geo5 indica FS = 1.56 (km347)	Sugiere que banquetas podrían ser suficientes en ese perfil	Resultado: decisión distinta según software.
	Slide indica 1.223	Sugiere que banquetas no serían suficientes.	
Anclajes:	Ambos softwares indican FS > 1.5 para ambos perfiles	Ambos coinciden en que anclajes son una solución adecuada.	

*Nota.* Se observa la interpretación de los resultados obtenidos en los programas Slide y geo5 mediante las banquetas y anclajes.

#### Contrastación H3 (implicancias técnicas):

Los resultados demuestran que las diferencias entre Slide y Geo5 tienen implicancias prácticas y técnicas reales: en el caso de las banquetas, ambos softwares conducen a conclusiones distintas (cumplimiento vs no cumplimiento de la Norma E.050) en el perfil km 347; en el caso de anclajes, ambos coinciden en la recomendación. Por tanto, se acepta H3 en términos prácticos: las diferencias entre softwares condicionan la selección de la solución más efectiva y por lo tanto deben considerarse en el proceso de diseño (posible recomendación: optar por la solución que garantice  $FS \geq 1.50$  en ambos modelos o complementar con análisis de sensibilidad/costos).

## **Hipótesis general**

### **Enunciado general**

**H0:** La evaluación con Slide y Geo5 no permite identificar diferencias significativas ni seleccionar la solución más estable.

**H1:** La evaluación con Slide y Geo5 sí permite identificar diferencias y seleccionar la solución más estable.

### **Contrastación de la hipótesis general:**

Los análisis realizados muestran que: (a) se identifican diferencias en los factores de seguridad entre Slide y Geo5 (H2): estadísticamente no significativas con la muestra disponible ( $n = 2$ ), pero de relevancia práctica; (b) las variaciones en los parámetros geotécnicos (H1) se asocian con cambios en el FS (aceptada cualitativamente); (c) tales diferencias producen implicancias técnicas para la selección de soluciones (H3 aceptada en términos prácticos). Por tanto, la hipótesis general se acepta parcialmente que: La evaluación de los taludes críticos con Slide y Geo5, considerando las soluciones de banquetas y anclajes metálicos, permite identificar diferencias significativas en los factores de seguridad y seleccionar la solución más estable según la Norma E.050.

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1 PRESENTAR LA CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En el presente estudio, se utilizó el enfoque Spencer como método principal realizando un análisis de comparación con soluciones de banquetas y anclajes en la estabilidad de los taludes de los tramos km 352 y km 347 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco, mediante los softwares geotécnicos ya conocidos; Slide y Geo5.

Los hallazgos se contrastaron con investigaciones anteriores que examinaron la estabilidad de los taludes utilizando un análisis comparativo de programas, alternativas de solución y una variedad de técnicas de precisión.

Como **Ramos (2017)**, en su tesis tiene la finalidad de evaluar la estabilidad de los taludes de una mina a cielo abierto mediante el uso del programa LS-DYNA y comparar los resultados con un programa comercial (Slide), como se sabe LS-DYNA se basa en el método de elementos finitos y Slide por el método de equilibrio límite.

En cuanto a los resultados de los índices de seguridad, el programa Slide fue más conservador y los de LS-DYNA se puede afirmar que fueron más confiables ya que fueron mayores. En el caso de un sector de estudio que dio 2.64 y 3.26 respectivamente.

La cual también se coincide con nuestra tesis ya que para las condiciones iniciales de los taludes también el programa Slide fue muy conservador en comparación al Geo5, como lo muestra la **tabla 6**, de igual manera con la primera solución de banquetas seguían siendo menores (**tabla 7**), pero respecto a la segunda solución de anclajes los índices obtenidos por Slide fueron mayores que la Geo5, como se puede observar en la **tabla 8**.

Respecto a **Padro, et al., (2020)**, dado que la evaluación del talud de estudio arrojó un índice de seguridad menor a 1.5, su tesis propone una técnica de mitigación que consiste en reducir la pendiente del talud mediante

banquetas. Esto está en línea con nuestra tesis, ya que también utilizamos cortes y banquetes en los dos taludes del estudio como solución.

Pero no coincidimos con los resultados obtenidos en ya que los índices calculados por los tres métodos utilizados en el programa dieron un factor de seguridad menor a 0,5, en el caso del enfoque Spencer un valor de 0.396 lo que indicaba que el talud seguía siendo inestable e inseguro, caso contrario con el nuestro ya que los índices de seguridades subieron considerablemente en el software Slide y Geo5, en este último incluso logro superar el 1.5 (con el enfoque Spencer un promedio de 1.459).

Así como sostiene **Sierra (2019) y Grajales et al., (2018)** para realizar un análisis de los índices de seguridades prefirió el programa Geo5 ya que, su interfaz es fácil de usar, Geo5 ofrece una amplia gama de módulos que cubren una amplia gama de aspectos geotécnicos. Esto permite a los usuarios, incluso aquellos con menos experiencia en software geotécnico, acceder a herramientas poderosas. La cual también estamos de acuerdo con ello, solo que el inconveniente sería el guardado del archivo ya que la versión demo y triaxial no permiten guardar.

De igual forma **Llaique (2022), Silva (2018) y Sierra (2019)** eligieron el programa Slide porque facilita la ubicación de herramientas para realizar modelaciones, asignar materiales, datos geotécnicos de materiales y realizar análisis de manera fácil y didáctica, aunque sus resultados son conservadores a comparación del Geo5.

## CONCLUSIONES

- **OG:** El análisis exhaustivo concluye que los anclajes metálicos son la solución técnica más eficaz, ya que cumplen de manera constante con el  $FS \geq 1,50$  requerido por la Norma Técnica E.050 en todos los perfiles y softwares. Además, el software Geo5 tiende a reportar factores de seguridad más altos que Slide bajo todas las condiciones analizadas, lo cual puede tener un impacto en la selección de medidas de estabilización. Para taludes críticos, como los que se encuentran entre el km 347 y el km 352, se aconseja una evaluación conjunta en ambos programas y priorizar las respuestas de anclaje metálico con el fin de asegurar la seguridad estructural.
- **OE 1:** La valoración de los parámetros geotécnicos en los perfiles km 352 ( $\gamma = 17.33 \text{ kN/m}^3$ ,  $c = 3.3 \text{ kN/m}^2$ ,  $\phi = 30.5^\circ$ ) y km 347 ( $\gamma = 18.00 \text{ kN/m}^3$ ,  $c = 3.8 \text{ kN/m}^2$ ,  $\phi = 33.1^\circ$ ) demuestra que un aumento en la cohesión y el ángulo de fricción origina una subida en el factor de seguridad (FS). En condiciones normales, el FS aumentó de 1.026 a 1.038 (Slide) y de 1.23 a 1.42 (Geo5) del km 352 al km 347, lo que muestra el impacto beneficiosa de los parámetros más favorables. A pesar de que el tamaño de la muestra no demuestra la importancia estadística, en lo que respecta a ingeniería, el impacto es claro y significativo para mejorar los diseños de estabilización.
- **OE 2:** Se encontraron diferencias constantes entre los resultados de Geo5 y Slide. Slide reportó FS de 1.026 y 1.038 en circunstancias normales; Geo5, por su parte, presentó cifras de 1,23 y 1,42 para los mismos perfiles, lo que equivale a aumentos de hasta +0,382. En comparación con Geo5, que tuvo 1.43 y 1.56 (geo5), los FS fueron 1.201 y 1.223 (Slide) cuando se usaron banquetes. A pesar de que estas diferencias no son estadísticamente significativas, sí afecta el cumplimiento de la Norma Técnica E.050 ( $FS \geq 1.50$ ), lo cual puede resultar en diferentes conclusiones durante el diseño.
- **OE 3:** En la solución con banquetes, solamente el perfil km 347 modelado en Geo5 logró llegar al requerimiento normativo ( $FS = 1.56$ );

en Slide y en el otro perfil, por el contrario, no se rebasó dicho límite ( $FS \leq 1.43$ ). Por otro lado, tanto los perfiles como los softwares cumplieron con la norma cuando se utilizaron anclajes metálicos: Geo5 (1.61 y 1.64) y Slide (1.664 y 1.649). Esto supone que, en taludes con propiedades semejantes a las analizadas, los anclajes metálicos son más seguros que las banquetes, disminuyendo así el peligro de inestabilidad y acatando la normativa vigente en todos los escenarios simulados.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda una caracterización profunda de los parámetros geotécnicos en función de las condiciones específicas de la zona de estudio para futuras investigaciones geotécnicas. La necesidad espacial de las propiedades del suelo puede afectar significativamente los resultados de los análisis de estabilidad, por lo que es esencial prestar una mayor atención a la recopilación precisa y representativa de datos geotécnicos.
- Respecto los resultados del software Geo5 se recomienda solicitar la versión trial ya que la versión Demo, viene con un suelo predefinido y dimensiones limitadas de la estructura, en comparación con la versión trial te permite conservar los parámetros geotécnicos introducidos, además realizar la combinación de varios métodos existentes como Fellenius, Bishop, Janbu y Morgenstern -Price, serian de ayuda para una mayor comparación.
- Ahora respecto al software Slide se recomienda verificar que las unidades los datos geotécnicos sean precisos y correctas al momento de cargarlos en el software, ya que de ello depende obtener resultados confiables en el análisis de estabilidad, también se recomienda tener consideración respecto a las propiedades de los anclajes para un correcto análisis.
- Por último, respecto a la colocación de los anclajes, se recomienda verificar y tener consideración la distribución de manera equitativa en el talud ya al tener en consideración esto podría tener un impacto en la eficacia de la certeza, además se recomienda tener en cuenta su tipo ya sean temporales o permanentes; ya que asegurarse el tipo de anclaje correcto y ayuda en el comportamiento en los programas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Chavez Huaman A. (2021). *Análisis comparativo de estabilización de taludes empleando muros de contención vs geomallas en el Parque Cultural Bicentenario, Ventanilla 2021*. Universidad César Vallejo.  
<https://doi.org/https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/85143?show=full>
- Chowdhury, R. . (2014). *Slope Stability Analysis: Concepts and Applications*. CRC Press. <https://doi.org/https://pdfkeys.com/download/2112321-Slope%20Stability%20Engineering%20Developments%20And%20Applications%20Proceedings%20Of%20The%20International%20Conference%20On%20Slope%20Stability.pdf>
- Dunnicliff, J. (1993). *Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance*. John Wiley & Sons.  
[https://doi.org/https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/nchrp/nchrp\\_syn\\_89.pdf](https://doi.org/https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/nchrp/nchrp_syn_89.pdf)
- Farías Ramírez, G. y Yanayaco Salomé, A. . (2020). *Propuesta de criterios para el diseño de anclajes en taludes mediante Equilibrio Límite con un análisis de sensibilidad en un suelo uniforme de grava bien graduada en el conglomerado de Lima Metropolitana- Perú*. . Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.  
<https://doi.org/https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/648886>
- Fredlund, D. G., y Krahn, J. . (2018). *Soil Mechanics for Unsaturated Soils*. . John Wiley & Sons.  
<https://doi.org/https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470172759>
- Grajales P. y Ramírez M. . (2018). *ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE UN TALUD DERIVADO DE CENIZAS VOLCÁNICAS UBICADO EN LA*

VÍA CERRITOS LA VIRGINIA. UNIVERSIDAD LIBRE.

<https://doi.org/https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/17053>

Hernández, Fernando y Baptista. (2010). *Metodología de la investigación - Sexta Edición*. Mc Graw Hill Education.

[https://doi.org/https://www.esup.edu.pe/wp-](https://doi.org/https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-)

[content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-](https://doi.org/https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-)

[Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf](https://doi.org/https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-)

Llaique Chane, N. R. . (2022). *Evaluación, análisis y estabilidad de taludes con el Sistema Erdox en la carretera PE-28B del km 152+045 al km 152+195 - Kepashiato - Kiteni*. Universidad Continental.

<https://doi.org/https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12228>

Martínez Torre, M. . (2019). *DIMENSIONAMIENTO DE BANQUETAS Y RAMPA PARA LA ESTABILIDAD EN LA EXPLOTACIÓN DE CANTERA KUKYS, SAN JERÓNIMO – ANDAHUAYLAS - APURIMAC*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO.

<https://doi.org/https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/5696>

Ministerio de Vivienda, C. S. . (2017). *Guía para la estabilidad de taludes en carreteras*. Lima, Perú. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

<https://doi.org/https://www.jorgealvahurtado.com/files/Manual%20de%20Proteccion%20de%20Taludes.pdf>

Muñoz Ramírez, M. . (2017). *Evaluación de soluciones de estabilidad para deslizamientos en tres tramos críticos de la carretera Ilabaya – Cambaya – Camilaca, distrito de Ilabaya – Jorge Basadre – Tacna*.

UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS.

<https://doi.org/https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/621939>

Musil, M., y Trnka, J. . (2013). *Geo5 Software Applications in Geotechnical Engineering Practice. In Proceedings of the European Regional Conference of International Association for Engineering Geology and the Environment.* . Springer.

<https://doi.org/https://www.finesoftware.eu/geotechnical-software/>

Prado G., Aguilar G. y Cruz T. . (2020). *ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD DE LA CARRETERA NIC.7 EN EL KM 176, MUNICIPIO DE SANTO TOMAS, DEL DEPARTAMENTO DE CHONTALES.*

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-Managua.

<https://doi.org/https://repositorio.unan.edu.ni/12506/>

Ramos Vasquez, A. A. (2017). *ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES EN ROCAS SIMULACION CON LS-DYNA Y COMPARACION CON SLIDE.* UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID.

[https://doi.org/https://oa.upm.es/47326/1/TFM\\_ABEL\\_ANTONIO\\_RAMOS\\_VASQUEZ.pdf](https://doi.org/https://oa.upm.es/47326/1/TFM_ABEL_ANTONIO_RAMOS_VASQUEZ.pdf)

Reglamento Nacional de Edificaciones . (2016). *CE.020 Suelos y Taludes.*

Reglamento Nacional de Edificaciones .

<https://doi.org/http://www.munisantamariadelmar.gob.pe/documentos/Licencia%20de%20Edificacion%202/titulo2/2/CE.020%20SUELOS%20Y%20TALUDES%20DS%20N%C2%B0%20017-2012.pdf>

Rocscience. (2020). *Slide: Limit equilibrium slope stability analysis.*

Rocscience.

<https://doi.org/https://www.rocscience.com/software/slide2>

Sierra C. . (2019). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA SOLUCIÓN DE ESTABILIDAD DE TALUDES, POR MEDIO DE SOFTWARE*

*GEOTÉCNICOS, PARA EL KM 79 +625 DEL TRAMO SEIS:  
AMPLIACIÓN DEL TERCER CARRIL VIA ANAPOIMA – MOSQUERA  
CUNDINAMARCA. UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA.*  
<https://doi.org/https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/36768>

Smith, J. D., y Johnson, A. B. (2019). *Application of Geotechnical Software in Slope Stability Analysis*. Journal of Geotechnical Engineering.  
[https://doi.org/https://www.srk.com/en/services/pit-slope-stability?gad=1&gclid=Cj0KCQjwib2mBhDWARIsAPZUn\\_kjBcqag1h7yBHKv-WYXraf5okP\\_sxGngxTnRomVluqHwQvficNAEUaAjDbEALw\\_wcB](https://doi.org/https://www.srk.com/en/services/pit-slope-stability?gad=1&gclid=Cj0KCQjwib2mBhDWARIsAPZUn_kjBcqag1h7yBHKv-WYXraf5okP_sxGngxTnRomVluqHwQvficNAEUaAjDbEALw_wcB)

Tapia Alfaro, A. . (2009). *COMPARATIVA DE LOS METODOS DE CALCULO EN ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES*. Universidad Politecnico Nacional.  
[https://doi.org/https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-915X2013000100003](https://doi.org/https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-915X2013000100003)

### **COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Gamarra Miranda, L (2026). *Análisis de solución en la estabilidad de talud, utilizando los softwares geotécnicos Slide y Geo5, en el km 347- km 352 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco-2023* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH. <http://...>

**ANEXOS:**

## **ANEXOS**

# ANEXO 1

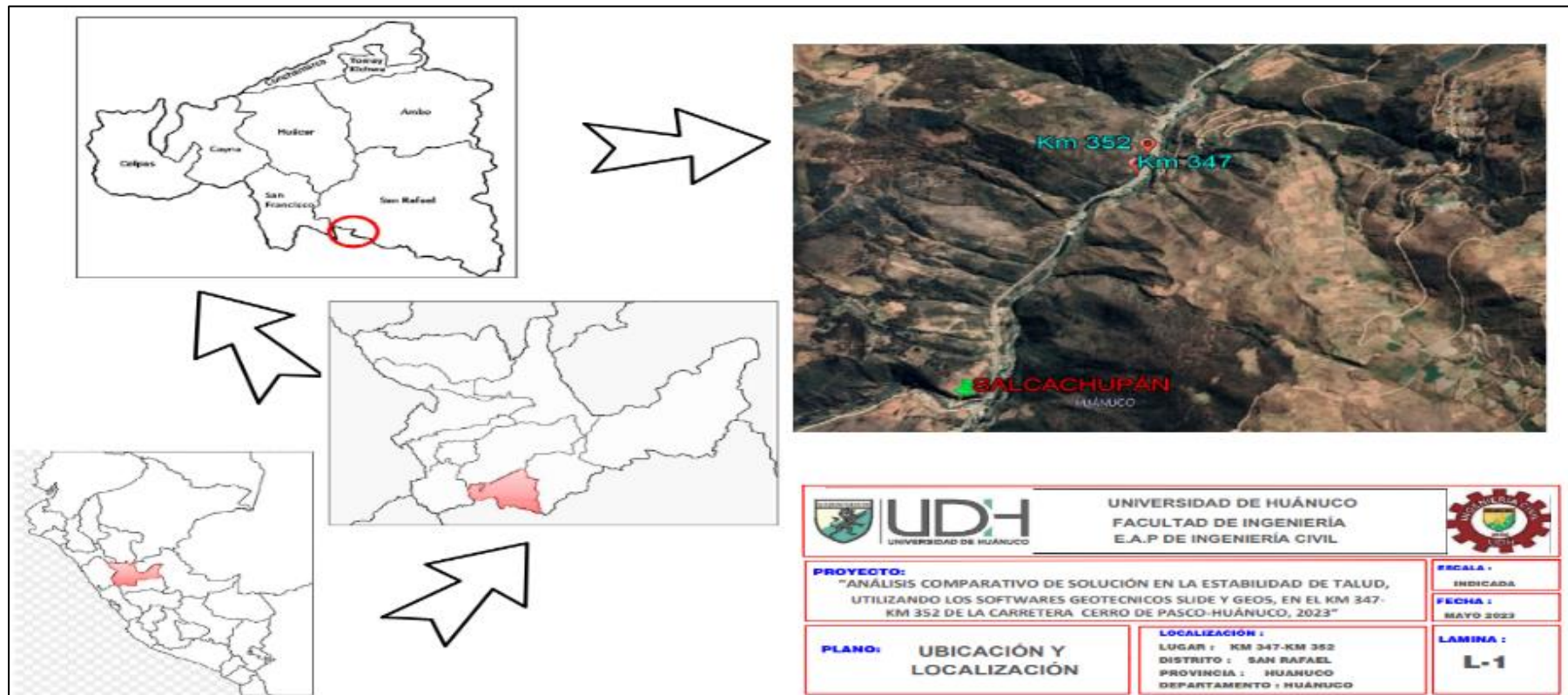
## MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TÍTULO: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE SOLUCIÓN EN LA ESTABILIDAD DE TALUD, UTILIZANDO LOS SOFTWARES GEOTÉCNICOS SLIDE Y GEO5, EN EL KM 347- KM 352 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO -HUÁNUCO-2023”**

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología	Población y muestra
<p><b>Problema general:</b> ¿Cuál software geotécnico, Slide o Geo5, y cuál solución técnica, banquetas o anclajes metálicos, brinda mayor estabilidad a los taludes críticos del tramo km 347 – km 352 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco, según los factores de seguridad establecidos en la Norma Técnica E.050?</p> <p><b>Problema específico:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cómo influyen los parámetros geotécnicos (cohesión, ángulo de fricción y peso unitario) en los factores de seguridad de los taludes críticos del tramo km 347 – km 352 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco?</li> <li>• ¿Cuáles son los factores de seguridad obtenidos en los softwares Slide y Geo5 para los taludes críticos, en condiciones normales y aplicando las soluciones técnicas de banquetas y anclajes metálicos?</li> <li>• ¿Qué diferencias existen entre los resultados de los factores de seguridad obtenidos por Slide y Geo5, y qué implicancias presentan para la selección de la solución más efectiva en la estabilización de taludes?</li> </ul>	<p><b>Objetivo General</b> Determinar, mediante los softwares geotécnicos Slide y Geo5, qué solución técnica banquetas o anclajes metálicos proporciona mayor estabilidad a los taludes críticos del tramo km 347 – km 352 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco, de acuerdo con la Norma Técnica E.050.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar la influencia de los parámetros geotécnicos (cohesión, ángulo de fricción y peso unitario) en el factor de seguridad de los taludes críticos del tramo km 347 – km 352 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco.</li> <li>• Comparar los factores de seguridad obtenidos en los softwares Slide y Geo5 para los taludes críticos, en condiciones normales y aplicando las soluciones técnicas de banquetas y anclajes metálicos.</li> <li>• Identificar las diferencias y similitudes entre los resultados de Slide y Geo5; y determinar sus implicancias técnicas para la selección de la solución más efectiva en la estabilización de taludes.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis General</b> La evaluación de los taludes críticos con Slide y Geo5, considerando las soluciones de banquetas y anclajes metálicos, permite identificar diferencias significativas en los factores de seguridad y seleccionar la solución más estable según la Norma E.050.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los parámetros geotécnicos (cohesión, ángulo de fricción y peso unitario) influyen significativamente en el factor de seguridad de los taludes críticos del tramo km 347 – km 352 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco.</li> <li>• Existen diferencias significativas en los factores de seguridad obtenidos entre los softwares Slide y Geo5 para los taludes críticos, tanto en condiciones normales como con las soluciones técnicas de banquetas y anclajes metálicos.</li> <li>• Las diferencias encontradas entre los resultados de Slide y Geo5 tienen implicancias técnicas relevantes para determinar la solución más efectiva en la estabilización de taludes.</li> </ul>	<p><b>Variable dependiente:</b> • La estabilidad de Talud</p> <p><b>Variable independiente:</b> • Los softwares geotécnicos</p>	<p><b>Enfoque</b> • Es cuantitativo.</p> <p><b>Alcance o nivel</b> • Es de nivel comparativo y explicativo</p> <p><b>Diseño</b> • Es de diseño no experimental.</p>	<p><b>Población</b> Todos los taludes presentes en el tramo comprendido entre los kilómetros 347 y 352 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco, caracterizados por pendientes pronunciadas y riesgo de deslizamientos.</p> <p><b>Muestra</b> Dos perfiles de taludes seleccionados por su mayor criticidad, localizados en el km 347+000 y el km 352+000, determinados a partir del levantamiento topográfico y el análisis de la geometría del terreno.</p>

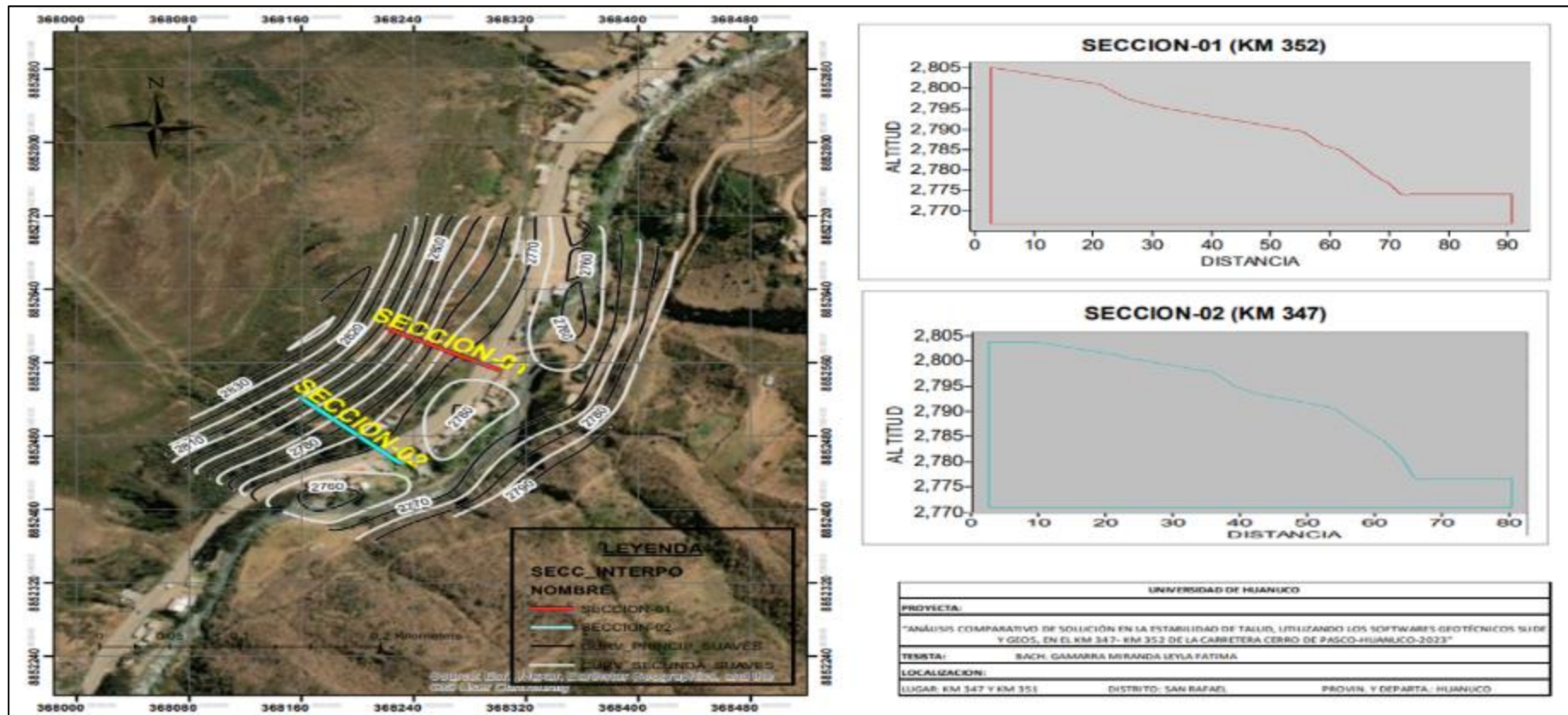
## ANEXO 2

### PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO



## ANEXO 3

### PLANO TOPOGRAFICO Y PEFILES DE LAS SECCIONES



## ANEXO 4

### ESTUDIO DE SUELOS

#### INFORME TECNICO Y ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN



**LABORTEC**  
LABORATORIO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO



**TESIS:**  
**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE SOLUCIÓN EN LA ESTABILIDAD DE TALUD, UTILIZANDO LOS SOFTWARES GEOTÉCNICOS SLIDE Y GEO5, EN EL KM 347- KM 352 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO-HUANUCO-2023”**

**TESISTA:**

**BACH. GAMARRA MIRANDA LEYLA FATIMA**

**UBICACIÓN:**

**DISTRITO : SAN RAFAEL**  
**PROVINCIA : AMBO**  
**REGIÓN : HUÁNUCO**

**EJECUTADO:**

**LABORTEC E.I.R.L**

**INGENIERO ESPECIALISTA:**

**ELIO AUGUSTO SAAVEDRA CABRERA**  
**CIP N° 306932**

**AGOSTO DEL 2025**



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



## ÍNDICE

1.	DESCRIPCION DEL PROYECTO .....	4
1.1	INTRODUCCIÓN .....	4
1.2	OBJETIVOS .....	4
1.3	UBICACIÓN .....	4
1.4	ACCESO AL AREA DE ESTUDIO .....	7
1.5	CONDICION CLIMÁTICA DE LA ZONA .....	8
2.	INVESTIGACIONES EN CAMPO .....	10
2.1	Registro De Calcatas .....	10
2.2	Muestreo De Suelos .....	10
3.	GEOMORFOLOGIA, GEOLOGIA, GEOTECNIA Y SISMICIDAD .....	13
3.1	GEOMORFOLOGÍA .....	13
3.2	GEOLOGÍA .....	14
3.2.1	Litoestratigrafía .....	14
3.3	CARTOGRAFÍA UTILIZADA .....	14
3.4	RIESGOS GEOLÓGICOS .....	16
3.4.1	Geodinámica Externa .....	16
3.4.2	Geodinámica Interna .....	17
3.5	SISMICIDAD .....	17
4.	GEOTECNIA DEL ÁREA DE ESTUDIOS .....	20
4.1	INVESTIGACIÓN DE CAMPO .....	20
4.2	ENSAYOS DE LABORATORIO .....	20
4.3	TRABAJOS EN LABORATORIO .....	21
4.4	PERFIL ESTRATIGRAFICO .....	24
5.	ANÁLISIS DE LA CIMENTACION DE LAS DIVERSAS ESTRUCTURAS .....	25
5.1	Objetivo del Estudio .....	25
5.2	Profundidad de la Cimentación .....	25
5.3	Tipo de Cimentación .....	25
5.4	Cálculo de la Capacidad Portante Admisible .....	26
5.4.1	Cálculo de la Capacidad Portante Calicata – 01 / km 352 .....	26
5.4.2	Cálculo de la Capacidad Portante Calicata – 02 / km 347 .....	27
5.5	Calculo de Asentamientos Totales .....	28
5.5.1	Calculo de asentamientos totales C-01 / km 352 .....	29
5.5.2	Calculo de asentamientos totales C-02 / km 347 .....	30
6.	CALCULO DE COEFICIENTE DE BALASTO .....	30
7.	PARÁMETROS DE EMPUJE LATERAL DE TIERRAS .....	31



Ing. Elio A. Santvedra Cabrera  
CIP N° 306822



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



8.	AGRESIÓN QUÍMICA DEL SUELO A LA CIMENTACIÓN .....	32
9.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	34
9.1	CONCLUSIONES .....	34
9.2	RECOMENDACIONES .....	35

  
 Ing. Elio A. Savedra Cabrera  
CIP N° 306822



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



## MEMORIA DESCRIPTIVA

### 1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

#### 1.1 INTRODUCCIÓN

El presente informe de Estudio de Suelos, corresponde al Proyecto: **"ANÁLISIS COMPARATIVO DE SOLUCIÓN EN LA ESTABILIDAD DE TALUD, UTILIZANDO LOS SOFTWARES GEOTÉCNICOS SLIDE Y GEOS, EN EL KM 347- KM 352 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO-HUANUCO-2023"**. El que se ha desarrollado dentro de los lineamientos que establece los términos de referencia. Está ubicado en el Distrito de San Rafael, Provincia de Ambo, Departamento de Huánuco. Por la necesidad de disponer de una buena infraestructura básica de transportes, promover mejores oportunidades de ingresos económicos, generación de empleos, consolidar la integración vial y económica de los pobladores de las zonas urbanas del Distrito de San Rafael.

#### 1.2 OBJETIVOS

El objetivo general del Estudio de Suelos y análisis de la configuración estratigráfica del proyecto: **"ANÁLISIS COMPARATIVO DE SOLUCIÓN EN LA ESTABILIDAD DE TALUD, UTILIZANDO LOS SOFTWARES GEOTÉCNICOS SLIDE Y GEOS, EN EL KM 347- KM 352 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO-HUANUCO-2023"**, es realizar la prospección geológica-geotécnica del área en estudios, a fin de determinar las características físico-mecánicas, químicas de los suelos y la profundidad del nivel freático, también determinar la estratigrafía general del terreno.

Son objetivos específicos del estudio:

- ✓ Inferir el perfil estratigráfico del suelo, con la finalidad de auscultar el tipo de terreno o material; y realizar el muestreo correspondiente.
- ✓ Determinar, en campo y laboratorio, las características físico-mecánicas de las muestras de suelos área del proyecto.
- ✓ Interpretar resultados y recomendar o definir, la capacidad portante de las estructuras a realizar.

#### 1.3 UBICACIÓN

El Distrito de San Rafael fue creado el 21 de octubre de 1912, y es uno de los ocho (08) distritos de la Provincia de Ambo, dentro del Departamento de Huánuco, a una altitud promedio de aproximadamente 2 694 msnm. El distrito se encuentra aproximadamente a 20 km de la ciudad de Ambo, y a pocos kilómetros de localidades como Huariaca (Pasco) y Santa Ana de Tusi. Está atravesado por la carretera PE-3N, que conecta con La Oroya (Junín) y Pestana (Piura), y también por la PE-18D, que conduce hacia Pozuzo (Pasco).



Ing. Elio A. Sanvedra Cabrera  
CIP N° 306822



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



**Mapa 01 - Mapa Físico - Político del Departamento de Huánuco.**



El departamento de Huánuco tiene una superficie de 36.848,85 KM<sup>2</sup>.

**Mapa 02 - Mapa Físico - Político de la Provincia de Ambo.**



La provincia de Ambo tiene una superficie de 1,581.00 KM<sup>2</sup>.



Ing. Elio A. Saavedra Cabrera  
CIP N° 306822





**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



**Limites:**

En el km 347- km 352 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco, se encuentra ubicada en el Distrito de San Rafael que es uno de los ocho distritos que conforman la provincia de Ambo, en el Departamento de Huánuco, bajo la administración del Gobierno Regional de Huánuco. El distrito de San Rafael presenta los siguientes límites:

**Por el norte:** Con los distritos de Distrito de Ambo y San Francisco.

**Por el sur:** Con la provincia de Pasco.

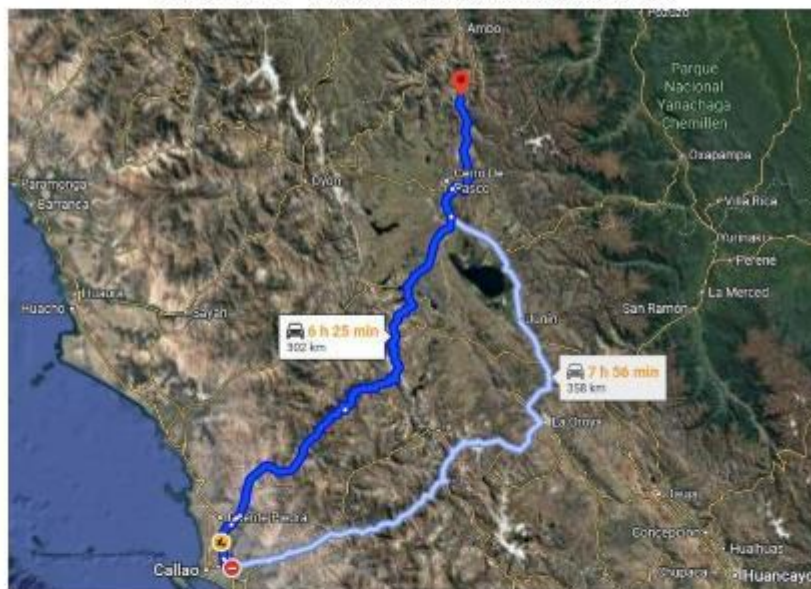
**Por el oeste:** Con el distrito de Huácar.

**Por el este:** Con la provincia de Pachitea.

**1.4 ACCESO AL AREA DE ESTUDIO**

De Lima (capital del Perú) al área de estudio existe una distancia aproximada de 302 Km., en un tiempo aproximado de 6 horas y 25 minutos.

**IMAGEN N° 01 – Recorrido de Lima al área de estudio**



**Cuadro 01 – Distancia desde la ciudad de Lima hasta el Inicio del tramo**

TRAMO	TIPO	DISTANCIA	TIEMPO
Lima – KM 347- KM 352 de la Carretera Cerro de Pasco-Huánuco	Asfaltada	302.0 Km.	6 h 25 min
<b>TOTAL</b>		<b>302.0 Km.</b>	<b>6 h 25 min</b>



Ing. Elio A. Saavedra Cabrera  
CIP N° 306822



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



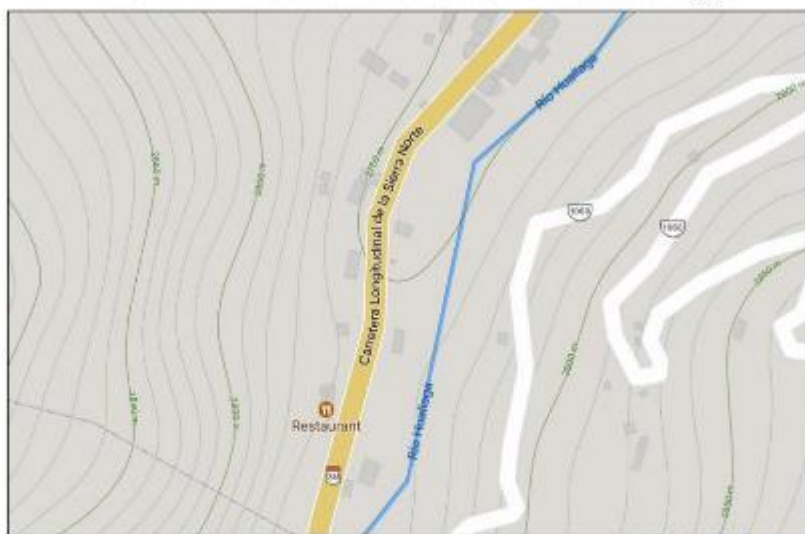
### 1.5 CONDICION CLIMÁTICA DE LA ZONA

San Rafael presenta un clima templado y húmedo en los valles, con inviernos frescos, lluvias estacionales (noviembre a marzo) y heladas en las zonas más elevadas durante el verano. Las temperaturas son moderadas con bajas amplitudes térmicas diarias. Si desea saber el mejor momento para visitar, actividades recomendadas según el clima o preparativos para lluvias o heladas, Las lluvias intensas ocurren principalmente en invierno (noviembre a marzo), con riesgo de huaicos especialmente en zonas como Uchuc Huariaca. Las heladas son frecuentes en verano (mayo a agosto), principalmente en zonas de puna, suni y janca. La Temperaturas promedio anuales entre **10 °C y 12 °C**, con extremos de hasta **21 °C** y descensos ocasionales hasta **-3 °C**.

**Promedio anual de la condición climática.**



**IMAGEN N° 02 – Altitud del Área en estudio – Fuente Global Mapper**



Ing. Elio A. Saavedra Cabrera  
CIP N° 306822



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



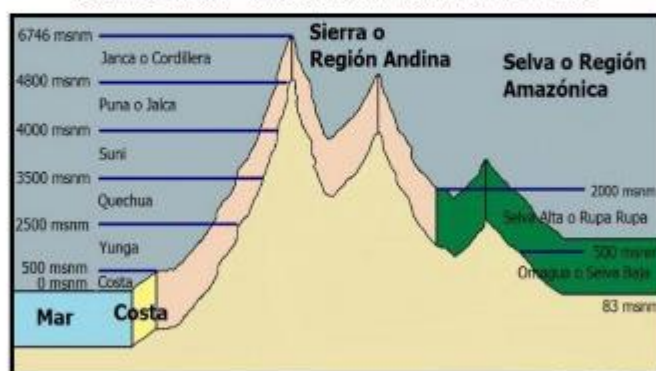
Por su ubicación del área en estudio ubicado en el Km 347- Km 352 de la carretera Cerro De Pasco-Huánuco, perteneciente al distrito de San Rafael, según el Dr. Javier Pulgar Vidal, corresponde a la región:

#### La región Yunga Fluvial.

La región Yunga Fluvial es una de las ocho regiones naturales del Perú, definida por el geógrafo peruano Javier Pulgar Vidal, en las vertientes orientales de los Andes, se caracteriza por un clima cálido y húmedo, con abundantes precipitaciones y una densa vegetación. la yunga del lado oriental de los Andes peruanos se ubica entre los 1000 y 2300 m.s.n.m., esta región está constituida por las zonas más bajas de los andes en las que podemos observar valles muy estrechos y a la vez profundos. Además, encontramos empinados contrafuertes andinos, que se caracterizan por su escasa vegetación y su clima cálido, aunque ligeramente húmedo y con escasa lluvias durante los meses de verano. Yunga significa "valle cálido". Por su clima primaveral, de radiante sol durante todo el año, la región Yunga es una zona eminentemente frutícola, en donde predomina el cultivo del paca, la guayaba, el pepino, la chirimoya, los manzanos, etc.

La Yunga Fluvial se extiende a lo largo de las vertientes orientales de los Andes, especialmente donde los ríos descienden desde la sierra hacia la Amazonía. Su clima es cálido-templado con abundantes precipitaciones (particularmente en la yunga oriental), y temperaturas que suelen oscilar entre los 18 °C y 25 °C a lo largo del año. La humedad ambiental es alta, lo que favorece una vegetación exuberante y suelos fértiles., es Moderadamente Frigido lluvioso (Cw – clasificación realizada por W. Koppen). El invierno es húmedo, frígido, y caídas de lluvias. De otro lado no es una región muy poblada, ya que la mayor parte de su población vive en los estrechos valles. valles. Entre las principales ciudades tenemos: Huánuco, Oxapampa, Quillabamba, Sandia.

GRAFICO N° 01 – REGIONES NATURALES DEL PERU



Ing. Elio A. Saavedra Cabrera  
CIP N° 306822



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



## 2. INVESTIGACIONES EN CAMPO

### • METODOLOGIA

Se tomaron muestras disturbadas a lo largo de las excavaciones, en cantidad suficiente para su análisis. De cada estrato de suelo identificado, se tomaron muestras representativas, las que convenientemente identificadas con doble tarjeta de registro fueron empaquetadas en bolsas de polietileno y trasladadas al laboratorio para efectuar los ensayos de sus características físicas, llevándose un registro correlativo de muestras, que permitió controlar la procedencia y ubicación de cada muestra.

Se realizaron excavaciones de dos (02) pozos o calicatas a cielo abierto, la cual se profundizo hasta un máximo de 2.00 m para calicatas en pavimentos. Estos sondajes se ubicaron de tal forma que permitan establecer una información estratigráfica adecuada para adoptar los criterios de pavimentación para las vías proyectados en el tramo del proyecto.

#### 2.1 Registro De Calicatas.

Como parte de la evaluación geotécnica del suelo de sub rasante existente a lo largo del área del proyecto, se llevó a cabo un programa de exploración de campo, mediante la excavación de calicatas a cielo abierto y recolección de muestras para ser ensayadas en el laboratorio. Se usó la técnica de investigación de campo con denominación pozos o calicatas según norma MTC E101 – 200.

#### 2.2 Muestreo De Suelos

El objetivo del muestreo de suelos es obtener información confiable sobre un suelo específico. Aunque las muestras se colectan para obtener información respecto al cuerpo de suelo más grande denominado "población", tales muestras podrán ser o no representativas de la misma, dependiendo de cómo hayan sido seleccionadas y colectadas.

Todos los suelos son naturalmente variables: sus propiedades cambian, horizontalmente, de manera transversal al paisaje y, verticalmente, más abajo del perfil del suelo. Lo primero que hay que consignar en la obtención de una muestra es que ésta sea representativa del terreno. Todo estudio geotécnico debe iniciarse con un reconocimiento detallado del terreno a cargo de personal experimentado. El objetivo de este reconocimiento es contar con antecedentes geotécnicos previos para programar la exploración. El programa de exploración que se elija debe tener suficiente flexibilidad para adaptarse a los imprevistos geotécnicos que se presenten. No existen un método de reconocimiento o exploración que sea de uso universal, para todos los tipos de suelos existentes y para todas las estructuras u obras que se estudian.

#### a) Calicatas

Las calicatas permiten la inspección directa del suelo que se desea estudiar y, por lo tanto, es el método de exploración que entrega la información más confiable y completa.



Ing. Elio A. Saavedra Cabrera  
CIP N° 306822



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



En suelos con grava, la calicata es el único medio de exploración que puede entregar información confiable, y es un medio muy efectivo para exploración y muestreo de suelos de fundación y materiales de construcción a un costo relativamente bajo. Es necesario registrar la ubicación y elevación de cada pozo, los que son numerados según la ubicación. Si un pozo programado no se ejecuta, es preferible mantener el número del pozo en el registro como "no realizado" en vez de volver a usar el número en otro lugar, para eliminar confusiones. A cada calicata se le deberá realizar un registro adecuado que pasará a formar parte del informe respectivo.

#### **b) Muestras alteradas**

Se obtienen en general de las paredes de los pozos y comprometen estratos determinados o bien la suma de algunos de ellos, como es el caso de la investigación de yacimientos. Estas muestras deben guardarse en bolsas impermeables y de resistencia adecuada. Cada bolsa debe identificarse clara e indeleblemente.

Muestras en bolsas: Las muestras en bolsas se toman con pala, barreta o cualquier otra herramienta de mano conveniente y se colocan en bolsas sin tratar de mantener al suelo en forma inalterada. Dentro de los trabajos exploratorios se realiza una prospección visual manual, para obtener algunos parámetros en campo como son:

- **Tamaño:** Los suelos gruesos son aquellos en que más de la mitad de las partículas son visibles. En esta estimación se excluyen las partículas gruesas mayores a 80 mm (3"); sin embargo, tal fracción debe ser estimada visualmente y el porcentaje indicado independientemente del material inferior a 80 mm. La fracción gruesa comprende los tamaños de gravas y arenas, y la fracción fina los limos y arcillas.

En caso de suelos mixtos, la muestra se identificará sobre la base de la fracción predominante usando los siguientes adjetivos, según la proporción de la fracción menos representativa; indicios: 0-10%, poco: 10-20%, algo: 20-35%; y abundante: 35-50%.

- **Olor:** Las muestras recientes de suelos orgánicos tienen un olor distintivo que ayuda a su identificación. El olor puede hacerse manifiesto calentando una muestra húmeda.
- **Humedad:** En las muestras recientes deberá registrarse la humedad. Los materiales secos necesitan una cantidad considerable de agua para obtener un óptimo de compactación. Los materiales húmedos están cerca del contenido óptimo. Los mojados necesitan secarse para llegar al óptimo, y los saturados son los suelos ubicados bajo un nivel freático.
- **Estructura:** Si los materiales presentan capas alternadas de varios tipos o colores se denominará estratificado; si las capas o colores son delgados, inferior a 6 mm, será descrito como laminado; fisurado si presenta grietas definidas; lenticular si presenta inclusión de suelos de textura diferente.



Ing. Elio A. Saavedra Cabrera  
CIP N° 306822



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



- **Color:** Se debe indicar el color predominante.
- **Cementación:** Algunos suelos muestran definida evidencia de cementación en estado inalterado. Esto debe destacarse e indicar el grado de cementación, descrito como débil o fuerte.
- **Clasificación:** Se debe indicar además la clasificación probable. Pueden usarse clasificaciones dobles cuando un suelo no pertenece claramente a uno de los grupos, pero tiene fuertes característicos de ambos grupos.
- **Densificación:** La compacidad o densidad relativa de suelos sin cohesión puede ser descrita como suelta o densa, dependiendo de la dificultad que oponga a la penetración de una cuña de madera.

Previamente se identificaron los suelos, mediante procedimientos manuales de campo, tales como la dilatancia (reacción de agitación), la resistencia en estado seco (característica de rompimiento). Todos los trabajos de campo fueron realizados, por el personal Técnico calificado y se programaron de tal manera que toda el área de investigación fuera cubierta.

Las características físicas y mecánicas del material extraído se pueden ver en los registros correspondientes de los perfiles estratigráficos de sondaje. En ningún caso  $p$  (profundidad) será menor de 3.00 metros, excepto si se encontrase roca antes de alcanzar la profundidad  $p$ , en cuyo caso el PR deberá llevar a cabo una verificación de su calidad por un método adecuado; se llevó a cabo un programa de exploración de campo según norma MTC E - 2000, mediante la excavación de calcatas a cielo abierto y recolección de muestras para ser ensayadas en el laboratorio.

#### Profundidad de exploración

Para cimentación superficial la norma E-050 establece:

$$P = D_f + Z$$

Donde:

$D_f$  = Profundidad de desplante (se tiene 1.20 m como mínimo)

$Z = 1.5 B$  siendo  $B$  ancho de cimentación previa de mayor radio en nuestro caso  $B$  es 1.2

Entonces  $Z$  es 1.80, luego:

$P = 1.20 + 1.5 \cdot 1.2 = 3.00$  metros, es el mínimo requerido datos que se han propuesto inicialmente al proyectista para la proyección de sus estructuras.

Considerándose que en estas profundidades se ubican las fuerzas que desarrollan las zonas de falla (activa, transición y pasiva) establecido por Mayerhof y otros autores. En caso de obras menores como cercos perimétricos, pavimentos u obras no estructurales solo se evaluará a  $D_f = 1.50$  m de profundidad.



Ing. Elio A. Saavedra Cabrera  
CIP N° 306822



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



### 3. GEOMORFOLOGÍA, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y SISMICIDAD

#### 3.1 GEOMORFOLOGÍA

La Geomorfología es el estudio de los relieves a lo largo y ancho de su territorio. La forma estructural del Perú presenta una topografía ondulada y moderadamente accidentada.

##### • Geomorfología Andina:

La sierra, conformada por las altitudes del macizo andino es un conjunto de elevaciones que están alineadas en cadenas paralelas: tres en el norte, tres en el centro, dos en el sur. Los Andes del norte confluyen con los del centro en el Nudo de Pasco y los de centro confluyen con los del sur en el Nudo de Vilcanota. La región andina del Perú se divide en tres sectores:

**Los Andes del norte:** Son más bajos y húmedos que el promedio, dejando que parte de la humedad y vegetación de la selva norte se pase a la costa. El punto más bajo de la Cordillera Andina es el Abra de Porculla que con 2,145 m. permite pasar al otro lado de la vertiente.

**Los Andes del centro:** Son los más altos y empinados y ello hace del centro un lugar de difícil acceso sólo impulsado por la dinámica que la ciudad de Lima genera.

**Los Andes del sur:** Son de mayor espesor que los Andes del norte y del centro. Aquí están los pueblos de mayor acervo y tradición del país. Si hacemos un corte transversal que vaya de Arequipa a la frontera con Bolivia, se tendría más de 500 km. de longitud a una altitud que sobrepasa los 4,000m. las unidades geomorfológicas más importantes son:

**Las altiplanicies (mesetas y llanuras intramontañosas):** Son extensas llanuras frías, donde se desarrolla la ganadería de ovinos y camélidos. Destacan: el Collao en Puno la más extensa, Bombón en Junín, Parinacochas en Ayacucho y Castrovirreina en Huancavelica.

**Las montañas (nevados y volcanes):** Ejemplos: Nevado de Huascarán (el más alto del Perú), Jenupaja el segundo más alto, Alpamayo el más bello de los picos del mundo. Coropuna, el volcán más alto del Perú, volcán Ubinas en Moquegua actualmente activo al igual que Sabancaya, que se encuentra en Arequipa.

**Los pasos o abras:** Son aberturas entre montañas, y valles en forma de U formado por los glaciares, son importantes para el trazo de redes viales transversalmente a la cordillera. destacan: el paso de Ticlio o Anticona, de Porculla, de Crucero Alto y el paso de La Raya.

**Los cañones:** Son quebradas profundas y estrechas en condiciones para producir energía hidroeléctrica. Destacan el cañón del Pato en Ancash, el de Colca en Arequipa, el cañón del Infiernillo en Lima y el cañón de Cotahausi el más profundo de América en Arequipa.

**Las cordilleras:** Importantes por contener glaciares. Ejemplos: Cordillera Blanca, cordillera de Carabaya, cordillera de La Chila, etc.

**Los valles interandinos:** Son los relieves que se encuentran entre las cordilleras. Presenta dos partes bien diferenciados: vertiente y planicie. La planicie aluvial concentra las grandes urbes del territorio andino.



Ing. Elio A. Saavedra Cabrera  
CIP N° 306822



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



Es el terreno de gran producción agropecuaria. Los valles interandinos más importantes son: el valle de Mantaro en Junín, el valle Callejón de Huaylas en Ancash, el valle de Urubamaba en el Cuzco, el valle de Huancabamba en Piura y el valle de Pachachaca en Ayacucho.

### 3.2 GEOLOGÍA

Las unidades estratigráficas neoproterozoicas, paleozoicas, mesozoicas y cenozoicas delimitadas en la zona de estudio están comprendidas a lo largo de 3 cuencas de sedimentación donde se depositaron independientemente formaciones volcánicas-sedimentarias (Cuenca Huarmey) con una zona de transición (Cuenca del Santa), una zona de miogeosinclinal (Cuenca Chavín) y una zona de plataforma (Geoanticlinal del Marañón).

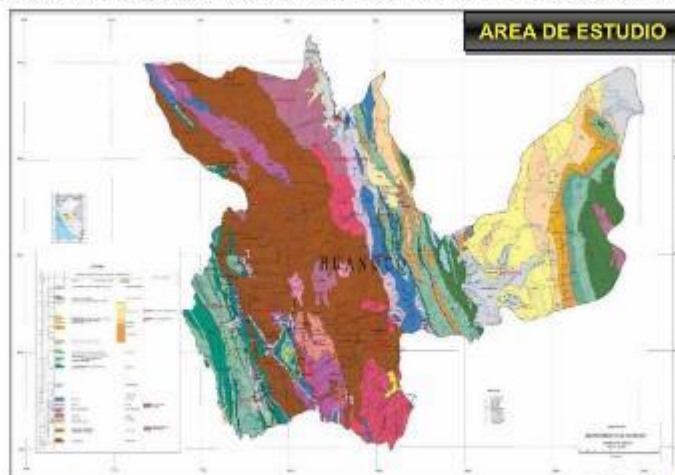
#### 3.2.1 Litoestratigrafía

Desde el punto de vista estratigráfico hay tres áreas de sedimentación. El "Geoanticlinal del Marañón" donde fueron depositados delgados sedimentos de plataforma; del Miogeosinclinal donde se acumularon gruesas secuencias sedimentarias de litología similar, y el eugeosinclinal donde los depósitos fueron principalmente volcánicos, aunque se tienen también intercalaciones de sedimentos. Estas tres zonas se relacionan unas a otras en forma de interdigitación (Cuenca del Santa), o gradualmente y es el parentesco geodinámico de las tres zonas, lo que muestra la estratigrafía tal como la vemos hoy día.

Se usó para esta informe información del INGEMMET del cuadrante 21 – k – San Rafael.

### 3.3 CARTOGRAFÍA UTILIZADA

Mapa 05 - Mapa Geológico del cuadrángulo de la Región Huánuco -, INGEMMET.



Ing. Elio A. Saavedra Cabrera  
CIP N° 306822

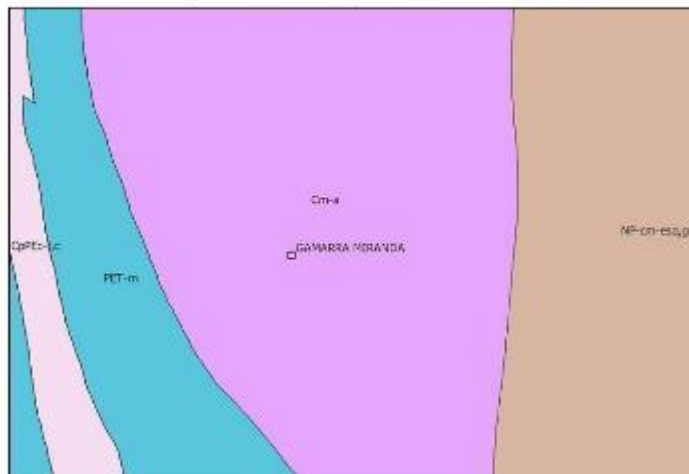


**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



Mapa N° 06 - Geología del Cuadrángulo 21 – k – San Rafael -, INGEMMET



CUADRO N°02 - LEYENDA DEL MAPA GEOLOGICO

SIMBOLOS	UNIDADES SEDIMENTARIAS VOLCANICAS METAMORFICAS
	REGION ANDINA CORDILLERA OCCIDENTAL Y ORIENTAL
Cm-a	GRUPO AMBO

Leyenda del mapa geológico del distrito de San Rafael -, INGEMMET

**Grupo Ambo (Cm-a)**

El Grupo Ambo, identificado con el símbolo Cm-a (Carbonífero medio – Ambo), es una de las formaciones geológicas más importantes del Paleozoico superior del Perú, ampliamente reconocida por su extensión, diversidad litológica y contenido fósil. Recibe su nombre de la provincia de Ambo, en el departamento de Huánuco, donde se encuentra su localidad tipo (zona de estudio original y representativa). Esta formación representa los depósitos continentales y marinos de una época en la que Sudamérica (entonces parte del supercontinente Gondwana) experimentaba importantes cambios climáticos, tectónicos y ecológicos.

El Grupo Ambo está compuesto por una sucesión sedimentaria gruesa, cuya litología refleja ambientes de alta energía (como ríos y deltas), así como condiciones de transición entre tierra firme y el mar. Incluye:

- **Areniscas:** rojizas o grisáceas, de grano medio a grueso, a menudo bien estratificadas, con estructuras sedimentarias como ripples o estratificación cruzada.
- **Conglomerados:** con clastos de cuarzo, granito, lutitas y otras rocas ígneas, cementados en una matriz arenosa.



Ing. Elio A. Saavedra Cabrera  
CIP N° 306822



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



- **Lutitas y arcillas:** finas, de color oscuro, intercaladas entre las capas de arenisca.
- **Carbones y restos vegetales fósiles:** lo que indica antiguos pantanos, bosques y zonas de vegetación exuberante.
- **capas delgadas de caliza:** indicativas de eventos de incursión marina.

### 3.4 RIESGOS GEOLÓGICOS

#### 3.4.1 Geodinámica Externa

Los riesgos geológicos como deslizamientos, derrumbes, desprendimiento de rocas, erosión de laderas, están relacionados a las fuertes pendientes, abundantes precipitaciones, mal uso de las tierras de cultivo y a la ocurrencia de sismos. El área que comprende el proyecto en términos de vulnerabilidad de eventos geodinámicas externos se puede afirmar que está ubicado en una zona estable, es decir que su significancia geológica es de relativa importancia (no se considera eventos excepcionales). En la zona de estudio no se observan:

- **Erosión de plataforma.** - Este fenómeno se manifiesta en el deterioro de la plataforma, erosión de los bordes, etc., esto se origina por la infiltración de aguas de las lluvias, aguas superficiales y eventualmente subterráneas, por las por la inexistencia o el mal uso de obras de drenaje, etc. La saturación del terreno por inundación de la plataforma ha ocasionado en algunos sectores de la vía, profundos baches y huellas. Durante la etapa de exploración, no se ha evidenciado riesgos de esta naturaleza.
- **Deslizamientos.** - Es la ruptura o desplazamiento pendiente abajo y hacia fuera, de pequeñas a grandes masas de suelo, rocas o combinaciones de estos en un talud natural o artificial. Se caracteriza por presentar necesariamente un plano de deslizamiento o falla a lo largo del cual se produce el movimiento que puede ser lento o violento. Durante la etapa de exploración, no se ha evidenciado riesgos de esta naturaleza.
- **Derrumbes.** - Es la caída repentina de una porción de suelo y/o roca por pérdida de la resistencia al esfuerzo cortante, suele ser condicionado por las discontinuidades o grietas. No presenta planos o superficies de deslizamientos. Generalmente ocurren en taludes de fuerte pendiente. En el trazo del camino a mejorar no se observarán derrumbes, que pudiera ser ocasionado por la pérdida de soporte del pie de ladera (variación de las condiciones de equilibrio). Los derrumbes en este caso, tienden a estabilizar el talud. Durante la etapa de exploración, no se ha evidenciado riesgos de esta naturaleza.
- **Erosión de laderas.** - Son los procesos que ocasionan el desgaste y traslado de materiales de superficie (suelo o roca) producido por el ataque de agentes erosivos tales como: agua de lluvias, escurrimiento superficial, vientos, etc., que tienden a degradar la superficie natural del terreno, lo que manifiesta zonas de erosión en laderas. Durante la etapa de exploración, no se ha evidenciado riesgos de esta naturaleza.



Ing. Elio A. Saravedra Cabrera  
CIP N° 306822



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



- **Inundaciones.**- Es la ocupación por parte del agua en zonas que habitualmente están libres de esta, por desbordamiento de ríos, ramblas, por lluvias torrenciales, deshielo, por subida de las mareas por encima del nivel habitual, por maremotos, etc. Las inundaciones fluviales son procesos naturales producidos periódicamente y que han sido la causa de la formación de las llanuras en los valles de los ríos, tierras fértiles, vegas y riberas, donde tradicionalmente se ha desarrollado la agricultura. Durante la etapa de exploración, no se ha evidenciado riesgos de esta naturaleza. Con el objeto de prevenir y/o mitigar los riesgos que afecten la estabilidad integral del proyecto, se recomienda un programa de mantenimiento periódico de la vía (perfilado, limpieza y forestación o reforestación).

### 3.4.2 Geodinámica Interna

De acuerdo al análisis sismo tectónico se considera que en la tierra existen dos zonas muy importantes de actividad sísmica conocidas como Círculo Alpino Himalaya y el Círculo Circumpacífico. En esta última zona está localizado nuestro país, considerado como una región de alta actividad sísmica. El área que comprende el Proyecto no se mapeó presencia de estructuras geológicas importantes, tales como fallas geológicas activas o inactivas, discordancias, fracturas y grietas de gran potencia, sin embargo, se debe tener en cuenta la sismicidad de la zona.

### 3.5 SISMICIDAD

Por lo expuesto y de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones, los diseños estructurales deberán ser asísmicos. Por estudio de sitio similares a la micro zonificación, este terreno está ubicada en la **Zona 2**, con un factor de zona **Z 0.25**, con el cual serán calculados los parámetros de diseño.

MAPA N° 07 - MAPA - ZONIFICACIÓN SÍSMICA



\*Fuente - E-30



Ing. Elio A. Saavedra Cabrera  
CIP N° 306822



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



**Cuadro N° 03- PARÁMETROS DE DISEÑO SISMO RESISTENTE**

FACTORES DE ZONA	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Según los Mapas de Zonificación Sísmicas y Mapa de Máximas Intensidades Sísmicas del Perú y las Normas Sismo - Resistentes del Reglamento Nacional de Construcciones E – 050 y E – 030, el Distrito de San Rafael, Provincia de Ambo, Región de Huánuco se encuentra comprendida en la Zona 2 correspondiéndole una sismicidad moderada a fuerte de intensidad. El factor de suelo depende de las características de los tipos de suelos que conforman el perfil estratigráfico. Los tipos de perfiles de suelos son cinco:

**a) Perfil Tipo S0: Roca Dura**

A este tipo corresponden las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte  $V_s$ , mayor que 1500 m/s. Las mediciones corresponden a perfiles de la misma roca en la misma formación con igual o mayor interperismo o fracturas. Cuando se conoce que la roca dura es continua hasta una profundidad de 30 m, las mediciones de la velocidad de las ondas de corte superficiales pueden ser usadas para estimar el valor de  $V_s$ .

**b) Perfil Tipo S1: Roca o Suelos Muy Rígidos**

A este tipo corresponde las rocas con diferentes grados de fracturación, de macizos homogéneos y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte  $V_s$ , entre 500 m/s y 1500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

**b.1)** Roca fracturada, con resistencia a la compresión no confinada mayor o igual a 500 kPa (5 kg/cm<sup>2</sup>).

**b.2)** Arena muy densa o grava arenosa densa, con N60 mayor que 50.

**b.3)** Arcilla muy compacta (espesor menor que 20 m), con resistencia al corte en condición no drenada mayor que 100 kPa (1 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

**c) Perfil Tipo S2: Suelos Intermedios**

A este tipo pertenece los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte  $V_s$  entre 180 m/s y 500 m/s, incluyendo los casos en los que se cimienta sobre:

**c.1)** Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT N60, entre 15 y 50.

**c.2)** Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada  $S_u$  entre 50 kPa (0,5 kg/cm<sup>2</sup>) y 100 kPa (1 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

  
LABORTEC Ing. Elío A. Saavedra Cabrera  
CIP N° 306822



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



**d) Perfil Tipo S3: Suelos Blandos**

Corresponden a este tipo los suelos flexibles con velocidades de propagación de onda de corte  $V_s$ , menor o igual a 180 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

**d.1)** Arena media a fina, o grava arenosa, con valores del SPT N60 menor que 15.

**d.2)** Suelo cohesivo blando, con una resistencia al corte en condición no drenada  $S$  entre 25 kPa (0,25 kg/cm<sup>2</sup>) y 50 kPa (0,5 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

**d.3)** Cualquier perfil que no corresponda al tipo S4 y que tenga más de 3 m de suelo con las siguientes características: índice de plasticidad  $P_t$  mayor que 20, contenido de humedad  $w$ ; mayor que 40 %, resistencia al corte en condición no drenada  $S_u$  menor que 25 kPa.

**e) Perfil Tipo S4: Condiciones Excepcionales**

A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables, en los cuales se requiere efectuar un estudio específico para el sitio.

Sólo es necesario considerar un perfil tipo S4 cuando el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) así lo determine.

Teniendo en cuenta el terreno, clasificaremos a los suelos como tipo S2 Roca Suelos Intermedios correspondiéndole un valor de  $S_2 = 1,20$ .

**Cuadro N° 04 - FACTOR DE SUELO "S"**

SUELO \ ZONA	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Z <sub>4</sub>	0,80	1,00	1,05	1,10
Z <sub>3</sub>	0,80	1,00	1,15	1,20
Z <sub>2</sub>	0,80	1,00	1,20	1,40
Z <sub>1</sub>	0,80	1,00	1,60	2,00

De acuerdo a las Normas Peruanas de Diseño Sismo Resistente, La fuerza sísmica horizontal ( $V$ ) que debe utilizarse para el diseño de una estructura debe calcularse con la siguiente expresión:

$$V = \frac{ZUS^C}{R} * P$$

Dónde:

Z = Factor de zona

U = Factor de uso

S = Factor de suelo

C = Coeficiente sísmico

P = Peso de la edificación

R = Coeficiente de reducción

  
LABORTEC  
Ing. Elio A. Saavedra Cabrera  
CIP N° 306822



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



El coeficiente sísmico se debe calcular en función del periodo de vibración fundamental de la estructura (T), y del período predominante de vibración del perfil del suelo  $T_L(s) = 2,0$ , recomendándose para este último un valor de  $T_P(s) = 0,6$  segundos.

**Cuadro N° 05 – PERFIL DE SUELO - PERIODOS "T<sub>P</sub> Y T<sub>L</sub>"**

	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
T <sub>v</sub> (S)	0,3	0,4	0,6	1,0
T <sub>l</sub> (S)	3,0	2,5	2,0	1,6

El factor de uso depende de la categoría de la edificación, la cual para nuestro caso se le califica como categoría II (Estructuras Importantes), correspondiéndole un valor de  $U = 1,5$ . El factor de suelo depende de las características de los suelos que conforman el perfil estratigráfico.

#### 4. GEOTECNIA DEL ÁREA DE ESTUDIOS

##### 4.1 INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Dada la diversa problemática que puede derivarse tanto de la finalidad prevista inicialmente de la investigación, como de las condiciones geotécnicas del terreno, es complicado establecer recomendaciones a detalle para cada una de las distintas situaciones que podrían llegar a plantearse para el desarrollo del estudio motivo por el cual se plantearon tres etapas distintas, la de campo y recopilación de información, de laboratorio, y etapa de gabinete.

##### 4.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

Las muestras seleccionadas como representativas fueron enviadas al Laboratorio Técnico especializado en Suelos, Concreto y Asfalto, para la realización de los ensayos estándar, así como ensayos especiales para determinar el Angulo de fricción interna de los suelos y la cohesión del mismo, para el cálculo de la capacidad portante.

###### a. Características Físicas:

Con las muestras de suelos tomadas en el campo se han efectuado los siguientes ensayos, con fines de identificación de suelos:

**Cuadro N° 06 – Ensayos Estándar**

Análisis Granulométrico por tamizado	(NTP 339.128)
Límite Líquido	(NTP 339.129)
Límite Plástico	(NTP 339.139)
Contenido de Humedad	(NTP339.127)
Peso volumétrico	(NTP 339.139:1999)
Densidad Natural	(Norma ASTM D1556)4
Clasificación SUCS	(NTP 339.134)4.
Ensayo de corte directo	(NTP 339.171:2002)
Salas solubles en los suelos	(NTP 339.152:2002)



Ing. Elio A. Saavedra Cabrera  
CIP N° 306822



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



#### 4.3 TRABAJOS EN LABORATORIO

Antes de su ingreso al laboratorio para el análisis respectivo, las muestras tienen que ser secadas, molidas, tamizadas, homogenizadas, cuarteadas y correctamente identificadas, según el objetivo que se persiga con ellas.

- **Secado:** Las muestras que se almacenan durante algún tiempo antes de concluir los análisis, se deben secar previamente para evitar cambios químicos que se puedan producir. algunos análisis se recomiendan hacerlos usando muestras húmedas poco después de haber sido tomadas en el campo. Los valores que pueden sufrir cambios durante el desecado son los que corresponden a pH. Muchas determinaciones no se afectan significativamente al ser secadas al aire con el fin de almacenarlos. Para el secado, las muestras se extienden en una superficie plana sobre bandejas o papel limpio, en un local bien ventilado. Se debe evitar el secado brusco utilizando altas temperaturas.
- **Granulometría:** La granulometría se define como la distribución de los diferentes tamaños de las partículas de un suelo, expresado como un porcentaje en relación con el peso total de la muestra seca. Aprenderemos a utilizarla como un instrumento en la clasificación de los materiales, ya que la descripción por tamaño tiene especial interés en la selección de materiales para rellenos de carreteras y presas, los cuales requieren materiales con graduaciones determinadas.
- **Distribución Granulométrica:** Se denomina distribución granulométrica de un suelo a la división del mismo en diferentes fracciones, seleccionadas por el tamaño de sus partículas componentes; las partículas de cada fracción se caracterizan porque su tamaño se encuentra comprendido entre un valor máximo y un valor mínimo, en forma correlativa para las distintas fracciones de tal modo que el máximo de una fracción es el mínimo de la que le sigue correlativamente.

IMAGEN N° 03 – vista fotográfica del ensayo de granulometría.



Ing. Elio A. Saavedra Cabrera  
CIP N° 306822



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



- **Identificación:** Una vez homogenizadas las muestras se envasan adecuadamente en bolsas de plástico o papel, selladas debidamente y se identifican con toda la información necesaria para ser procesado en los ensayos básicos de clasificación de suelos.

- **Clasificación de Suelos:** El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) deriva de un sistema desarrollado por A. Casagrande para identificar y agrupar suelos en forma rápida en obras militares durante la guerra. Este sistema divide los suelos primero en dos grandes grupos, de granos gruesos y de granos finos. Los primeros tienen más del 50 por ciento en peso de granos mayores que 0,08 mm; se representan por el símbolo G si más de la mitad, en peso, de las partículas gruesas son retenidas en tamiz 5 mm, y por el símbolo S si más de la mitad pasa por tamiz 5 mm.

A la G o a la S se les agrega una segunda letra que describe la graduación: W, buena graduación con poco o ningún fino; P, graduación pobre, uniforme o discontinua con poco o ningún fino; M, que contiene limo o limo y arena; C, que contiene arcilla o arena y arcilla. Los suelos finos, con más del 50 por ciento bajo tamiz 0,08 mm, se dividen en tres grupos, las arcillas (C), los limos (M) y limos o arcillas orgánicos (O). Estos símbolos están seguidos por una segunda letra que depende de la magnitud del límite líquido e indica la compresibilidad relativa: L, si el límite líquido es menor a 50 y H, si es mayor.

- **Contenido de Humedad:** El proceso de la obtención del contenido de humedad de una muestra se hace en laboratorios, el equipo de trabajo consiste en un horno donde la temperatura pueda ser controlable. Una vez tomada la muestra del sólido en estado natural se introduce al horno. Ahí se calienta el espécimen a una temperatura de más de 100 grados Celsius, para producir la evaporación del agua y su escape a través de ventanillas. Se debe ser cuidadoso de no sobrepasar el límite, para no correr el riesgo de que el suelo quede cremado con la alteración del cociente de la determinación del contenido de humedad.

El material debe permanecer un periodo de doce horas en el horno, por esta razón se acostumbra a iniciar el calentamiento de la muestra de suelo al final del día, para que así se deshidrate durante toda la noche. El objetivo del estudio es conocer y determinar el porcentaje de humedad de suelo. Es la proporción porcentual entre la fase líquida (agua) y la parte sólida del suelo (partículas minerales del suelo). Se muestra en la siguiente expresión:

$$W(\%) = \frac{W_w * 100}{W_s}$$

$W_w$  = Peso del agua en la muestra

$W_s$  = Peso del suelo seco



Ing. Elio A. Saavedra Cabrera  
CIP N° 306822



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



#### Límites de Atterberg (LL, LP, IP)

##### Determinación del límite líquido, plástico e índice plástico

El objetivo del ensayo es determinar el límite líquido, plástico e índice plástico de una muestra de suelo. Una vez realizado el análisis granulométrico el cual nos permite estudiar el tamaño de estas partículas y medir la importancia que tendrán según la fracción de suelo que representen (gruesos, gravas, arenas, limos y arcillas).

Si bien un análisis granulométrico es suficiente para gravas y arenas, cuando se trata de arcillas y limos, turbas y margas se debe completar el estudio con ensayos que definan la plasticidad del material.

**Límite Líquido LL:** es el contenido de humedad por encima del cual la mezcla suelo-agua pasa a un estado líquido. En este estado la mezcla se comporta como un fluido viscoso y fluye bajo su propio peso. Por debajo de este contenido de humedad la mezcla se encuentra en estado plástico. Cualquier cambio en el contenido de humedad a cualquier lado de LL produce un cambio en el volumen del suelo.

**Límite Plástico LP:** es el contenido de humedad por encima del cual la mezcla suelo-agua pasa a un estado plástico. En este estado la mezcla se deforma a cualquier forma bajo ligera presión. Por debajo de este contenido de humedad la mezcla está en un estado semi sólido. Cualquier cambio en el contenido de humedad a cualquier lado de LP produce un cambio en el volumen del suelo.

**Índice de Plasticidad IP:** Atterberg definió el índice de plasticidad para describir el rango de contenido de humedad natural sobre el cual el suelo era plástico. El índice de plasticidad IP, es por tanto numéricamente igual a la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico:

$$IP = LL - LP$$

- **Peso Unitario:** es definido como la masa de una masa por unidad de volumen. El peso unitario del suelo varía por el contenido de agua que tenga, y son: húmedo (no saturado), saturado y seco. El objetivo del ensayo determina el peso unitario del suelo en relación a su contenido de humedad, así como el peso unitario saturado y seco, implícitamente mediante relaciones de peso-volumen que involucren el peso unitario húmedo y otros valores conocidos, determinar variaciones entre el peso del suelo y su contenido de humedad y determinar con los datos obtenidos en laboratorio, las relaciones fundamentales del suelo, que nos darán una idea clara del suelo que vamos a utilizar.
- **Densidad:** Es la relación entre la unidad de peso y la unidad de volumen de la fase sólida del suelo, siendo más o menos constante, ya que está determinado por la composición química y mineralógica de la fase sólida. La densidad es una manera de indicar el grado de compactación (compactación) de un suelo y se puede emplear para suelos en



Ing. Elio A. Sanvedra Cabrera  
CIP N° 306822



estado natural como para rellenos compactados artificialmente. El uso de la densidad es importante en mecánica de suelos debido a la correlación directa que ella tiene con otros parámetros como, por ejemplo: el ensayo Próctor, el ensayo C.B.R. y otros relacionados con la capacidad de soporte de un suelo.

#### 4.4 PERFIL ESTRATIGRAFICO

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación de campo realizada en la zona, en base a las calicatas, luego del estudio obtenido de los récords de las excavaciones, así como los ensayos de laboratorio, se puede establecer la siguiente descripción:

##### Calicata-01 / km 352

- De 0.00 a 0.30 m. **M-0** PT - Suelo disturbado / Material relleno.
- De 0.30 a 2.00 m **M-1** GM – Grava limosa con arena.

Contenido de Humedad	( % )	10.89
Límite Líquido (LL)	( % )	20
Límite Plástico (LP)	( % )	17
Índice Plástico (IP)	( % )	3
Clasificación (S.U.C.S.)		GM
Clasificación (AASHTO)		A-1-a
Índice de Grupo		0
Color		Marrón claro
Consistencia		Plasticidad media
Presencia de nivel freática		NO

##### Calicata-02 / km 347

- De 0.00 a 0.27 m. **M-0** PT - Suelo disturbado / Material relleno.
- De 0.27 a 1.80 m **M-1** GM – Grava limosa con arena.

Contenido de Humedad	( % )	11.18
Límite Líquido (LL)	( % )	25
Límite Plástico (LP)	( % )	23
Índice Plástico (IP)	( % )	2
Clasificación (S.U.C.S.)		GC-GM
Clasificación (AASHTO)		A-1-a
Índice de Grupo		0
Color		Marrón claro
Consistencia		Plasticidad media
Presencia de nivel freática		NO

**Cuadro N° 07 - Tabla con la profundidad y estrato recomendado de cada zapata**

CALICATA N°	CONFIGURACIÓN	TIPO DE TERRENO	PROCESO DE EXPLORACION	PROFUNDIDAD
C-01 / km 352	GM	Grava limosa con arena.	Excavación manual	2.00 m.
C-02/ km 347	GM	Grava limosa con arena.	Excavación manual	1.80 m.



Ing. Elío A. Saavedra Cabrera  
CIP N° 306822



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



## 5. ANALISIS DE LA CIMENTACION DE LAS DIVERSAS ESTRUCTURAS

### 5.1 Objetivo del Estudio

De acuerdo con la información proporcionada por el solicitante de proyecto: **“ANÁLISIS COMPARATIVO DE SOLUCIÓN EN LA ESTABILIDAD DE TALUD, UTILIZANDO LOS SOFTWARES GEOTÉCNICOS SLIDE Y GEO5, EN EL KM 347- KM 352 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO-HUANUCO-2023”**. Se va a emplear un sistema estructural tradicional, el cual transmite sus cargas al terreno de cimentación mediante cimientos de zapatas aisladas, porque es posible resistir con ellas no solo cargas axiales, sino momentos de fuerza.

Cuando la excentricidad producida por momentos de flexión es muy grande se recomienda profundizar la cimentación, reduciendo sus dimensiones a fin de soportar las cargas axiales, es criterio del ingeniero estructural seguir las recomendaciones de este informe o aplicar el método que el crea conveniente ya que las normas indican claramente que en casos de tener la posibilidad de tener asentamientos importantes más allá de los permitidos 2.54cm.

### 5.2 Profundidad de la Cimentación.

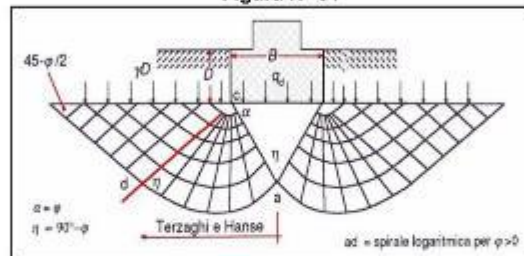
Basado en los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, perfiles y registros estratigráficos y las condiciones de agua y la presencia de la napa freática cada estructura presentará una profundidad propia el cual será indicado en los cálculos.

### 5.3 Tipo de Cimentación.

El concepto estructural de Las zapatas rectangulares son un tipo de cimentación superficial que se utiliza para distribuir las cargas de columnas o muros sobre el terreno de forma segura. Se llaman "rectangulares" por su forma en planta, que tiene lados desiguales (a diferencia de las zapatas cuadradas).

$$q_h = 1.3 * C * N_c + \gamma_1 * D_1 * N_q + 0.4 * \gamma_2 * B * N_y$$

Figura N° 01



$D_1$  = Profundidad de desplante

$\gamma_m$  = Peso específico volumétrico del suelo (cada estrato)

$B$  = Ancho de cimentación

$N_c, N_q, N_y$  = Factores de capacidad de carga que depende de la fricción ( $\phi$ ).

$F.S.$  = Factor de seguridad.

**LABORTEC**  
Ing. Elio A. Sanvedra Cabrera  
CIP N° 306822



#### 5.4 Cálculo de la Capacidad Portante Admisible.

Se ha determinado la capacidad portante admisible del terreno en base a las características del subsuelo y se han propuesto dimensiones recomendables para cimentación.

La capacidad de carga se ha determinado en base a la fórmula de Terzaghi y Peck, en conjunto con los parámetros de Vesic y se tomaron los factores adimensionales modificados  $N_c$   $N_q$   $S_\gamma$  para la capacidad de carga cuando la cimentación está debajo del nivel freático.

##### 5.4.1 Cálculo de la Capacidad Portante Calicata – 01 / km 352

De acuerdo a lo verificado In Situ, confirmado en Laboratorio, se han obtenido los siguientes valores:

Ángulo de fricción interna:  $\phi = 30.5^\circ$ , y cohesión  $c = 0.03 \text{ kg/cm}^2$

##### a) Zapatas rectangulares

$$q_{ult} = S_c \cdot c N_c + S_\gamma \cdot \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma + S_q \cdot q N_q$$

De los ensayos de laboratorio se obtuvieron los siguientes parámetros:

o	Peso volumétrico seco	( $\gamma$ )	=	1.817	ton/cm <sup>3</sup>
o	Ángulo de fricción interna	( $\phi$ )	=	30.5	°
o	Cohesión	(c)	=	0.32	ton/cm <sup>2</sup>
o	Ancho de Zapata	(B)	=	2.00	m.
o	Largo de la Zapata	(L)	=	5.00	m.
o	Profundidad de cimentación	(Df)	=	3.00	m.
o	Presencia de nivel freático		=	NO	
o	sobrecarga de tierras a la nivel del Df (q)		=	0.05	
o	Factor de seguridad	(Fs)	=	3.0	
o	Factores de carga adimensionales		:		
				$N_c'$ =	30.244
				$N_q'$ =	18.529
				$N_\gamma'$ =	18.268
o	Factores de forma adimensionales		:		
				$S_c'$ =	1.245
				$S_q'$ =	1.236
				$S_\gamma'$ =	0.840

$$q_h = 1.25 \cdot 0.32 \cdot 30.24 + 0.84 \cdot 0.50 \cdot 2.00 \cdot 18.2 + 1.2 \cdot 0.05 \cdot 18.5$$

$$q_h = 11.94 + 27.88 + 1.25$$

$$q_h = 411 \text{ ton/m}^2$$

$$q_h = \frac{411}{3.0} \text{ ton/m}^2$$

$$q_h = 13.69 \text{ ton/m}^2$$

$$q_h = 1.37 \text{ Kg/cm}^2$$



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



#### 5.4.2 Cálculo de la Capacidad Portante Calicata – 02 / km 347

De acuerdo a lo verificado In Situ, confirmado en Laboratorio, se han obtenido los siguientes valores:

Ángulo de fricción interna:  $\phi = 33.1^\circ$ , y cohesión  $c = 0.03 \text{ kg/cm}^2$

#### b) Zapatas rectangulares

$$q_{ult} = S_c c N_c + S_\gamma \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma + S_q q N_q$$

De los ensayos de laboratorio se obtuvieron los siguientes parámetros:

- o Peso volumétrico seco ( $\gamma$ ) = 1.034 ton/cm<sup>3</sup>
- o Ángulo de fricción interna ( $\phi$ ) = 33.1  $^\circ$
- o Cohesión (c) = 0.39 ton/cm<sup>2</sup>
- o Ancho de Zapata (B) = 2.00 m.
- o largo de la Zapata (L) = 5.00 m.
- o Profundidad de cimentación (Df) = 3.00 m.
- o Presencia de nivel freático = NO
- o sobrecarga de tierras a la nivel del Df (q) = 0.03
- o Factor de seguridad (Fs) = 3.0
- o Factores de carga adimensionales :

$N_c = 37.547$   
 $N_\gamma = 25.104$   
 $N_q = 27.861$

- o Factores de forma adimensionales :

$S_c = 1.267$   
 $S_q = 1.261$   
 $S_\gamma = 0.840$

$$q_h = 1.27 * 0.39 * 37.55 + 0.84 * 0.50 * 2.00 * 1.03 * 27.9 + 1.3 * 0.03 * 25.1$$

$$q_h = 18.70 + 24.20 + 0.98$$

$$q_h = 43.9 \text{ ton/m}^2$$

$$q_h = \frac{43.9}{3.0} \text{ ton/m}^2$$

$$q_h = 14.633 \text{ ton/m}^2$$

$$q_h = 1.46 \text{ Kg/cm}^2$$

  
LABORTEC  
Ing. Elio A. Sanvedra Cabrera  
CIP N° 306822



### 5.5 Cálculo de Asentamientos Totales

- Método Elástico para Cálculo de Asentamientos Inmediatos

CUADRO N° 08. RELACIÓN DE POISSON

TIPO DE SUELO	$\nu$ (-)
ARCILLA SATURADA	0.4 - 0.5
NO SATURADA	0.1 - 0.3
ARENOSA	0.2 - 0.3
LIMO	0.3 - 0.35
ARENA: DENSA	0.2 - 0.4
DE GRANO GRUESO	0.15
DE GRANO FINO	0.25
ROCA	0.1 - 0.4
LOESS	0.1 - 0.3
HIELO	0.36
CONCRETO	0.15

Fuente: Diseño de Cimentaciones - Dr. Ing. Jorge E. Alva Hurtado - Pág. 87

CUADRO N° 09. FACTOR DE FORMA, LONGITUD ENTRE ANCHO DE CIMENTACIÓN

FORMA DE ZAPATA	UBICACIÓN	VALORES DE $l_i$ (cm/m)			CIM RIGIDA
		CIM FLEXIBLE			
		CENTRO	ESQ	MEDIO	
RECTANGULAR	L/B = 2	153	77	130	120
	L/B = 5	210	105	183	170
	L/B = 10	254	127	225	210
CUADRADA		112	56	95	82
CIRCULAR		110	64	85	88

Fuente: Diseño de Cimentaciones - Dr. Ing. Jorge E. Alva Hurtado - Pág. 87

CUADRO N° 10. MÓDULO DE ELASTICIDAD

TIPO DE SUELO	$E_s$ (Ton/m <sup>2</sup> )	
ARCILLA	MUY BLANDA	30 - 300
	BLANDA	200 - 400
	MEDIA	450 - 900
	DURA	700 - 2000
ARCILLA ARENOSA	3000 - 4250	
SUELOS GLACIARES	1000 - 16000	
LOESS	1500 - 6000	
ARENA LIMOSA	500 - 2000	
ARENA SUELTA	1000 - 2500	
	DENSA	5000 - 10000
GRAVA ARENOSA	DENSA	8000 - 20000
	SUELTA	5000 - 14000
ARCILLA ESQUISTOSA	14000 - 140000	
LIMOS	200 - 2000	

Fuente: Diseño de Cimentaciones - Dr. Ing. Jorge E. Alva Hurtado - Pág. 87



Ing. Elio A. Saavedra Cabrera  
CIP N° 306822



Tratándose de suelos tipo Grava limosa con arena se calcula por la teoría elástica aplicada por LAMBE y WHITMAN (1969), para los tipos de cimentación analizadas y el esfuerzo neto transmite un asentamiento uniforme que se puede evaluar por: El asentamiento elástico de la cimentación superficial se estimó mediante la Teoría de la Elasticidad

$$S_e = q_u \cdot B^2 (1 - \mu_s) \cdot I_r / E_s$$

### 5.5.1 Cálculo de asentamientos totales C-01 / km 352

Dónde:

CUADRO N° 11. FUENTE PROPIA

Capacidad admisible de carga (ton/m <sup>2</sup> )	=	41.10
Ancho de zapata (m)	=	2.00
Módulo de Elasticidad (ton/m <sup>2</sup> )	=	5500
Relación de Poisson	=	0.30
Factor de Forma L/B (cimentación rígida) (cm/m)	=	82.00
Asentamiento Permisible Rígido (cm)	=	1.115

Remplazando valores se obtiene:

$$S_e = 1.115 \text{ cm.}$$

Se adoptó el criterio de limitar el asentamiento de la cimentación a 1 pulgada (2.54cm) según Terzaghi y Peck (1967). Luego:

$$S_e (1.115 \text{ cm}) < 1" (2.54 \text{ cm})$$

Con los valores indicados, el asentamiento es menor a 2.54 cm, que es el asentamiento máximo tolerable para este tipo de cimentación. Recomendándose finalmente lo siguiente:

$$Q_{ad} = 1.37 \text{ Kg/cm}^2$$

De acuerdo con las características de los estratos del sub-suelo en el área de estudio, no se esperan asentamientos, aunque se traten de suelos comprensibles y hay carencia de agua tanto superficial como subterránea.

### RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACION

**Tipo de Cimentación:**

ZAPATAS RECTANGULARES

**Estrato de Apoyo de la Cimentación:**

GM – Grava limosa con arena.

**Parámetros de diseño:**

Df	=	3.00 m.
Qadm.	=	1.37 Kg/cm <sup>2</sup>
F.S.	=	3.0
Asent. Difer.	=	1.115 cm.

  
LABORTEC  
Ing. Elio A. Sanvedra Cabrera  
CIP N° 306822



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



### 5.5.2 Cálculo de asentamientos totales C-02 / km 347

Dónde:

CUADRO N° 12. – FUENTE PROPIA

Capacidad admisible de carga (ton/m <sup>2</sup> )	=	43.90
Ancho de zapata (m)	=	2.00
Módulo de Elasticidad (ton/m <sup>2</sup> )	=	5500
Relación de Poisson	=	0.30
Factor de Forma L/B (cimentación rígida) (cm/m)	=	82.00
Asentamiento Permisible Rígido (cm)	=	1.191

Remplazando valores se obtiene:

$$S_a = 1.191 \text{ cm.}$$

Se adoptó el criterio de limitar el asentamiento de la cimentación a 1 pulgada (2.54cm) según Terzaghi y Peck (1967). Luego:

$$S_a (1.191 \text{ cm}) < 1" (2.54\text{cm})$$

Con los valores indicados, el asentamiento es menor a 2.54 cm, que es el asentamiento máximo tolerable para este tipo de cimentación. Recomendándose finalmente lo siguiente:

$$Q_{adm} = 1.46 \text{ Kg/cm}^2$$

De acuerdo con las características de los estratos del sub-suelo en el área de estudio, no se esperan asentamientos, aunque se traten de suelos comprensibles y hay carencia de agua tanto superficial como subterránea.

### RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACION

**Tipo de Cimentación:**

ZAPATAS RECTANGULARES

**Estrato de Apoyo de la Cimentación:**

GM – Grava limosa con arena.

**Parámetros de diseño:**

Df	=	3.00 m.
Qadm.	=	1.46 Kg/cm <sup>2</sup>
F.S.	=	3.0
Asent. Difer.	=	1.191 cm.

### 6. CALCULO DE COEFICIENTE DE BALASTO

Uno de los métodos de cálculo más utilizado para modernizar la interacción entre estructuras de cimentación y terreno es el que supone el suelo equivalente a un número infinito de resortes elásticos -muelles o bielas biarticuladas- cuya rigidez, denominada módulo o coeficiente de balasto (Ks), se corresponde con el cociente entre la presión de contacto (q) y el desplazamiento -en su caso asiento- (δ):



Ing. Elio A. Sanvedra Cabrera  
CIP N° 306822



A partir de la determinación de parámetros característicos del suelo (módulo de deformación, tensión admisible, etc.) que se relacionan con el módulo de balasto mediante fórmulas dadas por varios autores. Es conocida, por ejemplo, la fórmula de Vesic en función del módulo de deformación o elasticidad ( $E_s$ ) y coeficiente de Poisson ( $\nu_s$ ) el terreno, que en su forma reducida tiene la siguiente expresión:

$$k_s = E_s/[B (1-\nu_s^2)]$$

Donde:

B es el ancho de la cimentación. 2.2 La fórmula de Kiepikov:

**Calicata 01**

CUADRO N° 13- FUENTE PROPIA

Capacidad admisible de carga (ton/m <sup>2</sup> )	=	41.10
Ancho de zapata (m)	=	2.00
Módulo de Elasticidad (ton/m <sup>2</sup> )	=	5500
Relación de Poisson	=	0.30
Modulo de Balato (Modulus of subgrade reaction)	=	3022

**Calicata 02**

CUADRO N° 14- FUENTE PROPIA

Capacidad admisible de carga (ton/m <sup>2</sup> )	=	43.90
Ancho de zapata (m)	=	2.00
Módulo de Elasticidad (ton/m <sup>2</sup> )	=	5500
Relación de Poisson	=	0.30
Modulo de Balato (Modulus of subgrade reaction)	=	3022

## 7. PARÁMETROS DE EMPUJE LATERAL DE TIERRAS

Para definir el empuje de los suelos sobre las estructuras de retención, podemos decir en forma general, que en ellos se involucran todos los problemas que se le presentan al ingeniero para determinar las tensiones en la masa del suelo que actúan sobre una estructura. En este apunte daremos las nociones básicas para poder calcular los empujes laterales de los suelos contra las estructuras. Como primera medida debemos decir que el tipo de empuje depende, tanto de la naturaleza del suelo como del tipo de estructura, ya que se trata de un problema de interacción entre ambos. La mecánica de suelos se basa en varias teorías para calcular la distribución de tensiones que se producen en los suelos y sobre las estructuras de retención. Cronológicamente, Coulomb (1776) fue el primero que estudió la distribución de tensiones sobre muros. Posteriormente, Rankine (1875) publicó sus experiencias, y por último y ya en el siglo XX se conoce la teoría de la cuña, debida a varios autores, pero especialmente a Terzaghi.

$$K_o \approx 1 - \text{sen } \phi$$

$$K_o = \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right)$$



LABORTEC  
Ing. Elio A. Sanvedra Cabrera  
CIP N° 306822



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



**CUADRO N° 15. COEFICIENTES  $K_0$  Y  $K_a$  – CALICATA C-01**

<b>COEFICIENTE DE REPOSO</b>	
$\phi$	= 30.5
$K_0$	0.492
<b>COEFICIENTE DE PRESION ACTIVA</b>	
$\phi$	= 30.5
$K_a$	0.327
$\phi$ : ángulo de fricción	

**CUADRO N° 16. COEFICIENTES  $K_0$  Y  $K_a$  – CALICATA C-01**

<b>COEFICIENTE DE REPOSO</b>	
$\phi$	= 33.1
$K_0$	0.454
<b>COEFICIENTE DE PRESION ACTIVA</b>	
$\phi$	= 33.1
$K_a$	0.294
$\phi$ : ángulo de fricción	

## 8. AGRESIÓN QUÍMICA DEL SUELO A LA CIMENTACIÓN

La acción química del suelo sobre la estructura puede ocurrir a través del agua subterránea que se filtra; por esta razón se puede presentar un deterioro bajo el nivel freático, zona de ascensión capilar o presencia de agua infiltrado por otra razón (rotura de tuberías lluvias extraordinarias, inundaciones, etc.).

Los principales elementos químicos a evaluar son los sulfatos y cloruros por su acción química sobre el concreto y acero del cimiento respectivamente

**Cuadro N° 17 - ELEMENTOS QUÍMICOS NOCIVOS PARA LA CIMENTACION**

PRESENCIA EN EL SUELO DE:	P.P.M.	GRADO DE ALTERACION	OBSERVACIONES
<b>*SULFATOS</b>	0-1000	LEVE	OCASIONA UN ATAQUE QUÍMICO AL CONCRETO DE LA CIMENTACION
	1000 - 2000	MODERADO	
	2000 - 20,000	SEVERO	
	>20,000	MUY SEVERO	
<b>**CLORUROS</b>	> 5,000	PERIUDICIAL	OCASIONA PROBLEMAS DE CORROSION DE ARMADURAS O ELEMENTOS METALICOS
<b>**SALES SOLUBLES</b>	> 15,000	PERIUDICIAL	OCASIONA PROBLEMAS DE PERDIDA DE RESISTENCIA MECANICA POR PROBLEMA DE LIXIVIACION

\*Comité 318-83 ACI  
\*\* Experiencia Existente

De los resultados de las muestras obtenidas de las calicatas para efectos de este informe se han seleccionado las muestras representativas de cada calicata en donde arroja los siguientes valores:



Ing. Elio A. Saavedra Cabrera  
CIP N° 306822



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



• C – 01

REPORTE DE RESULTADOS	LIMITES PERMISIBLES	RESULTADOS	
	%	VALOR	UNIDADES
Sulfatos como ión $SO_4$	0.06	0.0615	%
Cloruros como ión Cl	0.10	0.0548	%
pH a 15.9°C	>4	6.1	

Del cuadro (resultados de análisis químicos), observamos que la concentración de sales cloruros en las calcatas, se encuentra por debajo de los valores permisibles, siendo el valor máximo obtenido igual a = 548 ppm que corresponde a la calicata C-01, menor que 6000 ppm (valor permisible para cloruros), por lo que no ocasionará un ataque por corrosión del acero del concreto de la cimentación. De igual manera observamos concentraciones de sales sulfatos por debajo del valor permisible, siendo el valor máximo obtenido igual a = 615 ppm  $SO_4$ , que corresponde a la calicata C-01, menor que 10000 ppm  $SO_4$  (valor permisible para sulfatos) por lo que va a ocasionar un Grado de Alteración de exposición Moderada al concreto de la cimentación. Dichos valores se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles de agresividad al concreto y acero, pudiéndose utilizar por lo tanto cemento Portland tipo I.

• C – 02

REPORTE DE RESULTADOS	LIMITES PERMISIBLES	RESULTADOS	
	%	VALOR	UNIDADES
Sulfatos como ión $SO_4$	0.06	0.0648	%
Cloruros como ión Cl	0.10	0.0591	%
pH a 15.9°C	>4	6.1	

Del cuadro (resultados de análisis químicos), observamos que la concentración de sales cloruros en las calcatas, se encuentra por debajo de los valores permisibles, siendo el valor máximo obtenido igual a = 591 ppm que corresponde a la calicata C-02, menor que 6000 ppm (valor permisible para cloruros), por lo que no ocasionará un ataque por corrosión del acero del concreto de la cimentación. De igual manera observamos concentraciones de sales sulfatos por debajo del valor permisible, siendo el valor máximo obtenido igual a = 648 ppm  $SO_4$ , que corresponde a la calicata C-02, menor que 10000 ppm  $SO_4$  (valor permisible para sulfatos) por lo que va a ocasionar un Grado de Alteración de exposición Moderada al concreto de la cimentación. Dichos valores se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles de agresividad al concreto y acero, pudiéndose utilizar por lo tanto cemento Portland tipo I.

  
LABORTEC  
Ing. Elio A. Saavedra Cabrera  
CIP N° 306822



## 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 9.1 CONCLUSIONES

- El área en estudio se ubica en el Distrito de San Rafael, Provincia de Ambo y Departamento de Huánuco, a una altitud promedio de 2 694 m.s.n.m.
- Las muestras de las Calicatas 01 y 02 corresponden a la clasificación de suelos SUCS-**GM** (Grava limosa con arena), no se observan ningún cambio considerable de estratos que pueda perjudicar la construcción a lo largo de toda la excavación.
- La muestra de las CALICATAS tiene una profundidad máxima de 2.00 metros de excavación, realizado de manera manual con ayuda de personal y herramientas como pico y pala, para las cimentaciones correspondientes tomamos los estratos con mayor capacidad de carga y la más cercana a la superficie.
- Los lados evaluados son de mediana y buena capacidad de soporte al estar constituido por suelos de naturaleza granular (gravas limosas arcillosa con arena).
- Los valores obtenidos para la capacidad de carga admisible para el diseño de la cimentación:

CAPACIDAD DE CARGA CALCULADA PARA LAS ESTRUCTURAS PROYECTADAS		
Calicata	Capacidad de Carga	Zapata
C-01 (Df=3.00 M)	Qadm	1.37 kg/ cm <sup>2</sup>
C-02 (Df=3.00 M)	Qadm	1.46 kg/ cm <sup>2</sup>

- Con estos valores, no se espera problemas por asentamientos, ya que están por debajo de lo permisible.
- Las cimentaciones de las estructuras estarán apoyadas en los siguientes estratos:

RESUMEN ESTRATO DE APOYO DE LA CIMENTACIÓN			
C-01	M - 1	GM	Grava limosa con arena
C-02	M - 1	GM	Grava limosa con arena

- En ningún caso la presión de contacto será mayor a la presión admisible del suelo.
- Las capacidades de carga en las calicatas exploradas se calcularon con la ecuación recomendada del Manual de Puentes (Manual de Puente N° 19-2018-MTC/14).
- Según los mapas de zonificación sísmica y mapas de máximas intensidades sísmicas del Perú y de acuerdo a las normas sismo-resistentes del Reglamento Nacional de Edificaciones, Distrito de Huánuco - Provincia de Huánuco - Departamento de Huánuco, se encuentra comprendida en la zona 2, En el siguiente cuadro se indican los parámetros sísmicos del área en estudio.



Ing. Elío A. Saavedra Cabrera  
CIP N° 306822



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



Parámetro de Suelo $T_p$ (seg.)	0.4 seg.
Parámetro de Suelo $T_L$ (seg.)	2.5 seg.
Tipos de suelos	Tipo 1 - Roca o suelos muy rígidos
Factor de Suelo - $S_2$	1.20
Factor de Zona - 2	0.25

- Basado en los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, perfiles y registros estratigráficos y la no presencia del nivel freático y las características de las estructuras, se recomienda cimentar a una profundidad:

**Df = 3.00 m. de la cota del terreno natural**

## 9.2 RECOMENDACIONES

- El supervisor verificara que previo al inicio de los trabajos del proyecto el contratista cuente con todos los equipos necesarios, en perfecto estado de operación, para desarrollar los trabajos en el plazo programado.
- El supervisor deberá verificar que el proceso constructivo se realice de acuerdo a lo indicado en las especificaciones técnicas del proyecto.
- El ingeniero responsable deberá recomendar si alguna estructura requiere protegerse con revestimientos enrocados, bolsas rellenas de gaviones, etc., si tiene un régimen torrencial lo que implica que en temporadas lluviosas grandes ocasiona caudales repentinos con gran poder de transporte y muchas veces ponen en riesgo la estructura.
- Se recomienda no cimentar sobre rellenos no controlados, en caso de hallarlo deberán ser reemplazado por material granular debidamente seleccionado y compactados antes de iniciar la construcción de la cimentación.
- El Material Seleccionado con el que se debe construir el Relleno Controlado deberá ser compactado de la siguiente manera:
  - Si tiene más de 12% de finos, deberá compactarse a una densidad mayor o igual del 90% de la máxima densidad seca del método de ensayo Proctor Modificado, NTP 339.141:1999, en todo su espesor.
  - Si tiene igual o menos de 12% de finos, deberá compactarse a una densidad no menor del 95% de la máxima densidad seca del método de ensayo Proctor Modificado, NTP 339.141:1999, en todo su espesor.
- En todos los casos deberán realizarse controles de compactación en todas las capas compactadas, a razón necesariamente, de un control por cada 250 m<sup>2</sup> con un mínimo de tres controles por capa. En áreas pequeñas (igual o menores a 25 m<sup>2</sup>) se aceptará un ensayo como mínimo. En cualquier caso, el espesor máximo a controlar será de 0,30 m de espesor.



Ing. Elio A. Saavedra Cabrera  
CIP N° 306822



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



- Si en el periodo de diseños se hacen cambios o se encuentran diferencias con las condiciones del subsuelo establecidas en este informe, se debe comunicar a un especialista en mecánica de suelos para evaluar las recomendaciones de este informe.
- Los resultados obtenidos en el presente estudio de Suelos fueron desarrollados en estricto cumplimiento de las normas vigentes de Suelos y Cimentaciones E-050, serán válidos única y exclusivamente para el proyecto: **"ANÁLISIS COMPARATIVO DE SOLUCIÓN EN LA ESTABILIDAD DE TALUD, UTILIZANDO LOS SOFTWARES GEOTÉCNICOS SLIDE Y GEO5, EN EL KM 347- KM 352 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO-HUANUCO-2023"**.

#### RESUMEN DE VALORES Y PARAMETROS

PARAMETROS GEOTÉCNICOS	DESCRIPCIÓN / VALORES	
PROYECTO	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE SOLUCIÓN EN LA ESTABILIDAD DE TALUD, UTILIZANDO LOS SOFTWARES GEOTÉCNICOS SLIDE Y GEO5, EN EL KM 347- KM 352 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO-HUANUCO-2023"	
Nº de calicata	02	
Prefundidad	2.00 mts.	
Perfil estratigráfico del suelo	C-02: GM	C-03: GM
Angulo de Fricción Interna	30.05°	33.10°
Cohesión (c)	0.032	0.039
Prefundidad de napa freática	No se halló	
Tipo de cimentación	TALUD	
Prefundidad de la cimentación	3.00 m. Del terreno estable	
Estrato de apoyo de la cimentación	Grava limosa con arena	Grava limosa con arena
Presión Admisible de Diseño (valor en kg/cm <sup>2</sup> , carga aplicada y criterio de falla)	1.37 kg/cm <sup>2</sup>	1.46 kg/cm <sup>2</sup>
Factor de seguridad por corte	3.0	3.0
Asentamiento Máximo Permisible (cm)	1.115 cm	1.191 cm
Ataque Químico de Sulfatos	615.0 ppm.	648.0 ppm.
Ataque Químico de Cloruros	548.0 ppm.	591.0 ppm.
Tipo de cemento para concreto	Cemento Portland tipo I	
Parámetros sísmicas	Zona 2, Z=0.25	
Tipo de suelo	Tipo 1- S2 (Suelos intermedios)	
Perfil de Suelo Tp (seg.) S2	0.6 seg.	
Perfil de Suelo TL (seg.) S2	2.0 seg.	



Ing. Elio A. Saavedra Cabrera  
CIP N° 306822



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Norma E-050, Suelos y Cimentaciones
- Norma E-030, Diseño Sismo resistente
- Alva Hurtado J.E., Meneses J. Y Guzmán V. V. (1984), "Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú", V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Tacna, Perú.
- Juárez Badillo – Rico Rodríguez: Mecánica de Suelos, Tomos I, II.
- Karl Terzaghi / Ralph B. Peck: Mecánica de Suelos en la ingeniería Práctica. Segunda Edición 1973.
- T William Lambe Robert V. Whitman. Primera Edición 1972.
- Roberto Michelena / Mecánica de Suelos Aplicada. Primera Edición 1991.
- Reglamento Nacional de Construcciones CAPECO Quinta Edición 1987.
- RNC Normas de Diseño Sismo Resistente
- Cimentación de Concreto Armado en Edificaciones – ACI American Concrete Institute. Segunda Edición 1993.
- Supervisión de Obras de Concreto – ACI American Institute. Tercera Edición 1995.
- Recomendaciones para el proceso de Puesta en Obras de Estructuras de Concreto. Ing. Enrique Riva López /CONCYTEC 1988.
- Geotécnica para Ingenieros, Principios Básicos Alberto, J. Martínez Vargas /CONCYTEC 1990



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



# ANEXOS

- ANEXO I REGISTRO DE EXCAVACIONES
- ANEXO II PERFILES ESTRATIGRAFICOS
- ANEXO III ENSAYOS DE LABORATORIO

-  
R



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



# GRANULOMETRIAS



Ing. Elio A. Sanvedra Cabrera



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



# GRANULOMETRIA C-01

  
LABORTEC

  
Ing. Elio A. Saavedra Cabrera  
CIP N° 306822



**CLASIFICACIÓN DE SUELOS LABORTEC EIRL**  
 Análisis Granulométrico NTP 339.128 (2014) / Límite Líquido y Límite Plástico NTP 339.129 (2014) / Clasificación SUCS NTP 339.134 (2014) / Clasificación AASHTO NTP 339.135 (2014)

N° de Servicio: **LAB-00202-2025**

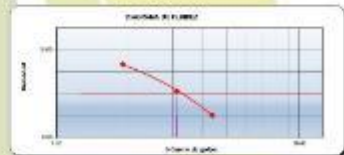
**SOLICITANTE:** SACH GAMARRA MIRANDA LEYLA FATIMA  
**PROYECTO:** ANÁLISIS COMPARATIVO DE SOLUCIÓN EN LA ESTABILIDAD DE TALUD, UTILIZANDO LOS DOS TIPOS DE MATERIALES SUELO Y GRASA, EN EL KM 34+ KM 35 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO HUANUCO  
**UBICACION:** KM 34+ KM 35 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO HUANUCO **FECHA:** AGOSTO 2025

**Serie(s):** C-03 / en 352 **Tipo de Material:** Gravas finas con arena  
**Muestra:** M-1 **Condición de la muestra:** HUMEDA  
**Profundidad:** 0.00 - 2.00 m **Código de informe y ensayo:** LAB10662394  
**Fecha de muestreo:** AGOSTO 2025

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO			
TAMIZES	Porcentaje en peso		
	Denominación ASTM	Asiatura (mm)	
PORCENTAJE ACUMULADO DE PASA	3 pulg	75.000	100.0
	2 pulg	50.000	97.6
	1.18 pulg	37.500	83.9
	1 pulg	25.000	83.5
	3/8 pulg	19.000	73.4
	3/16 pulg	8.500	65.9
	No. 4	4.752	51.6
	No. 10	2.000	38.6
	No. 20	0.850	32.7
	No. 40	0.425	28.2
	No. 60	0.250	19.1
No. 100	0.150	15.2	
No. 200	0.075	13.9	

**RESULTADOS DEL ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA**

Límite Líquido: 29  
 Límite Plástico: 17  
 Índice Plástico: 3



Distribución Granulométrica		
% Grava	Grava Gruesa	20.7 %
	Grava Fina	16.6 %
	ARC	15.1 %
% Arena	AMP	13.2 %
	AT %	11.2 %
	% Fines	11.9 %
Tamaño Máximo de la Grava (pulg)		3
Forma del Sudo (grain)		Redondeada
Porcentaje retenido en el 3 pulg		0
Método de Lavado (Malla No. 200)		A
Según NTP 400.016 (2016)		---
Coefficiente de Curvatura		---
Coefficiente de Uniformidad		---

Método de ensayo	Resultado
Preparación de muestras	16.8
Plasticidad retenida aproximada en tamiz No. 40	Plástico
Remanente retenido en el Límite Líquido	0.00
Equipo de Muestreo en el Límite Plástico	0.00

Clasificación (S.U.C.B.)	
GM	Grava Fina con 30% de arena
Clasificación (AASHTO)	
A-1-a	Índice de Grupos: 3
Descripción (AASHTO)	
RIERO	




**Observaciones:**

Tipo de Preparación para ensayo Clasificación: **Via Humeda**

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Cada obra se aplica solo a las muestras recibidas.  
 Prohibida la reproducción total o parcial del presente informe de ensayo sin la autorización escrita de LABORTEC EIRL.  
 Los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio de ensayos de control de calidad del sistema de calidad de la entidad que los produce. Los resultados corresponden a la muestra recibida sobre los muestreos realizados por el cliente en el laboratorio.  
 El informe de laboratorio de ensayos de control de calidad, se elabora en el idioma español. Los resultados de los ensayos de control de calidad, se entregan en el idioma que se solicita en el momento de la solicitud de los ensayos, de acuerdo a las condiciones de prestación de servicios y los que se establecen en el contrato de prestación de servicios.  
 El presente informe de ensayos de control de calidad, se elabora en el idioma español y se entrega en el idioma que se solicita en el momento de la solicitud de los ensayos, de acuerdo a las condiciones de prestación de servicios y los que se establecen en el contrato de prestación de servicios.

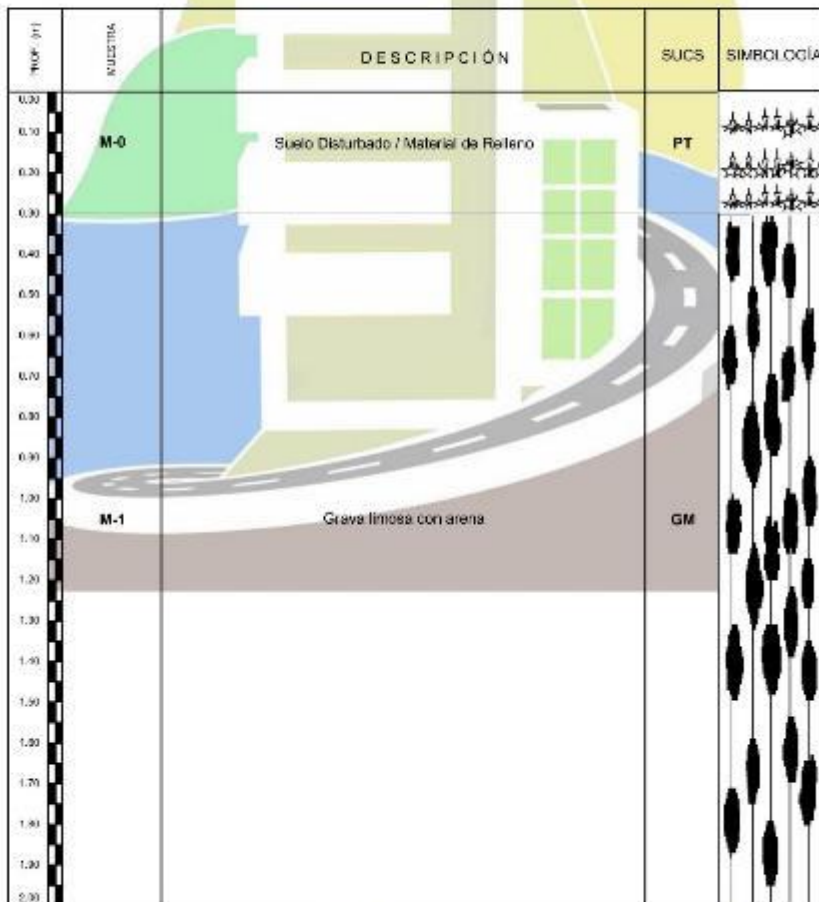
**LABORTEC**  
**Fayro D. Saavedra Cabrera**  
 TEC. LABORATORISTA DE SUELOS DE CONCRETO Y ASFALTO

**LABORTEC**  
**Ing. Elio A. Saavedra Cabrera**  
 CIP N° 306822

 <b>LABORTEC</b> <small>LABORATORIO PERUANO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</small>	<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS LABORTEC EIRL</b> Análisis Granulométrico NTP 339.128 (2014) / Límite Líquido y Límite Plástico NTP 339.129 (2014) / Clasificación SUCS NTP 339.134 (2014) /

### REGISTRO DE SONDAJE

<b>PROYECTO</b>	: ANÁLISIS COMPARATIVO DE SOLUCIÓN EN LA ESTABILIDAD DE TALUD, UTILIZANDO LOS SOFTWARES GEOTÉCNICOS SLIDE Y GEO5, EN EL KM 347-KM 352 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO-HUANUCO-2023		
<b>UBICACIÓN</b>	: KM 347 - KM 352 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO-HUANUCO		
<b>SOLICITANTE</b>	: BACH. GABARRA MIRANDA LEYLA FATIMA		
<b>CALICATA N°</b>	: CH11 / km 352	<b>TÉCNICO</b>	: LABORTEC E.I.R.L.
<b>PROF. (m)</b>	: 0.00 - 2.00 m	<b>NIVEL FREÁTICO</b>	: _____
		<b>FECHA</b>	: AGOSTO 2025




  
**Fayro D. Saavedra Cabrera**  
 TEC. LABORATORISTA DE SUELOS DE CONCRETO Y ASFALTO


  
**Ing. Elio A. Saavedra Cabrera**  
 CIP N° 306822



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO




## GRANULOMETRIA C-02

A signature in blue ink is written over a circular stamp. The stamp contains the LABORTEC logo and the text "LABORTEC". Below the signature, the text "Ing. Elio A. Saavedra Cabrera" and "CIP N° 306822" is printed.

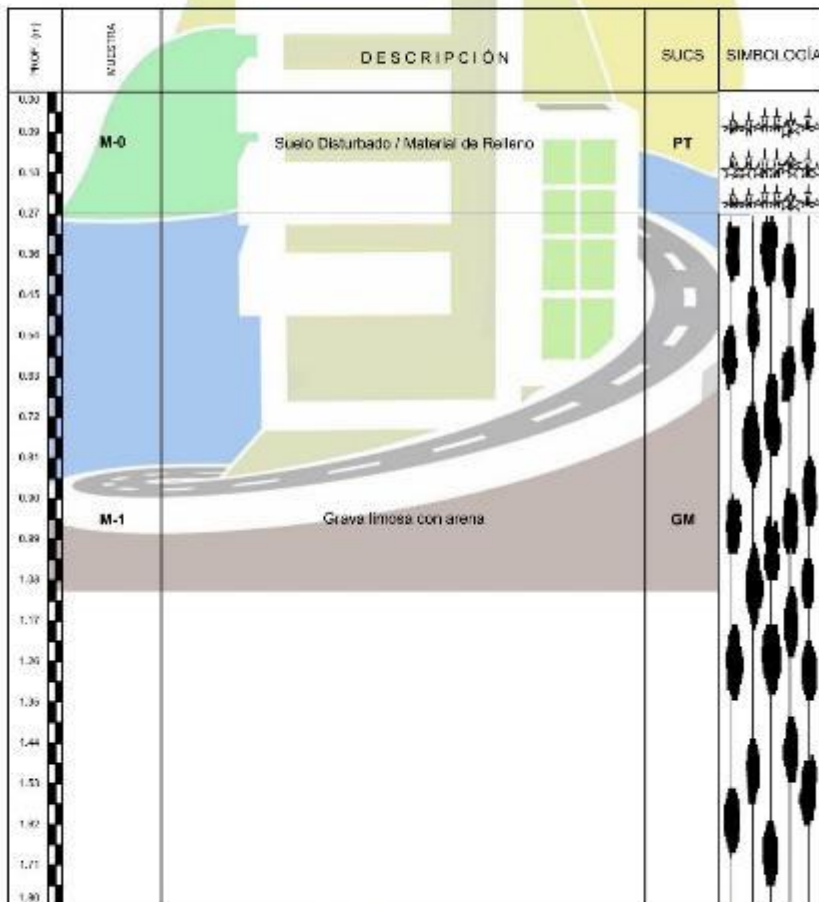
LABORTEC  
Ing. Elio A. Saavedra Cabrera  
CIP N° 306822



 <b>LABORTEC</b> <small>LABORATORIO PERUANO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</small>	<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS LABORTEC EIRL</b> Análisis Granulométrico NTP 339.128 (2014) / Límite Líquido y Límite Plástico NTP 339.129 (2014) / Clasificación SUCS NTP 339.134 (2014) /

### REGISTRO DE SONDAJE

<b>PROYECTO</b>	: ANÁLISIS COMPARATIVO DE SOLUCIÓN EN LA ESTABILIDAD DE TALUD, UTILIZANDO LOS SOFTWARES GEOTÉCNICOS SLIDE Y GEO5, EN EL KM 347-KM 352 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO-HUANUCO-2023		
<b>UBICACIÓN</b>	: KM 347 - KM 352 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO-HUANUCO		
<b>SOLICITANTE</b>	: BACH. GABARRA MIRANDA LEYLA FATIMA		
<b>CALICATA N°</b>	: C40 / km 347	<b>TÉCNICO</b>	: LABORTEC E.I.R.L.
<b>PROF. (m)</b>	: 0.00 - 1.80 m	<b>NIVEL FREÁTICO</b>	: _____
		<b>FECHA</b>	: AGOSTO 2025




  
**Fayio D. Saavedra Cabrera**  
 TEC. LABORATORISTA DE SUELOS  
 DE CONCRETO Y ASFALTO


  
**Ing. Elio A. Saavedra Cabrera**  
 CIP N° 306822



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



# ENSAYO DE CORTE DIRECTO

  
 **Ing. Elio A. Saavedra Cabrera**  
CIP N° 306822



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



# CORTE DIRECTO

## C – 01

A signature in blue ink is written over a circular stamp. The stamp contains the LABORTEC logo and the text "LABORTEC" below it. To the right of the stamp, the text "Ing. Elio A. Sanvedra Cabrera" and "CIP N° 306822" is printed.

LABORTEC  
Ing. Elio A. Sanvedra Cabrera  
CIP N° 306822





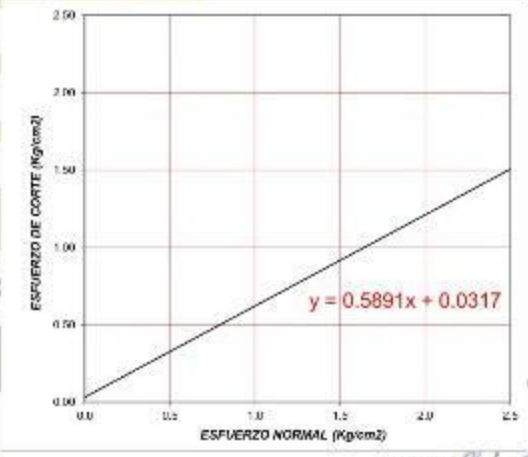
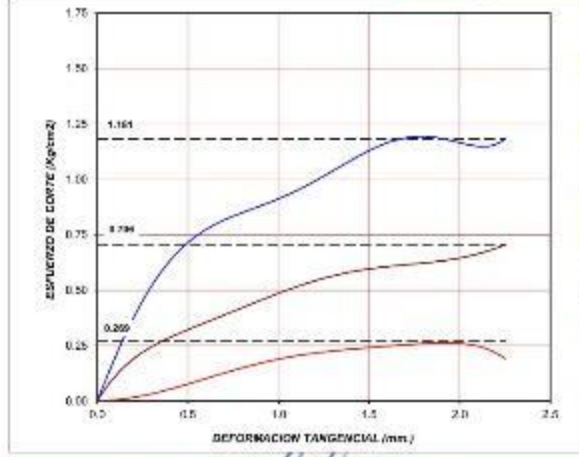




EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO  
(ASTM D-3080)**

<b>PROYECTO</b> : ANÁLISIS COMPARATIVO DE SUELOS EN LA ESTABILIDAD DE TALUDS, URBANISMO LOS SOFTWARES GEOTÉCNICOS SLIDE Y GEO3, EN EL KM 347- KM 352 DE LA CARRETERA CENTRO DE PASO DE PASCO-HUANUCO		<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPÉCIMENES</b>						
<b>UBICACIÓN</b> : KM 347- KM 352 DE LA CARRETERA CENTRO DE PASCO-HUANUCO		<b>MUESTRA</b>	<b>DIÁMETRO</b>	<b>ÁREA</b>	<b>CONT. HUM.</b>	<b>W<sub>PLAS</sub> SFC</b>	<b>ESFUERZO NORMAL</b>	
<b>SOLICITADO</b> : INAHU GAMAÑA HUANDIA LEYLA PATINA			(cm)	(cm <sup>2</sup> )	(%)	(g/cm <sup>3</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	
<b>EJECUTADO</b> : LABORTEC E.I.R.L.	<b>MUESTRA</b> : C-01/190-352		01	6.0	28.27	10.9	1.759	0.5
<b>PROF. (m)</b> : 0.00 - 1.00	<b>FECHA</b> : AGOSTO DEL 2025		02	6.0	28.27	10.9	1.838	1.0
			03	6.0	28.27	10.9	1.814	2.0
			<b>CLASIF. SUCS</b> : GM		<b>L.L.</b> : 15	<b>IP</b> : 8	<b>% MENOR QUE MALLA N° 200</b> : 2.3	



RESULTADOS DE ENSAYOS		
<b>COHESIÓN (kg/cm²)</b>	0.032	<b>ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)</b>
		30.50

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Hualhuaco  
Cofahu: 902967000/902034023  
E-mail: labortec\_eir@gmail.com  
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificada mediante el código QR

**LABORTEC**  
Fayro D. Saavedra Cabrera  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS  
DE CONCRETO Y ASFALTO

**LABORTEC**  
Ing. Elío A. Saavedra Cabrera  
CIP N° 306822



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



# CORTE DIRECTO

## C – 02



 Ing. Elio A. Sanvedra Cabrera  
CIP N° 306822







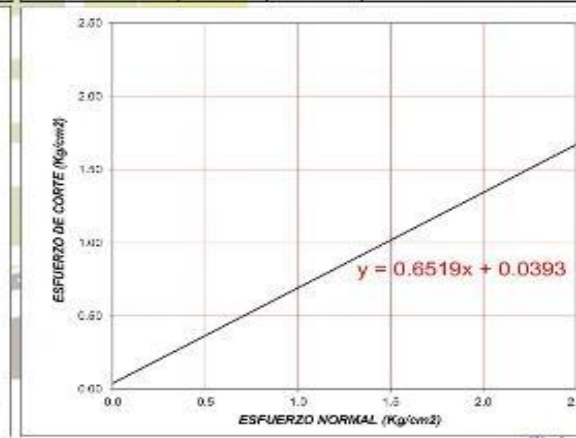
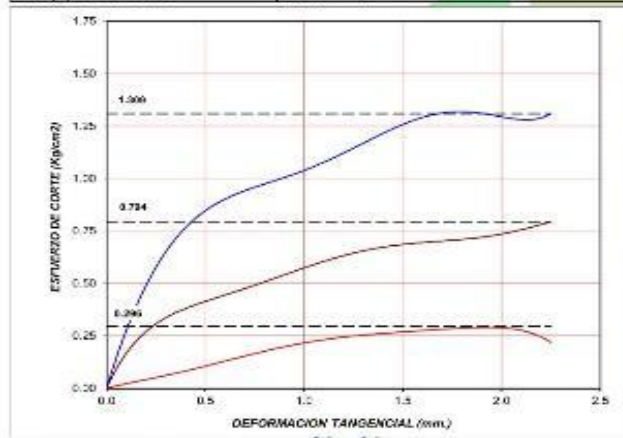


**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO  
(ASTM D-3080)**

<b>PROYECTO</b> : ANÁLISIS COMPARATIVO DE SOLUCIÓN EN LA ESTABILIDAD DE TALUDS UTILIZANDO LOS SOFTWARES GEOCONEXION 3D Y GEO3 EN EL KM 547-KM 552 DE LA CARRETERA LEON DE PASCO-BLANCO LEÓN DE PASCO-BLANCO-2021		<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPÉCIMENES</b>			
<b>UBICACIÓN</b> : KM 347-KM 352 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO-BLANCO		<b>MUESTRA</b> N°	<b>DIÁMETRO</b> (mm)	<b>ÁREA</b> (cm <sup>2</sup> )	<b>CONT. HUM.</b> (%)
<b>SOLICITADO</b> : RAUL GAMARRA MIRANDA LEYLA PAJAMA		01	6.0	28.27	11.2
<b>EJECUTADO</b> : LABORTEC S.R.L.		02	6.0	28.27	11.2
<b>PROF. (m)</b> : 0.00 - 2.00		03	6.0	28.27	11.2
<b>MUESTRA</b> : C-02 (Km 347)		<b>CLASIF. SUCS</b> : GM	<b>LL</b> : 15	<b>LP</b> : 3	<b>% MENOR QUE MALLA N° 200</b> : 2.3
<b>FECHA</b> : AGOSTO DEL 2023					



RESULTADOS DE ENSAYOS		
<b>COHESIÓN (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	0.039	<b>ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)</b>
		33.10

**Fayro D. Sotvedra Cabrera**  
TÉC. LABORATORISTA DE SUELOS  
DE CONCRETO Y ASFALTO

**LABORTEC**  
Ing. Elio A. Sotvedra Cabrera  
CIP N° 308022

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huancayo  
Calle: 982987000/062634603  
E-mail : Labortec\_srl@hotmail.com  
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificada mediante el código QR



**LABORTEC**  
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO  
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA  
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



# SALES Y SULFATOS



**LABORTEC**  
Ing. Elio A. Saavedra Cabrera  
CIP N° 306822



CONTENIDO DE SULFATOS EXPRESADOS COMO IÓN SO<sub>4</sub> Y CONTENIDO DE CLORUROS EXPRESADOS COMO IÓN cl<sup>-</sup> (NORMA NTP 400.042, AASHTO T 290, AASHTO T 291)

**PROYECTO** : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE SOLUCIÓN EN LA ESTABILIDAD DE TALUD, UTILIZANDO LOS SOFTWARES GEOTÉCNICOS SLIDE Y GEOS, EN EL KM 347- KM 352 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO-JUANUCO-2023"

**SOLICITANTE** : KM 347- KM 352 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO-JUANUCO

**RESPONSABLE** : LABORTEC E.L.R.L. **FECHA** : AGOSTO DEL 2023

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA** : C - 01 / km. 352

**MUESTRA** : M-1

**PROF.** : 0.00 - 2.00 m.

Muestra 02

REPORTE DE RESULTADOS	LIMITES PERMISIBLES	RESULTADOS	
	%	VALOR	UNIDADES
Sulfatos como ión SO <sub>4</sub>	0.06	0.0615	%
Cloruros como ión Cl	0.10	0.0548	%
pH a 15.9°C	>4		6.1

REPORTE DE RESULTADOS	LIMITES PERMISIBLES	RESULTADOS	
	%	VALOR	UNIDADES
Sulfatos como ión SO <sub>4</sub>	0.06		
Cloruros como ión Cl	0.10		
pH a 15.9°C	>4		

(\*) Límites máximos permisibles de concentración de sustancias según ETC-CBVT-2008 MTC

   
**Fayio D. Saavedra Cabrera**  
 T.E.C. LABORATORISTA DE SUELOS DE CONCRETO Y ASFALTO

   
**Ing. Elio A. Saavedra Cabrera**  
 CIP N° 306822



CONTENIDO DE SULFATOS EXPRESADOS COMO ION SO<sub>4</sub> Y CONTENIDO DE CLORUROS EXPRESADOS COMO ION cl-(NORMA NTP 400.042, AASHTO T 290, AASHTO T 291)

**PROYECTO** : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE SOLUCIÓN EN LA ESTABILIDAD DE TALUD, UTILIZANDO LOS SOFTWARES GEOTÉCNICOS SLIDE Y GEOS, EN EL KM 347- KM 352 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO-JUANUCO-2023"

**SOLICITANTE** : KM 347- KM 352 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO-JUANUCO

**RESPONSABLE**: LABORTEC E.L.R.L. **FECHA** : AGOSTO DEL 2023

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA** : C - 02 / km 347

**MUESTRA** : M-1

**PROF.** : 0.00 - 1.80 m.

Muestra 02

REPORTE DE RESULTADOS	LIMITES PERMISIBLES	RESULTADOS	
	%	VALOR	UNIDADES
Sulfatos como ión SO <sub>4</sub>	0.06	0.0648	%
Cloruros como ión Cl	0.10	0.0591	%
pH a 15.9°C	>4		6.1

REPORTE DE RESULTADOS	LIMITES PERMISIBLES	RESULTADOS	
	%	VALOR	UNIDADES
Sulfatos como ión SO <sub>4</sub>	0.06		
Cloruros como ión Cl	0.10		
pH a 15.9°C	>4		

(\*) Límites máximos permisibles de concentración de sustancias según ETC-CBVT-2008 MTC



Fayro D. Saavedra Cabrera  
TÉC. LABORATORISTA DE SUELOS DE CONCRETO Y ASFALTO



Ing. Elio A. Saavedra Cabrera  
CIP N° 306822

## ANEXO 5 PANEL FOTOGRAFICO



Vista panorámica del talud en el kilómetro 347 de la carretera Cerro de Pasco – Huánuco.



Levantamiento topográfico y/o toma de datos con Estación Total del talud en el kilómetro 347 de la carretera Cerro de Pasco – Huánuco.



Vista panorámica del talud en el kilómetro 352 de la carretera Cerro de Pasco – Huánuco.



Levantamiento topográfico y/o toma de datos con Estación Total del talud en el kilómetro 352 de la carretera Cerro de Pasco – Huánuco.



Calicata N° 01 en el kilómetro 347 de la carretera Cerro de Pasco – Huánuco.



Profundidad de la calicata N° 01 de 1.80 m



Calicata N° 02 en el kilómetro 352 de la carretera Cerro de Pasco – Huánuco.



Excavación de la calicata N° 02 hasta una profundidad de 2.00 m



En la imagen se aprecia a la tesista y las bandejas de la muestra luego de ser introducido en la columna de tamizado y agitado para separar el material más fino del más grueso.



bandejas de la muestra luego de ser introducido en la columna de tamizado y agitado para separar el material más fino del más grueso.



En la imagen se aprecia a la tesista preparando la columna de los tamices para el ensayo de granulometría por tamizado de las muestras del suelo obtenidas en el km 347.



En la imagen se aprecia a la tesista preparando la columna de los tamices para el ensayo de granulometría por tamizado de las muestras de suelos obtenidas en el km 352.



Ensayo de limites e índice de plasticidad de las muestras del suelo obtenidas en el km 347



Ensayo de limites e índice de plasticidad de las muestras del suelo obtenidas en el km 352



Ensayo de corte directo de las muestras del suelo obtenidas en el km 347



Ensayo de corte directo de las muestras del suelo obtenidas en el km 352