

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**"ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA CARRETERA CAJAMARCA –
CELENDÍN KM 84+00 AL KM 89+00"**

Para optar el Título Profesional de:
INGENIERO CIVIL

Presentado por:

Bach. Castro Mercado, Jorge Luis.

Asesor:

Ing. Lucio Marcial Sifuentes Inostroza

CAJAMARCA - PERÚ

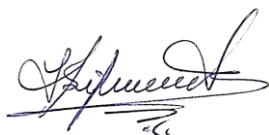
2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. **Investigador:** JORGE LUIS CASTRO MERCADO
DNI: 26687226
Escuela Profesional: INGENIERIA CIVIL
2. **Asesor:** ING. LUCIO MARCIAL SIFUENTES INOSTROZA
Facultad: INGENIERÍA
3. **Grado académico o título profesional**
☐ Bachiller ☒ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☐ Maestro ☐ Doctor
4. **Tipo de Investigación:**
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. **Título de Trabajo de Investigación:**
"ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA CARRETERA CAJAMARCA – CELENDÍN KM 84+00 AL KM 89+00"
6. **Fecha de evaluación:** 06 DE OCTUBRE DEL 2025
7. **Software antiplagio:** ☒ TURNITIN ☐ URKUND (OURIGINAL) (*)
8. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 17 %
9. **Código Documento:** 3117:508623381
10. **Resultado de la Evaluación de Similitud:**
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: CAJAMARCA 07 DE OCTUBRE 2025



FIRMA DEL ASESOR

Nombres y Apellidos
LUCIO MARCIAL SIFUENTES INOSTROZA
DNI: 26617505



Firmado digitalmente por:
BAZAN DIAZ Laura Sofia
FAU 20148258001 soft
Motivo: En señal de
conformidad
Fecha: 07/10/2025 11:20:59-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : *ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CELENDÍN KM 84+00 AL KM 89+00*

ASESOR : *Ing. Lucio Marcial Sifuentes Inostroza.*

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0720-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 29 de octubre de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **cuatro días del mes de noviembre de 2025**, siendo las quince horas (3:00 p.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A - Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez.
Vocal : Dra. Ing. Rosa Haydee Llique Mondragón.
Secretario : Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada *ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CELENDÍN KM 84+00 AL KM 89+00* presentado por el Bachiller en Ingeniería Civil *JORGE LUIS CASTRO MERCADO*, asesorado por el Ing. Lucio Marcial Sifuentes Inostroza, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : *6* PTS.
EVALUACIÓN PÚBLICA : *11* PTS.
EVALUACIÓN FINAL : *17* PTS *DIECISIETE* (En letras)

En consecuencia, se lo declara *APROBADO* con el calificativo de *17 (DIECISIETE)* acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las *16:30* horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.


Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez.
Presidente


Dra. Ing. Rosa Haydee Llique Mondragón.
Vocal


Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.
Secretario


Ing. Lucio Marcial Sifuentes Inostroza.
Asesor

COPYRIGHT © 2025 by
JORGE LUIS CASTRO MERCADO
Todos los derechos reservados

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, dar gracias a Dios, ya que sin Él nada soy. Gracias por darme la perseverancia para concluir con la tesis que ahora presento.

A la facultad de Ingeniería, escuela profesional de ingeniería civil y toda su plana docente, por los conocimientos y las lecciones brindadas a lo largo de mi estadía en tan prestigiosa alma máter.

A mi asesor Ing. Lucio Marcial Sifuentes Inostroza por todo su apoyo y trabajo desinteresado durante el desarrollo de esta tesis. A los responsables del laboratorio externo donde realizamos los ensayos; amigos que me ayudaron y asesoraron durante los trabajos de campo y procesamiento de datos.

A mi esposa e hijo por su amor, su paciencia, su confianza y su apoyo incondicional.

A mi madre y hermano por su comprensión y su amor incondicional.

DEDICATORIA

Dedico la presente investigación a mi madre Margarita Mercado por todo su esfuerzo y dedicación durante mis años de estudiante, años de sacrificio y esfuerzo personal para sacar a la familia adelante.

A mi esposa Susy Mendoza y a mi hijo Elías Daniel, quienes son el amor de mi vida, el motor, la fuerza para continuar desarrollarme profesional y personalmente.

A mi hermano Manuel, por ser un ejemplo que seguir, ejemplo de hermano mayor luchador y de gran corazón.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
CONTENIDO	iv
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABLAS	viii
LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS UTILIZADAS	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del Problema	1
1.2. Formulación del problema	2
1.3. Hipótesis	2
1.4. Objetivos de la Investigación	3
1.4.1. Objetivo General.	3
1.4.2. Objetivos Específicos.	3
1.5. Alcances de la Investigación	3
1.6. Limitaciones de la investigación	4
1.7. Justificación de la Investigación.	4
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Marco referencial	5
2.1.1. Antecedentes Internacionales	5
2.1.2. Antecedentes Nacionales	6
2.1.3. Antecedentes Locales	7
2.2. Marco conceptual	9
2.2.1. Talud	9
2.2.2. Tipos de Taludes	9
2.2.3. Partes de un talud	10
2.2.4. Análisis de estabilidad de un talud	11
2.2.5. Estabilidad de talud	12
2.2.6. Factores que condicionan y afectan a la falla de taludes	20
2.2.7. El Criterio de rotura de Mohr – Coulomb	21
2.2.8. Criterios de evaluación del factor de seguridad	23
2.2.9. Software Slide V.6.0	25
2.3. Definición de términos básicos	25
CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1. Ubicación geográfica	27

3.2.	Diseño de la investigación	28
3.3.	Tipo y nivel de investigación	28
3.4.	Población, muestra, unidad de análisis y observación	29
3.4.1.	Población y muestra	29
3.4.2.	Unidad de análisis y unidad de observación	29
3.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	30
3.5.1.	Observación directa	30
3.5.2.	Revisión documental	30
3.6.	Procedimiento	30
3.6.1.	Nivelación	30
3.6.2.	Recolección de muestras para ensayos de mecánica de suelos	30
3.6.3.	Ensayos de Mecánica de suelos	30
3.6.4.	Ensayo de corte directo	31
3.6.5.	Determinación del factor de seguridad	32
3.7.	Condiciones del factor de seguridad	32
CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		36
4.1.	Análisis de Estabilidad de Taludes (Slide V.6.0)	36
4.1.1.	Datos de campo y laboratorio	36
4.1.2.	Condiciones Estáticas	37
4.1.3.	Condiciones Pseudoestáticas	43
4.2.	Presentación y Discusión de Resultados	49
4.2.1.	Contenido de humedad del suelo	49
4.2.2.	Clasificación de suelos según S.U.C.S	50
4.2.3.	Peso específico, cohesión y Ángulo de fricción interna.	51
4.2.4.	Factores de seguridad (Condiciones Estáticas)	52
4.2.5.	Factores de seguridad (Condiciones Pseudo Estáticas)	52
4.2.6.	Condiciones de los taludes según los rangos de FS	53
4.3.	CONTRASTE DE LA HIPÓTESIS	54
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		55
5.1.	CONCLUSIONES	55
5.2.	RECOMENDACIONES	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		58
APÉNDICE I: FOTOGRAFÍAS		61
ANEXO I: ENSAYOS DE LABORATORIO – CALICATA 1 (KM 84+010)		69
ANEXO II: ENSAYOS DE LABORATORIO – CALICATA 2 (KM 84+300)		77
ANEXO III: ENSAYOS DE LABORATORIO – CALICATA 3 (KM 85+300)		85
ANEXO IV: ENSAYOS DE LABORATORIO – CALICATA 4 (KM 86+735)		93
ANEXO V: ENSAYOS DE LABORATORIO – CALICATA 5 (KM 88+050)		101

ANEXO VI: ENSAYOS DE LABORATORIO – CALICATA 6 (KM 88+500)	109
ANEXO VII: CERTIFICADO DE ASISTENCIA A LABORATORIO UNC	117

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Tipos de talud	10
Figura 2 Partes de un talud.....	10
Figura 3 Clasificación de movimientos.....	17
Figura 4 Partes de un deslizamiento.....	18
Figura 5 Envolvente de Mohr - Coulomb en términos de esfuerzos	22
Figura 6 Métodos de cálculo general	23
Figura 7 Departamento Cajamarca - provincia Celendín.....	27
Figura 8 Ubicación del tramo estudiado.....	28
Figura 9 Análisis del talud km 84+010	37
Figura 10 Análisis del talud km 84+300	38
Figura 11 Análisis del talud km 85+300	39
Figura 12 Análisis del talud km 86+735	40
Figura 13 Análisis del talud km 88+050	41
Figura 14 Análisis del talud km 88+500	42
Figura 15 Análisis del talud km 84+010	43
Figura 16 Análisis del talud km 84+300	44
Figura 17 Análisis del talud km 85+300	45
Figura 18 Análisis del talud km 86+735	46
Figura 19 Análisis del talud km 88+050	47
Figura 20 Análisis del talud km 88+500	48
Figura 21 Tesista en el talud km 84+010.	62
Figura 22 Calicata y recolección de muestra en el km 84+010.	62
Figura 23 Tesista en el talud km 84+300.	63
Figura 24 Calicata y recolección de muestra en el km 84+300.	63
Figura 25 Tesista en el talud km 85+300.	64
Figura 26 Calicata y recolección de muestra en el km 85+300.	64
Figura 27 Tesista en el talud km 86+735.	65
Figura 28 Calicata y recolección de muestra en el km 86+735.	65
Figura 29 Tesista en el talud km 88+050.	66
Figura 30 Calicata y recolección de muestra en el 88+050.	66
Figura 31 Tesista en el talud km 88+500.	67
Figura 32 Calicata y recolección de muestra en el km 88+500.	67
Figura 33 Tesista y asesor en el laboratorio de suelos de la universidad.....	68
Figura 34 Preparando los especímenes para el ensayo de corte directo.	68

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Rangos de factores de seguridad	14
Tabla 2: Coeficiente de sismicidad	15
Tabla 3: Coordenadas UTM WGS-84 ZONA 17S del tramo estudiado.	28
Tabla 4: Progresivas de las secciones de los taludes en estudio	29
Tabla 5: Datos para el cálculo de factores de seguridad	36
Tabla 6: Contenido de humedad del suelo	49
Tabla 7: Tipos de Suelos	50
Tabla 8: Resultados de laboratorio de suelos.	51
Tabla 9: Resultados del FS en Condiciones Estáticas.	52
Tabla 10: Resultados de FS en Condiciones Pseudo Estáticas.	53
Tabla 11: Condiciones de los taludes según los rangos de FS	53
Tabla 12: CONTENIDO DE HUMEDAD (KM 84+010)	70
Tabla 13: DENSIDAD HÚMEDA (KM 84+010)	71
Tabla 14: LÍMITES DE ATTERBERG (KM 84+010)	72
Tabla 15: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS (KM 84+010)	73
Tabla 16: ENSAYO DE CORTE DIRECTO (KM 84+010)	74
Tabla 17: ENSAYO DE CORTE DIRECTO (KM 84+010)	75
Tabla 18: PERFIL ESTRATIGRÁFICO (KM 84+010)	76
Tabla 19: CONTENIDO DE HUMEDAD (KM 84+300)	78
Tabla 20: DENSIDAD HÚMEDA (KM 84+300)	79
Tabla 21: LÍMITES DE ATTERBERG (KM 84+300)	80
Tabla 22: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS (KM 84+300)	81
Tabla 23: ENSAYO DE CORTE DIRECTO (KM 84+300)	82
Tabla 24: ENSAYO DE CORTE DIRECTO (KM 84+300)	83
Tabla 25: PERFIL ESTRATIGRÁFICO (KM 84+300)	84
Tabla 26: CONTENIDO DE HUMEDAD (KM 85+300)	86
Tabla 27: DENSIDAD HÚMEDA (KM 85+300)	87
Tabla 28: LÍMITES DE ATTERBERG (KM 85+300)	88
Tabla 29: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS (KM 85+300)	89
Tabla 30: ENSAYO DE CORTE DIRECTO (KM 85+300)	90
Tabla 31: ENSAYO DE CORTE DIRECTO (KM 85+300)	91
Tabla 32: PERFIL ESTRATIGRÁFICO (KM 85+300)	92
Tabla 33: CONTENIDO DE HUMEDAD (KM 86+735)	94
Tabla 34: DENSIDAD HÚMEDA (KM 86+735)	95
Tabla 35: LÍMITES DE ATTERBERG (KM 86+735)	96
Tabla 36: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS (KM 86+735)	97
Tabla 37: ENSAYO DE CORTE DIRECTO (KM 86+735)	98
Tabla 38: ENSAYO DE CORTE DIRECTO (KM 86+735)	99

Tabla 39: PERFIL ESTRATIGRÁFICO (KM 86+735)	100
Tabla 40: CONTENIDO DE HUMEDAD (KM 88+050)	102
Tabla 41: DENSIDAD HÚMEDA (KM 88+050)	103
Tabla 42: LÍMITES DE ATTERBERG (KM 88+050)	104
Tabla 43: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS (KM 88+050)	105
Tabla 44: ENSAYO DE CORTE DIRECTO (KM 88+050)	106
Tabla 45: ENSAYO DE CORTE DIRECTO (KM 88+050)	107
Tabla 46: PERFIL ESTRATIGRÁFICO (KM 88+050)	108
Tabla 47: CONTENIDO DE HUMEDAD (KM 88+500)	110
Tabla 48: DENSIDAD HÚMEDA (KM 88+500)	111
Tabla 49: LÍMITES DE ATTERBERG (KM 88+500)	112
Tabla 50: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS (KM 88+500)	113
Tabla 51: ENSAYO DE CORTE DIRECTO (KM 88+500)	114
Tabla 52: ENSAYO DE CORTE DIRECTO (KM 88+500)	115
Tabla 53: PERFIL ESTRATIGRÁFICO (KM 88+500)	116

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS UTILIZADAS

INDECI	:	Instituto Nacional de defensa civil
km	:	kilómetro.
kN	:	kilonewton.
kN/cm ²	:	kilonewton por centímetro cuadrado.
kN/m ³	:	kilonewton por metro cúbico.
FS	:	Factor de seguridad
IGP	:	Instituto geofísico del Perú.
INDECI	:	Instituto Nacional de Defensa Civil.
SINPAD	:	Sistema informático que utiliza el INDECI.
RMR	:	Rock Mass Rating. (Sist. Evaluar un macizo rocoso)
SMR	:	Slope Mass Rating. (Sist. Estabilidad de taludes rocosos)
RQD	:	Rock Quality Designation. (El Índice de Calidad de la Roca)
GSI	:	Índice de Resistencia Geológica.

RESUMEN

El tramo de la carretera 8B entre el km 84+00 al 89+00, que pertenece a la carretera Cajamarca – Celendín, es una zona donde se presentan deslizamientos de los taludes interrumpiendo el tránsito, sobre todo en la temporada de lluvia. Esta investigación tuvo como objetivo principal determinar la estabilidad de los taludes, mediante el análisis en 2D con el software Slide V.6.0. por el método del equilibrio límite calculando el factor de seguridad. Para su desarrollo, se identificó los taludes más representativos (tomando muestras de seis puntos) entre las progresivas km 84 + 000 hasta km 89 + 000, se realizó el levantamiento de las secciones transversales de los taludes elegidos, se recolectó muestras inalteradas de los suelos para el ensayo de corte directo, se tomaron muestras de los suelos para realizar los ensayos de granulometría, plasticidad, peso específico y contenido de humedad y clasificados como limos inorgánicos y arenas limosas mezcladas con grava. Con esta información y con el uso del software Slide V.6.0. se determinó los factores de seguridad en los taludes que son: 0.874 para el km 84+010; 0.905 para el km 84+300; 0.769 para el km 85+300; 0.974 para el km 86+735; 0.693 para el km 88+050; 0.747 para el km 88+500, concluyéndose que los taludes de la carretera Cajamarca – Celendín ubicados del km 84+00 al km 89+00 son inestables.

Palabras clave:

Talud, estabilidad de taludes, factor de seguridad, análisis estático, análisis pseudoestático.

ABSTRACT

The section of Highway 8B between km 84+00 and 89+00, which belongs to the Cajamarca - Celendín highway, is an area where slope landslides occur, interrupting traffic, especially during the rainy season. The main objective of this investigation was to determine the stability of the slopes, through 2D analysis with Slide V.6.0 software by the limit equilibrium method, calculating the safety factor. For its development, the most representative slopes were identified (taking samples from six points) between the progressive km 84 + 000 to km 89 + 000, cross sections of the chosen slopes were raised, undisturbed soil samples were collected for direct shear testing, soil samples were taken to perform granulometry, plasticity, specific weight and moisture content tests and classified as inorganic silts and silty sands mixed with gravel. With this information and the use of Slide V.6.0 software, the safety factors for the slopes were determined as follows: 0.874 for km 84+010; 0.905 for km 84+300; 0.769 for km 85+300; 0.974 for km 86+735; 0.693 for km 88+050; 0.747 for km 88+500, concluding that the slopes of the Cajamarca – Celendín highway located from km 84+00 to km 89+00 are unstable.

Keywords:

Slope, slope stability, factor of safety, static analysis, pseudostatic analysis.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

La estabilidad de taludes es fundamental para garantizar la seguridad de las infraestructuras y prevenir deslizamientos que puedan causar daños materiales y pérdidas humanas. Los recientes estudios señalan la importancia de realizar análisis exhaustivos de estabilidad para identificar posibles riesgos y aplicar medidas preventivas adecuadas. Estos análisis consideran factores como la geometría del talud, las propiedades geotécnicas del suelo y las condiciones hidrogeológicas, permitiendo diseñar soluciones efectivas que aseguren la integridad de las construcciones y la protección de las personas. (Ingeom, 2023).

En el Perú, entre el período 2003-2022, se registraron más de 3600 deslizamientos (INDECI-SINPAD, 2023). Los deslizamientos generalmente se producen a lo largo de la cordillera de los Andes. Las investigaciones realizadas concluyen que el relieve de un territorio está influenciado por el clima y la acción de agentes modeladores como el agua en un determinado período de tiempo, sin embargo, al ocurrir cambios abruptos como precipitaciones extraordinarias producto del cambio estacional o fenómeno del niño, las fuerzas internas y externas que permiten el equilibrio de una ladera se modifican. Esta modificación del equilibrio trae como consecuencia la ocurrencia de deslizamientos. (Instituto geofísico del Perú, 2024)

Los taludes que han permanecido estables por un período largo de tiempo pierden la estabilidad al sobrepasar la capacidad de soporte de los materiales que lo conforman; principalmente, por la infiltración de las aguas provenientes de las precipitaciones extraordinarias. (Instituto geofísico del Perú, 2024)

La estabilidad de taludes en Perú es un tema de gran relevancia debido a la geografía accidentada del país y la prevalencia de fenómenos naturales como lluvias intensas y actividad sísmica, por ello se destaca la importancia de evaluar y mejorar la estabilidad de los taludes para prevenir deslizamientos, contribuyendo a la seguridad pública y a la sostenibilidad de las infraestructuras.

Cajamarca se encuentra en la Cordillera de los Andes, caracterizada por pendientes pronunciadas y suelos con diversas composiciones geotécnicas. Muchas de estas zonas presentan suelos arcillosos y arenosos que pueden volverse inestables, especialmente cuando producto de las lluvias se saturan los suelos haciéndose inestables; en este sentido se evaluará la carretera Cajamarca – Celendín en el tramo km 84+00 al km 89+00 que cuenta con taludes inestables que han ocasionado deslizamientos de masas, accidentes con consecuencias fatales entre los transeúntes y vehículos.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el tipo de estabilidad que presentan los taludes de la carretera Cajamarca – Celendín km 84 + 00 al km 89+ 00?

1.3. Hipótesis

Los taludes de la carretera 8B Cajamarca – Celendín km 84 + 00 al km 89+ 00 presentan factores de seguridad menores a uno ($FS < 1$) por lo cual son del tipo inestables.

1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivo General.

Determinar la estabilidad de taludes de la carretera Cajamarca – Celendín del km 84+00 al km 89+00.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Determinar el ángulo de fricción interna y cohesión de los taludes de la carretera Cajamarca – Celendín del km 84+00 al km 89+00.
- Determinar el factor de seguridad de los taludes de la carretera Cajamarca – Celendín del km 84+00 al km 89+00.
- Elaborar la propuesta de estabilidad de taludes, para los tramos estudiados.

1.5. Alcances de la Investigación

- La investigación determinó el ángulo de fricción interna y la cohesión de los taludes de la carretera Cajamarca – Celendín ubicados del km 84+00 al km 89+00.
- Se realizó el levantamiento topográfico del perfil transversal de los taludes en estudio.
- Mediante el software Slide V.6.0 y utilizando el método de equilibrio límite se determinó el factor de seguridad de los taludes en estudio de la carretera Cajamarca – Celendín ubicados en el tramo del km 84+00 al km 89+00.

1.6. Limitaciones de la investigación

Durante el desarrollo de la presente tesis sobre estabilidad de taludes, se presentaron ciertas limitaciones que condicionaron el alcance del estudio. Entre las principales se encuentra la imposibilidad de realizar análisis detallados de ciertos factores condicionantes y desencadenantes, como:

- Nivel freático,
- Propiedades geofísicas y geomecánicas del terreno,
- Influencia de eventos de lluvias extraordinarias.

Como consecuencia, el análisis se centró en la información disponible y en métodos indirectos, lo que puede limitar la precisión en la determinación del factor de seguridad y en la caracterización completa del comportamiento del talud frente a distintos escenarios de carga y condiciones climáticas.

No obstante, se tomaron medidas para minimizar el impacto de estas limitaciones, como la utilización de parámetros representativos basados en estudios de suelos realizados.

1.7. Justificación de la Investigación.

Esta investigación identifica y cuantifica el factor de seguridad y con ello determina la estabilidad de los taludes evaluados en la carretera Cajamarca-Celendín correspondiente al tramo ubicado entre el km 84+00 y el km 89+00. Esta investigación podrá ser tomada como referencia para realizar estudios más detallados para solucionar el problema de deslizamientos a través de múltiples métodos de estabilización de taludes.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco referencial

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Lagos, A. (2020), en su tesis llamada “Estudio de estabilidad de taludes de distinta pendiente con suelo – cemento ante la acción de lluvia en la zona central de Chile”, tuvo el objetivo de determinar el análisis de daños producidos por la lluvia en taludes de diferentes pendientes generando la relación óptima entre pendiente y revestimiento; para lo cual preparó los taludes de suelo cohesivo con diferentes pendientes confeccionados con una mezcla de suelo cemento y luego evaluó el daño que produjo por escurrimiento y por impacto de gotas de agua. Concluyendo que la composición de mezcla suelo cemento presenta características aptas como revestimiento para taludes en diferentes tipos de inclinación, aun con pendientes elevadas.

Garzón, J.T., Suárez, B.A. y Quintero, L. (2021) en su tesis “Análisis de estabilidad de taludes Barrio el progreso”, en Bogotá, tuvieron el objetivo de plantear y diseñar obras de mitigación de procesos de inestabilidad de laderas en el barrio el Arroyo, para ello analizaron las condiciones del terreno, los procesos geomorfológicos, los procesos físicos; caracterizaron el suelo que conforma el talud. Los resultados obtenidos del estudio geotécnico se complementaron con modelos geológico-geotécnicos, realizados en el talud deslizado en el Barrio el Arroyo. Asimismo, mediante actividades de reconocimiento de campo, a través de su exploración, ensayos de laboratorio, fue posible elaborar un modelo geológico-geotécnico y plantear obras de

estabilización (muros de contención) que permitan mitigar el riesgo al cual se ve enfrentada la comunidad que habita la zona de estudio.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Llaique, N (2022), estudió la “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” en el poblado de Kiteni, región Cusco. La presente investigación evalúo distintos sistemas de estabilización de taludes como, el sistema Terramesh, sistema de muros de concreto armado, sistema de gaviones y sistema Erdox. El análisis se basó en los resultados obtenidos de ensayos de mecánica de suelos, que revelaron una composición de grava arcillosa, con un límite de plasticidad de 22%, un índice de plasticidad de 16%, cohesión de 0.36 kg/cm² y un ángulo de fricción de 38.13°. Con el uso del software Slide V.6.0, se calculó el factor de seguridad que es de 0.79, valor inferior a lo exigido por la normativa. De los métodos evaluados para la estabilización de taludes los resultados obtenidos nos llevan a la conclusión de que el sistema Erdox se presenta como la alternativa más eficiente tanto en costos como en cumplimiento de estándares de estabilidad para este caso.

Mujica, J.C. y Reymundo J.E. (2022). En su investigación “Análisis de Estabilidad de Taludes desde el Puente Posanca hasta el Poblado Licahuasi de la Carretera LM 111 en el Distrito de Arahua y” realizada en el poblado de Arahua y, región Lima, La investigación se enfocó en la estabilidad de taludes críticos de la carretera LM-111, en el distrito de Arahua y (Lima). Se identificaron taludes críticos con alturas que superan los 25 metros. Se realizaron los análisis mediante el programa Geo5, utilizando el método de equilibrio límite para evaluar

su estabilidad. Se analizaron seis perfiles críticos agrupados en tres niveles de riesgo (bajo, medio y alto). Se propusieron dos métodos de mejora: rectificación geométrica con banquetas y revegetación. Estos métodos permitieron incrementar en promedio un 48% el factor de seguridad (F.S.), manteniendo el ángulo de inclinación y considerando una aceleración sísmica de 0.45. Se concluyó que factores como la infiltración de agua y el ángulo de inclinación reducen significativamente la estabilidad del talud. Por ello, se recomienda ajustar el ángulo de inclinación a 30°, construir cunetas de coronación, y reforestar con especies nativas como molle o huarango.

2.1.3. Antecedentes Locales

Huamán, J. (2022), en su tesis “Evaluación y control de deslizamiento de taludes entre el km 59 al km 63 de la carretera Cajamarca – ciudad de Dios, 2019”, Se determinaron las discontinuidades, tasa de infiltración, rugosidad, RMR (Rock Mass Rating), SMR (Slope Mass Rating); luego determinando el factor de seguridad, en función de estos parámetros se plantearon métodos de estabilidad, como el rediseño de los taludes y la construcción de banquetas en los taludes; se utilizó el software Dips V6 para el análisis de fracturas y el software Slide V2 para determinar el factor de seguridad de los taludes. Las fases de rotura se evidencian por grandes fallas en conjunto provocando socavamiento en contra del talud, presentando intenso fracturamiento comportándose en algunas partes como derrubio. Concluyendo que, las causas que originan el deslizamiento, son las deformaciones existentes en la zona y las medidas de control son construir una cuneta de coronación, corte de taludes 1:3 (V:H) y hacer el mantenimiento periódico de las cunetas.

Salazar, V. (2024), estudió la “Evaluación de la inestabilidad geotécnica de taludes entre las progresivas km 14+000 al km 20+000 de la carretera San Marcos- Cajabamba, provincia de San Marcos”. Se consideraron siete estaciones geomecánicas como puntos de control, utilizándose las clasificaciones geomecánicas Índice de Calidad de la Roca (RQD), Índice de Resistencia Geológica (GSI) y la Valoración del Macizo Rocos (RMR89). La información de los modelos geológicos, geomecánicos fue procesada en el Software Dips para el análisis estereográfico y cinemático de cada talud, concluyéndose que existe deslizamientos tipo cuña con probabilidad máx.=56% y deslizamiento planar con probabilidad máx.=35%.

Chávez, F (2024), investiga la “Determinación de los factores que afectan la estabilidad de los taludes ubicados en la carretera CA-109 sector Shururo, Celendín – Cajamarca”. Para su desarrollo, se hizo el levantamiento topográfico y la captura de una ortofoto entre las progresivas Km 105 + 020 hasta Km 106 + 280 de esta red vial departamental CA-109. Posteriormente, se realizó una inspección visual con el fin de determinar los tipos de movimientos de terreno y los factores que los originan. Se recolectó muestras para estudio de mecánica de suelos. Y con software Slide V.5.0. se determinó el factor de seguridad. Con esta metodología, se determinó cuáles son los factores condicionantes: suelos tipo GC (Grava arcillosa con arena, siendo un suelo no cohesivo) y un ángulo de fricción interna promedio de 28.93°; identificando que el ángulo de corte del talud es superior al que resiste el suelo. El factor desencadenante son las precipitaciones y un factor de seguridad de 0.580, lo que implica talud inestable y un peligro latente.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Talud

Es una superficie inclinada, con respecto a la horizontal, que aclimatan permanente o provisionalmente las estructuras de tierra. Los tipos de talúd: artificiales, contruidos por el hombre (terraplén o desmonte): naturales (laderas). Y, pueden componerse de suelos, rocas o mixtos, variando a su vez la metodología de estudio. (Valiente, R, Sobrecases, S y Díaz, A, 2015).

Según la Norma CE.020 “Suelos y Taludes” (2012), es un perfil que se obtiene tras una excavación o terraplenado no necesariamente vertical, sino con cierto ángulo con la horizontal, llamado ángulo de talud.

2.2.2. Tipos de Taludes

Los tipos de taludes pueden ser dos:

Naturales: Estos taludes son formados por la naturaleza a lo largo de la historia geológica. No requieren de la intervención humana para formarse, se pueden establecer como consecuencia de procesos como: La erosión, lluvias, terremotos, etc.

Artificiales: Para la formación de este tipo de taludes se requiere de la intervención del hombre. Su formación dependerá de la naturaleza de la obra de ingeniería desarrollada. Estos taludes artificiales se dividen en dos grupos, los cortes y los terraplenes o rellenos.

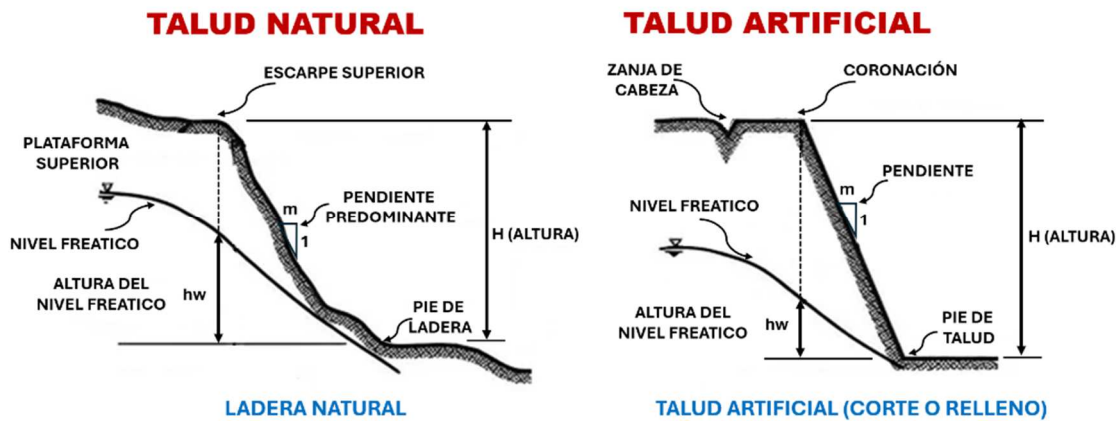


Figura 1 Tipos de talud

Fuente: Ingecivil, 2018

2.2.3. Partes de un talud

Las partes de un talud son: (Prado, A, Aguilar, J y Cruz, R, 2020)

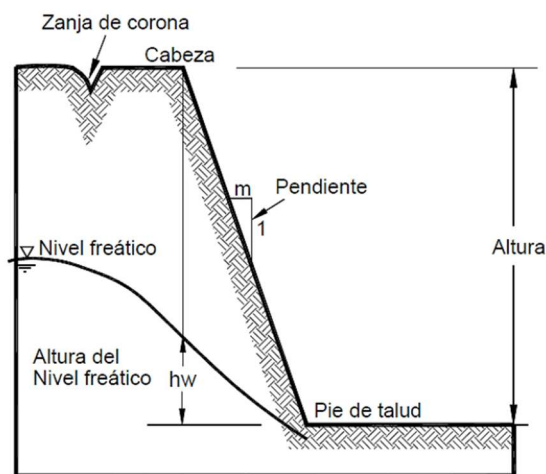


Figura 2 Partes de un talud

Fuente: Prado, A, Aguilar, J y Cruz, R, 2020

- Pie de talud: Parte inferior donde se genera una formación cóncava por un cambio brusco en su pendiente.
- Cabeza: Parte superior donde se genera una formación convexa al tener un cambio brusco en su pendiente.

- Altura: Definida con facilidad en taludes artificiales como la distancia vertical entre el pie del talud y la cabeza, pero en laderas naturales este elemento no es tan fácil de determinar, por su propia topografía.
- Pendiente (m): Inclinação de la superficie del talud o ladera. Medida en grados o porcentajes.
- Nivel freático: Es la profundidad a la que se encuentra el agua subterránea en relación con la superficie del suelo.
- Altura del Nivel freático: Es la altura vertical definida desde el pie del talud hasta el nivel del agua en un determinado punto.
- Zanja de corona: Canal o cuneta construida en la parte superior del talud, con la finalidad de captar las aguas superficiales y conducir las hacia un área de descarga, evitando la erosión del talud.

2.2.4. Análisis de estabilidad de un talud

En el estudio de la estabilidad de los taludes se abordan fenómenos de estado último o de rotura de masas de suelo. El agente externo responsable de la inestabilidad es una fuerza de masa, el peso, los efectos de filtración y las sobrecargas (estáticas/dinámicas). (Valiente, R, Sobrecases, S y Díaz, A, 2015)

Para analizar la estabilidad de taludes es necesario tener un conocimiento adecuado de la topografía y forma geométrica de la zona, de obras civiles existentes y/o proyectadas; conocimiento de la geología, geomorfología y resistencia del suelo. Todo esto sirve para reconocer el tipo de falla que presenta o que podrían presentar los taludes, la localización de los movimientos y

seleccionar adecuadamente parámetros de resistencia al corte. (Arcila, A., Guerra, D. y Bergaño, C, 2019).

Es común que, los taludes artificiales tengan fallas debido al proceso constructivo; mientras que, en los taludes naturales, su comportamiento está definido por sus condiciones propias y pueden llegar a ser complejas. (Arcila, A., Guerra, D. y Bergaño, C, 2019).

El propósito de los análisis de estabilidad de taludes es estimar la posibilidad de falla de estos al provocarse un deslizamiento de la masa de suelo que lo forma, buscando que el diseño de excavaciones y rellenos que den lugar a un talud o afecten la estabilidad de una ladera se realicen de forma segura y económica. (Arcila, A., Guerra, D. y Bergaño, C, 2019).

2.2.5. Estabilidad de talud

Como explica García (2020), la estabilidad del talud depende de factores como la resistencia al esfuerzo cortante, a la geometría o condiciones de la zona, a su sismicidad, topografía, estratigrafía e hidráulica. Por lo que, si la relación de sus fuerzas resistentes entre las fuerzas deslizantes es mayor a uno, el talud es estable.

2.2.5.1. Factor de seguridad

Para conocer la estabilidad de una masa de suelo se debe determinar su factor de seguridad al deslizamiento, comparando los esfuerzos que tienden a producir el deslizamiento con aquellos que tienden a evitarlo.

a) Determinación del FS

La determinación del factor de seguridad permite identificar riesgos potenciales y tomar medidas correctivas para garantizar la seguridad vial. Se utilizan métodos geotécnicos para dicho análisis, considerando factores como la geología, la presencia de agua y las condiciones climáticas entre otros.

El objetivo es asegurar que los taludes sean estables bajo condiciones estáticas y dinámicas. Conocer el factor de seguridad para reconocer si el talud está en equilibrio estable o si existe un riesgo de fallamiento.

b) Cálculo de FS

$$FS = \frac{\tau_f}{\tau_d} \quad (1)$$

Donde:

FS: Factor de seguridad

τ_f : esfuerzo resistente

τ_d : esfuerzo actuante

Esta investigación usó los rangos de factores de seguridad recomendados por Hoek (2007).

Tabla 1: Rangos de factores de seguridad

Tipo de estabilidad	Factor de seguridad
Inestable	< 1.0
Estable relativo	$1.0 - 1.3$
Estable a corto plazo	$1.3 - 1.5$
Estable a largo plazo	>1.5

Fuente: Hoek-Brown (2007)

2.2.5.2. Coeficiente de sismicidad

Este es un factor que ajusta las fuerzas horizontales generadas por la actividad sísmica sobre el talud. Este coeficiente se utiliza para estimar el impacto de la actividad sísmica en la estabilidad del talud, considerando la aceleración sísmica esperada de acuerdo con la ubicación de la zona. Su inclusión es muy importante para evaluar el comportamiento del talud en regiones sísmicamente activas.

En el presente estudio el coeficiente de sismicidad se calculó considerando un tiempo de operación de 50 años y un periodo de retorno de 475 años. Las coordenadas geográficas correspondientes al cálculo, de acuerdo con la ubicación de los taludes, son las siguientes:

Tabla 2: Coeficiente de sismicidad

Coeficiente de sismicidad			
Ubicación	Coordenadas		Coeficiente
km	latitud	Longitud	sísmico horizontal
84+010	-6.9	-78.2	0.2385
84+300	-6.9	-78.2	0.2385
85+300	-6.9	-78.2	0.2385
86+735	-6.9	-78.2	0.2385
88+050	-6.9	-78.2	0.2385
88+500	-6.9	-78.2	0.2385

Coeficiente sísmico horizontal: 0.2385

(Dato de SENCICO, 2024)

2.2.5.3. Resistencia al esfuerzo cortante

Se entiende como la resistencia de las partículas sólidas al desplazarse entre sí. Algunos factores relacionados a la resistencia son la cohesión, la fricción entre estas partículas y la viscosidad. (García, 2020)

En los suelos gruesos, sin finos; la resistencia al esfuerzo cortante estará dada solo por la fricción, o sea en función de las propiedades de las partículas sólidas y de su esfuerzo normal; a mayor esfuerzo normal, es mayor la resistencia al esfuerzo cortante, pudiendo decirse que son directamente proporcional. En tanto; para los suelos finos, limos o arcillas, su consistencia blanda, presentan un ángulo de fricción interna nula. Para cualquier esfuerzo normal, la resistencia al esfuerzo cortante será la cohesión. (García, 2020)

2.2.5.4. Tipología de inestabilidades

Para estudiar los fenómenos de inestabilidades de taludes, se necesita identificar, caracterizar los distintos tipos de comportamiento y clasificarlos. Un análisis preciso del tipo de rotura permite optimizar las medidas de contención y estabilización de taludes y laderas, ya que atiende al mecanismo actuante, la velocidad y las dimensiones. De lo contrario, una incorrecta definición del mecanismo de rotura puede dar lugar a soluciones incorrectas o ineficaces, y en algunos casos contraproducentes. (Valiente, R, Sobrecases, S y Díaz, A, 2015)

La clasificación clásica viene recogida por Varnes (1988), basada en el mecanismo de rotura y propagación del movimiento. De acuerdo con criterios morfológicos, se diferencian los siguientes tipos de movimientos:

- 1) Tipo de movimiento. Los clasifica en caídas, vuelcos, deslizamientos, expansión lateral, flujos y movimientos complejos.
- 2) Tipo de material desplazado: Diferencia tres tipos de depósitos: rocas, derrubios (+20% >2 mm) y suelos (+80% <2 mm).

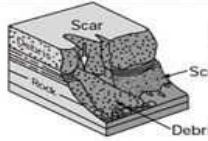
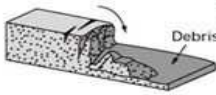
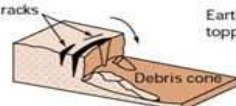
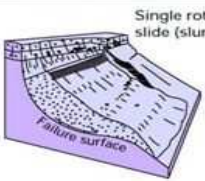
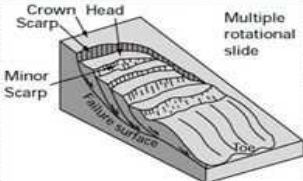
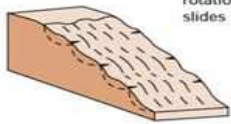
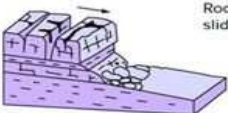
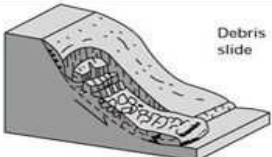
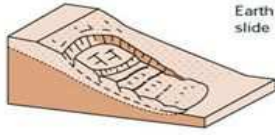
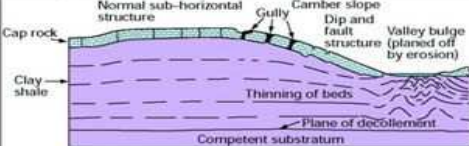
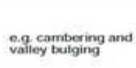
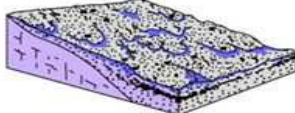
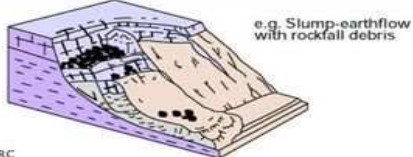
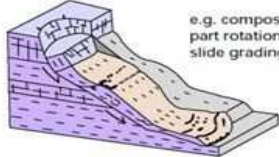
Material		ROCK	DEBRIS	EARTH
Movement type				
FALLS				
TOPPLES				
SLIDES	Rotational			
	Translational (Planar)			
SPREADS				
FLOWS				
COMPLEX				

Figura 3 Clasificación de movimientos

Fuente: Varnes & Cruden (1996).

2.2.5.5. Definición y partes de un deslizamiento de talud

- Definición de deslizamiento:

Un deslizamiento de talud, también conocido como falla de talud, es el movimiento descendente de una masa de tierra o roca a lo largo de una pendiente. Este movimiento es observable cuando las fuerzas que

provocan el movimiento (gravedad o la presión del agua) superan la resistencia del material que compone al talud. (Budhu, 2011)

- Partes de un deslizamiento:
-

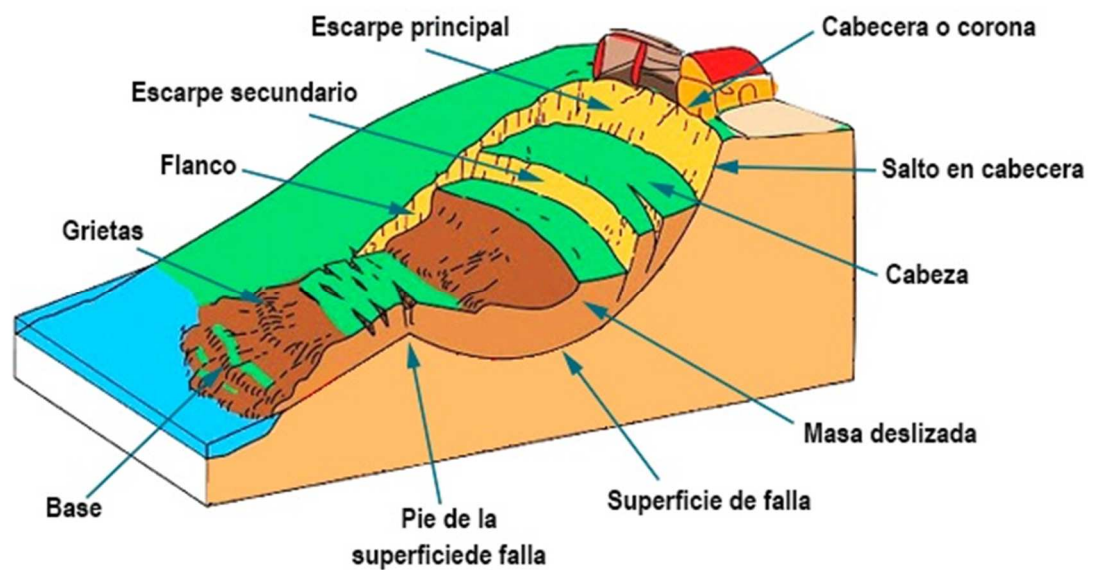


Figura 4 Partes de un deslizamiento

Fuente: Cruden 2022.

- Cabeza: Parte superior del material deslizado del talud. La cabeza del deslizamiento no corresponde necesariamente a la cabeza del talud.

- Corona: Es la zona superior del talud y que no ha sido alterado por el deslizamiento, normalmente se ubica encima del escarpe principal y encima de la cabeza.
- Escarpe principal: Superficie empinada y expuesta, ubicada en la parte superior del deslizamiento y por debajo de la corona. Conforma la superficie de la falla.
- Escarpe secundario: Superficie empinada ubicada por debajo del escarpe principal. En un deslizamiento pueden formarse varios escarpes secundarios.
- Superficie de falla: Área que delimita el movimiento del material deslizado y el material que permanece estable por debajo de esta superficie.
- Pie de la superficie de falla: Es la línea de interceptación (algunas veces tapada) entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno.
- Base: Es el área cubierta por el material deslizado en la parte inferior del talud, ubicado por debajo del pie de la superficie de falla.
- Masa deslizante: Es el material deslizado que se encuentra por encima de la superficie de falla. Se pueden presentar varias masas deslizantes.
- Flanco: Superficie normalmente empinada a los lados del deslizamiento. Se debe diferenciar el flanco derecho y el izquierdo.

- Superficie original del terreno: La superficie que existía antes de que se presentara el deslizamiento.

2.2.6. Factores que condicionan y afectan a la falla de taludes

De manera general, la falla de taludes ocurre por: (1) deslizamiento del talud, originado por cambios en las fuerzas gravitacionales a las que está sometido el suelo y (2) por pérdida de resistencia al corte del suelo cuando existen presiones de poros excesivas por saturación del geomaterial. (Cervera, 2023)

Factores que condicionan y afectan directamente la estabilidad de un talud:

- Resistencia al corte del suelo:

La resistencia al corte del suelo se define como la capacidad del suelo para resistir la deformación bajo un esfuerzo cortante. Resistencia interna por área unitaria que la masa de suelo ofrece para resistir la falla por los esfuerzos y el deslizamiento a lo largo de cualquier plano dentro de éste. (Cervera, 2023)

- Altura e inclinación del talud:

La altura del talud es la distancia vertical medida desde la parte superior hasta el pie del talud, mientras que la inclinación, es el ángulo que forma el talud con la horizontal. (Cervera, 2023)

- Grado de saturación:

Se define como la relación entre el volumen del agua presente en el suelo y el volumen total de vacíos (espacios vacíos - poros), expresada como un porcentaje. Es decir, indica la cantidad de agua que hay en los huecos del suelo en comparación con la cantidad total de

huecos. Es un factor importante en el comportamiento de los suelos, por su influencia en la resistencia, la permeabilidad y la capacidad de carga del suelo (Cervera, 2023)

- Peso unitario y Cohesión

El peso unitario del suelo es el peso por unidad de volumen y se mide en kN/m^3 o t/m^3 . El valor varía según la composición del suelo, el contenido de agua y la compactación. Mientras que, la cohesión del suelo es la capacidad de las partículas de un suelo para adherirse entre sí debido a fuerzas internas, lo que permite que el suelo se comporte como un sólido (Cervera, 2023).

- Variación en el equilibrio de cargas verticales

El incremento de cargas en la corona del talud puede conducir a su inestabilidad, y por el contrario el incremento de cargas en el pie de este puede ser una medida para contrarrestar una posible falla, es también importante controlar la forma en cómo se hacen este tipo de intervenciones y con la ayuda de modelos matemáticos, ejecutar cortes con seguridad en taludes con el ánimo de evitar la alteración de su equilibrio de fuerzas. (Cervera, 2023).

2.2.7. El Criterio de rotura de Mohr – Coulomb

El criterio de rotura de Mohr-Coulomb es un modelo que predice cuándo un material, como un suelo o una roca, fallará bajo tensión. Se basa en la idea de que la falla ocurre cuando el esfuerzo cortante supera un valor crítico que depende linealmente del esfuerzo normal. Este criterio es ampliamente utilizado

en ingeniería geotécnica y estructural para evaluar la estabilidad de estructuras y suelos. (González de Vallejo, 2004).

La relación de la envolvente se expresa como:

$$\tau_f = c' + \sigma' \tan \phi$$

Dónde:

τ_f : Resistencia al corte del suelo.

c' : Cohesión efectiva.

σ' : Esfuerzo efectivo.

ϕ : Ángulo de fricción efectivo.

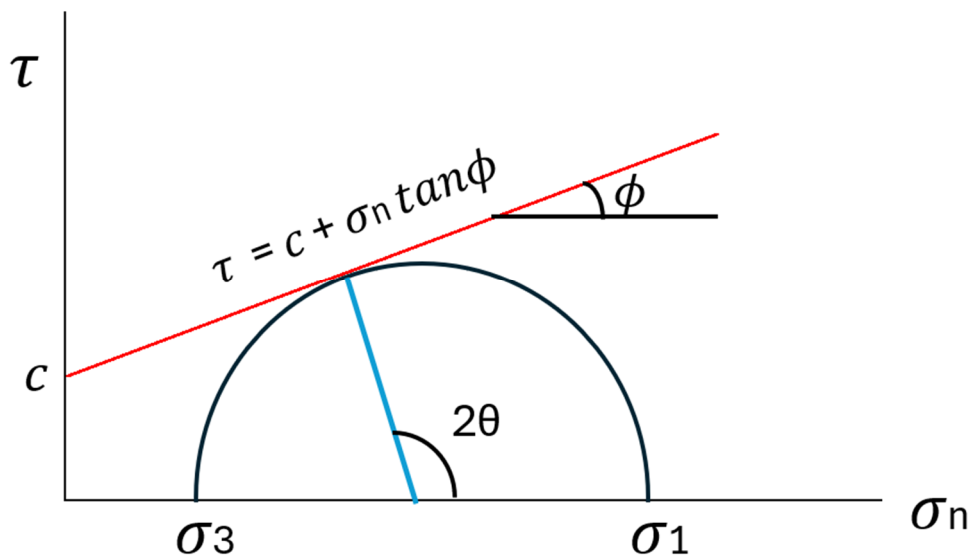


Figura 5 Envolvente de Mohr - Coulomb en términos de esfuerzos

Fuente: Crespo Villalaz 2007.

2.2.8. Criterios de evaluación del factor de seguridad

2.2.8.1. Método de análisis

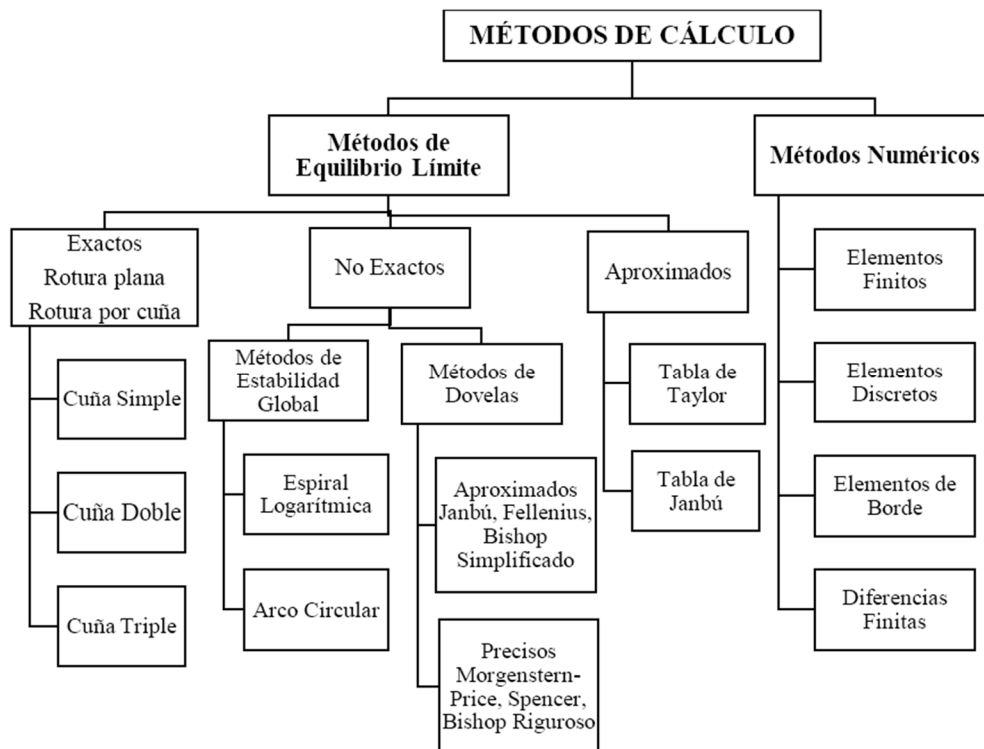


Figura 6 Métodos de cálculo general

Fuente: Suárez, 2007.

- Equilibrio límite.

Este método permite determinar el equilibrio de una masa de suelo activa, asumiendo que la ruptura se produce a lo largo de un plano en el cual todos los elementos alcanzan un factor de seguridad (FS) igual a 1 de forma simultánea. (González de Vallejo, 2004).

- Método de Dovelas

Consiste en dividir el talud inestable (suelos) en secciones verticales por encima de la superficie de falla, llamadas dovelas (tajadas). Para luego realizar el análisis de equilibrio de cada una de las dovelas y

luego determinar el factor de seguridad (FS) para dicho talud analizado.
(Crespo Villalaz 2007).

Se clasifica en dos tipos:

a) Precisos

Métodos de Mongenstern-Price, Spencer y Bishop Riguroso.

b) Aproximados

Bishop Simplificado, Fellenius y Janbú.

2.2.8.2. Método de Mongenstern-Price:

- ¿Qué es el Método de Morgenstern-Price?

Es el método que utilizamos en el presente estudio; es un método analítico y riguroso utilizado para evaluar la estabilidad de taludes mediante la técnica del equilibrio límite. Es uno de los métodos más completos y exactos porque considera tanto:

- El equilibrio de fuerzas (horizontal y vertical),
- Como el equilibrio de momentos.

Además, permite incluir fuerzas interlaminares inclinadas entre los bloques en que se divide el talud, lo que mejora la precisión respecto a métodos más simplificados. (Crespo Villalaz 2007).

- ¿En qué consiste?

El talud se divide en “n” segmentos verticales llamados dovelas, cada una con:

- Su peso propio,
- Reacciones normales y fuerzas cortantes en la base,

- Y fuerzas interslice (entre dovelas vecinas), tanto horizontales como inclinadas.

El factor de seguridad (FS) se calcula como:

$$F = \frac{\text{Sumatoria de fuerzas resistentes}}{\text{Sumatoria de fuerzas actuantes}}$$

2.2.9. Software Slide V.6.0

Slide V.6.0 es un software usado para el cálculo en la estabilidad de los taludes 2D, porque usa métodos de equilibrio límite para el cálculo de la estabilidad. Su ámbito de intervención en carreteras, minería y obra civil es muy variado, con la finalidad de evaluar un gran número de problemáticas geotécnicas, tales como estabilidad de taludes de corte y relleno en carreteras, terraplenes, presas, taludes en excavaciones mineras o en edificaciones, efectos de cargas externas, sísmicas, eficiencia de elementos de refuerzo, etc. (ICOG, 2016).

2.3. Definición de términos básicos

- Talud: Perfil conseguido tras una excavación o terraplenado no necesariamente vertical, sino con cierto ángulo con la horizontal, llamado ángulo de talud.
- Estabilización de taludes: es el conjunto de técnicas y medidas que se aplican para evitar que un talud se deslice o colapse.
- Análisis de estabilidad de taludes: es la evaluación cuantitativa de la interacción entre las fuerzas estabilizantes y las fuerzas desestabilizantes que actúan sobre un talud.

- Factor de seguridad: es un valor numérico que indica cuán estable es un talud. Se define como la relación entre las fuerzas que resisten el deslizamiento (fuerzas resistentes) y las fuerzas que lo provocan (fuerzas deslizantes).

CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica

Se desarrolló la investigación en la carretera Cajamarca – Celendín 8B, desde la progresiva km 84+00 al km 89+00.

- País: Perú
- Departamento: Cajamarca
- Provincia: Celendín
- Distrito: José Gálvez

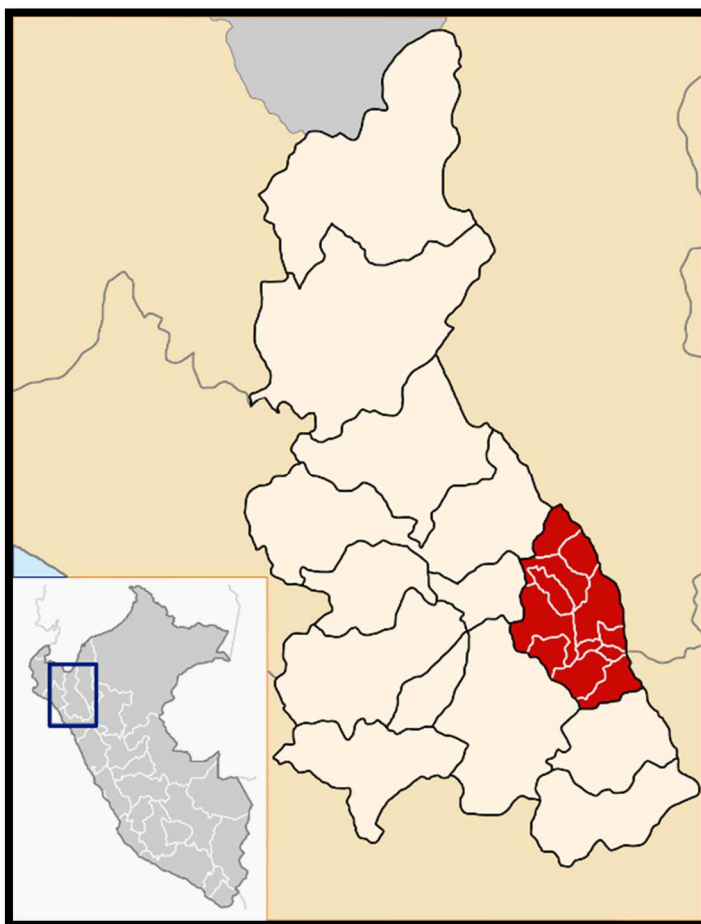


Figura 7 Departamento Cajamarca - provincia Celendín

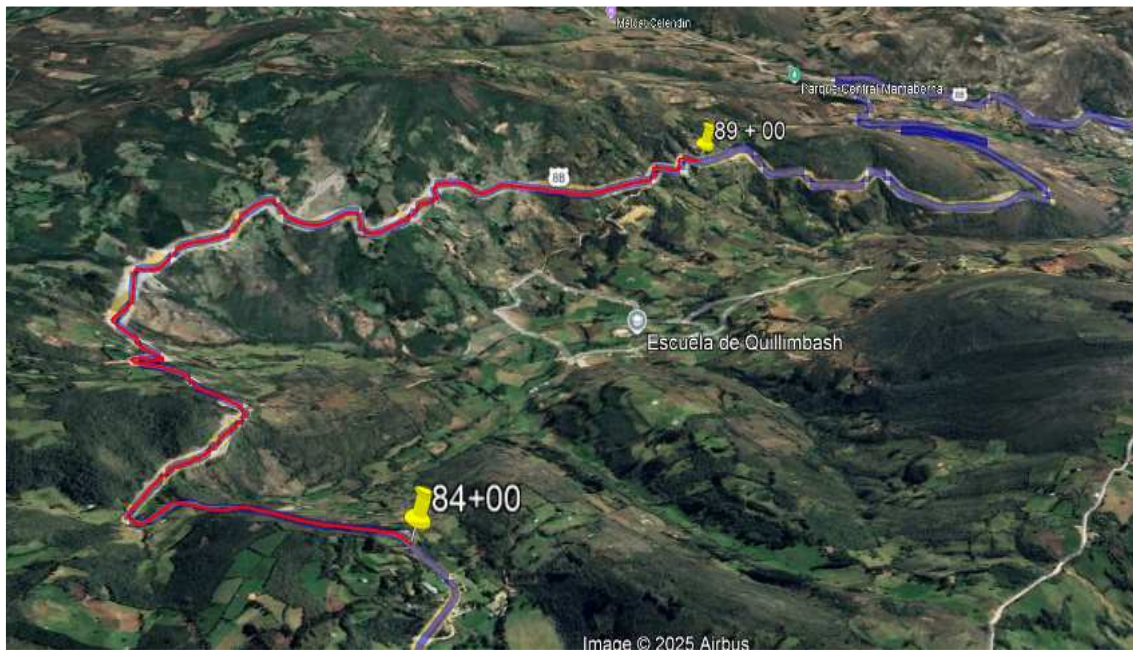


Figura 8 Ubicación del tramo estudiado

Tabla 3: Coordenadas UTM WGS-84 ZONA 17S del tramo estudiado.

Tramo	Kilometro	Este	Norte	Altitud
Punto de Inicio:	km 84	811145.34	9232817.74	3080 m.s.n.m.
Punto Final:	km 89	811941.61	9235271.37	2952 m.s.n.m.

3.2. Diseño de la investigación

El diseño es no experimental porque no se manipula ninguna variable de estudio en el trabajo presente. La investigación según su diseño es Transversal, porque analizó datos en un momento específico del tiempo.

3.3. Tipo y nivel de investigación

La investigación según su tipo es aplicada, porque se enfocará en la aplicación práctica de herramientas de análisis como programas y métodos probabilísticos para determinar la estabilidad de los taludes..

Según su nivel la investigación es Descriptiva, con la finalidad de realizar las observaciones necesarias para identificar de una manera ordenada los factores que afectan la estabilidad de los taludes ubicados en la carretera.

3.4. Población, muestra, unidad de análisis y observación

3.4.1. Población y muestra

a. Población:

Talud de la Carretera Cajamarca – Celendín de 101.10 km, en un tramo de longitud de 5 km.

b. Muestra:

Se eligió realizar la investigación de la carretera 8B en el tramo comprendido entre el km 84+00 al km 89+00.

Tabla 4: Progresivas de las secciones de los taludes en estudio

Sección	Progresiva
1 - 1	km 84 + 010
2 - 2	km 84 + 300
3 - 3	km 85 + 300
4 - 4	km 86 + 735
5 - 5	km 88 + 050
6 - 6	km 88 + 500

3.4.2. Unidad de análisis y unidad de observación

- Unidad de análisis: Estabilidad de los taludes.
- Unidad de observación: Taludes.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Observación directa

Se evaluaron los taludes seleccionados respecto a las pendientes y tipo de material, registrando detalles de los taludes del km 84+00 al 89+00.

3.5.2. Revisión documental

Se recopiló y analizó la información existente, utilizando fuentes documentales como libros, revistas, papers y los antecedentes.

3.6. Procedimiento

3.6.1. Nivelación

Se realizó la nivelación para tener las cotas de las secciones transversales y determinar el ángulo de los taludes.

3.6.2. Recolección de muestras para ensayos de mecánica de suelos

La recolección de muestras se hizo según el procedimiento establecido para los ensayos de mecánica de suelos, muestras alteradas e inalteradas, necesarias que ayuden a determinar los factores que afectan la estabilidad de los taludes.

3.6.3. Ensayos de Mecánica de suelos

- a. Contenido de humedad – ASTM D2216.
- b. Límites de Atterberg – ASTM D4318.
- c. Análisis granulométrico – ASTM D6913.
- d. Densidad húmeda en campo – NTP 339.139.
- e. Ensayo de corte directo – ASTM D3080.

3.6.4. Ensayo de corte directo

- a. Preparación de la muestra:

Se obtuvo una muestra inalterada en cada uno de los taludes estudiados, luego en laboratorio se colocó la muestra de suelo en la caja de corte, cuyas dimensiones son: altura de 20 mm y un lado de 60 mm (molde cuadrado).

- b. Aplicación de la carga normal:

Se aplica una carga vertical constante para simular el peso que tendría el suelo en el campo. Se obtuvieron tres muestras de cada talud y se las sometieron a carga, una a 1 kg, otra a 2 kg y la tercera a 4 kg, sucesivamente para cada muestra ensayada respectivamente.

- c. Aplicación del esfuerzo cortante:

Para cada muestra y para cada carga normal, se enciende la máquina de corte directo y se mueve lentamente la mitad inferior de la caja horizontalmente, mientras la superior permanece fija. Esto genera una fuerza cortante en la muestra.

- d. Registro de datos:

Se mide:

- Desplazamiento horizontal.
- Carga cortante aplicada.

e. Fallo del suelo:

El ensayo continúa hasta que la muestra se rompe o alcanza su resistencia máxima al corte.

f. Repetición del ensayo:

Se repite el procedimiento con cada carga normal (tres muestras por cada talud) para obtener varios puntos y trazar la envolvente de Mohr-Coulomb. El ensayo se realizó para cada talud analizado.

3.6.5. Determinación del factor de seguridad

Se determinó el factor de seguridad de los taludes, mediante su modelado en 2D en el software Slide V.6.0. Es un software con capacidad de cálculo y fiabilidad. Tiene una interfaz clara, sencilla y con un manejo muy intuitivo de las diversas capacidades que ofrecen los menús de análisis.

3.7. Condiciones del factor de seguridad

Según el RNE CE.020 Suelos y Taludes DS N° 017-2012: El factor de seguridad (FS) mínimo del talud deberá ser:

- Condición estática

Se refiere al análisis realizado sin considerar efectos dinámicos como sismos o lluvias intensas. F.S. > 1.50.

- Condición Pseudoestáticas

Esta condición simula condiciones dinámicas en el análisis estático. El análisis Pseudoestáticas es útil para evaluar la estabilidad del talud frente a eventos sísmicos u otros cambios rápidos en las condiciones de carga, sin necesidad de realizar un análisis completo de los efectos dinámicos. F.S. > 1.25.

Si estos factores de seguridad no son cumplidos, el Profesional Responsable deberá seleccionar un método de estabilización o la combinación de varios métodos de estabilización y probarlos hasta que la solución propuesta alcance la aprobación de ambos factores de seguridad.

3.7.1.1. Criterios de evaluación del factor de seguridad

- Criterio de rotura Mohr-Coulomb.

Este criterio se produce cuando los materiales se rompen debido a la interacción entre las tensiones efectivas y normales que actúan en cualquier plano del suelo.

3.7.1.2. Método de análisis

- Equilibrio límite.

Este método permite determinar el equilibrio de una masa de suelo activa, asumiendo que la ruptura se produce a lo largo de un plano en el cual todos los elementos alcanzan un factor de seguridad (FS) igual a 1 de forma simultánea.

- Método de Dovelas

Se clasifica en dos tipos: Precisos y aproximados el utilizado para este estudio fue es el Métodos de Mongenstern-Price.

- Método de Morgenstern-Price

El procedimiento general incluye estos pasos:

1. Definir el perfil transversal del talud y las propiedades del suelo: peso específico, Cohesión y ángulo de fricción.
2. Dividir el talud en dovelas verticales (usualmente entre 10 a 30).
3. Aplicar condiciones de equilibrio para cada dovela:
 - Equilibrio vertical: suma de fuerzas verticales = 0.
 - Equilibrio horizontal: suma de fuerzas horizontales = 0.
 - Equilibrio de momentos (puede ser global o por dovela).

4. Resolver un sistema de ecuaciones (no lineal) para encontrar el valor del FS que satisface todas las condiciones.
 5. Se puede usar un procedimiento iterativo para encontrar el FS correcto (generalmente con computadora o software).
- ¿Por qué es tan usado este método?
- Rigurosidad: Considera todos los tipos de fuerzas relevantes.
 - Flexibilidad: Puede adaptarse a geometrías complejas, presencia de agua, suelos heterogéneos.
 - Implementación numérica: Aunque es complejo manualmente, es fácil de implementar en software (Slide V.6.0).

CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis de Estabilidad de Taludes (Slide V.6.0)

4.1.1. Datos de campo y laboratorio

Para el análisis de la estabilidad de taludes se ha empleado el método Mongenstern-Price, por su rigurosidad.

Tabla 5: Datos para el cálculo de factores de seguridad

CALICATA	UBICACIÓN KM	COORDENADAS UTM		PESO ESPECÍFICO (γ) (kN/m ³)	COHESIÓN (C) (kN/m ²)	ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (ϕ)
		ESTE	NORTE			
C-1	84+010	811138.55	9232825.08	14.617	18.848	18.60 °
C-2	84+300	810872.89	9232907.64	15.598	15.357	13.28 °
C-3	85+300	810571.18	9233378.39	16.187	12.592	17.85 °
C-4	86+735	810349.41	9234420.21	14.813	15.985	15.55 °
C-5	88+050	811225.93	9234771.86	16.775	11.376	17.90 °
C-6	88+500	811615.74	9234954.65	15.696	14.524	14.43 °

4.1.2. Condiciones Estáticas

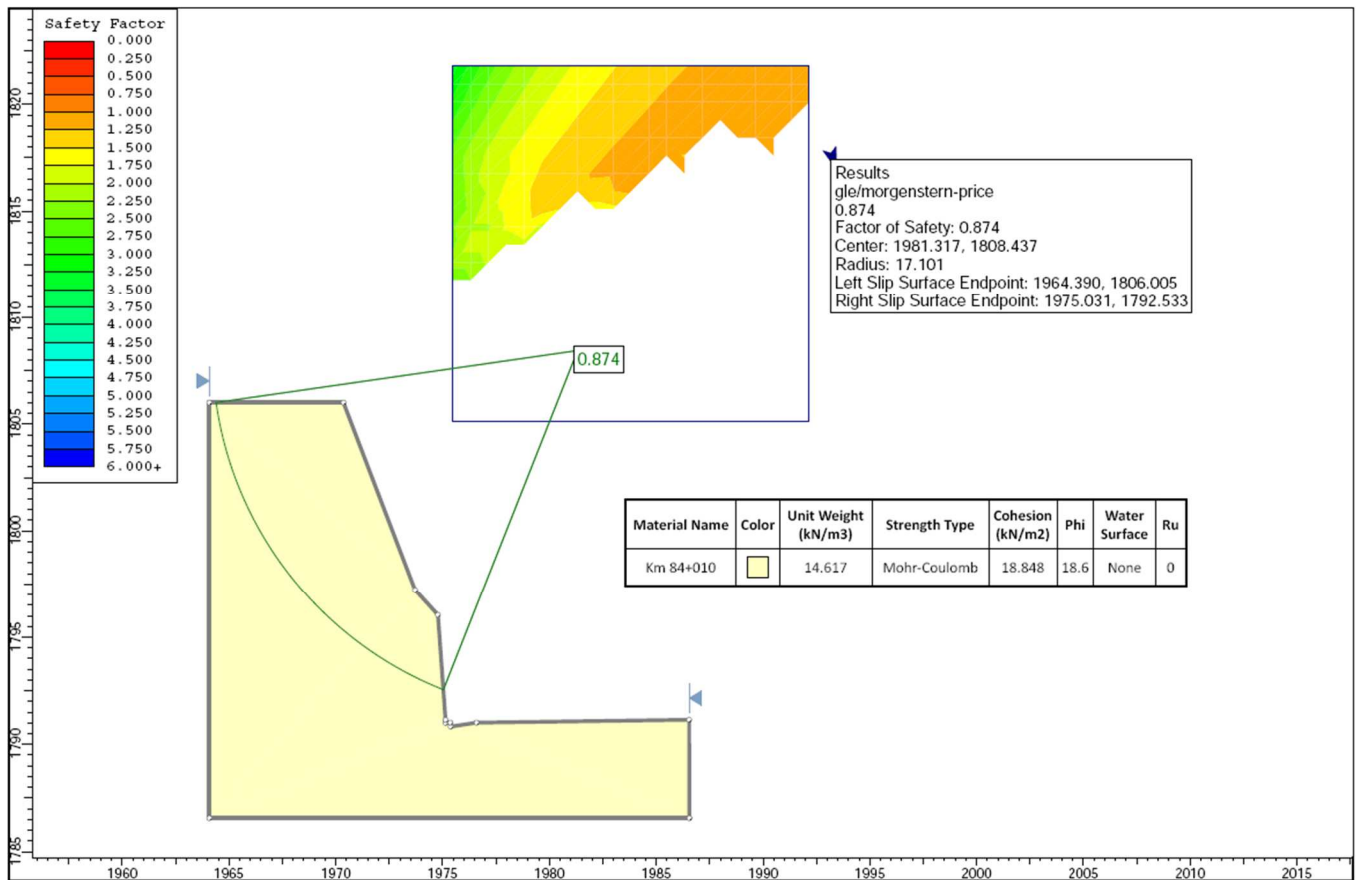


Figura 9 Análisis del talud km 84+010

El FS obtenido mediante el método de Morgenstern-Prince es de 0.874 en condiciones estáticas, lo que indica que el talud es inestable.

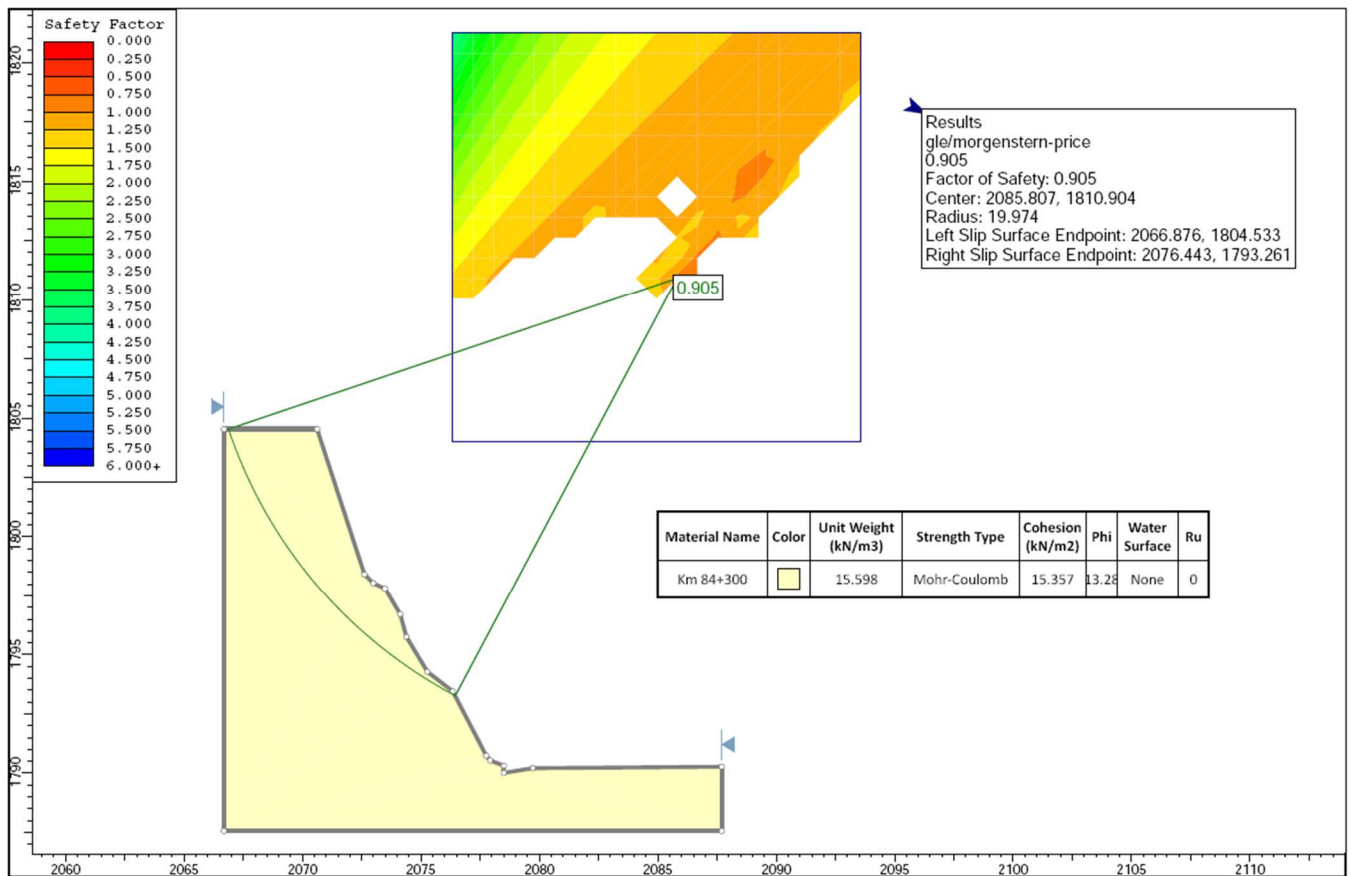


Figura 10 Análisis del talud km 84+300

El FS obtenido mediante el método de Morgenstern-Prince es de 0.905 en condiciones estáticas, lo que indica que el talud es inestable.

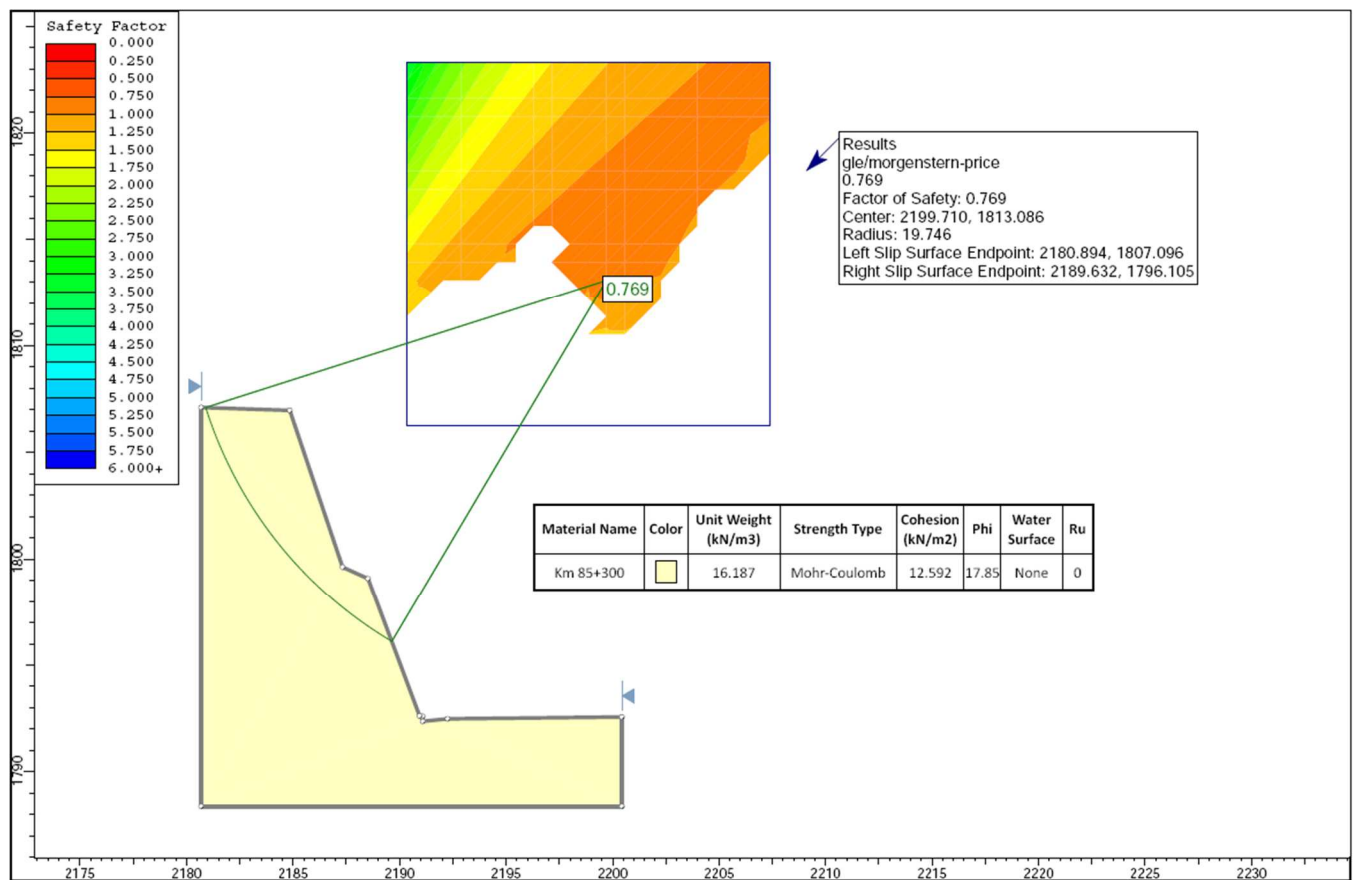


Figura 11 Análisis del talud km 85+300

El FS obtenido mediante el método de Morgenstern-Prince es de 0.769 en condiciones estáticas, lo que indica que el talud es inestable.

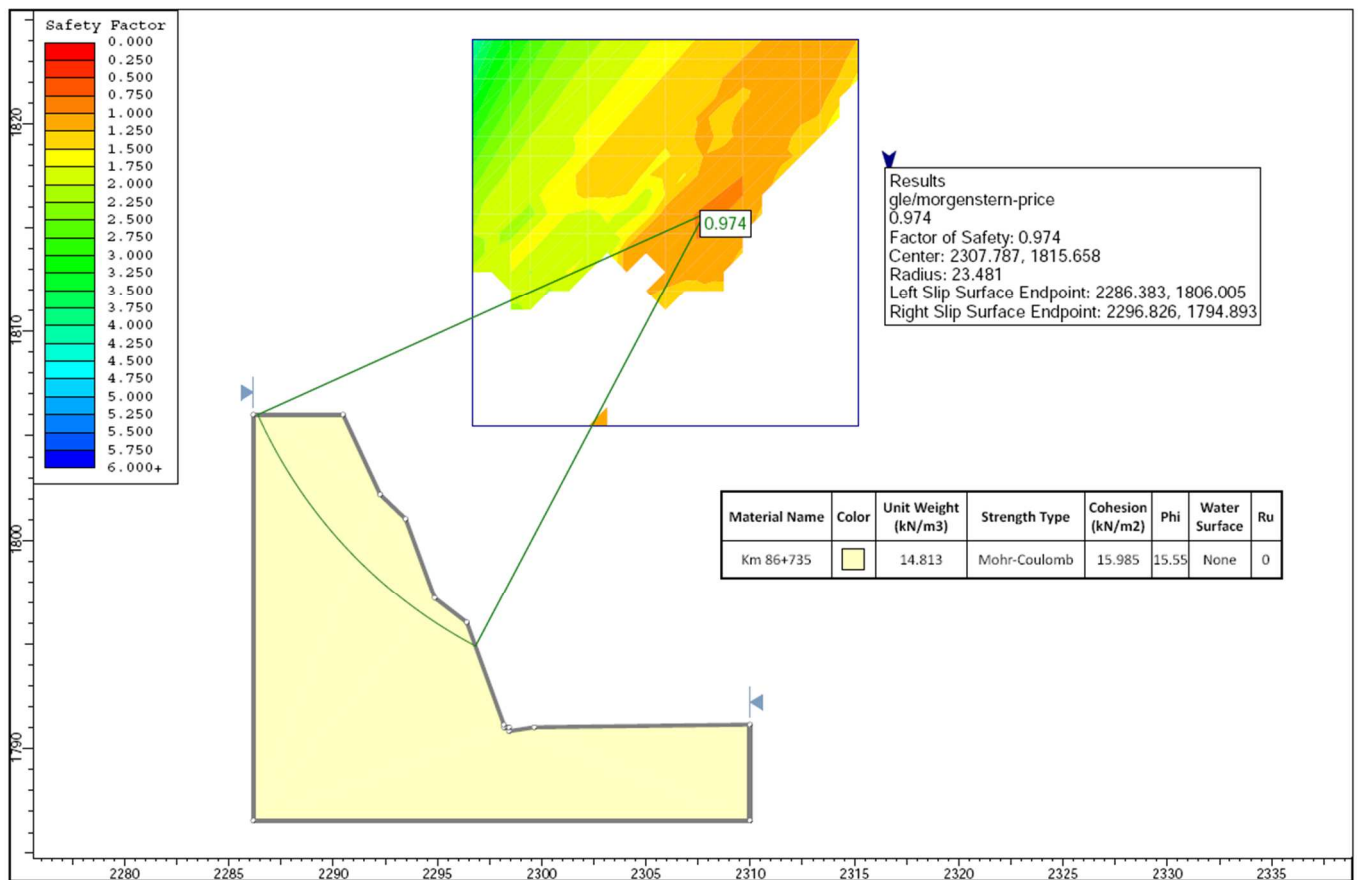


Figura 12 Análisis del talud km 86+735

El FS obtenido mediante el método de Morgenstern-Prince es de 0.974 en condiciones estáticas, lo que indica que el talud es inestable.

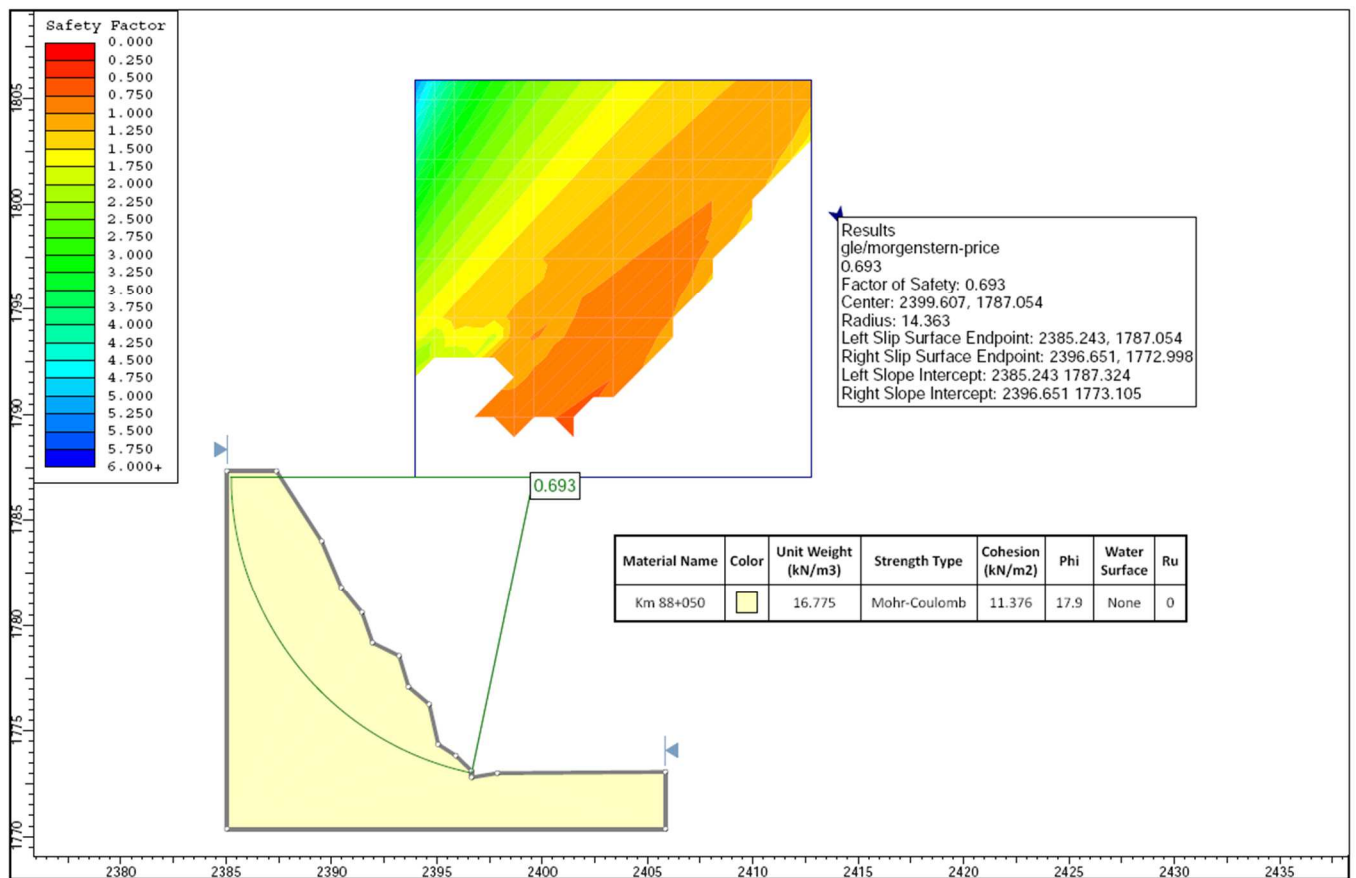


Figura 13 Análisis del talud km 88+050

El FS obtenido mediante el método de Morgenstern-Prince es de 0.693 en condiciones estáticas, lo que indica que el talud es inestable.

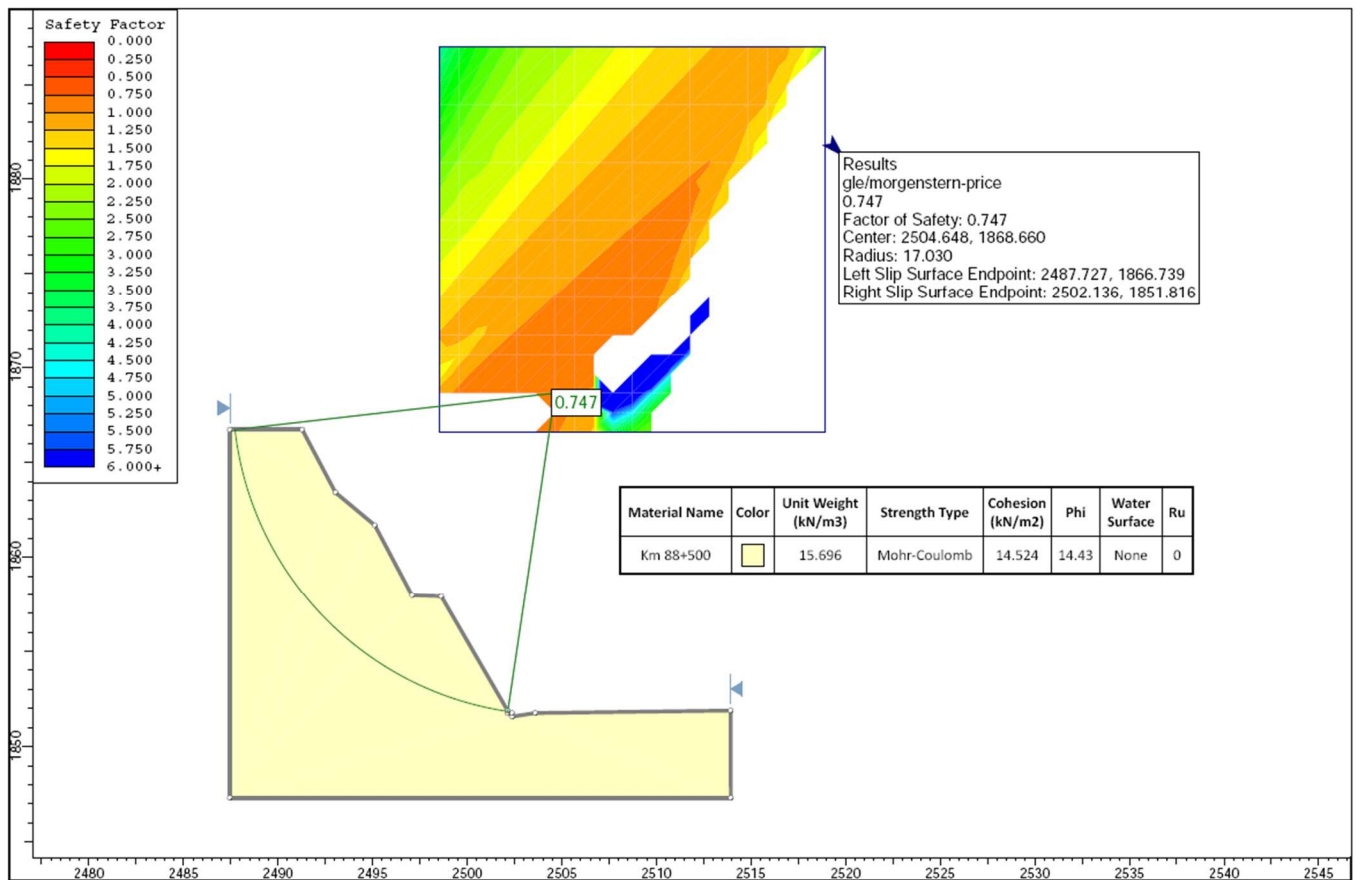


Figura 14 Análisis del talud km 88+500

El FS obtenido mediante el método de Morgenstern-Prince es de 0.747 en condiciones estáticas, lo que indica que el talud es inestable.

4.1.3. Condiciones Pseudoestáticas

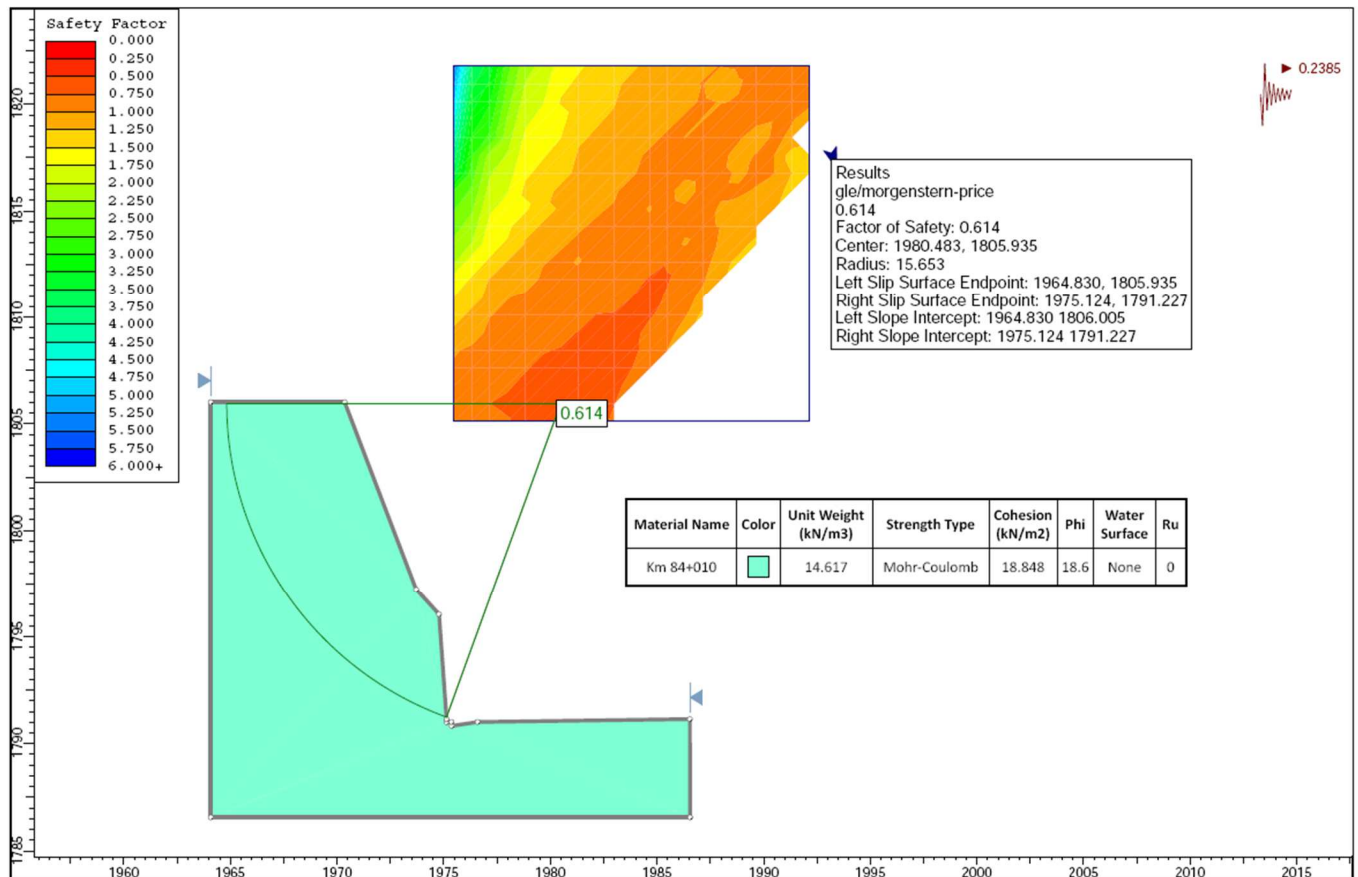


Figura 15 Análisis del talud km 84+010

El FS obtenido mediante el método de Morgenstern-Prince en condiciones pseudoestáticas es de 0.614. Talud inestable.

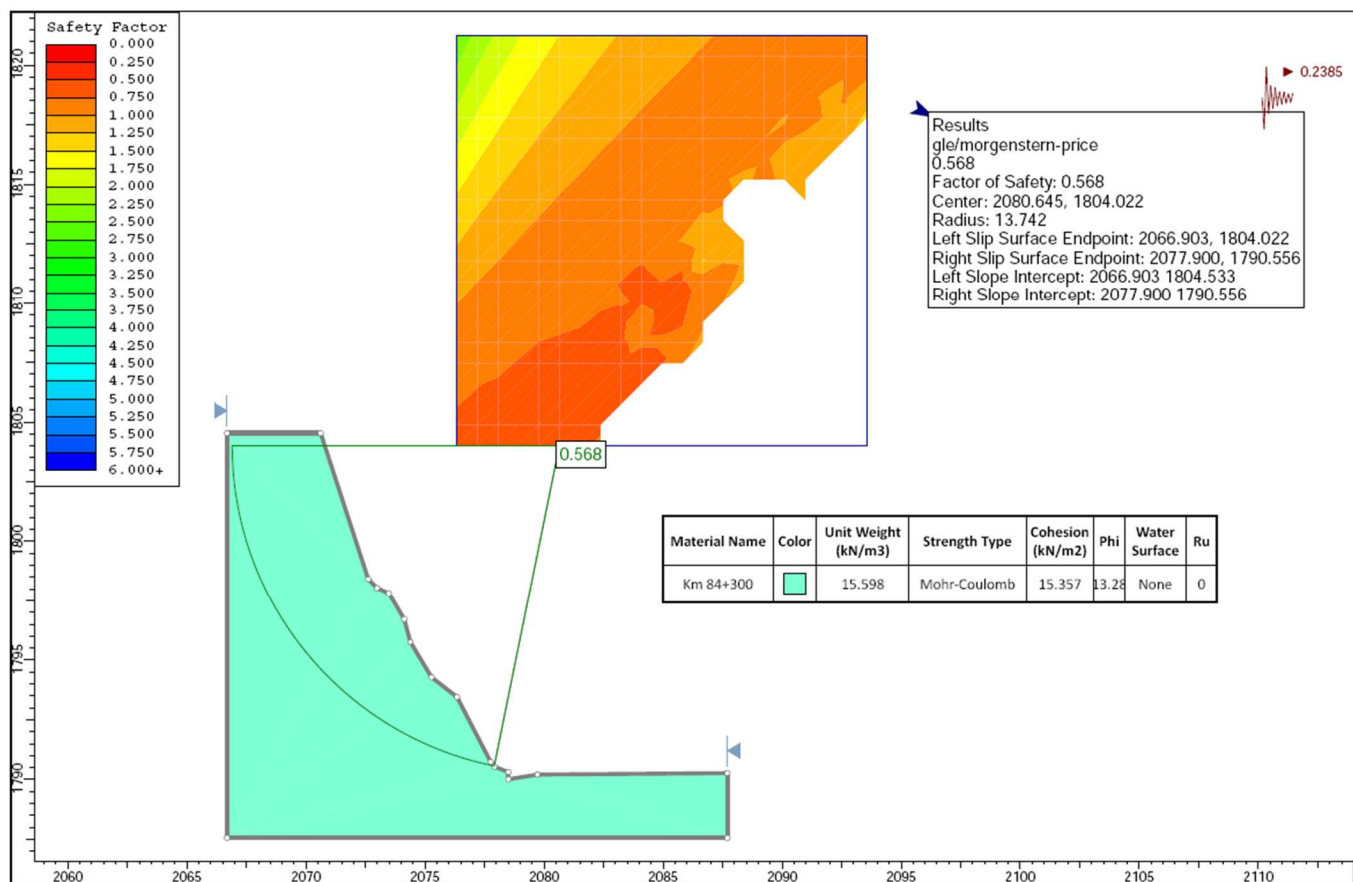
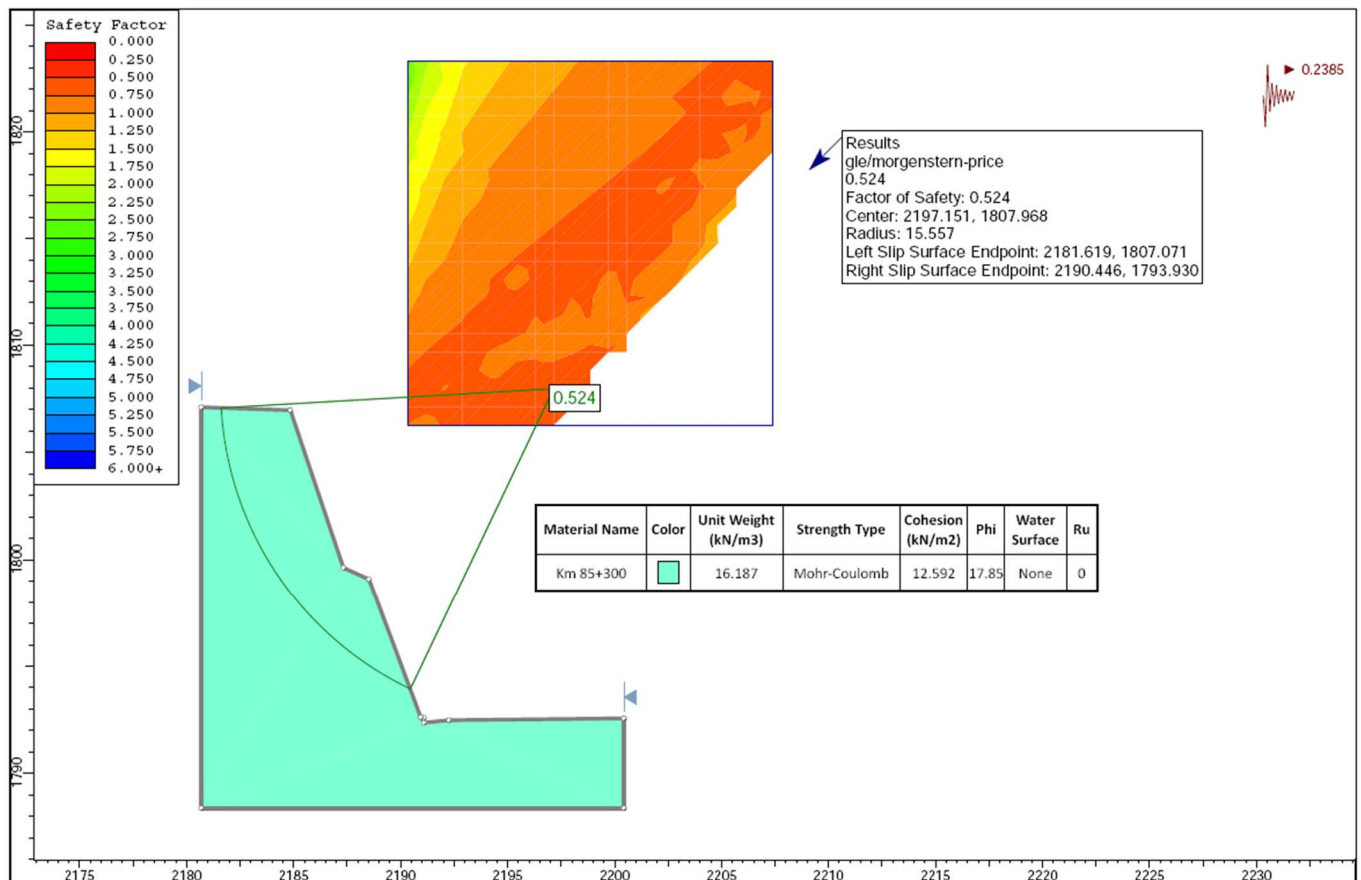


Figura 16 Análisis del talud km 84+300

El FS obtenido mediante el método de Morgenstern-Prince en condiciones pseudoestáticas es de 0.568. Talud inestable.



El FS obtenido mediante el método de Morgenstern-Prince en condiciones

Figura 17 Análisis del talud km 85+300

pseudoestáticas es de 0.524. Talud inestable.

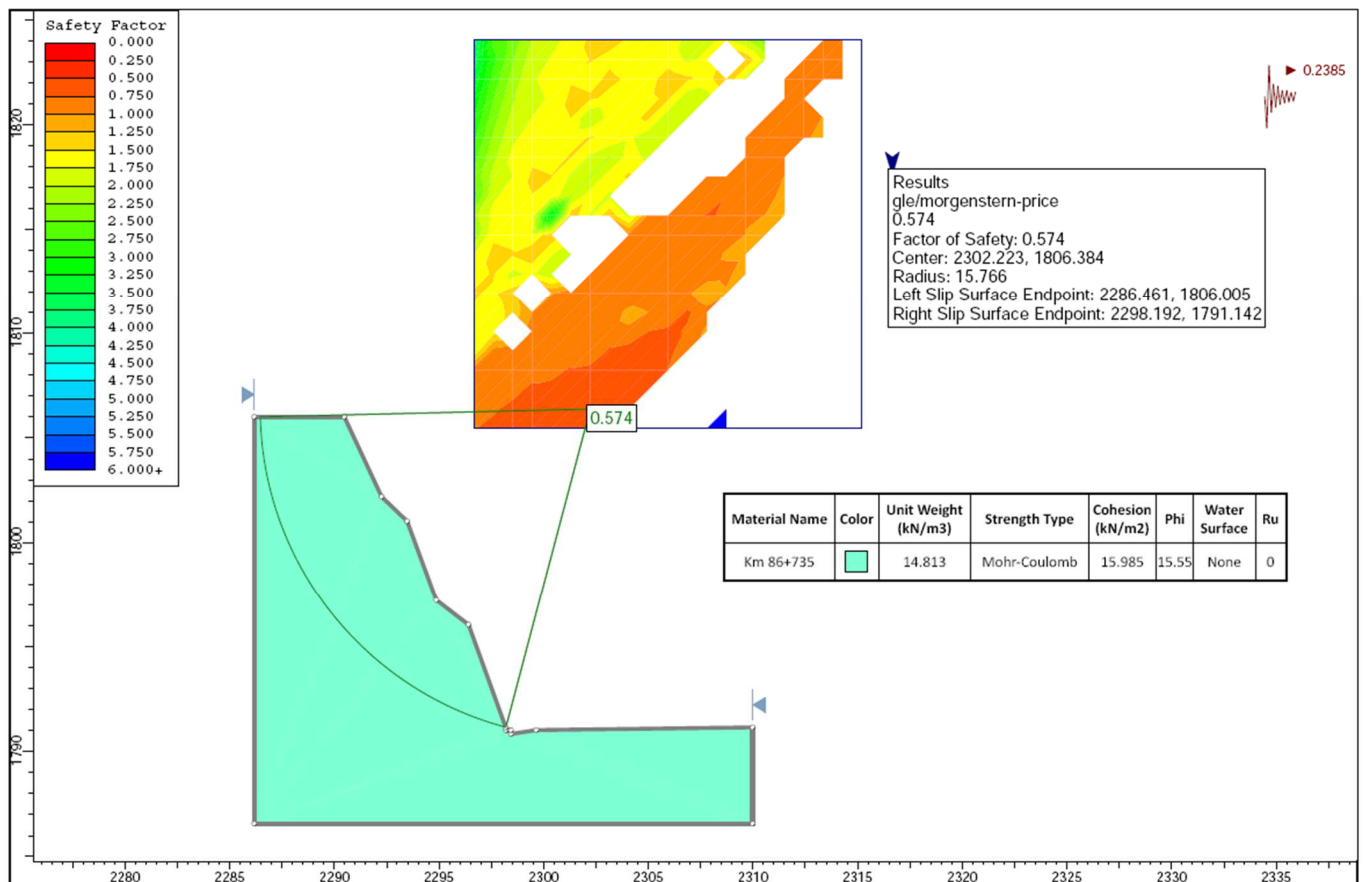


Figura 18 Análisis del talud km 86+735

El FS obtenido mediante el método de Morgenstern-Prince en condiciones pseudoestáticas es de 0.574. Talud inestable.

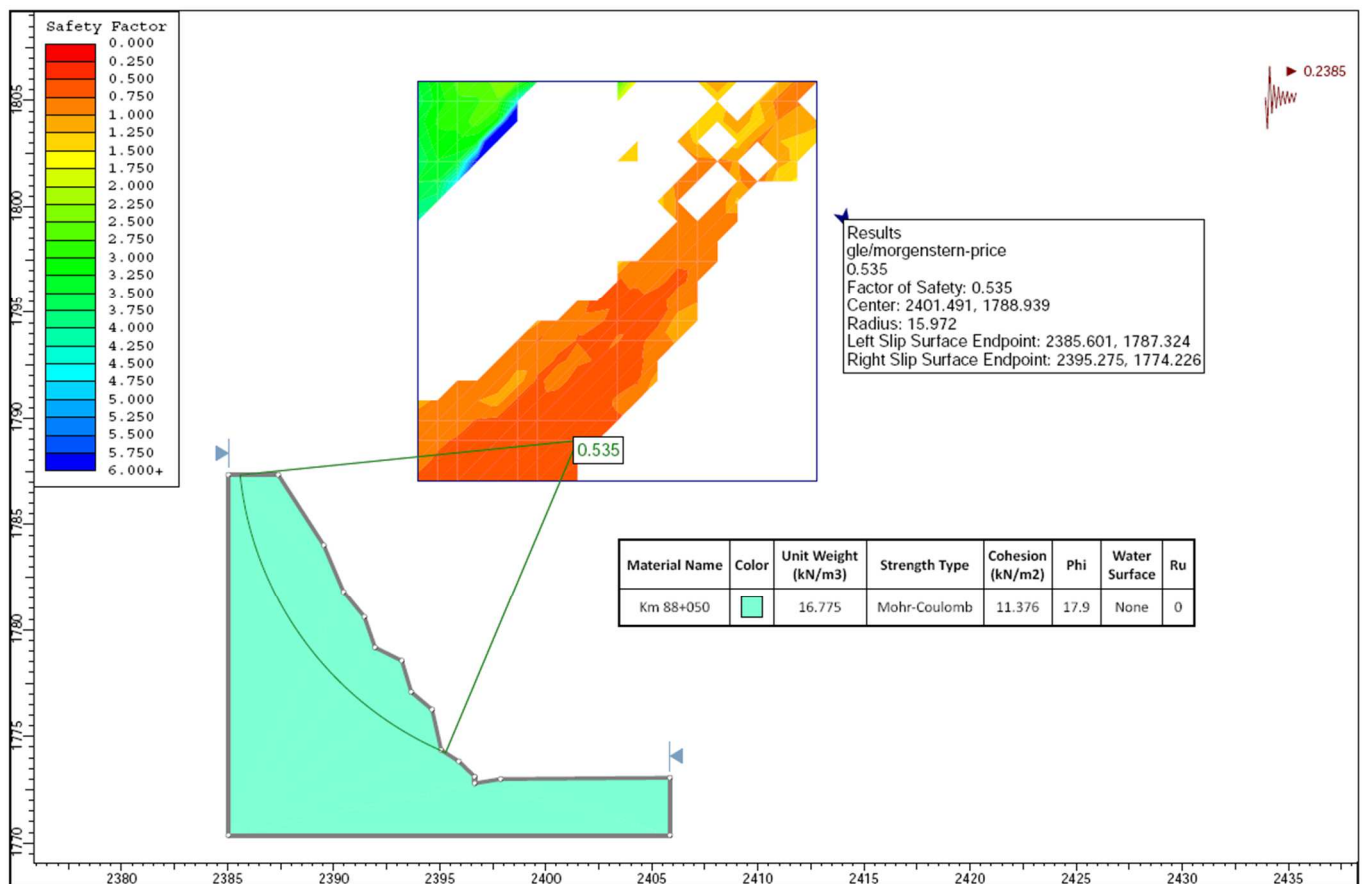


Figura 19 Análisis del talud km 88+050

El FS obtenido mediante el método de Morgenstern-Prince en condiciones pseudoestáticas es de 0.535. Talud inestable.

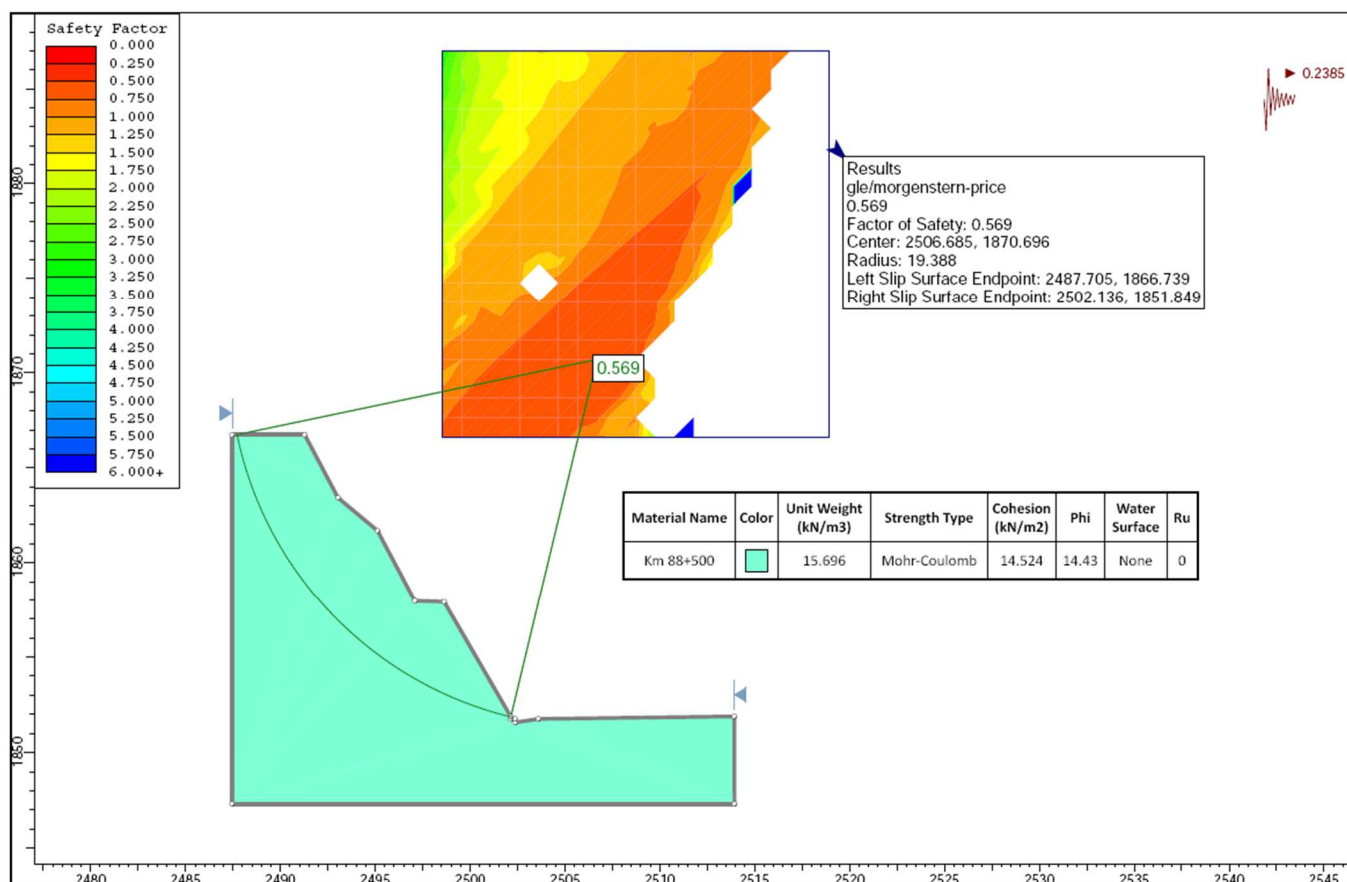


Figura 20 Análisis del talud km 88+500

El FS obtenido mediante el método de Morgenstern-Prince en condiciones pseudoestáticas es de 0.569. Talud inestable.

4.2. Presentación y Discusión de Resultados

4.2.1. Contenido de humedad del suelo

Tabla 6: Contenido de humedad del suelo

Progresiva	Contenido de humedad (%)
Km 84+010	16.08
Km 84+300	13.26
Km 85+300	18.72
Km 86+735	19.25
Km 88+050	18.76
Km 88+500	15.55

Taludes con un contenido de humedad bajo, se encuentra en una condición de estabilidad aceptable, ya que el suelo no está completamente saturado y conserva su resistencia al corte. No obstante, la estabilidad se verá comprometida en temporadas de lluvias intensas, debido a que el incremento de humedad eleva la presión de poros y reduce la cohesión, por lo que resulta indispensable implementar medidas de drenaje y control hídrico para garantizar la seguridad a largo plazo.

4.2.2. Clasificación de suelos según S.U.C.S

Tabla 7: Tipos de Suelos

Progresiva	Tipo de Suelos (S.U.C.S.)	Estabilidad Natural
Km 84+010	ML – Limo inorgánico de baja plasticidad	Baja
Km 84+300	SM – Arena limosa con grava	Media
Km 85+300	SM – Arena limosa exenta de grava	Media – Baja
Km 86+735	SM – Arena limosa exenta de grava	Media – Baja
Km 88+050	SM – Arena limosa con grava	Media
Km 88+500	ML – Limo inorgánico de baja plasticidad	Baja

- ML (limos inorgánicos de baja plasticidad): Mayor riesgo de inestabilidad (baja cohesión, pérdida de resistencia con agua).
- SM (arenas limosas con grava): Estabilidad media, mejor drenaje, pero riesgoso por la presencia de limos.
- SM (arenas limosas exentas de grava): Estabilidad media a baja, menor drenaje y más vulnerable a la saturación.

4.2.3. Peso específico, cohesión y Ángulo de fricción interna.

Tabla 8: Resultados de laboratorio de suelos.

Progresiva	Peso Específico kN/m ³	Cohesión kN/m ² (C)	Angulo de Fricción Interna (ϕ)
Km 84+010	14.617	18.848	18.60°
Km 84+300	15.598	15.357	13.28°
Km 85+300	16.187	12.592	17.85°
Km 86+735	14.813	15.985	15.55°
Km 88+050	16.775	11.376	17.90°
Km 88+500	15.696	14.524	14.43°

a) Peso Específico:

- Para suelos cohesivos (arcillas), el aumento del peso específico reduce la estabilidad (más peso = más fuerza deslizando).
- Para suelos granulares con alta fricción (arena, gravas), el aumento del peso específico aumenta la estabilidad, (compensa el aumento en la fuerza deslizando).

b) Cohesión:

- Si se incrementa la cohesión del suelo en el talud el FS aumenta.
- En suelos arcillosos, la cohesión disminuye con el tiempo debido a la disminución de la saturación.
- En suelos parcialmente saturados, también hay una cohesión aparente por succión capilar (tensión negativa de agua).

c) Angulo de Fricción Interna:

- A mayor ángulo de fricción interna, mayor factor de seguridad y por lo tanto mayor estabilidad del talud.
- En taludes compuestos de arenas y gravas, su estabilidad depende casi completamente del ángulo de fricción interna.

4.2.4. Factores de seguridad (Condiciones Estáticas)

Cuyos resultados se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 9: Resultados del FS en Condiciones Estáticas.

Progresiva	Factor Seguridad
Km 84+010	0.874
Km 84+300	0.905
Km 85+300	0.769
Km 86+735	0.974
Km 88+050	0.693
Km 88+500	0.747

4.2.5. Factores de seguridad (Condiciones Pseudo Estáticas)

Cuyos resultados se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 10: Resultados de FS en Condiciones Pseudo Estáticas.

Progresiva	Coef. de Sismicidad	Factor Seguridad
Km 84+010	0.2385	0.614
Km 84+300	0.2385	0.568
Km 85+300	0.2385	0.524
Km 86+735	0.2385	0.574
Km 88+050	0.2385	0.535
Km 88+500	0.2385	0.569

4.2.6. Condiciones de los taludes según los rangos de FS

Podemos llegar a determinar para cada talud lo siguiente:

Tabla 11 Condiciones de los taludes según los rangos de FS

Progresiva	FS Estáticas	FS Pseudo Estáticas	Condición De Taludes
Km 84+010	0.874	0.614	Inestable
Km 84+300	0.905	0.568	Inestable
Km 85+300	0.769	0.524	Inestable
Km 86+735	0.974	0.574	Inestable
Km 88+050	0.693	0.535	Inestable
Km 88+500	0.747	0.569	Inestable

Taludes con un contenido de humedad bajo, se encuentra en una condición de estabilidad aceptable, ya que el suelo no está completamente saturado y conserva su resistencia al corte. No obstante, la estabilidad se verá comprometida en temporadas de lluvias intensas, debido a que el incremento de

humedad eleva la presión de poros y reduce la cohesión, por lo que resulta indispensable implementar medidas de drenaje y control hídrico para garantizar la seguridad a largo plazo.

4.3. CONTRASTE DE LA HIPÓTESIS

La hipótesis “Los taludes de la carretera 8B Cajamarca – Celendín km 84 + 00 al km 89+ 00 presentan factores de seguridad menores a uno ($FS < 1$) por lo cual son del tipo inestables.”, se acepta como valido el considerar a los seis (6) taludes estudiados como inestables; puesto que con los resultados obtenidos se demuestra que los valores calculados de los factores de seguridad son menores a 1. ($FS < 1$).

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Los 6 taludes estudiados son inestables y los resultados específicos para cada talud son:

- Los ángulos de fricción (ϕ) de los taludes son las siguientes: $\phi = 18.60^\circ$ para el km 84+010; $\phi = 13.28^\circ$ para el km 84+300; $\phi = 17.85^\circ$ para el km 85+300; $\phi = 15.55^\circ$ para el km 86+735; $\phi = 17.90^\circ$ para el km 88+050; $\phi = 14.43^\circ$ para el km 88+500.
- La cohesión (C) en los taludes son las siguientes: C=18.848 kN/m² para el km 84+010; C=15.357 kN/m² para el km 84+300; C=12.592 kN/m² para el km 85+300; C=15.985 kN/m² para el km 86+735; C=11.376 kN/m² para el km 88+050; C=14.524 kN/m² para el km 88+500.
- En condiciones estáticas los factores de seguridad para los taludes evaluados son: FS=0.874 para el km 84+010; FS=0.905 para el km 84+300; FS=0.769 para el km 85+300; FS=0.974 para el km 86+735; FS=0.693 para el km 88+050; FS=0.747 para el km 88+500, concluyendo que los taludes evaluados tienen un FS < 1.
- En condiciones pseudoestáticas los factores de seguridad para los taludes evaluados son: FS=0.614 para el km 84+010; FS=0.568 para el km 84+300; FS=0.524 para el km 85+300; FS=0.574 para el km 86+735; FS=0.535 para el km 88+050; FS=0.569 para el km 88+500, concluyendo que los taludes evaluados tienen un FS < 1.

- **PROPUESTAS:**

- En la progresiva Km 84+010, considerando la geometría del talud, se recomienda la construcción de un muro de contención, cuyo diseño deberá responder a las características del suelo y a la configuración topográfica del lugar. Asimismo, se plantea la ejecución de un canal de coronación en la parte superior para el adecuado manejo de aguas superficiales.
- En la progresiva Km 84+300, debido a la pendiente moderada, se sugiere la colocación de un muro de gaviones en la base, previamente dimensionado y verificado estructuralmente.
- En la progresiva Km 85+300, se considera conveniente la implementación de un muro de contención diseñado en función de los parámetros geotécnicos y topográficos, complementado con un canal de coronación en la zona alta del talud.
- En la progresiva Km 86+735, dado que el terreno presenta una inclinación media y material deslizado, se propone su retiro y reemplazo por capas compactadas según especificaciones de diseño. Para garantizar la estabilidad, en el pie del talud se plantea un muro de gaviones correctamente diseñado.
- En la progresiva Km 88+050, la solución técnica será similar: retiro del material inestable, reposición por capas con compactación controlada, y la construcción de un muro de gaviones en la base.
- Finalmente, en la progresiva Km 88+500, se sugiere la edificación de un muro de contención, diseñado de acuerdo con las condiciones del

terreno, junto con la instalación de un canal de coronación en la parte superior para un adecuado drenaje.

5.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda:

- Para futuras investigaciones se incorpore el estudio de nivel freático y de escorrentía superficial para un análisis más profundo de los taludes ya que estos parámetros pueden ser añadidos al software Slide V.6.0.
- También el estudio de un talud único, en el cual se pueda luego de concluir que es inestable, establecer los métodos a utilizar y realizar un análisis comparativo entre el factor de seguridad y los costos de implementación de uno u otro método.
- Se realicen nuevas investigaciones sobre la efectividad que vienen teniendo los métodos de estabilización de taludes ya ejecutados, verificando su funcionamiento y mejoras factibles de realizar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arcila, A., Guerra, D. A. y Bergaño, C. A. (2019). Diseño de taludes, muros y estructura de pavimentos Urbanización Municipio de Fredonia. Universidad Cooperativa de Colombia, Medellín, Colombia.
- Barragán, D. y Mujica, Y. (2021). Estabilización de taludes y diseño de la estructura de pavimento para un tramo de 248 metros de vía en el Municipio de Jericó, Antioquia. [tesis de pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia], Repositorio UCC
- Cervera, L.A. (2023). Estabilidad de un talud. Factores que influyen. <https://eadic.com/blog/entrada/estabilidad-de-un-talud-factores-que-influyen/>
- Chávez, F (2024). Determinación de los factores que afectan la estabilidad de los taludes ubicados en la carretera CA-109 sector Shururo, Celendín – Cajamarca. [tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC
- García, C. (2020). Análisis de estabilidad de taludes en suelos.
- Garzón, J.T., Suárez, B.A. y Quintero, L. (2021). Análisis de estabilidad de taludes Barrio el Arroyo. [tesis de pregrado, Escuela colombiana de ingeniería Julio Garavito]. Repositorio Institucional Escuela Ingeniería
- Huamán, J. (2022). Evaluación y control de deslizamiento de taludes entre el km 59 al km 63 de la carretera Cajamarca – ciudad de Dios, 2019. [tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC
- Icog, (2016, 17 de octubre). SLIDE la mejor aplicación de estabilidad de taludes.

<https://www.icog.es/TyT/index.php/2016/10/slide-la-mejor-aplicacion-estabilidad-taludes/>

Ingeom (2023, 10 de julio). Estudio de estabilidad de taludes: ¿por qué es esencial?

https://inggeom.es/en/blog-en/estudio-de-estabilidad-de-taludes?utm_source=chatgpt.com

Instituto geofísico del Perú (2024, 27 de febrero). Deslizamientos y cambio climático.

<https://www.gob.pe/institucion/igp/noticias/912212deslizamientos-y-cambio-climatico>

Lagos, A.N. (2020). Estudio de estabilidad de taludes de distinta pendiente con suelo – cemento ante la acción de lluvia en la zona central de Chile, [tesis de pregrado, Talca Universidad Chile]. Repositorio Institucional UTALCA.

Llaique, N (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”. [tesis de pregrado, Universidad Continental]. Repositorio Institucional UCONTINENTAL

Mujica, J.C. y Reymundo J.E. (2022). Análisis de Estabilidad de Taludes desde el Puente Posanca hasta el Poblado Licahuasi de la Carretera LM 111 en el Distrito de Arahua. [tesis de pregrado, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio Institucional UTP

Norma CE.020. (2012). Suelos y taludes.

Prado, A. A., Aguilar, J. R., y Cruz, R. J. (2020). Análisis de estabilidad de talud de la carretera Nic. 7 en el km 176, Municipio de Santo Tomas, del departamento de 72 Chontales. [tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. Repositorio UNAN

Salazar, V. (2024). Evaluación de la inestabilidad geotécnica de taludes entre las progresivas km 14+000 al km 20+000 de la carretera San Marcos-Cajabamba, provincia de San Marcos. [tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC

Seguridad Minera. (2018, 30 de mayo). Fallas que afectan la estabilidad de taludes.

<https://revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/fallas-que-afectan-la-estabilidad-de-taludes/>

Valiente, R, Sobrecases, S y Díaz A (2015). Estabilidad de Taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y Métodos de Cálculo. (7)

APÉNDICE I: FOTOGRAFÍAS



Figura 21 Tesista en el talud km 84+010.



Figura 22 Calicata y recolección de muestra en el km 84+010.



Figura 23 Tesista en el talud km 84+300.



Figura 24 Calicata y recolección de muestra en el km 84+300.



Figura 25 Tesista en el talud km 85+300.



Figura 26 Calicata y recolección de muestra en el km 85+300.



Figura 27 Tesista en el talud km 86+735.



Figura 28 Calicata y recolección de muestra en el km 86+735.



Figura 29 Tesista en el talud km 88+050.



Figura 30 Calicata y recolección de muestra en el 88+050.



Figura 31 Tesista en el talud km 88+500.



Figura 32 Calicata y recolección de muestra en el km 88+500.



Figura 33 Tesista y asesor en el laboratorio de suelos de la universidad.



Figura 34 Preparando los especímenes para el ensayo de corte directo.

**ANEXO I: ENSAYOS DE
LABORATORIO – CALICATA 1
KM 84-010**

TABLA 12: CONTENIDO DE HUMEDAD (KM 84+010)

NORMAS: ASTM D2216 AASHTO T265

CALICATA: C-01

Fecha de Muestreo : 11/06/2025

MUESTRA: M-1, M-2, M-3

Fecha de Ensayo : 15/06/2025

MÉTODO DE ENSAYO : ☒ MÉTODO (A)

EQUIPO UTILIZADO : ☒ HORNO (D2216)

TEMPERATURA DE SECADO: 110 °C

TIEMPO DE SECADO: 16 horas

FÓRMULA DE CÁLCULO : $w = [(M_{swt} - M_{sst}) / (M_{sst} - M_t)] \times 100$

CONTENIDO DE HUMEDAD			
TARA N°	M-1	M-2	M-3
Masa de Tara, Mt (gr)	26.20	26.60	28.40
Masa Suelo Húmedo + Tara, Mswt (gr)	122.50	122.30	132.00
Masa Suelo Seco + Tara ; Msst (gr)	109.10	108.87	117.90
Masa Suelo Seco ; Mss (gr)	82.90	82.27	89.50
Masa de agua ; (gr)	13.40	13.43	14.10
Contenido de Humedad (W %)	16.16	16.32	15.75

CONTENIDO DE HUMEDAD	
CONTENIDO DE HUMEDAD - PROMEDIO (W%)	16.08 %

TABLA 13: DENSIDAD HÚMEDA (KM 84+010)

NORMAS: ASTM D698 AASHTO T180

CALICATA: C-01

Fecha de Muestreo : 11/06/2025

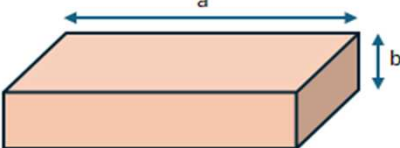
MUESTRA: M-1, M-2, M-3

Fecha de Ensayo : 15/06/2025

TEMPERATURA DE SECADO: 110 °C

TIEMPO DE SECADO: 16 horas

FÓRMULA DE CÁLCULO : $D_h = [(W_m + M_h) - W_m] / (V_m)$

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	DATOS DEL MOLDE		
	ESTADO :	Lado : a (cm)	6
		Altura : b (cm)	2
	TIPO:	Área : Am (cm2)	36
		Volumen : Vm (cm3)	72

DENSIDAD HÚMEDA			
TARA N°	M-1	M-2	M-3
Masa del Muestreador, Wm (gr)	138.70	139.70	138.70
Muestreador + M húmeda, Wm + Mh (gr)	245.10	247.30	246.40
Masa Muestra húmeda, Mh (gr)	106.40	107.60	107.70
Densidad Húmeda, Dh (gr/cm3)	1.48	1.49	1.50

DENSIDAD HÚMEDA		
DENSIDAD HUMEDA - PROMEDIO (Dh)	1.49	(gr/cm3)

TABLA 14: LÍMITES DE ATTERBERG (KM 84+010)

NORMAS: ASTM D4318 AASHTO T 90

CALICATA: C-01

Fecha de Muestreo : 11/06/2025

MUESTRA: M-1, M-2, M-3

Fecha de Ensayo : 15/06/2025

CONDICIONES DEL ENSAYO			
TEMP. DE SECADO:	60 °C	TEMP. DE SECADO:	110 °C
TIPO DE MATERIAL:	Pasa la malla N° 40	TIEMPO DE SECADO:	16 h

MÉTODO DE ENSAYO :

☒ MÉTODO (A)

LÍMITE LÍQUIDO:

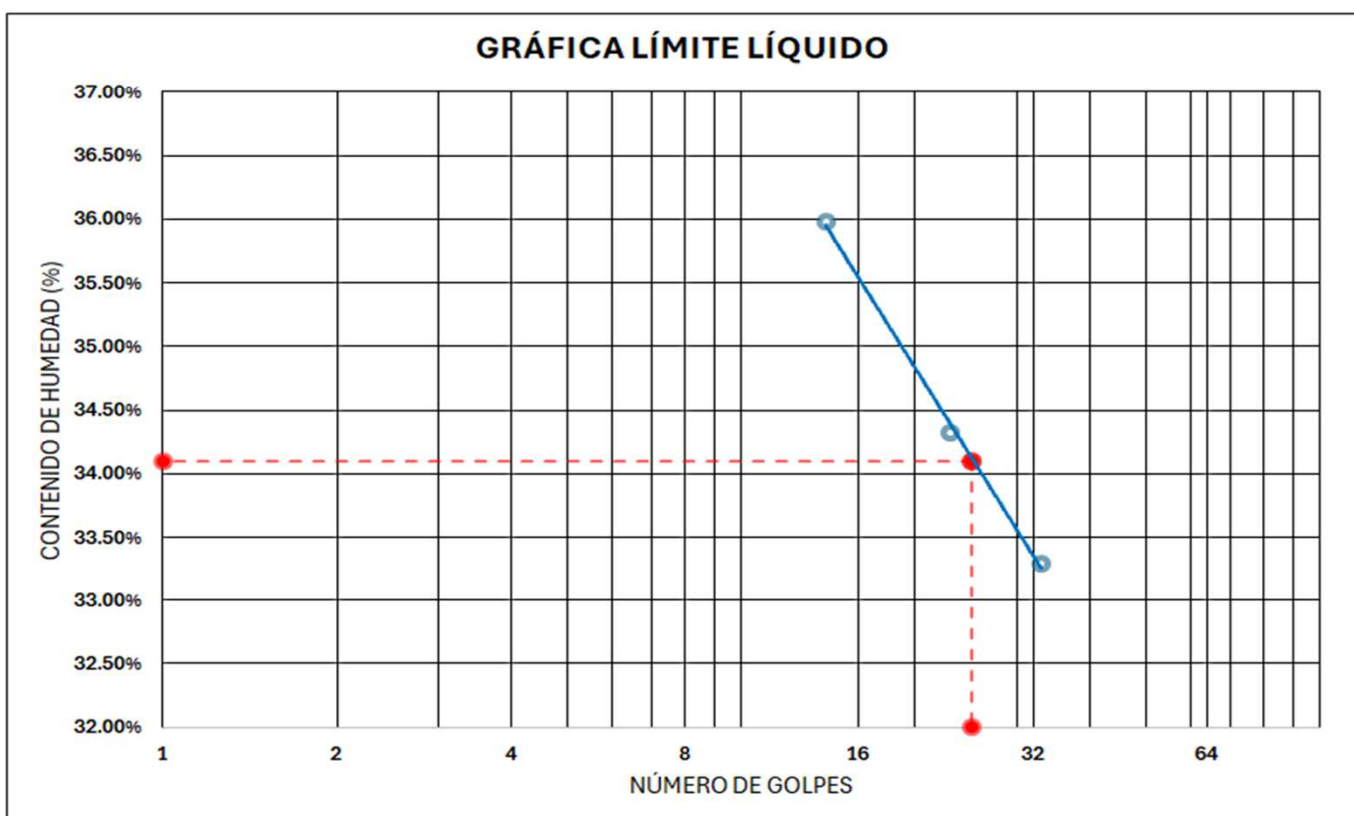
☒ MANUAL

LÍMITE PLÁSTICO:

☒ ENROLLADO A MANO

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara N°	M-1	M-2	M-3
Wt (gr)	30.80	40.33	39.51
Wt + mat (gr)	58.05	60.17	62.17
Ws+ t (gr)	50.84	55.10	56.51
w(agua) (gr)	7.21	5.07	5.66
w(masa seca) (gr)	20.04	14.77	17.00
w(%)	35.98%	34.33%	33.29%
N° de golpes	14	23	33

LÍMITE PLÁSTICO		
Tara N°	M-4	M-5
Wt (gr)	8.72	8.93
Wt + mat (gr)	22.80	22.97
Ws+ t (gr)	19.89	20.08
w(agua) (gr)	2.91	2.89
w(masa seca) (gr)	11.17	11.15
w(%)	26.05%	25.92%
Límite Plástico Promedio	25.99%	



RESULTADOS	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
	34%	26%	8%

TABLA 15: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS (KM 84+010)

NORMAS: ASTM C136 / C136M AASHTO T27 / T27M
CALICATA: C-01
MUESTRA: M-1

Fecha de Muestreo : 11/06/2025
Fecha de Ensayo : 15/06/2025

CONDICIONES DEL ENSAYO	
TEMPERATURA DE SECADO DE LA MUESTRA:	110 °C
CONDICIONES INICIALES DE LA MUESTRA	
PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)	2313.00
PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (g)	2313.00
PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (g)	0.00
CONDICIONES INICIALES FRACCIÓN FINA	
PESO SECO FRACCIÓN FINA (g)	250.00
CORRECCIÓN DE MUESTRA CUARTEADA	0.4000

MÉTODO DE ENSAYO	A	☒
------------------	---	-------------------------------------

TIPO DE TAMIZADO	
TAMIZADO COMPUESTO	☒

ESTADO DE MATERIAL ENSAYADO	
SECADO EN HORNO	☒

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						PROPIEDADES DE LA MUESTRA			
Tamiz		Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa	PORCENTAJE DE GRAVA, ARENAS Y FINOS		LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318 / AASHTO T 89	
N°	Abertura (mm)								
						GRAVA (%):	0.00	LÍMITE LÍQUIDO (LL):	34.00%
						ARENA GRUESA (%):	23.88	LÍMITE PLÁSTICO (LP):	26.00%
						ARENA FINA (%):	4.76	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP):	8.00%
						FINOS (%):	71.36	COEFICIENTES	
						TOTAL (%):	100.00		
						DÍAMETROS EFECTIVOS			
								CLASIFICACIÓN	
								S.U.C.S. :	ML
						OBSERVACIONES:			
N° 10	2.00	27.70	11.08	11.08	88.92	LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA UTILIZANDO EL METODO S.U.C.S. Y CORRESPONDE A UN LIMO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR GRIS AMARILLENTO, MEZCLADO CON 28.64 DE ARENA GRUESA A FINA Y EXENTA DE GRAVA.			
N° 20	0.85	13.10	5.24	16.32	83.68				
N° 30	0.60	11.20	4.48	20.80	79.20				
N° 40	0.43	7.70	3.08	23.88	76.12				
N° 60	0.25	5.30	2.12	26.00	74.00				
N° 140	0.11	3.90	1.56	27.56	72.44				
N° 200	0.08	2.70	1.08	28.64	71.36				
Cazoleta	--	--	--	--	--				
TOTAL		0.00							

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA

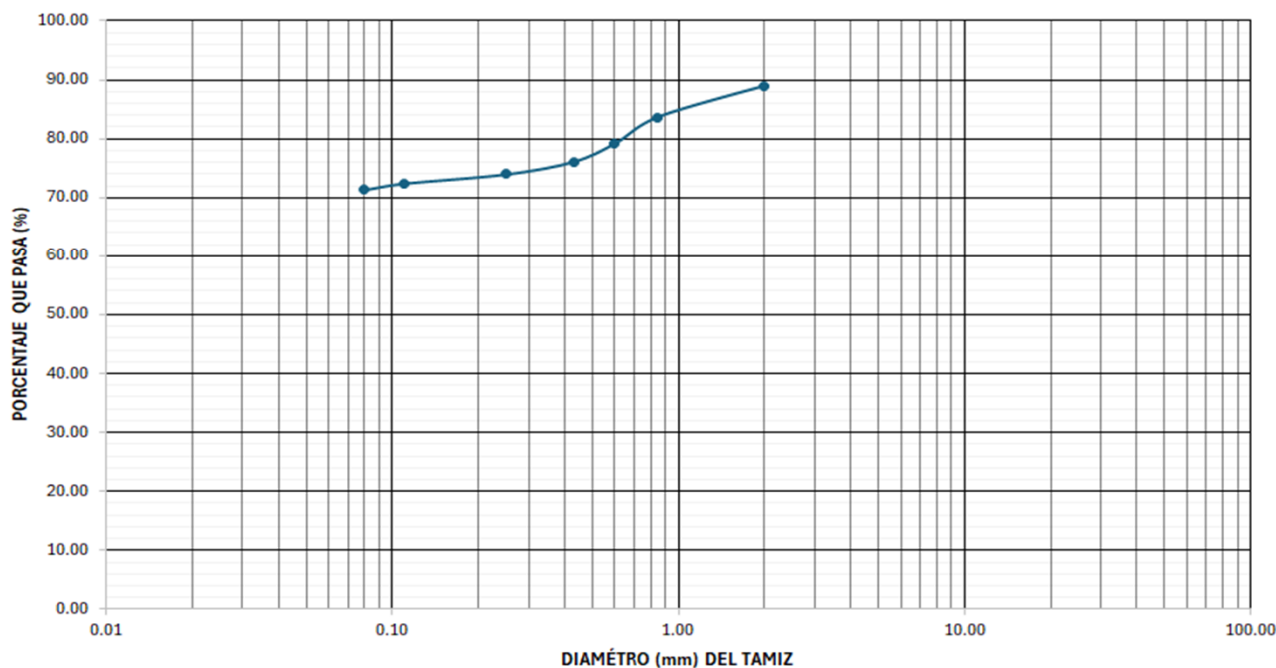


TABLA 16: ENSAYO DE CORTE DIRECTO (KM 84+010)

NORMAS: ASTM D 3080

CALICATA: C-01

MUESTRA: M-1, M-2, M-3

Fecha de Muestreo : 11/06/2025

Fecha de Ensayo : 15/06/2025

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA		DATOS DEL MOLDE				
ESTADO :	INALTERADO	TIPO	Lado(cm)	Altura(cm)	Area(cm2)	Vol(cm3)
		CUADRADO	6	2	36	72

CARGAS	MUESTRAS		
	1	2	3
Pa(marco y placa)(kg)	0.608	0.608	0.608
Pb(percha carga)(kg)	1.000	2.000	4.000
Pv (kg)	1.608	2.608	4.608
Esf. Normal(σ)(Kg/cm)	0.045	0.072	0.128
Esf. Nor.Incr.(σ)(Kg/cm)	0.295	0.572	1.128

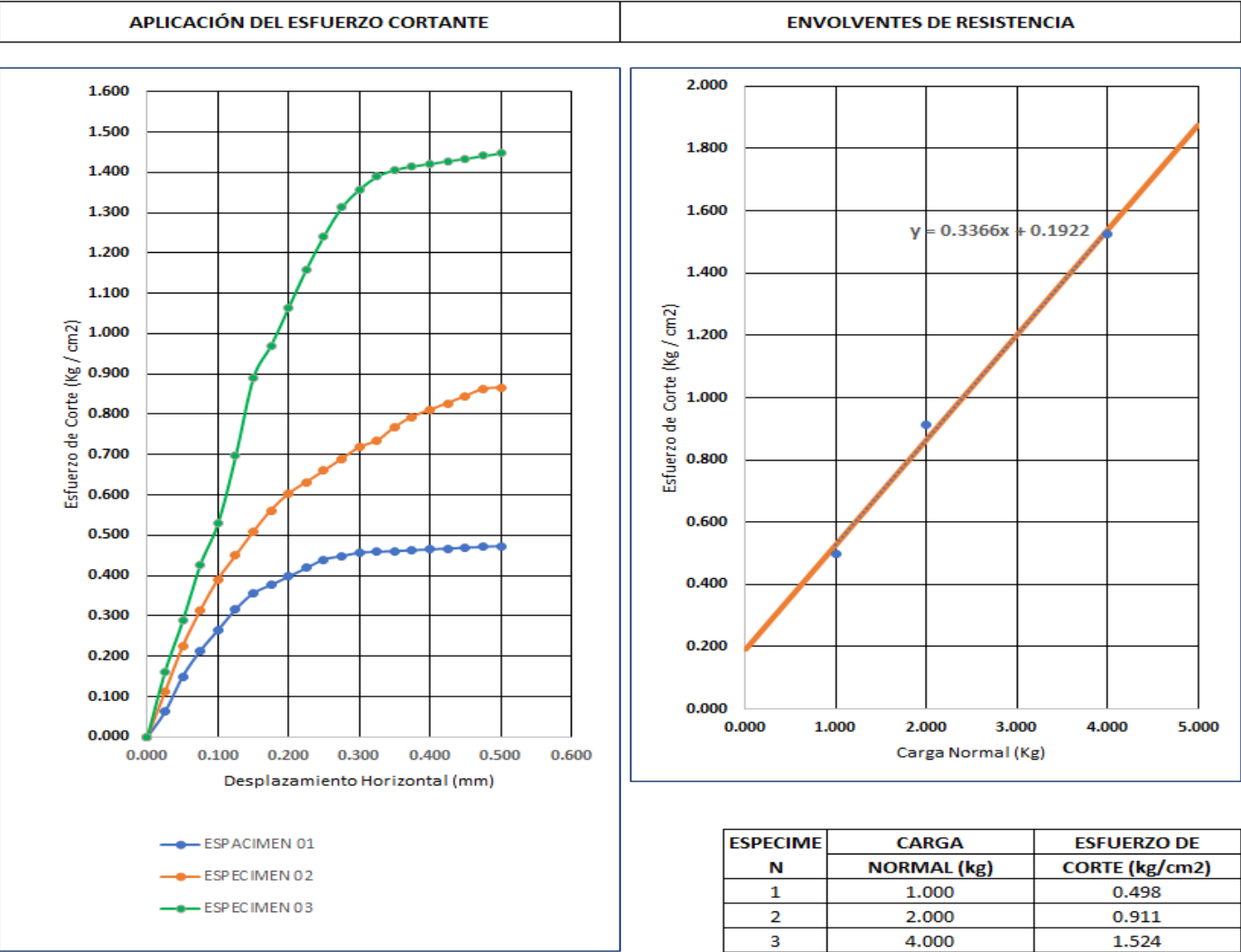
Datos de Prueba	
Velocidad de carga (mm / min)	0.5
Const. Anillo (Kg / N° Div)	0.446379

ETAPA DE APLICACIÓN DE CARGA											
Tiempo min	Dezp hor cm	A Coreg cm2	Def Carg N° Div	Fza Cort Kg	Esf. Cort Kg/cm2	Def Carg N° Div	Fza Cort Kg	Esf. Cort Kg/cm2	Def Carg N° Div	Fza Cort Kg	Esf. Cort Kg/cm2
			1			2			4		
0.00	0.000	36.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
0.50	0.025	35.85	5.00	2.232	0.062	9.00	4.017	0.112	13.00	5.803	0.162
1.00	0.050	35.70	12.00	5.357	0.150	18.00	8.035	0.225	23.00	10.267	0.288
1.50	0.075	35.55	17.00	7.588	0.213	25.00	11.159	0.314	34.00	15.177	0.427
2.00	0.100	35.40	21.00	9.374	0.265	31.00	13.838	0.391	42.00	18.748	0.530
2.50	0.125	35.25	25.00	11.159	0.317	35.50	15.846	0.450	55.00	24.551	0.696
3.00	0.150	35.10	28.00	12.499	0.356	40.00	17.855	0.509	70.00	31.247	0.890
3.50	0.175	34.95	29.50	13.168	0.377	44.00	19.641	0.562	76.00	33.925	0.971
4.00	0.200	34.80	31.00	13.838	0.398	47.00	20.980	0.603	83.00	37.049	1.065
4.50	0.225	34.65	32.50	14.507	0.419	49.00	21.873	0.631	90.00	40.174	1.159
5.00	0.250	34.50	34.00	15.177	0.440	51.00	22.765	0.660	96.00	42.852	1.242
5.50	0.275	34.35	34.50	15.400	0.448	53.00	23.658	0.689	101.00	45.084	1.312
6.00	0.300	34.20	35.00	15.623	0.457	55.00	24.551	0.718	104.00	46.423	1.357
6.50	0.325	34.05	35.00	15.623	0.459	56.00	24.997	0.734	106.00	47.316	1.390
7.00	0.350	33.90	35.00	15.623	0.461	58.30	26.024	0.768	106.80	47.673	1.406
7.50	0.375	33.75	35.00	15.623	0.463	60.00	26.783	0.794	107.00	47.763	1.415
8.00	0.400	33.60	35.00	15.623	0.465	61.00	27.229	0.810	107.00	47.763	1.422
8.50	0.425	33.45	35.00	15.623	0.467	62.00	27.675	0.827	107.00	47.763	1.428
9.00	0.450	33.30	35.00	15.623	0.469	63.00	28.122	0.845	107.00	47.763	1.434
9.50	0.475	33.15	35.00	15.623	0.471	64.00	28.568	0.862	107.00	47.763	1.441
10.00	0.500	33.00	35.00	15.623	0.473	64.00	28.568	0.866	107.00	47.763	1.447
10.50	0.525	32.85	35.00	15.623	0.476	64.00	28.568	0.870	107.00	47.763	1.454
11.00	0.550	32.70	35.00	15.623	0.478	64.00	28.568	0.874	107.00	47.763	1.461
11.50	0.575	32.55	35.00	15.623	0.480	64.00	28.568	0.878	107.00	47.763	1.467
12.00	0.600	32.40	35.00	15.623	0.482	64.00	28.568	0.882	107.00	47.763	1.474
12.50	0.625	32.25	35.00	15.623	0.484	64.00	28.568	0.886	107.00	47.763	1.481
13.00	0.650	32.10	35.00	15.623	0.487	64.00	28.568	0.890	107.00	47.763	1.488
13.50	0.675	31.95	35.00	15.623	0.489	64.00	28.568	0.894	107.00	47.763	1.495
14.00	0.700	31.80	35.00	15.623	0.491	64.00	28.568	0.898	107.00	47.763	1.502
14.50	0.725	31.65	35.00	15.623	0.494	64.00	28.568	0.903	107.00	47.763	1.509
15.00	0.750	31.50	35.00	15.623	0.496	64.00	28.568	0.907	107.00	47.763	1.516
15.50	0.775	31.35	35.00	15.623	0.498	64.00	28.568	0.911	107.00	47.763	1.524

TABLA 17: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS (KM 84+010)

NORMAS: ASTM C136 / C136M AASHTO T27 / T27M
CALICATA: C-01
MUESTRA: M-1, M-2, M-3

Fecha de Muestreo : 11/06/2025
Fecha de Ensayo : 15/06/2025



PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE		
COHESIÓN (C) =	0.1922	kg/cm2
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (φ)=	18.60	°

**ANEXO II: ENSAYOS DE
LABORATORIO – CALICATA 2
KM 84+300**

TABLA 19: CONTENIDO DE HUMEDAD (KM 84+300)

NORMAS: ASTM D2216 AASHTO T265

CALICATA: C-02

Fecha de Muestreo : 11/06/2025

MUESTRA: M-1. M-2, M-3

Fecha de Ensayo : 15/06/2025

MÉTODO DE ENSAYO : ☒ MÉTODO (A)

EQUIPO UTILIZADO : ☒ HORNO (D2216)

TEMPERATURA DE SECADO: 110 °C

TIEMPO DE SECADO: 16 horas

FÓRMULA DE CÁLCULO : $w = [(M_{swt} - M_{sst}) / (M_{sst} - M_t)] \times 100$

CONTENIDO DE HUMEDAD			
TARA N°	M-1	M-2	M-3
Masa de Tara, Mt (gr)	28.10	27.90	27.20
Masa Suelo Húmedo + Tara, Mswt (gr)	114.10	114.80	114.90
Masa Suelo Seco + Tara ; Msst (gr)	104.00	105.00	104.30
Masa Suelo Seco ; Mss (gr)	75.90	77.10	77.10
Masa de agua ; (gr)	10.10	9.80	10.60
Contenido de Humedad (W %)	13.31	12.71	13.75

CONTENIDO DE HUMEDAD	
CONTENIDO DE HUMEDAD - PROMEDIO (W%)	13.26 %

TABLA 20: DENSIDAD HÚMEDA (KM 84+300)

NORMAS: ASTM D698 AASHTO T180

CALICATA: C-02

Fecha de Muestreo : 11/06/2025

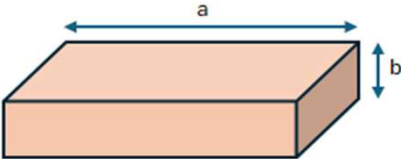
MUESTRA: M-1, M-2, M-3

Fecha de Ensayo : 15/06/2025

TEMPERATURA DE SECADO: 110 °C

TIEMPO DE SECADO: 16 horas

FÓRMULA DE CÁLCULO : $D_h = [(W_m + M_h) - W_m] / (V_m)$

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	DATOS DEL MOLDE		
	ESTADO :	Lado : a (cm)	6
		Altura : b (cm)	2
	TIPO:	Área : Am (cm ²)	36
		Volumen : Vm (cm ³)	72

DENSIDAD HÚMEDA			
TARA N°	M-1	M-2	M-3
Masa del Muestreador, Wm (gr)	138.70	139.70	138.70
Muestreador + M húmeda, Wm + Mh (gr)	254.10	253.70	253.00
Masa Muestra húmeda, Mh (gr)	115.40	114.00	114.30
Densidad Húmeda, Dh (gr/cm ³)	1.60	1.58	1.59

DENSIDAD HÚMEDA		
DENSIDAD HUMEDA - PROMEDIO (Dh)	1.59	(gr/cm ³)

TABLA 21: LÍMITES DE ATTERBERG (KM 84+300)

NORMAS: ASTM D4318 AASHTO T 90

CALICATA: C-02

Fecha de Muestreo : 11/06/2025

MUESTRA: M-1. M-2, M-3

Fecha de Ensayo : 15/06/2025

CONDICIONES DEL ENSAYO			
TEMP. DE SECADO:	60 °C	TEMP. DE SECADO:	110 °C
TIPO DE MATERIAL:	Pasa la malla N° 40	TIEMPO DE SECADO:	16 h

MÉTODO DE ENSAYO :

☒ MÉTODO (A)

LÍMITE LÍQUIDO:

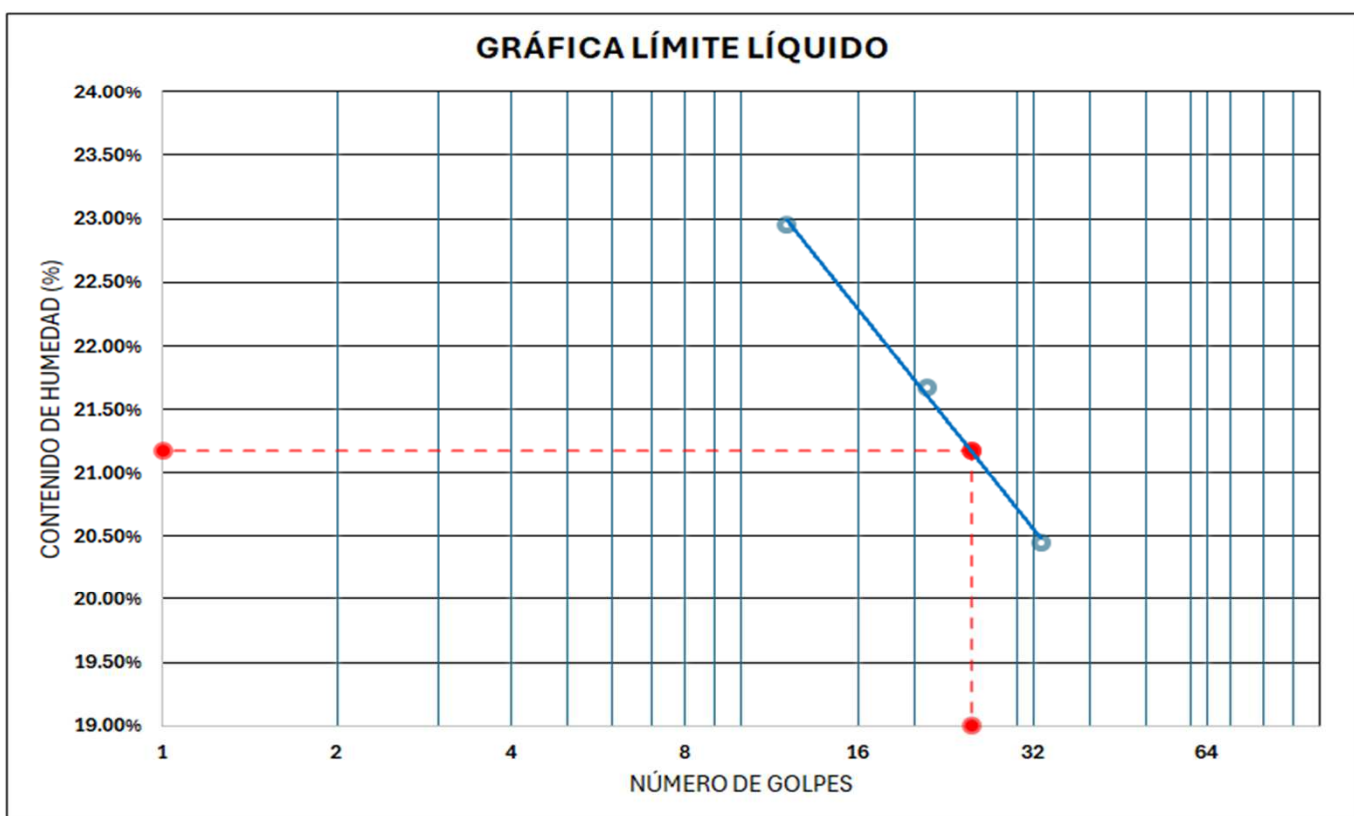
☒ MANUAL

LÍMITE PLÁSTICO:

☒ ENROLLADO A MANO

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara N°	M-1	M-2	M-3
Wt (gr)	11.02	11.06	11.06
Wt + mat (gr)	39.19	39.30	39.81
Ws+ t (gr)	33.93	34.27	34.93
w(agua) (gr)	5.26	5.03	4.88
w(masa seca) (gr)	22.91	23.21	23.87
w(%)	22.96%	21.67%	20.44%
N° de golpes	12	21	33

LÍMITE PLÁSTICO		
Tara N°	M-4	M-5
Wt (gr)	9.67	8.52
Wt + mat (gr)	22.75	21.72
Ws+ t (gr)	20.74	19.70
w(agua) (gr)	2.01	2.02
w(masa seca) (gr)	11.07	11.18
w(%)	18.16%	18.07%
Límite Plástico Promedio	18.11%	



RESULTADOS	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
	21%	18%	3%

TABLA 22: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS (KM 84+300)

NORMAS: ASTM C136 / C136M AASHTO T27 / T27M
CALICATA: C-02
MUESTRA: M-1

Fecha de Muestreo : 11/06/2025
Fecha de Ensayo : 15/06/2025

CONDICIONES DEL ENSAYO	
TEMPERATURA DE SECADO DE LA MUESTRA:	110 °C
CONDICIONES INICIALES DE LA MUESTRA	
PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)	3317.00
PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (g)	2525.00
PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (g)	792.00
CONDICIONES INICIALES FRACCIÓN FINA	
PESO SECO FRACCIÓN FINA (g)	328.40
CORRECCIÓN DE MUESTRA CUARTEADA	0.3045

MÉTODO DE ENSAYO	A	☒
------------------	---	-------------------------------------

TIPO DE TAMIZADO	
TAMIZADO COMPUESTO	☒

ESTADO DE MATERIAL ENSAYADO	
SECADO EN HORNO	☒

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						PROPIEDADES DE LA MUESTRA			
Tamiz		Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa	PORCENTAJE DE GRAVA, ARENAS Y FINOS		LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318 / AASHTO T 89	
N°	Abertura (mm)								
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00	GRAVA (%):	23.88	LÍMITE LÍQUIDO (LL):	21.00%
2 ½"	63.50	79.00	2.38	2.38	97.62	ARENA GRUESA (%):	38.98	LÍMITE PLÁSTICO (LP):	18.00%
2"	50.80	121.00	3.65	6.03	93.97	ARENA FINA (%):	10.41	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP):	3.00%
1 ½"	38.10	147.00	4.43	10.46	89.54	FINOS (%):	26.73	COEFICIENTES	
1"	25.40	78.00	2.35	12.81	87.19	TOTAL (%):	100.00		
¾"	19.05	105.00	3.17	15.98	84.02	DÍAMETROS EFECTIVOS			
1/2"	12.70	63.00	1.90	17.88	82.12			CLASIFICACIÓN	
3/8"	9.52	57.00	1.72	19.60	80.40			S.U.C.S. :	SM
1/4"	6.35	81.00	2.44	22.04	77.96				
N°4	4.75	61.00	1.84	23.88	76.12	OBSERVACIONES: LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA UTILIZANDO EL METODO S.U.C.S. Y CORRESPONDE A UNA ARENA LIMOSA, COLOR GRIS CLARO, MEZCLADA 23.88% DE GRAVA DE TM 3" Y 26.73% DE PARTÍCULAS FINAS MENORES QUE 0.075 MM.			
N° 10	2.00	43.40	13.22	37.09	62.91				
N° 20	0.85	31.70	9.65	46.75	53.25				
N° 30	0.60	34.70	10.57	57.31	42.69				
N° 40	0.43	18.20	5.54	62.85	37.15				
N° 60	0.25	9.10	2.77	65.62	34.38				
N° 140	0.11	21.60	6.58	72.20	27.80				
N° 200	0.08	3.50	1.07	73.27	26.73				
Cazoleta	--	--	--	--	--				
TOTAL		792.00							

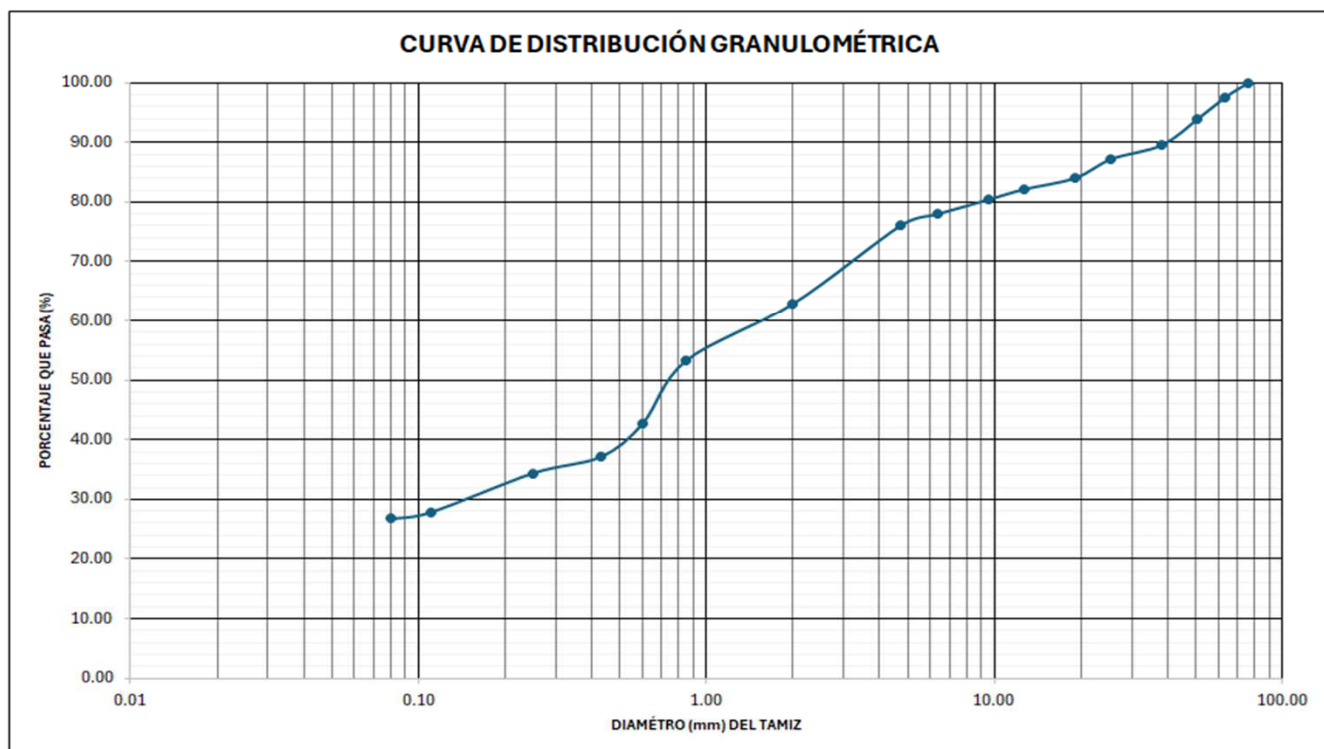


TABLA 23: ENSAYO DE CORTE DIRECTO (KM 84+300)

NORMAS: ASTM D 3080

CALICATA: C-02

MUESTRA: M-1, M-2, M-3

Fecha de Muestreo : 11/06/2025

Fecha de Ensayo : 15/06/2025

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA		DATOS DEL MOLDE				
ESTADO :	INALTERADO	TIPO	Lado(cm)	Altura(cm)	Area(cm2)	Vol(cm3)
		CUADRADO	6	2	36	72

CARGAS	MUESTRAS		
	1	2	3
Pa(marco y placa)(kg)	0.608	0.608	0.608
Pb(percha carga)(kg)	1.000	2.000	4.000
Pv (kg)	1.608	2.608	4.608
Esf. Normal(σ)(Kg/cm2)	0.045	0.072	0.128
Esf. Nor.Incr.(σ)(Kg/cm2)	0.295	0.572	1.128

Datos de Prueba	
Velocidad de carga (mm / min)	0.5
Const. Anillo (Kg / N° Div)	0.446379

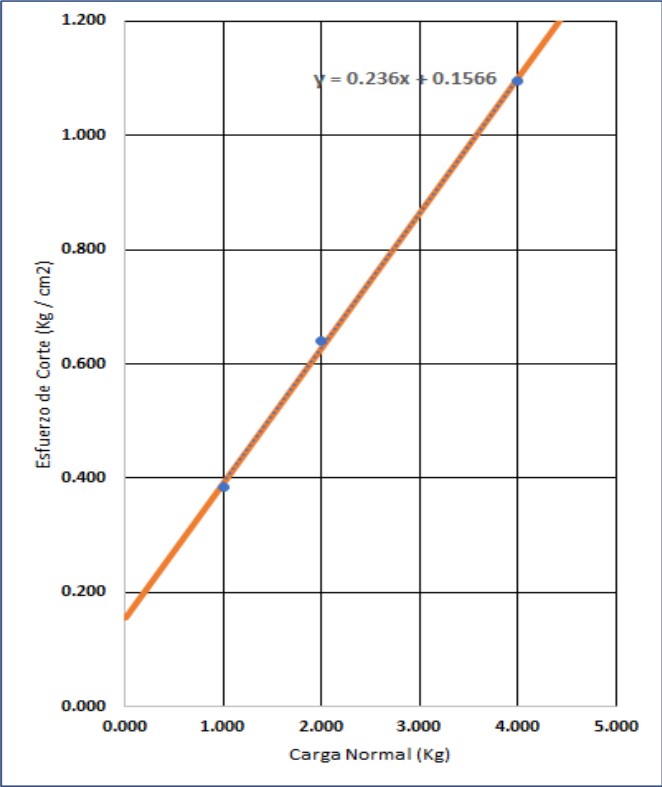
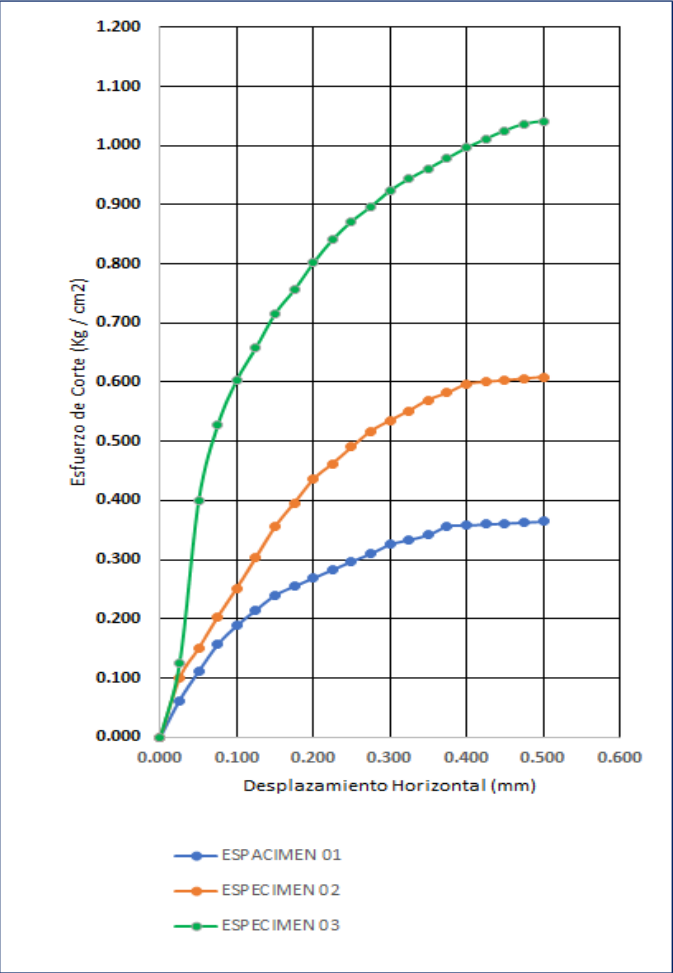
ETAPA DE APLICACIÓN DE CARGA											
Tiempo min	Dezp hor cm	A Coreg cm2	Def Carg N° Div	Fza Cort Kg	Esf. Cort Kg/cm2	Def Carg N° Div	Fza Cort Kg	Esf. Cort Kg/cm2	Def Carg N° Div	Fza Cort Kg	Esf. Cort Kg/cm2
			1			2			4		
0.00	0.000	36.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
0.50	0.025	35.85	5.00	2.232	0.062	8.00	3.571	0.100	10.00	4.464	0.125
1.00	0.050	35.70	8.90	3.973	0.111	12.00	5.357	0.150	32.00	14.284	0.400
1.50	0.075	35.55	12.50	5.580	0.157	16.20	7.231	0.203	42.00	18.748	0.527
2.00	0.100	35.40	15.00	6.696	0.189	20.00	8.928	0.252	47.90	21.382	0.604
2.50	0.125	35.25	17.00	7.588	0.215	24.00	10.713	0.304	52.00	23.212	0.658
3.00	0.150	35.10	18.90	8.437	0.240	28.00	12.499	0.356	56.30	25.131	0.716
3.50	0.175	34.95	20.00	8.928	0.255	31.00	13.838	0.396	59.20	26.426	0.756
4.00	0.200	34.80	21.00	9.374	0.269	34.00	15.177	0.436	62.50	27.899	0.802
4.50	0.225	34.65	22.00	9.820	0.283	35.90	16.025	0.462	65.30	29.149	0.841
5.00	0.250	34.50	23.00	10.267	0.298	37.90	16.918	0.490	67.40	30.086	0.872
5.50	0.275	34.35	23.90	10.668	0.311	39.80	17.766	0.517	69.00	30.800	0.897
6.00	0.300	34.20	25.00	11.159	0.326	41.00	18.302	0.535	70.80	31.604	0.924
6.50	0.325	34.05	25.50	11.383	0.334	42.10	18.793	0.552	72.00	32.139	0.944
7.00	0.350	33.90	26.00	11.606	0.342	43.30	19.328	0.570	73.00	32.586	0.961
7.50	0.375	33.75	27.00	12.052	0.357	44.00	19.641	0.582	74.00	33.032	0.979
8.00	0.400	33.60	27.00	12.052	0.359	44.90	20.042	0.597	75.00	33.478	0.996
8.50	0.425	33.45	27.00	12.052	0.360	45.00	20.087	0.601	75.80	33.836	1.012
9.00	0.450	33.30	27.00	12.052	0.362	45.00	20.087	0.603	76.50	34.148	1.025
9.50	0.475	33.15	27.00	12.052	0.364	45.00	20.087	0.606	77.00	34.371	1.037
10.00	0.500	33.00	27.00	12.052	0.365	45.00	20.087	0.609	77.00	34.371	1.042
10.50	0.525	32.85	27.00	12.052	0.367	45.00	20.087	0.611	77.00	34.371	1.046
11.00	0.550	32.70	27.00	12.052	0.369	45.00	20.087	0.614	77.00	34.371	1.051
11.50	0.575	32.55	27.00	12.052	0.370	45.00	20.087	0.617	77.00	34.371	1.056
12.00	0.600	32.40	27.00	12.052	0.372	45.00	20.087	0.620	77.00	34.371	1.061
12.50	0.625	32.25	27.00	12.052	0.374	45.00	20.087	0.623	77.00	34.371	1.066
13.00	0.650	32.10	27.00	12.052	0.375	45.00	20.087	0.626	77.00	34.371	1.071
13.50	0.675	31.95	27.00	12.052	0.377	45.00	20.087	0.629	77.00	34.371	1.076
14.00	0.700	31.80	27.00	12.052	0.379	45.00	20.087	0.632	77.00	34.371	1.081
14.50	0.725	31.65	27.00	12.052	0.381	45.00	20.087	0.635	77.00	34.371	1.086
15.00	0.750	31.50	27.00	12.052	0.383	45.00	20.087	0.638	77.00	34.371	1.091
15.50	0.775	31.35	27.00	12.052	0.384	45.00	20.087	0.641	77.00	34.371	1.096

TABLA 24: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS (KM 84+300)

NORMAS: ASTM C136 / C136M AASHTO T27 / T27M
CALICATA: C-02
MUESTRA: M-1. M-2, M-3

Fecha de Muestreo : 11/06/2025
Fecha de Ensayo : 15/06/2025

APLICACIÓN DEL ESFUERZO CORTANTE	ENVOLVENTES DE RESISTENCIA
----------------------------------	----------------------------



ESPECIME N	CARGA NORMAL (kg)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm2)
1	1.000	0.384
2	2.000	0.641
3	4.000	1.096

PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE		
COHESIÓN (C) =	0.1566	kg/cm2
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (φ)=	13.28	°

TABLA 25: PERFIL ESTRATIGRÁFICO (KM 84+300)

**ANEXO III: ENSAYOS DE
LABORATORIO – CALICATA 3
KM 85+300**

TABLA 26: **CONTENIDO DE HUMEDAD (KM 85+300)**

NORMAS: ASTM D2216 AASHTO T265

CALICATA: C-03

Fecha de Muestreo : 11/06/2025

MUESTRA: M-1. M-2, M-3

Fecha de Ensayo : 15/06/2025

MÉTODO DE ENSAYO : ☒ MÉTODO (A)

EQUIPO UTILIZADO : ☒ HORNO (D2216)

TEMPERATURA DE SECADO: 110 °C

TIEMPO DE SECADO: 16 horas

FÓRMULA DE CÁLCULO : $w = [(M_{swt} - M_{sst}) / (M_{sst} - M_t)] \times 100$

CONTENIDO DE HUMEDAD			
TARA N°	M-1	M-2	M-3
Masa de Tara, Mt (gr)	27.60	27.80	27.10
Masa Suelo Húmedo + Tara, Mswt (gr)	122.80	121.80	132.40
Masa Suelo Seco + Tara ; Msst (gr)	108.20	107.20	115.10
Masa Suelo Seco ; Mss (gr)	80.60	79.40	88.00
Masa de agua ; (gr)	14.60	14.60	17.30
Contenido de Humedad (W %)	18.11	18.39	19.66

CONTENIDO DE HUMEDAD	
CONTENIDO DE HUMEDAD - PROMEDIO (W%)	18.72 %

TABLA 27: DENSIDAD HÚMEDA (KM 85+300)

NORMAS: ASTM D698 AASHTO T180

CALICATA: C-03

Fecha de Muestreo : 11/06/2025

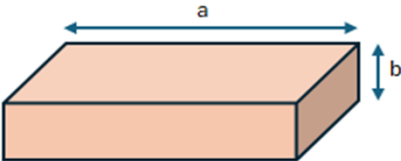
MUESTRA: M-1, M-2, M-3

Fecha de Ensayo : 15/06/2025

TEMPERATURA DE SECADO: 110 °C

TIEMPO DE SECADO: 16 horas

FÓRMULA DE CÁLCULO : $D_h = [(W_m + M_h) - W_m] / (V_m)$

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	DATOS DEL MOLDE		
	ESTADO :	Lado : a (cm)	6
		Altura : b (cm)	2
	TIPO:	Área : Am (cm2)	36
		Volumen : Vm (cm3)	72

DENSIDAD HÚMEDA			
TARA N°	M-1	M-2	M-3
Masa del Muestreador, Wm (gr)	138.70	139.70	138.70
Muestreador + M húmeda, Wm + Mh (gr)	258.70	257.00	258.00
Masa Muestra húmeda, Mh (gr)	120.00	117.30	119.30
Densidad Húmeda, Dh (gr/cm3)	1.67	1.63	1.66

DENSIDAD HÚMEDA		
DENSIDAD HUMEDA - PROMEDIO (Dh)	1.65	(gr/cm3)

TABLA 28: LÍMITES DE ATTERBERG (KM 85+300)

NORMAS: ASTM D4318 AASHTO T 90

CALICATA: C-03

Fecha de Muestreo : 11/06/2025

MUESTRA: M-1, M-2, M-3

Fecha de Ensayo : 15/06/2025

CONDICIONES DEL ENSAYO			
TEMP. DE SECADO:	60 °C	TEMP. DE SECADO:	110 °C
TIPO DE MATERIAL:	Pasa la malla N° 40	TIEMPO DE SECADO:	16 h

MÉTODO DE ENSAYO :

☒ MÉTODO (A)

LÍMITE LÍQUIDO:

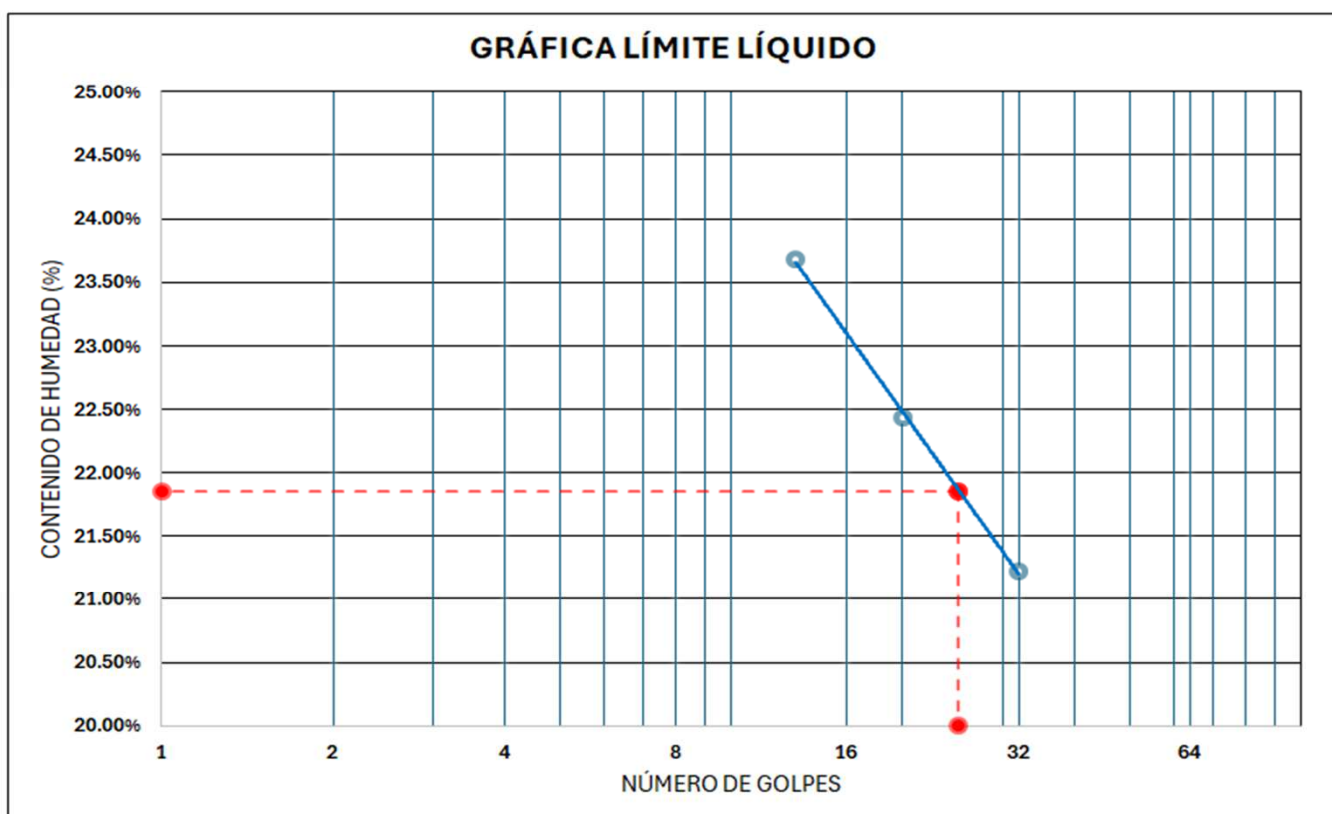
☒ MANUAL

LÍMITE PLÁSTICO:

☒ ENROLLADO A MANO

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara N°	M-1	M-2	M-3
Wt (gr)	40.33	39.49	39.51
Wt + mat (gr)	60.18	57.88	56.19
Ws+ t (gr)	56.38	54.51	53.27
w(agua) (gr)	3.80	3.37	2.92
w(masa seca) (gr)	16.05	15.02	13.76
w(%)	23.68%	22.44%	21.22%
N° de golpes	13	20	32

LÍMITE PLÁSTICO		
Tara N°	M-4	M-5
Wt (gr)	9.03	8.75
Wt + mat (gr)	22.11	21.95
Ws+ t (gr)	20.10	19.93
w(agua) (gr)	2.01	2.02
w(masa seca) (gr)	11.07	11.18
w(%)	18.16%	18.07%
Límite Plástico Promedio	18.11%	



RESULTADOS	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
	22%	18%	4%

TABLA 29: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS (KM 85+300)

NORMAS: ASTM C136 / C136M AASHTO T27 / T27M
CALICATA: C-03
MUESTRA: M-1

Fecha de Muestreo : 11/06/2025
Fecha de Ensayo : 15/06/2025

CONDICIONES DEL ENSAYO	
TEMPERATURA DE SECADO DE LA MUESTRA:	110 °C
CONDICIONES INICIALES DE LA MUESTRA	
PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)	2261.00
PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (g)	2261.00
PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (g)	0.00
CONDICIONES INICIALES FRACCIÓN FINA	
PESO SECO FRACCIÓN FINA (g)	250.00
CORRECCIÓN DE MUESTRA CUARTEADA	0.4000

MÉTODO DE ENSAYO	A	☒
------------------	---	-------------------------------------

TIPO DE TAMIZADO	
TAMIZADO COMPUESTO	☒

ESTADO DE MATERIAL ENSAYADO	
SECADO EN HORNO	☒

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						PROPIEDADES DE LA MUESTRA			
Tamiz		Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa	PORCENTAJE DE GRAVA, ARENAS Y FINOS		LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318 / AASHTO T 89	
Nº	Abertura (mm)								
						GRAVA (%):	0.00	LÍMITE LÍQUIDO (LL):	22.00%
						ARENA GRUESA (%):	47.56	LÍMITE PLÁSTICO (LP):	18.00%
						ARENA FINA (%):	30.92	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP):	4.00%
						FINOS (%):	21.52	COEFICIENTES	
						TOTAL (%):	100.00		
						DÍAMETROS EFECTIVOS			
								CLASIFICACIÓN	
								S.U.C.S. :	SM
Nº 10	2.00	43.80	17.52	17.52	82.48	OBSERVACIONES:			
Nº 20	0.85	31.20	12.48	30.00	70.00	LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA UTILIZANDO EL METODO S.U.C.S. Y CORRESPONDE A UNA ARENA LIMOSA, COLOR GRIS CLARO, MEZCLADA CON 21.52% DE PARTÍCULAS FINAS MENORES QUE 0.075 MM Y EXENTA DE GRAVA.			
Nº 30	0.60	23.50	9.40	39.40	60.60				
Nº 40	0.43	20.40	8.16	47.56	52.44				
Nº 60	0.25	25.80	10.32	57.88	42.12				
Nº 140	0.11	29.60	11.84	69.72	30.28				
Nº 200	0.08	21.90	8.76	78.48	21.52				
Cazoleta	--	--	--	--	--				
TOTAL		0.00							

LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA UTILIZANDO EL METODO S.U.C.S. Y CORRESPONDE A UNA ARENA LIMOSA, COLOR GRIS CLARO, MEZCLADA CON 21.52% DE PARTÍCULAS FINAS MENORES QUE 0.075 MM Y EXENTA DE GRAVA.

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA

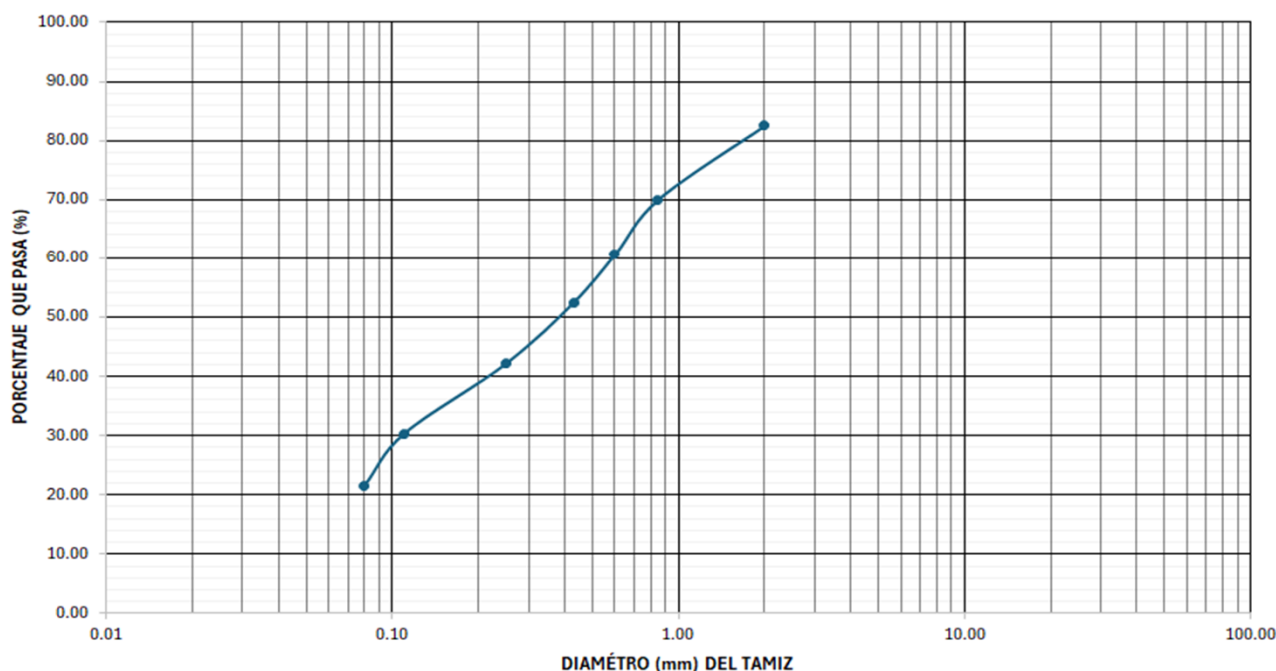


TABLA 30: ENSAYO DE CORTE DIRECTO (KM 85+300)

NORMAS: ASTM D 3080

CALICATA: C-03

MUESTRA: M-1, M-2, M-3

Fecha de Muestreo : 11/06/2025

Fecha de Ensayo : 15/06/2025

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA		DATOS DEL MOLDE				
ESTADO :	INALTERADO	TIPO	Lado(cm)	Altura(cm)	Area(cm2)	Vol(cm3)
		CUADRADO	6	2	36	72

CARGAS	MUESTRAS		
	1	2	3
Pa(marco y placa)(kg)	0.608	0.608	0.608
Pb(percha carga)(kg)	1.000	2.000	4.000
Pv (kg)	1.608	2.608	4.608
Esf. Normal(σ)(Kg/cm2)	0.045	0.072	0.128
Esf. Nor.Incr.(σ)(Kg/cm2)	0.295	0.572	1.128

Datos de Prueba	
Velocidad de carga (mm / min)	0.5
Const. Anillo (Kg / N° Div)	0.446379

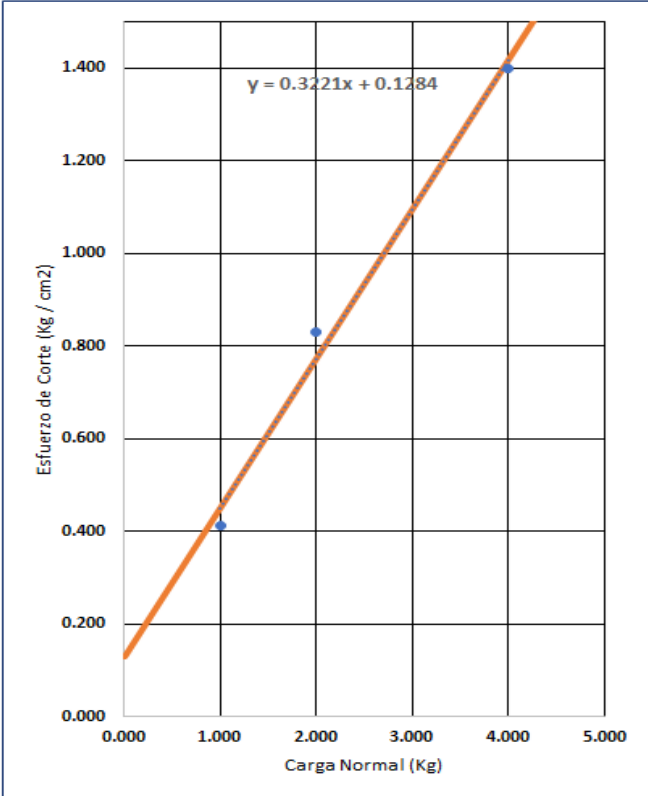
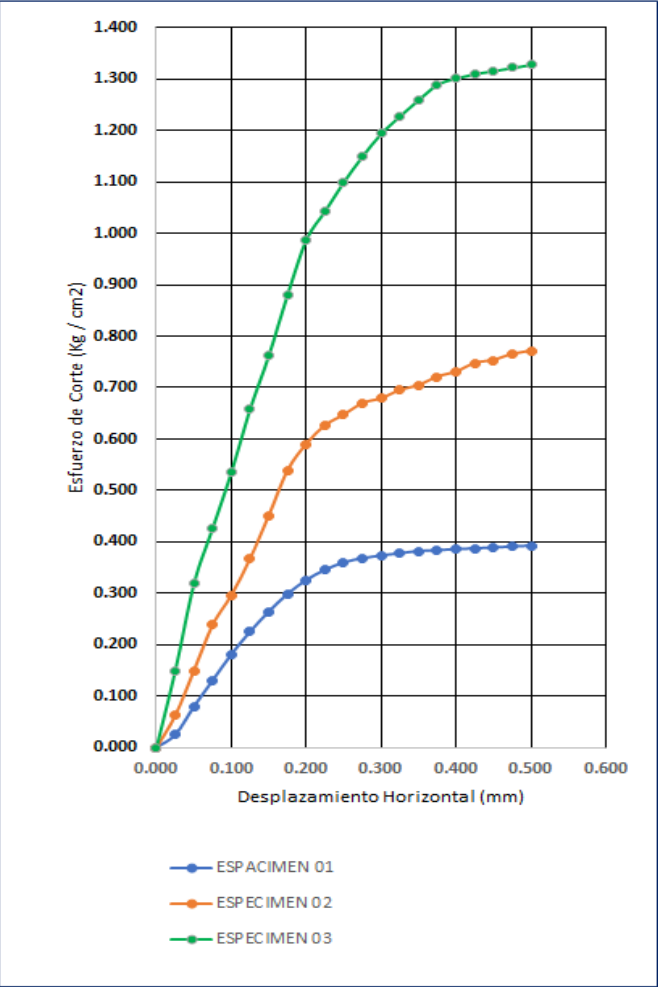
ETAPA DE APLICACIÓN DE CARGA											
Tiempo min	Dezp hor cm	A Coreg cm2	Def Carg N° Div	Fza Cort Kg	Esf. Cort Kg/cm2	Def Carg N° Div	Fza Cort Kg	Esf. Cort Kg/cm2	Def Carg N° Div	Fza Cort Kg	Esf. Cort Kg/cm2
			1			2			4		
0.00	0.000	36.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
0.50	0.025	35.85	2.00	0.893	0.025	5.00	2.232	0.062	12.00	5.357	0.149
1.00	0.050	35.70	6.40	2.857	0.080	12.00	5.357	0.150	25.50	11.383	0.319
1.50	0.075	35.55	10.40	4.642	0.131	19.00	8.481	0.239	34.00	15.177	0.427
2.00	0.100	35.40	14.40	6.428	0.182	23.50	10.490	0.296	42.50	18.971	0.536
2.50	0.125	35.25	17.80	7.946	0.225	29.00	12.945	0.367	52.00	23.212	0.658
3.00	0.150	35.10	20.80	9.285	0.265	35.50	15.846	0.451	60.00	26.783	0.763
3.50	0.175	34.95	23.40	10.445	0.299	42.20	18.837	0.539	69.00	30.800	0.881
4.00	0.200	34.80	25.40	11.338	0.326	46.00	20.533	0.590	77.00	34.371	0.988
4.50	0.225	34.65	26.82	11.972	0.346	48.60	21.694	0.626	81.00	36.157	1.043
5.00	0.250	34.50	27.82	12.418	0.360	50.00	22.319	0.647	85.00	37.942	1.100
5.50	0.275	34.35	28.32	12.641	0.368	51.50	22.989	0.669	88.50	39.505	1.150
6.00	0.300	34.20	28.62	12.775	0.374	52.00	23.212	0.679	91.50	40.844	1.194
6.50	0.325	34.05	28.82	12.865	0.378	53.00	23.658	0.695	93.70	41.826	1.228
7.00	0.350	33.90	29.02	12.954	0.382	53.50	23.881	0.704	95.70	42.718	1.260
7.50	0.375	33.75	29.02	12.954	0.384	54.50	24.328	0.721	97.50	43.522	1.290
8.00	0.400	33.60	29.02	12.954	0.386	55.00	24.551	0.731	98.00	43.745	1.302
8.50	0.425	33.45	29.02	12.954	0.387	56.00	24.997	0.747	98.20	43.834	1.310
9.00	0.450	33.30	29.02	12.954	0.389	56.20	25.086	0.753	98.20	43.834	1.316
9.50	0.475	33.15	29.02	12.954	0.391	56.80	25.354	0.765	98.20	43.834	1.322
10.00	0.500	33.00	29.02	12.954	0.393	57.00	25.444	0.771	98.20	43.834	1.328
10.50	0.525	32.85	29.02	12.954	0.394	58.20	25.979	0.791	98.20	43.834	1.334
11.00	0.550	32.70	29.02	12.954	0.396	58.20	25.979	0.794	98.20	43.834	1.341
11.50	0.575	32.55	29.02	12.954	0.398	58.20	25.979	0.798	98.20	43.834	1.347
12.00	0.600	32.40	29.02	12.954	0.400	58.20	25.979	0.802	98.20	43.834	1.353
12.50	0.625	32.25	29.02	12.954	0.402	58.20	25.979	0.806	98.20	43.834	1.359
13.00	0.650	32.10	29.02	12.954	0.404	58.20	25.979	0.809	98.20	43.834	1.366
13.50	0.675	31.95	29.02	12.954	0.405	58.20	25.979	0.813	98.20	43.834	1.372
14.00	0.700	31.80	29.02	12.954	0.407	58.20	25.979	0.817	98.20	43.834	1.378
14.50	0.725	31.65	29.02	12.954	0.409	58.20	25.979	0.821	98.20	43.834	1.385
15.00	0.750	31.50	29.02	12.954	0.411	58.20	25.979	0.825	98.20	43.834	1.392
15.50	0.775	31.35	29.02	12.954	0.413	58.20	25.979	0.829	98.20	43.834	1.398

TABLA 31: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS (KM 85+300)

NORMAS: ASTM C136 / C136M AASHTO T27 / T27M
CALICATA: C-03
MUESTRA: M-1. M-2, M-3

Fecha de Muestreo : 11/06/2025
Fecha de Ensayo : 15/06/2025

APLICACIÓN DEL ESFUERZO CORTANTE	ENVOLVENTES DE RESISTENCIA
----------------------------------	----------------------------



ESPECIME N	CARGA NORMAL (kg)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm2)
1	1.000	0.413
2	2.000	0.829
3	4.000	1.398

PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE		
COHESIÓN (C) =	0.1284	kg/cm2
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (φ)=	17.85	°

**ANEXO IV: ENSAYOS DE
LABORATORIO – CALICATA 4
KM 86+735**

TABLA 33: CONTENIDO DE HUMEDAD (KM 86+735)

NORMAS: ASTM D2216 AASHTO T265

CALICATA: C-04

Fecha de Muestreo : 11/06/2025

MUESTRA: M-1. M-2, M-3

Fecha de Ensayo : 15/06/2025

MÉTODO DE ENSAYO : ☒ MÉTODO (A)

EQUIPO UTILIZADO : ☒ HORNO (D2216)

TEMPERATURA DE SECADO: 110 °C

TIEMPO DE SECADO: 16 horas

FÓRMULA DE CÁLCULO : $w = [(M_{swt} - M_{sst}) / (M_{sst} - M_t)] \times 100$

CONTENIDO DE HUMEDAD			
TARA N°	M-1	M-2	M-3
Masa de Tara, Mt (gr)	28.30	28.20	26.70
Masa Suelo Húmedo + Tara, Mswt (gr)	122.60	128.00	126.70
Masa Suelo Seco + Tara ; Msst (gr)	107.20	112.04	110.60
Masa Suelo Seco ; Mss (gr)	78.90	83.84	83.90
Masa de agua ; (gr)	15.40	15.96	16.10
Contenido de Humedad (W %)	19.52	19.04	19.19

CONTENIDO DE HUMEDAD	
CONTENIDO DE HUMEDAD - PROMEDIO (W%)	19.25 %

TABLA 34: DENSIDAD HÚMEDA (KM 86+735)

NORMAS: ASTM D698 AASHTO T180

CALICATA: C-04

Fecha de Muestreo : 11/06/2025

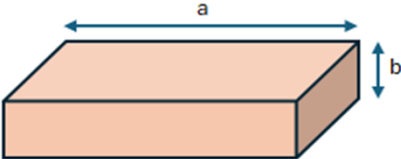
MUESTRA: M-1, M-2, M-3

Fecha de Ensayo : 15/06/2025

TEMPERATURA DE SECADO: 110 °C

TIEMPO DE SECADO: 16 horas

FÓRMULA DE CÁLCULO : $D_h = [(W_m + M_h) - W_m] / (V_m)$

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	DATOS DEL MOLDE		
	ESTADO :	Lado : a (cm)	6
		INALTERADO	Altura : b (cm)
	TIPO:	Área : Am (cm2)	36
		CUADRADO	Volumen : Vm (cm3)
			72

DENSIDAD HÚMEDA			
TARA N°	M-1	M-2	M-3
Masa del Muestreador, Wm (gr)	138.70	139.70	138.70
Muestreador + M húmeda, Wm + Mh (gr)	248.30	247.20	246.70
Masa Muestra húmeda, Mh (gr)	109.60	107.50	108.00
Densidad Húmeda, Dh (gr/cm3)	1.52	1.49	1.50

DENSIDAD HÚMEDA		
DENSIDAD HUMEDA - PROMEDIO (Dh)	1.51	(gr/cm3)

TABLA 35: LÍMITES DE ATTERBERG (KM 86+735)

NORMAS: ASTM D4318 AASHTO T 90

CALICATA: C-04

Fecha de Muestreo : 11/06/2025

MUESTRA: M-1, M-2, M-3

Fecha de Ensayo : 15/06/2025

CONDICIONES DEL ENSAYO			
TEMP. DE SECADO:	60 °C	TEMP. DE SECADO:	110 °C
TIPO DE MATERIAL:	Pasa la malla N° 40	TIEMPO DE SECADO:	16 h

MÉTODO DE ENSAYO :

☒ MÉTODO (A)

LÍMITE LÍQUIDO:

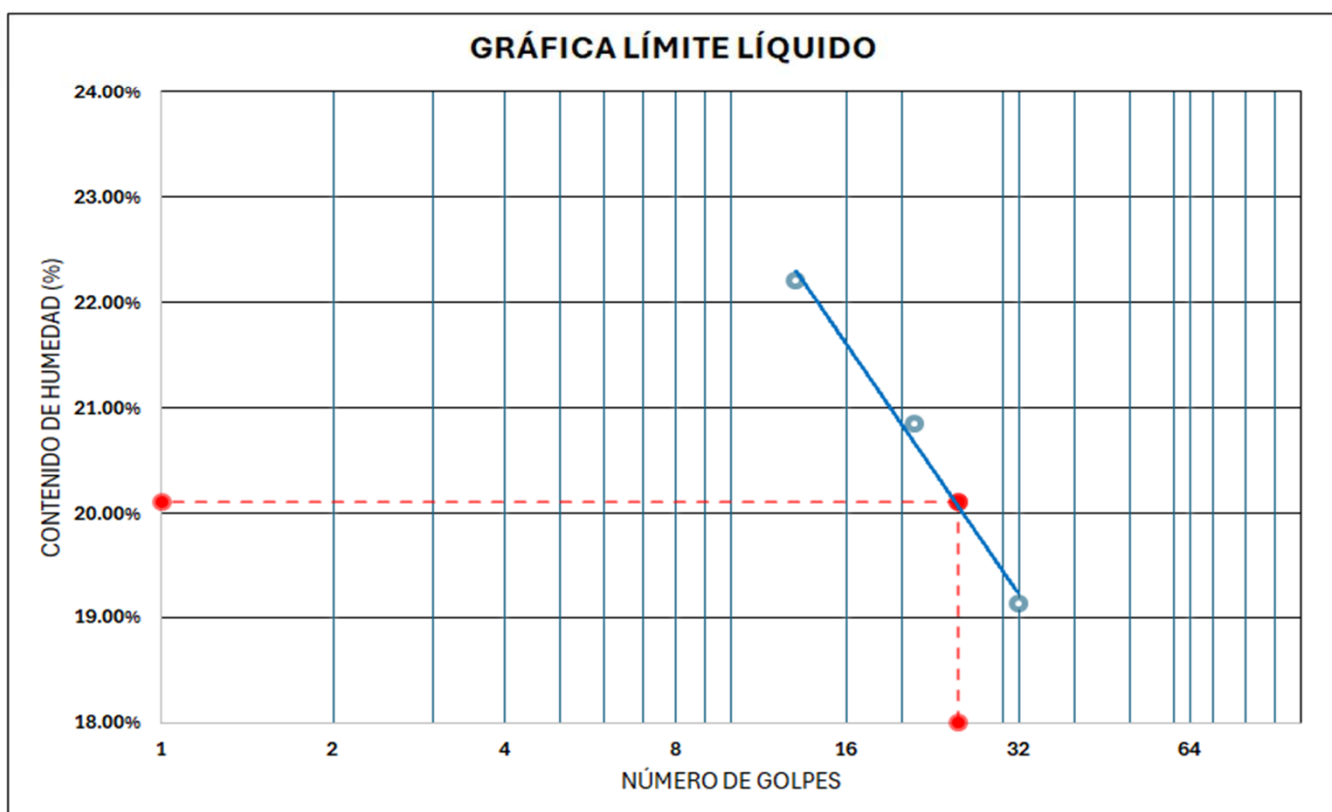
☒ MANUAL

LÍMITE PLÁSTICO:

☒ ENROLLADO A MANO

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara N°	M-1	M-2	M-3
Wt (gr)	28.3	28.2	26.7
Wt + mat (gr)	46.07	48.2	50.3
Ws+ t (gr)	42.84	44.75	46.51
w(agua) (gr)	3.23	3.45	3.79
w(masa seca) (gr)	14.54	16.55	19.81
w(%)	22.21%	20.85%	19.13%
N° de golpes	13	21	32

LÍMITE PLÁSTICO		
Tara N°	M-4	M-5
Wt (gr)	9.05	9.11
Wt + mat (gr)	22.51	21.85
Ws+ t (gr)	20.49	19.87
w(agua) (gr)	2.02	1.98
w(masa seca) (gr)	11.44	10.76
w(%)	17.66%	18.40%
Límite Plástico Promedio	18.03%	



RESULTADOS	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
	20%	18%	2%

TABLA 36: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS (KM 86+735)

NORMAS: ASTM C136 / C136M AASHTO T27 / T27M
 CALICATA: C-04
 MUESTRA: M-1

Fecha de Muestreo : 11/06/2025
 Fecha de Ensayo : 15/06/2025

CONDICIONES DEL ENSAYO	
TEMPERATURA DE SECADO DE LA MUESTRA:	110 °C
CONDICIONES INICIALES DE LA MUESTRA	
PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)	2634.00
PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (g)	2634.00
PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (g)	0.00
CONDICIONES INICIALES FRACCIÓN FINA	
PESO SECO FRACCIÓN FINA (g)	250.00
CORRECCIÓN DE MUESTRA CUARTEADA	0.4000

MÉTODO DE ENSAYO	A	☒
------------------	---	-------------------------------------

TIPO DE TAMIZADO	
TAMIZADO COMPUESTO	☒

ESTADO DE MATERIAL ENSAYADO	
SECADO EN HORNO	☒

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						PROPIEDADES DE LA MUESTRA			
Tamiz		Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa	PORCENTAJE DE GRAVA, ARENAS Y FINOS		LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318 / AASHTO T 89	
N°	Abertura (mm)								
						GRAVA (%):	0.00	LÍMITE LÍQUIDO (LL):	20.00%
						ARENA GRUESA (%):	48.91	LÍMITE PLÁSTICO (LP):	18.00%
						ARENA FINA (%):	21.63	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP):	2.00%
						FINOS (%):	29.46	COEFICIENTES	
						TOTAL (%):	100.00		
						DÍAMETROS EFECTIVOS			
								CLASIFICACIÓN	
								S.U.C.S. :	SM
						OBSERVACIONES:			
N° 10	2.00	43.25	17.30	17.30	82.70	LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA UTILIZANDO EL METODO S.U.C.S. Y CORRESPONDE A UNA ARENA LIMOSA, COLOR GRIS AMARILLENTO, MEZCLADA CON 29.46% DE PARTÍCULAS FINAS MENORES QUE 0.075 MM Y EXENTA DE GRAVA.			
N° 20	0.85	32.05	12.82	30.12	69.88				
N° 30	0.60	27.61	11.04	41.16	58.84				
N° 40	0.43	19.36	7.74	48.91	51.09				
N° 60	0.25	15.49	6.20	55.10	44.90				
N° 140	0.11	23.17	9.27	64.37	35.63				
N° 200	0.08	15.42	6.17	70.54	29.46				
Cazoleta	--	--	--	--	--				
TOTAL		0.00							

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA

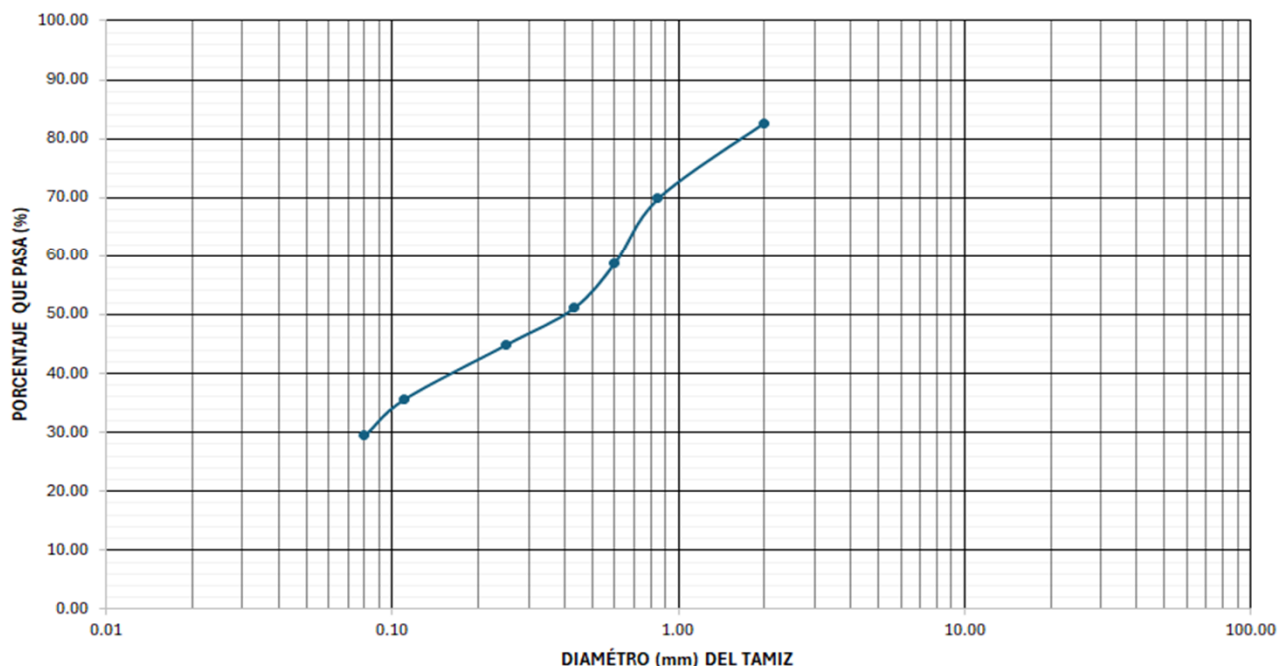


TABLA 37: ENSAYO DE CORTE DIRECTO (KM 86+735)

NORMAS: ASTM D 3080

CALICATA: C-04

MUESTRA: M-1, M-2, M-3

Fecha de Muestreo : 11/06/2025

Fecha de Ensayo : 15/06/2025

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA		DATOS DEL MOLDE				
ESTADO :	INALTERADO	TIPO	Lado(cm)	Altura(cm)	Area(cm2)	Vol(cm3)
		CUADRADO	6	2	36	72

CARGAS	MUESTRAS		
	1	2	3
Pa(marco y placa)(kg)	0.608	0.608	0.608
Pb(percha carga)(kg)	1.000	2.000	4.000
Pv (kg)	1.608	2.608	4.608
Esf. Normal(σ)(Kg/cm2)	0.045	0.072	0.128
Esf. Nor.Incr.(σ)(Kg/cm2)	0.295	0.572	1.128

Datos de Prueba	
Velocidad de carga (mm / min)	0.5
Const. Anillo (Kg / N° Div)	0.446379

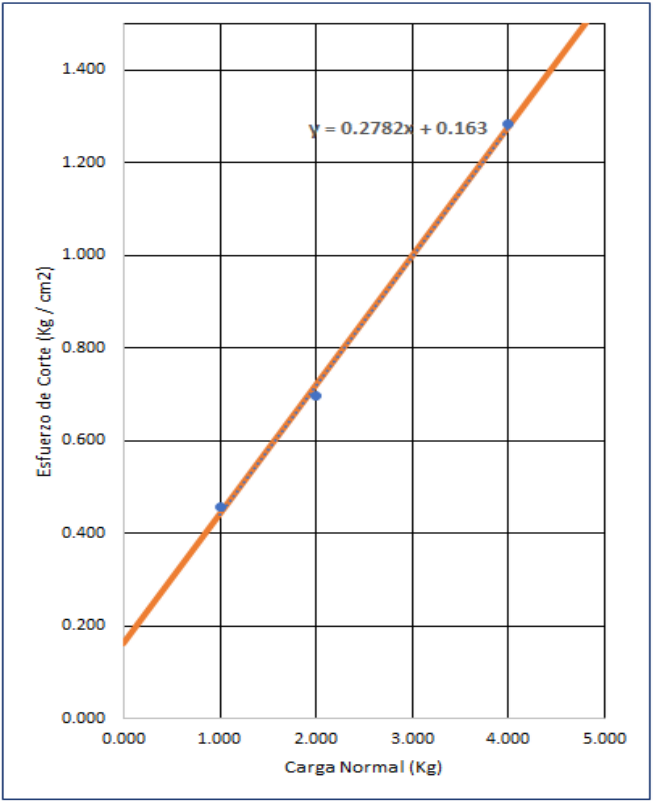
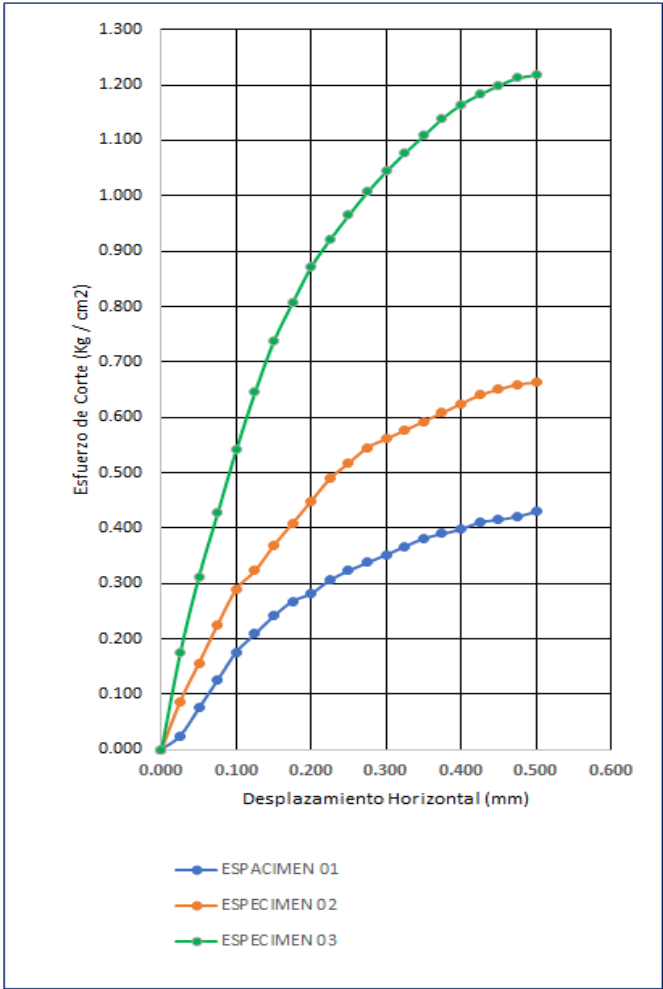
ETAPA DE APLICACIÓN DE CARGA											
Tiempo min	Dezp hor cm	A Coreg cm2	Def Carg N° Div	Fza Cort Kg	Esf. Cort Kg/cm2	Def Carg N° Div	Fza Cort Kg	Esf. Cort Kg/cm2	Def Carg N° Div	Fza Cort Kg	Esf. Cort Kg/cm2
			1			2			4		
0.00	0.000	36.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
0.50	0.025	35.85	2.00	0.893	0.025	7.00	3.125	0.087	14.00	6.249	0.174
1.00	0.050	35.70	6.00	2.678	0.075	12.50	5.580	0.156	25.00	11.159	0.313
1.50	0.075	35.55	10.00	4.464	0.126	18.00	8.035	0.226	34.00	15.177	0.427
2.00	0.100	35.40	14.00	6.249	0.177	23.00	10.267	0.290	43.00	19.194	0.542
2.50	0.125	35.25	16.50	7.365	0.209	25.50	11.383	0.323	51.00	22.765	0.646
3.00	0.150	35.10	19.00	8.481	0.242	29.00	12.945	0.369	58.00	25.890	0.738
3.50	0.175	34.95	21.00	9.374	0.268	32.00	14.284	0.409	63.20	28.211	0.807
4.00	0.200	34.80	22.00	9.820	0.282	35.00	15.623	0.449	68.00	30.354	0.872
4.50	0.225	34.65	23.80	10.624	0.307	38.00	16.962	0.490	71.50	31.916	0.921
5.00	0.250	34.50	25.00	11.159	0.323	40.00	17.855	0.518	74.60	33.300	0.965
5.50	0.275	34.35	26.00	11.606	0.338	42.00	18.748	0.546	77.50	34.594	1.007
6.00	0.300	34.20	27.00	12.052	0.352	43.00	19.194	0.561	80.00	35.710	1.044
6.50	0.325	34.05	28.00	12.499	0.367	44.00	19.641	0.577	82.20	36.692	1.078
7.00	0.350	33.90	29.00	12.945	0.382	45.00	20.087	0.593	84.20	37.585	1.109
7.50	0.375	33.75	29.50	13.168	0.390	46.00	20.533	0.608	86.20	38.478	1.140
8.00	0.400	33.60	30.00	13.391	0.399	47.00	20.980	0.624	87.70	39.147	1.165
8.50	0.425	33.45	30.80	13.748	0.411	48.00	21.426	0.641	88.70	39.594	1.184
9.00	0.450	33.30	31.00	13.838	0.416	48.50	21.649	0.650	89.50	39.951	1.200
9.50	0.475	33.15	31.30	13.972	0.421	49.00	21.873	0.660	90.10	40.219	1.213
10.00	0.500	33.00	31.80	14.195	0.430	49.00	21.873	0.663	90.10	40.219	1.219
10.50	0.525	32.85	32.00	14.284	0.435	49.00	21.873	0.666	90.10	40.219	1.224
11.00	0.550	32.70	32.00	14.284	0.437	49.00	21.873	0.669	90.10	40.219	1.230
11.50	0.575	32.55	32.00	14.284	0.439	49.00	21.873	0.672	90.10	40.219	1.236
12.00	0.600	32.40	32.00	14.284	0.441	49.00	21.873	0.675	90.10	40.219	1.241
12.50	0.625	32.25	32.00	14.284	0.443	49.00	21.873	0.678	90.10	40.219	1.247
13.00	0.650	32.10	32.00	14.284	0.445	49.00	21.873	0.681	90.10	40.219	1.253
13.50	0.675	31.95	32.00	14.284	0.447	49.00	21.873	0.685	90.10	40.219	1.259
14.00	0.700	31.80	32.00	14.284	0.449	49.00	21.873	0.688	90.10	40.219	1.265
14.50	0.725	31.65	32.00	14.284	0.451	49.00	21.873	0.691	90.10	40.219	1.271
15.00	0.750	31.50	32.00	14.284	0.453	49.00	21.873	0.694	90.10	40.219	1.277
15.50	0.775	31.35	32.00	14.284	0.456	49.00	21.873	0.698	90.10	40.219	1.283

TABLA 38: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS (KM 86+735)

NORMAS: ASTM C136 / C136M AASHTO T27 / T27M
CALICATA: C-04
MUESTRA: M-1. M-2, M-3

Fecha de Muestreo : 11/06/2025
Fecha de Ensayo : 15/06/2025

APLICACIÓN DEL ESFUERZO CORTANTE	ENVOLVENTES DE RESISTENCIA
----------------------------------	----------------------------



ESPECIME N	CARGA NORMAL (kg)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm2)
1	1.000	0.456
2	2.000	0.698
3	4.000	1.283

PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE		
COHESIÓN (C) =	0.1630	kg/cm2
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (φ)=	15.55	°

TABLA 39: PERFIL ESTRATIGRÁFICO (KM 86+735)

**ANEXO V: ENSAYOS DE
LABORATORIO – CALICATA 5
KM 88+050**

TABLA 40: CONTENIDO DE HUMEDAD (KM 88+050)

NORMAS: ASTM D2216 AASHTO T265

CALICATA: C-05

Fecha de Muestreo : 11/06/2025

MUESTRA: M-1. M-2, M-3

Fecha de Ensayo : 15/06/2025

MÉTODO DE ENSAYO : ☒ MÉTODO (A)

EQUIPO UTILIZADO : ☒ HORNO (D2216)

TEMPERATURA DE SECADO: 110 °C

TIEMPO DE SECADO: 16 horas

FÓRMULA DE CÁLCULO : $w = [(M_{swt} - M_{sst}) / (M_{sst} - M_t)] \times 100$

CONTENIDO DE HUMEDAD			
TARA N°	M-1	M-2	M-3
Masa de Tara, Mt (gr)	26.60	28.40	27.10
Masa Suelo Húmedo + Tara, Mswt (gr)	136.30	139.40	142.60
Masa Suelo Seco + Tara ; Msst (gr)	118.80	122.00	124.40
Masa Suelo Seco ; Mss (gr)	92.20	93.60	97.30
Masa de agua ; (gr)	17.50	17.40	18.20
Contenido de Humedad (W %)	18.98	18.59	18.71

CONTENIDO DE HUMEDAD	
CONTENIDO DE HUMEDAD - PROMEDIO (W%)	18.76 %

TABLA 41: DENSIDAD HÚMEDA (KM 88+050)

NORMAS: ASTM D698 AASHTO T180

CALICATA: C-05

Fecha de Muestreo : 11/06/2025

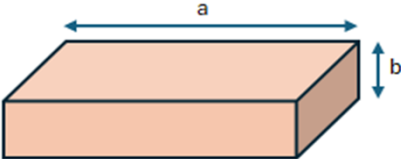
MUESTRA: M-1, M-2, M-3

Fecha de Ensayo : 15/06/2025

TEMPERATURA DE SECADO: 110 °C

TIEMPO DE SECADO: 16 horas

FÓRMULA DE CÁLCULO : $D_h = [(W_m + M_h) - W_m] / (V_m)$

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	DATOS DEL MOLDE		
	ESTADO :	Lado : a (cm)	6
		Altura : b (cm)	2
	TIPO:	Área : Am (cm2)	36
		Volumen : Vm (cm3)	72

DENSIDAD HÚMEDA			
TARA N°	M-1	M-2	M-3
Masa del Muestreador, Wm (gr)	138.70	139.70	138.70
Muestreador + M húmeda, Wm + Mh (gr)	263.00	262.00	260.50
Masa Muestra húmeda, Mh (gr)	124.30	122.30	121.80
Densidad Húmeda, Dh (gr/cm3)	1.73	1.70	1.69

DENSIDAD HÚMEDA		
DENSIDAD HUMEDA - PROMEDIO (Dh)	1.71	(gr/cm3)

TABLA 42: LÍMITES DE ATTERBERG (KM 88+050)

NORMAS: ASTM D4318 AASHTO T 90

CALICATA: C-05

Fecha de Muestreo : 11/06/2025

MUESTRA: M-1, M-2, M-3

Fecha de Ensayo : 15/06/2025

CONDICIONES DEL ENSAYO			
TEMP. DE SECADO:	60 °C	TEMP. DE SECADO:	110 °C
TIPO DE MATERIAL:	Pasa la malla N° 40	TIEMPO DE SECADO:	16 h

MÉTODO DE ENSAYO :

☒ MÉTODO (A)

LÍMITE LÍQUIDO:

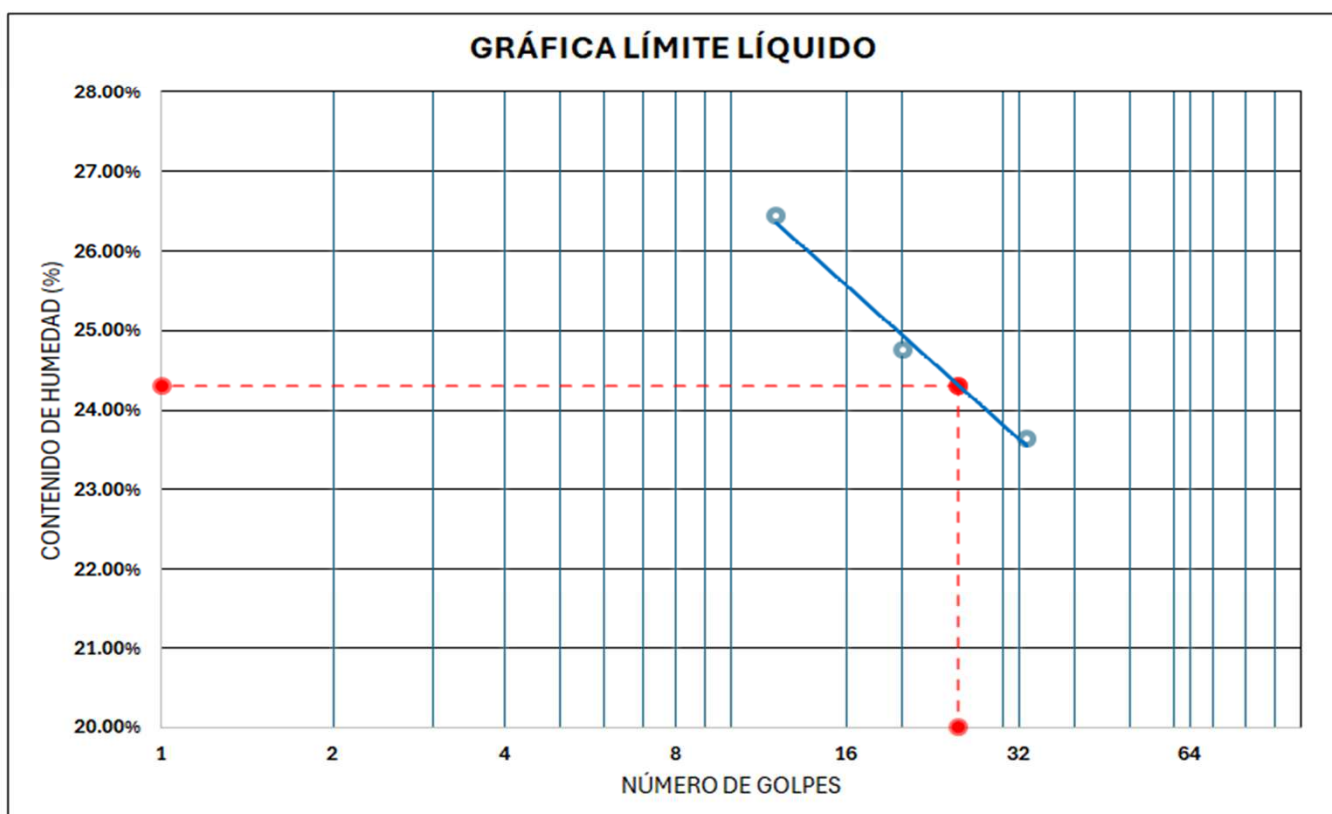
☒ MANUAL

LÍMITE PLÁSTICO:

☒ ENROLLADO A MANO

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara N°	M-1	M-2	M-3
Wt (gr)	26.60	28.40	27.10
Wt + mat (gr)	50.13	52.33	54.77
Ws+ t (gr)	45.21	47.58	49.48
w(agua) (gr)	4.92	4.75	5.29
w(masa seca) (gr)	18.61	19.18	22.38
w(%)	26.44%	24.77%	23.64%
N° de golpes	12	20	33

LÍMITE PLÁSTICO		
Tara N°	M-4	M-5
Wt (gr)	8.75	8.84
Wt + mat (gr)	22.15	21.70
Ws+ t (gr)	19.81	19.58
w(agua) (gr)	2.34	2.12
w(masa seca) (gr)	11.06	10.74
w(%)	21.16%	19.74%
Límite Plástico Promedio	20.45%	



RESULTADOS	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
	24%	20%	4%

TABLA 43: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS (KM 88+050)

NORMAS: ASTM C136 / C136M AASHTO T27 / T27M

CALICATA: C-05

MUESTRA: M-1

Fecha de Muestreo : 11/06/2025

Fecha de Ensayo : 15/06/2025

CONDICIONES DEL ENSAYO	
TEMPERATURA DE SECADO DE LA MUESTRA:	110 °C
CONDICIONES INICIALES DE LA MUESTRA	
PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)	2862.00
PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (g)	2146.00
PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (g)	716.00
CONDICIONES INICIALES FRACCIÓN FINA	
PESO SECO FRACCIÓN FINA (g)	250.00
CORRECCIÓN DE MUESTRA CUARTEADA	0.0400

MÉTODO DE ENSAYO	A	☒
------------------	---	-------------------------------------

TIPO DE TAMIZADO	
TAMIZADO COMPUESTO	☒

ESTADO DE MATERIAL ENSAYADO	
SECADO EN HORNO	☒

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						PROPIEDADES DE LA MUESTRA			
Tamiz		Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa	PORCENTAJE DE GRAVA, ARENAS Y FINOS		LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318 / AASHTO T 89	
N°	Abertura (mm)								
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00	GRAVA (%):	25.02	LÍMITE LÍQUIDO (LL):	24.00%
2 ½"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00	ARENA GRUESA (%):	39.59	LÍMITE PLÁSTICO (LP):	20.00%
2"	50.80	140.25	4.90	4.90	95.10	ARENA FINA (%):	14.93	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP):	4.00%
1 ½"	38.10	123.56	4.32	9.22	90.78	FINOS (%):	20.47	COEFICIENTES	
1"	25.40	82.11	2.87	12.09	87.91	TOTAL (%):	100.00		
¾"	19.05	74.27	2.60	14.68	85.32	DÍAMETROS EFECTIVOS			
½"	12.70	75.23	2.63	17.31	82.69			CLASIFICACIÓN	
3/8"	9.52	71.24	2.49	19.80	80.20			S.U.C.S. :	SM
¼"	6.35	84.00	2.94	22.73	77.27				
N°4	4.75	65.34	2.28	25.02	74.98	OBSERVACIONES:			
N° 10	2.00	35.53	14.21	39.23	60.77				
N° 20	0.85	27.31	10.92	50.15	49.85				
N° 30	0.60	23.35	9.34	59.49	40.51				
N° 40	0.43	12.78	5.11	64.61	35.39				
N° 60	0.25	10.19	4.08	68.68	31.32				
N° 140	0.11	17.45	6.98	75.66	24.34	LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA UTILIZANDO EL METODO S.U.C.S. Y CORRESPONDE A UNA ARENA LIMOSA, COLOR GRIS CLARO, MEZCLADO CON 25.02% DE GRAVA DE TM 2 1/2" DE PARTÍCULAS FINAS MENORES QUE 0.075 MM.			
N° 200	0.08	9.68	3.87	79.53	20.47				
Cazoleta	--	--	--	--	--				
TOTAL		716.00							

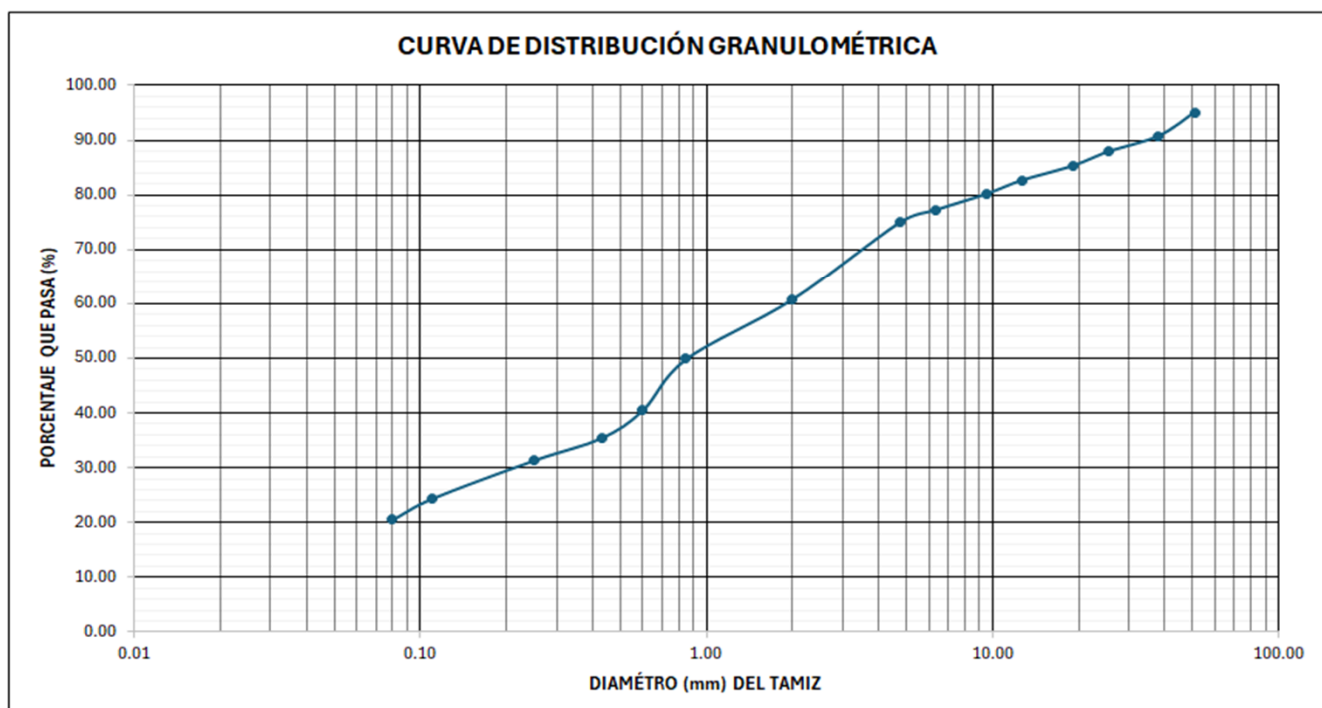


TABLA 44: ENSAYO DE CORTE DIRECTO (KM 88+050)

NORMAS: ASTM D 3080

CALICATA: C-05

MUESTRA: M-1, M-2, M-3

Fecha de Muestreo : 11/06/2025

Fecha de Ensayo : 15/06/2025

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA		DATOS DEL MOLDE				
ESTADO :	INALTERADO	TIPO	Lado(cm)	Altura(cm)	Area(cm2)	Vol(cm3)
		CUADRADO	6	2	36	72

CARGAS	MUESTRAS		
	1	2	3
Pa(marco y placa)(kg)	0.608	0.608	0.608
Pb(percha carga)(kg)	1.000	2.000	4.000
Pv (kg)	1.608	2.608	4.608
Esf. Normal(σ)(Kg/cm2)	0.045	0.072	0.128
Esf. Nor.Incr.(σ)(Kg/cm2)	0.295	0.572	1.128

Datos de Prueba	
Velocidad de carga (mm / min)	0.5
Const. Anillo (Kg / N° Div)	0.446379

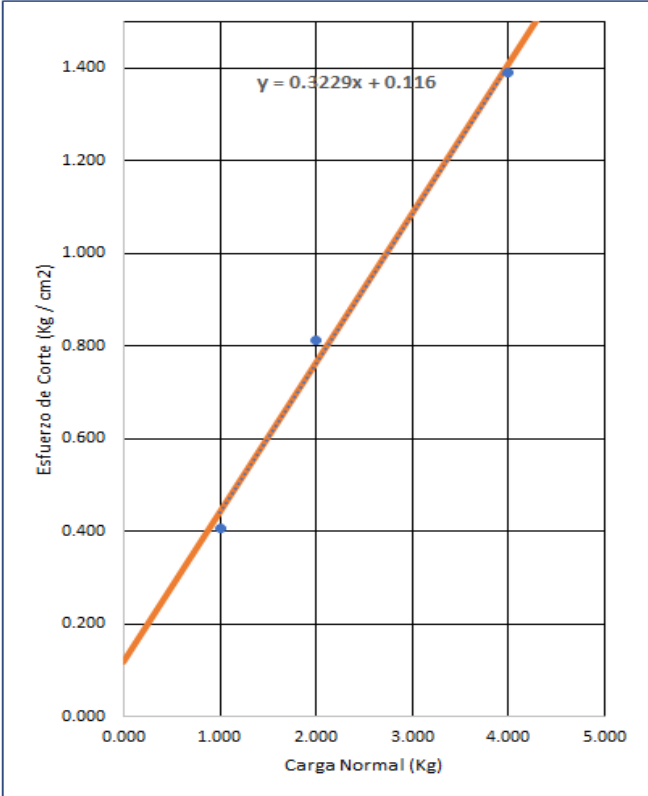
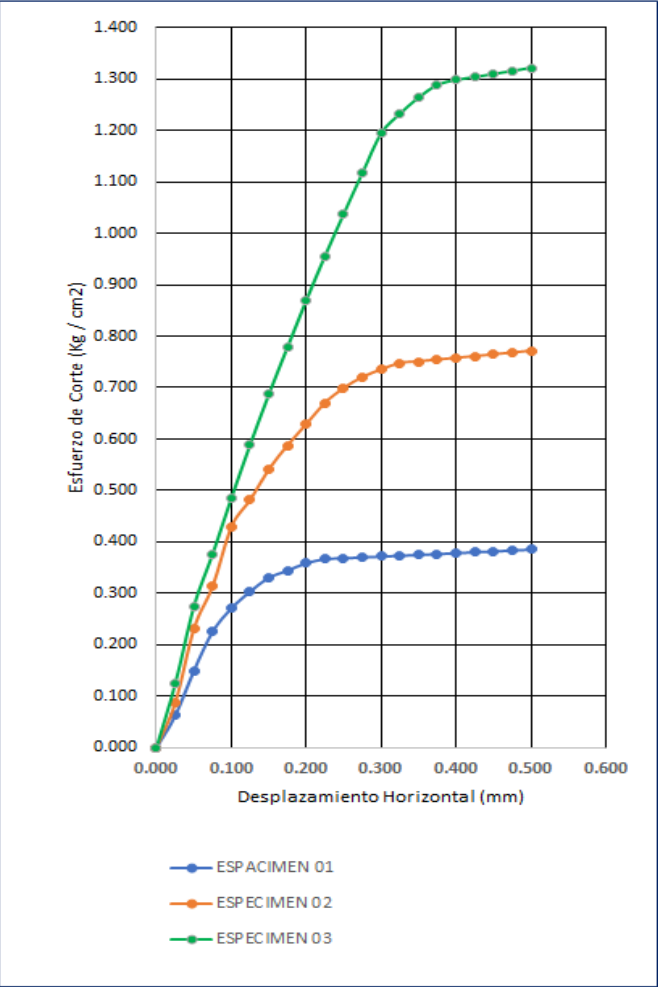
ETAPA DE APLICACIÓN DE CARGA											
Tiempo min	Dezp hor cm	A Coreg cm2	Def Carg N° Div	Fza Cort Kg	Esf. Cort Kg/cm2	Def Carg N° Div	Fza Cort Kg	Esf. Cort Kg/cm2	Def Carg N° Div	Fza Cort Kg	Esf. Cort Kg/cm2
			1			2			4		
0.00	0.000	36.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
0.50	0.025	35.85	5.00	2.232	0.062	7.00	3.125	0.087	10.00	4.464	0.125
1.00	0.050	35.70	12.00	5.357	0.150	18.50	8.258	0.231	22.00	9.820	0.275
1.50	0.075	35.55	18.00	8.035	0.226	25.00	11.159	0.314	30.00	13.391	0.377
2.00	0.100	35.40	21.50	9.597	0.271	34.00	15.177	0.429	38.50	17.186	0.485
2.50	0.125	35.25	24.00	10.713	0.304	38.00	16.962	0.481	46.50	20.757	0.589
3.00	0.150	35.10	26.00	11.606	0.331	42.50	18.971	0.540	54.00	24.104	0.687
3.50	0.175	34.95	27.00	12.052	0.345	46.00	20.533	0.588	61.00	27.229	0.779
4.00	0.200	34.80	28.00	12.499	0.359	49.00	21.873	0.629	67.80	30.264	0.870
4.50	0.225	34.65	28.50	12.722	0.367	52.00	23.212	0.670	74.20	33.121	0.956
5.00	0.250	34.50	28.50	12.722	0.369	54.00	24.104	0.699	80.20	35.800	1.038
5.50	0.275	34.35	28.50	12.722	0.370	55.40	24.729	0.720	86.00	38.389	1.118
6.00	0.300	34.20	28.50	12.722	0.372	56.30	25.131	0.735	91.50	40.844	1.194
6.50	0.325	34.05	28.50	12.722	0.374	57.00	25.444	0.747	94.00	41.960	1.232
7.00	0.350	33.90	28.50	12.722	0.375	57.00	25.444	0.751	96.00	42.852	1.264
7.50	0.375	33.75	28.50	12.722	0.377	57.00	25.444	0.754	97.40	43.477	1.288
8.00	0.400	33.60	28.50	12.722	0.379	57.00	25.444	0.757	97.70	43.611	1.298
8.50	0.425	33.45	28.50	12.722	0.380	57.00	25.444	0.761	97.70	43.611	1.304
9.00	0.450	33.30	28.50	12.722	0.382	57.00	25.444	0.764	97.70	43.611	1.310
9.50	0.475	33.15	28.50	12.722	0.384	57.00	25.444	0.768	97.70	43.611	1.316
10.00	0.500	33.00	28.50	12.722	0.386	57.00	25.444	0.771	97.70	43.611	1.322
10.50	0.525	32.85	28.50	12.722	0.387	57.00	25.444	0.775	97.70	43.611	1.328
11.00	0.550	32.70	28.50	12.722	0.389	57.00	25.444	0.778	97.70	43.611	1.334
11.50	0.575	32.55	28.50	12.722	0.391	57.00	25.444	0.782	97.70	43.611	1.340
12.00	0.600	32.40	28.50	12.722	0.393	57.00	25.444	0.785	97.70	43.611	1.346
12.50	0.625	32.25	28.50	12.722	0.394	57.00	25.444	0.789	97.70	43.611	1.352
13.00	0.650	32.10	28.50	12.722	0.396	57.00	25.444	0.793	97.70	43.611	1.359
13.50	0.675	31.95	28.50	12.722	0.398	57.00	25.444	0.796	97.70	43.611	1.365
14.00	0.700	31.80	28.50	12.722	0.400	57.00	25.444	0.800	97.70	43.611	1.371
14.50	0.725	31.65	28.50	12.722	0.402	57.00	25.444	0.804	97.70	43.611	1.378
15.00	0.750	31.50	28.50	12.722	0.404	57.00	25.444	0.808	97.70	43.611	1.384
15.50	0.775	31.35	28.50	12.722	0.406	57.00	25.444	0.812	97.70	43.611	1.391

TABLA 45: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS (KM 88+050)

NORMAS: ASTM C136 / C136M AASHTO T27 / T27M
CALICATA: C-05
MUESTRA: M-1. M-2, M-3

Fecha de Muestreo : 11/06/2025
Fecha de Ensayo : 15/06/2025

APLICACIÓN DEL ESFUERZO CORTANTE	ENVOLVENTES DE RESISTENCIA
----------------------------------	----------------------------



ESPECIMEN	CARGA	ESFUERZO DE
	NORMAL (kg)	CORTE (kg/cm2)
1	1.000	0.406
2	2.000	0.812
3	4.000	1.391

PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE		
COHESIÓN (C) =	0.1160	kg/cm2
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (φ)=	17.90	°

TABLA 46: PERFIL ESTRATIGRÁFICO (KM 88+050)

**ANEXO VI: ENSAYOS DE
LABORATORIO – CALICATA 6
KM 88+500**

TABLA 47: CONTENIDO DE HUMEDAD (KM 88+500)

NORMAS: ASTM D2216 AASHTO T265

CALICATA: C-06

Fecha de Muestreo : 11/06/2025

MUESTRA: M-1. M-2, M-3

Fecha de Ensayo : 15/06/2025

MÉTODO DE ENSAYO : ☒ MÉTODO (A)

EQUIPO UTILIZADO : ☒ HORNO (D2216)

TEMPERATURA DE SECADO: 110 °C

TIEMPO DE SECADO: 16 horas

FÓRMULA DE CÁLCULO : $w = [(M_{swt} - M_{sst}) / (M_{sst} - M_t)] \times 100$

CONTENIDO DE HUMEDAD			
TARA N°	M-1	M-2	M-3
Masa de Tara, Mt (gr)	27.60	26.40	28.70
Masa Suelo Húmedo + Tara, Mswt (gr)	133.50	126.20	135.10
Masa Suelo Seco + Tara ; Msst (gr)	119.10	112.80	120.90
Masa Suelo Seco ; Mss (gr)	91.50	86.40	92.20
Masa de agua ; (gr)	14.40	13.40	14.20
Contenido de Humedad (W %)	15.74	15.51	15.40

CONTENIDO DE HUMEDAD	
CONTENIDO DE HUMEDAD - PROMEDIO (W%)	15.55 %

TABLA 48: DENSIDAD HÚMEDA (KM 88+500)

NORMAS: ASTM D698 AASHTO T180

CALICATA: C-06

Fecha de Muestreo : 11/06/2025

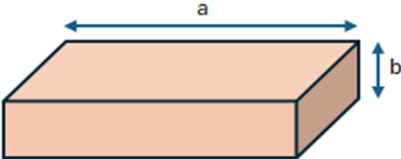
MUESTRA: M-1, M-2, M-3

Fecha de Ensayo : 15/06/2025

TEMPERATURA DE SECADO: 110 °C

TIEMPO DE SECADO: 16 horas

FÓRMULA DE CÁLCULO : $D_h = [(W_m + M_h) - W_m] / (V_m)$

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	DATOS DEL MOLDE		
	ESTADO :	Lado : a (cm)	6
		Altura : b (cm)	2
	TIPO:	Área : Am (cm2)	36
		Volumen : Vm (cm3)	72

DENSIDAD HÚMEDA			
TARA N°	M-1	M-2	M-3
Masa del Muestreador, Wm (gr)	138.70	139.70	138.70
Muestreador + M húmeda, Wm + Mh (gr)	254.60	255.00	253.00
Masa Muestra húmeda, Mh (gr)	115.90	115.30	114.30
Densidad Húmeda, Dh (gr/cm3)	1.61	1.60	1.59

DENSIDAD HÚMEDA		
DENSIDAD HUMEDA - PROMEDIO (Dh)	1.60	(gr/cm3)

TABLA 49: LÍMITES DE ATTERBERG (KM 88+500)

NORMAS: ASTM D4318 AASHTO T 90

CALICATA: C-06

Fecha de Muestreo : 11/06/2025

MUESTRA: M-1, M-2, M-3

Fecha de Ensayo : 15/06/2025

CONDICIONES DEL ENSAYO			
TEMP. DE SECADO:	60 °C	TEMP. DE SECADO:	110 °C
TIPO DE MATERIAL:	Pasa la malla N° 40	TIEMPO DE SECADO:	16 h

MÉTODO DE ENSAYO :

☒ MÉTODO (A)

LÍMITE LÍQUIDO:

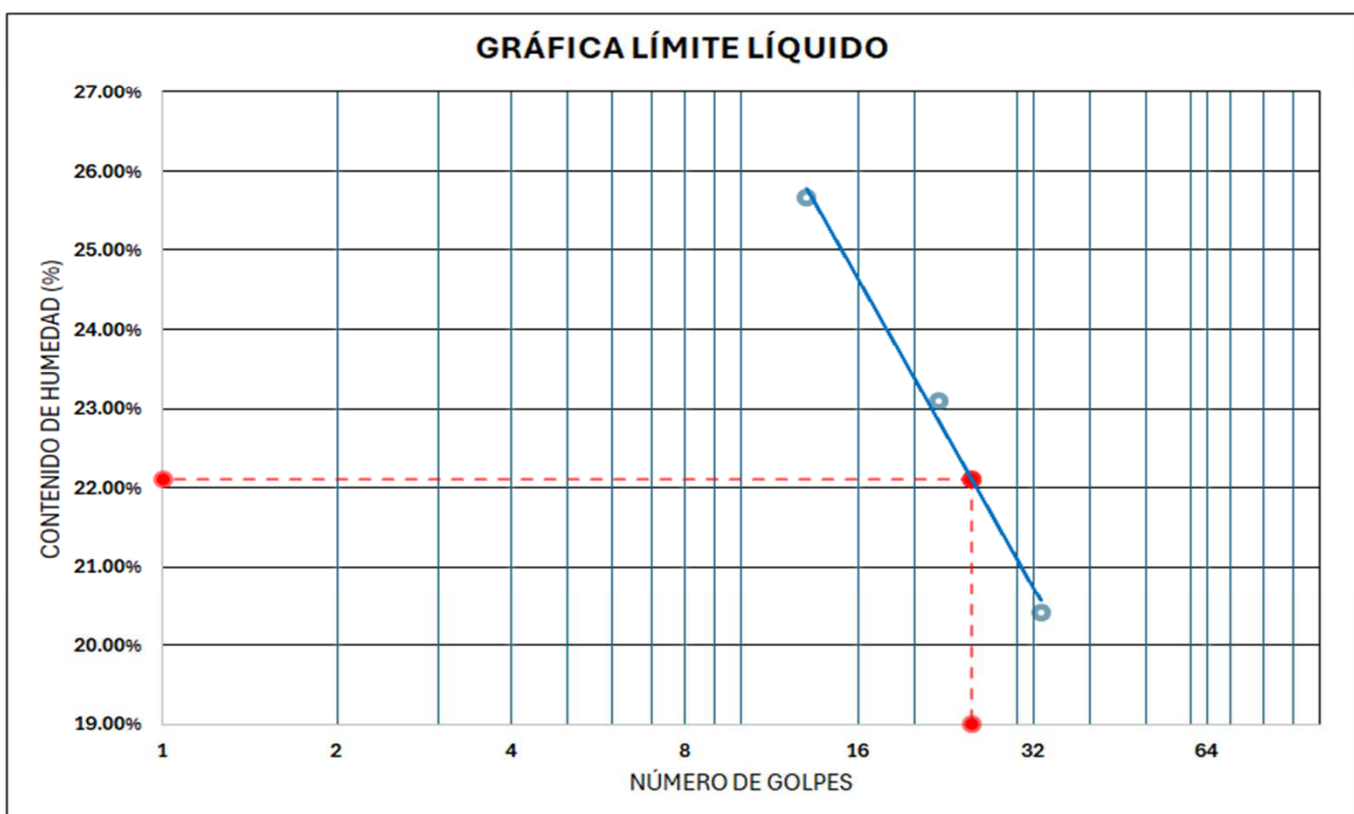
☒ MANUAL

LÍMITE PLÁSTICO:

☒ ENROLLADO A MANO

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara N°	M-1	M-2	M-3
Wt (gr)	28.1	28.4	27.98
Wt + mat (gr)	46.27	48.17	49.87
Ws+ t (gr)	42.56	44.46	46.16
w(agua) (gr)	3.71	3.71	3.71
w(masa seca) (gr)	14.46	16.06	18.18
w(%)	25.66%	23.10%	20.41%
N° de golpes	13	22	33

LÍMITE PLÁSTICO		
Tara N°	M-4	M-5
Wt (gr)	9.66	9.52
Wt + mat (gr)	22.59	21.63
Ws+ t (gr)	20.56	19.71
w(agua) (gr)	2.03	1.92
w(masa seca) (gr)	10.9	10.19
w(%)	18.62%	18.84%
Límite Plástico Promedio	18.73%	



RESULTADOS	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
	22%	19%	3%

TABLA 50: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS (KM 88+500)

NORMAS: ASTM C136 / C136M AASHTO T27 / T27M
CALICATA: C-06
MUESTRA: M-1

Fecha de Muestreo : 11/06/2025
Fecha de Ensayo : 15/06/2025

CONDICIONES DEL ENSAYO	
TEMPERATURA DE SECADO DE LA MUESTRA:	110 °C
CONDICIONES INICIALES DE LA MUESTRA	
PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)	2587.00
PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (g)	2587.00
PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (g)	0.00
CONDICIONES INICIALES FRACCIÓN FINA	
PESO SECO FRACCIÓN FINA (g)	250.00
CORRECCIÓN DE MUESTRA CUARTEADA	0.4000

MÉTODO DE ENSAYO	A	☒
------------------	---	-------------------------------------

TIPO DE TAMIZADO	
TAMIZADO COMPUESTO	☒

ESTADO DE MATERIAL ENSAYADO	
SECADO EN HORNO	☒

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						PROPIEDADES DE LA MUESTRA			
Tamiz		Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa	PORCENTAJE DE GRAVA, ARENAS Y FINOS		LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318 / AASHTO T 89	
Nº	Abertura (mm)								
						GRAVA (%):	0.00	LÍMITE LÍQUIDO (LL):	22.00%
						ARENA GRUESA (%):	27.06	LÍMITE PLÁSTICO (LP):	19.00%
						ARENA FINA (%):	7.22	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP):	3.00%
						FINOS (%):	65.72	COEFICIENTES	
						TOTAL (%):	100.00		
						DÍAMETROS EFECTIVOS			
								CLASIFICACIÓN	
								S.U.C.S. :	ML
						OBSERVACIONES:			
Nº 10	2.00	29.83	11.93	11.93	88.07	LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA UTILIZANDO EL METODO S.U.C.S. Y CORRESPONDE A UN LIMO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR GRIS AMARILLENTO, MEZCLADO CON 34.28% DE ARENA GRUESA A FINA Y EXENTA DE GRAVA.			
Nº 20	0.85	15.21	6.08	18.02	81.98				
Nº 30	0.60	13.25	5.30	23.32	76.68				
Nº 40	0.43	9.35	3.74	27.06	72.94				
Nº 60	0.25	7.27	2.91	29.96	70.04				
Nº 140	0.11	4.93	1.97	31.94	68.06				
Nº 200	0.08	5.86	2.34	34.28	65.72				
Cazoleta	--	--	--	--	--				
TOTAL									

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA

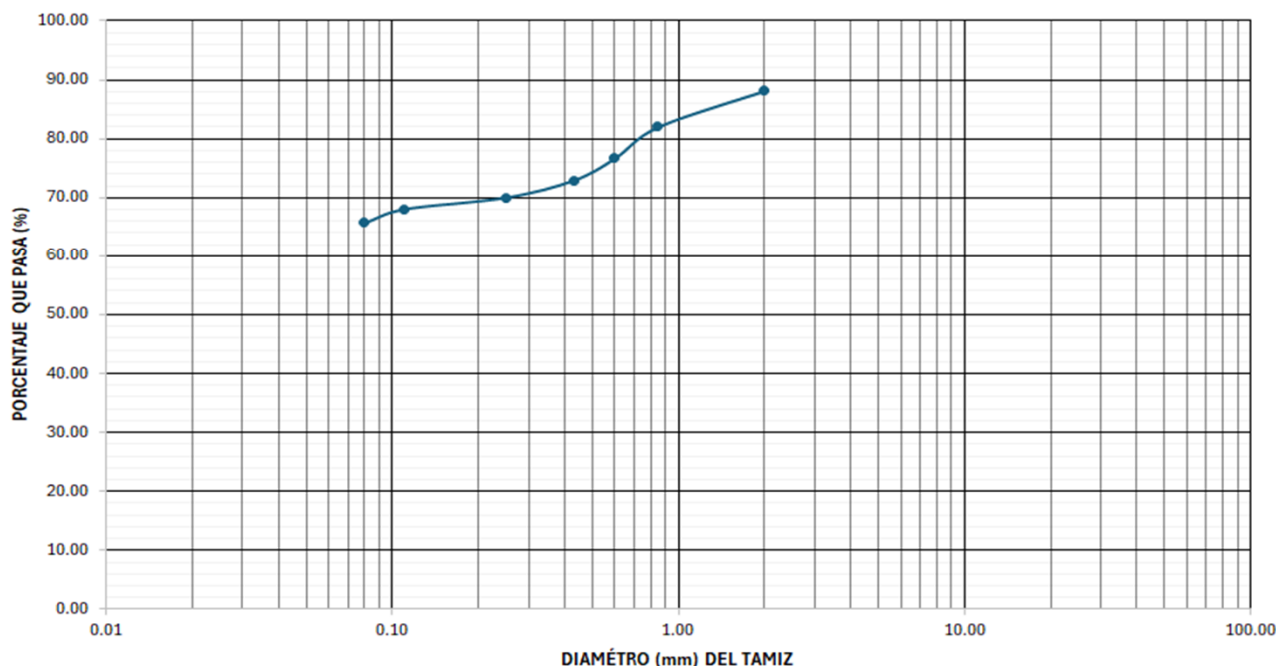


TABLA 51: ENSAYO DE CORTE DIRECTO (KM 88+500)

NORMAS: ASTM D 3080

CALICATA: C-06

MUESTRA: M-1, M-2, M-3

Fecha de Muestreo : 11/06/2025

Fecha de Ensayo : 15/06/2025

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA		DATOS DEL MOLDE				
ESTADO :	INALTERADO	TIPO	Lado(cm)	Altura(cm)	Area(cm2)	Vol(cm3)
		CUADRADO	6	2	36	72

CARGAS	MUESTRAS		
	1	2	3
Pa(marco y placa)(kg)	0.608	0.608	0.608
Pb(percha carga)(kg)	1.000	2.000	4.000
Pv (kg)	1.608	2.608	4.608
Esf. Normal(σ)(Kg/cm2)	0.045	0.072	0.128
Esf. Nor.Incr.(σ)(Kg/cm2)	0.295	0.572	1.128

Datos de Prueba	
Velocidad de carga (mm / min)	0.5
Const. Anillo (Kg / N° Div)	0.446379

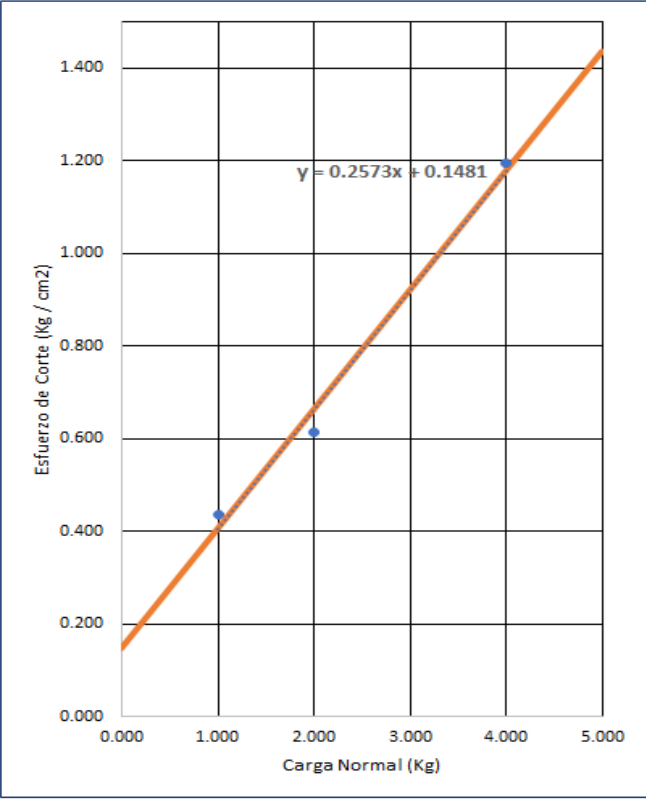
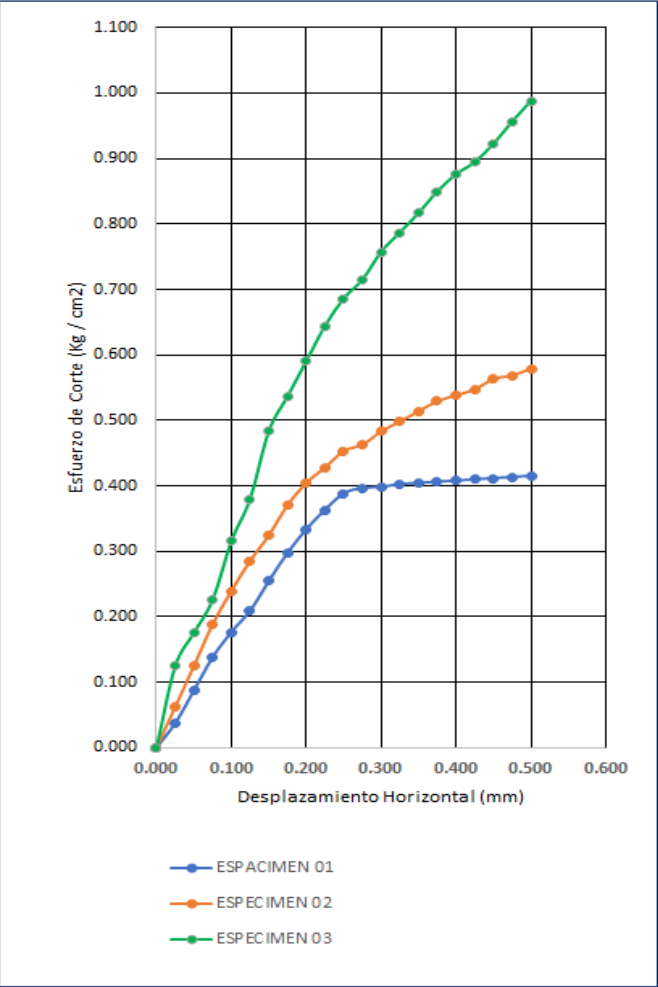
ETAPA DE APLICACIÓN DE CARGA											
Tiempo min	Dezp hor cm	A Coreg cm2	Def Carg N° Div	Fza Cort Kg	Esf. Cort Kg/cm2	Def Carg N° Div	Fza Cort Kg	Esf. Cort Kg/cm2	Def Carg N° Div	Fza Cort Kg	Esf. Cort Kg/cm2
			1			2			4		
0.00	0.000	36.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
0.50	0.025	35.85	3.00	1.339	0.037	5.00	2.232	0.062	10.00	4.464	0.125
1.00	0.050	35.70	7.00	3.125	0.088	10.00	4.464	0.125	14.00	6.249	0.175
1.50	0.075	35.55	11.00	4.910	0.138	15.00	6.696	0.188	18.00	8.035	0.226
2.00	0.100	35.40	14.00	6.249	0.177	19.00	8.481	0.240	25.00	11.159	0.315
2.50	0.125	35.25	16.50	7.365	0.209	22.50	10.044	0.285	30.00	13.391	0.380
3.00	0.150	35.10	20.00	8.928	0.254	25.50	11.383	0.324	38.00	16.962	0.483
3.50	0.175	34.95	23.30	10.401	0.298	29.00	12.945	0.370	42.00	18.748	0.536
4.00	0.200	34.80	26.00	11.606	0.334	31.50	14.061	0.404	46.00	20.533	0.590
4.50	0.225	34.65	28.20	12.588	0.363	33.20	14.820	0.428	50.00	22.319	0.644
5.00	0.250	34.50	30.00	13.391	0.388	35.00	15.623	0.453	53.00	23.658	0.686
5.50	0.275	34.35	30.50	13.615	0.396	35.60	15.891	0.463	55.00	24.551	0.715
6.00	0.300	34.20	30.50	13.615	0.398	37.00	16.516	0.483	58.00	25.890	0.757
6.50	0.325	34.05	30.70	13.704	0.402	38.00	16.962	0.498	60.00	26.783	0.787
7.00	0.350	33.90	30.70	13.704	0.404	39.00	17.409	0.514	62.00	27.675	0.816
7.50	0.375	33.75	30.70	13.704	0.406	40.00	17.855	0.529	64.20	28.658	0.849
8.00	0.400	33.60	30.70	13.704	0.408	40.50	18.078	0.538	65.90	29.416	0.875
8.50	0.425	33.45	30.70	13.704	0.410	41.00	18.302	0.547	67.00	29.907	0.894
9.00	0.450	33.30	30.70	13.704	0.412	42.00	18.748	0.563	68.80	30.711	0.922
9.50	0.475	33.15	30.70	13.704	0.413	42.20	18.837	0.568	71.00	31.693	0.956
10.00	0.500	33.00	30.70	13.704	0.415	42.80	19.105	0.579	73.00	32.586	0.987
10.50	0.525	32.85	30.70	13.704	0.417	43.00	19.194	0.584	74.50	33.255	1.012
11.00	0.550	32.70	30.70	13.704	0.419	43.20	19.284	0.590	76.00	33.925	1.037
11.50	0.575	32.55	30.70	13.704	0.421	43.20	19.284	0.592	77.50	34.594	1.063
12.00	0.600	32.40	30.70	13.704	0.423	43.20	19.284	0.595	79.00	35.264	1.088
12.50	0.625	32.25	30.70	13.704	0.425	43.20	19.284	0.598	80.00	35.710	1.107
13.00	0.650	32.10	30.70	13.704	0.427	43.20	19.284	0.601	81.00	36.157	1.126
13.50	0.675	31.95	30.70	13.704	0.429	43.20	19.284	0.604	82.00	36.603	1.146
14.00	0.700	31.80	30.70	13.704	0.431	43.20	19.284	0.606	82.80	36.960	1.162
14.50	0.725	31.65	30.70	13.704	0.433	43.20	19.284	0.609	83.50	37.273	1.178
15.00	0.750	31.50	30.70	13.704	0.435	43.20	19.284	0.612	83.80	37.407	1.188
15.50	0.775	31.35	30.70	13.704	0.437	43.20	19.284	0.615	83.80	37.407	1.193

TABLA 52: ENSAYO DE CORTE DIRECTO (KM 88+500)

NORMAS: ASTM D 3080
CALICATA: C-06
MUESTRA: M-1, M-2, M-3

Fecha de Muestreo : 11/06/2025
Fecha de Ensayo : 15/06/2025

APLICACIÓN DEL ESFUERZO CORTANTE	ENVOLVENTES DE RESISTENCIA
----------------------------------	----------------------------



ESPECIME N	CARGA	ESFUERZO DE
	NORMAL (kg)	CORTE (kg/cm2)
1	1.000	0.437
2	2.000	0.615
3	4.000	1.193

PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE		
COHESIÓN (C) =	0.1481	kg/cm2
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (φ)=	14.43	°

TABLA 53: PERFIL ESTRATIGRÁFICO (KM 88+500)																	
CALICATA:				C-06				Fecha de Muestreo :				11/06/2025					
MUESTRA:				M-1. M-2, M-3				Fecha de Ensayo :				15/06/2025					
Profundidad (m)			Muestra	DESCRIPCIÓN	Clasificación								Contenido de humedad	Límites de Consistencia			
					Símbolo	Símbolo Gráfico								LL (%)	IP (%)		
0.50	0.1		S/M	MATERIA ORGÁNICA CON PRESENCIA DE RAICILLAS	-									-	-	-	
		0.2															
	0.3																
		0.4															
	0.5																
1.50		0.6	M - 1	LIMO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR GRIS AMARILLENTO, MEZCLADO CON 34.28% DE ARENA GRUESA A FINA Y EXENTA DE GRAVA.	ML									15.55%	22.00%	3.00%	
	0.7																
		0.8															
	0.9																
		1															
	1.1																
		1.2															
	1.3																
		1.4															
	1.5																

**ANEXO VII: CERTIFICADO DE ASISTENCIA
A LABORATORIO UNC**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Norte de la Universidad Peruana

Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERIA

Telefax N° 0051-76-36-5976

Anexo N° 129-130 / 147

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

Certif. N° 006 – 2025

**EL QUE SUSCRIBE JEFE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

CERTIFICA

Que el Bach. Ing. Civil **JORGE LUIS CASTRO MERCADO**, ex alumno de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, según consta en el cuaderno de asistencia del Laboratorio de Mecánica de Suelos, ha registrado su asistencia a dicho Laboratorio para la elaboración de la tesis profesional: "ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA CARRETERA CAJAMARCA – CELENDIN KM 84 + 00 AL KM 89 + 00", en el siguiente periodo:

El 03 al 16 de junio del 2025

El Laboratorio no se responsabiliza por la ejecución y los resultados de los ensayos realizados.

Se expide el presente a solicitud verbal del interesado para los fines que estime por conveniente,

Cajamarca, 08 de setiembre del 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos
ING. MARCO W. HOYOS SAUCEDO
Reg. CIP 28931