

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**TESIS**

**COMPORTAMIENTO GEOLÓGICO - GEOMECÁNICO DE TALUDES Y  
LADERAS EN LOS CASERÍOS DE LAS CHAMANAS Y MONTESORCO,  
SAN MARCOS CAJAMARCA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**Ingeniero Geólogo**

**Autor:**

Bach. León Muñoz Jackeline Evelin

**Asesor:**

M.Cs. Ing. Gonzales Yana Roberto Severino

**CAJAMARCA – PERÚ**

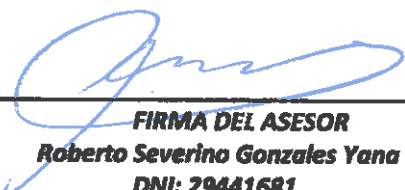

**2024**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

### - FACULTAD DE INGENIERÍA -

- Investigador:** Jackeline Evelin León Muñoz  
**DNI:** 70584651  
**Escuela Profesional:** Ingeniería Geológica
- Asesor:** M.Cs. Ing. Roberto Severino Gonzales Yana  
**Facultad:** Ingeniería
- Grado académico o título profesional**  
 Bachiller     Título profesional     Segunda especialidad  
 Maestro     Doctor
- Tipo de Investigación:**  
 Tesis     Trabajo de investigación     Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:** COMPORTAMIENTO GEOLÓGICO - GEOMECÁNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LOS CASERÍOS DE LAS CHAMANAS Y MONTESORCO, SAN MARCOS CAJAMARCA
- Fecha de evaluación:** 19 de marzo del 2024
- Software antiplagio:**     TURNITIN     URKUND (ORIGINAL) (\*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 19%
- Código Documento:** oid:3117:340778289
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**  
 APROBADO     PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 19/03/2024

 <hr/> <p><b>FIRMA DEL ASESOR</b> <b>Roberto Severino Gonzales Yana</b> <b>DNI: 29441681</b></p>	 <p>Firmado digitalmente por: FERNANDEZ LEON Yvonne Katherine FAU 20148268801 soft Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 20/03/2024 10:00:24-0500</p> <hr/> <p><b>UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI</b></p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios por darme siempre la oportunidad de continuar mi camino y estar a mi lado en todo momento.*

*A mi alma mater, Universidad Nacional de Cajamarca, a la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica y a todos los docentes que, con sus enseñanzas y guía, han contribuido con la base de mi formación académica.*

*A mi asesor de tesis M.Cs. Ing. Roberto Gonzales Yana por su apoyo incondicional y constante orientación, el cual ha direccionado mi investigación.*

*A todos mis maestros en especial al Dr. Ing. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado, Dr. Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani, Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique, M.Cs. Víctor Ausberto Arapa Vilca.*

*Evelin León.*

## **DEDICATORIA**

*A mis padres, por todo su apoyo incondicional, dedicación y constantes consejos, que a través del tiempo me han impulsado a seguir adelante y a realizarme como profesional.*

*A mi padre Teófilo, por su interés y constante apoyo.*

*A mi madre María, por su entrega, cariño y ejemplo de superación, por sus consejos y amplia sabiduría.*

*A Akim, por ser motor y motivo en todo momento.*

*Todo mi amor, respeto y agradecimiento eterno.*

*Evelin León.*

## CONTENIDO

	Pág.
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE FOTOS.....</b>	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS .....</b>	<b>xiii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xvi</b>

### CAPÍTULO I.

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
---------------------------	----------

### CAPÍTULO II.

#### MARCO TEÓRICO

<b>2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS .....</b>	<b>3</b>
2.1.1. Antecedentes Internacionales .....	3
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	3
2.1.3. Antecedentes Locales.....	4
<b>2.2. BASES TEÓRICAS .....</b>	<b>5</b>
2.2.1. Taludes y laderas.....	5
2.2.2. Suelos .....	6
2.2.2.1. <i>Tipos de suelos</i> .....	6
2.2.2.2. <i>Clasificación de suelos</i> .....	7
2.2.2.3. <i>Tensiones efectivas</i> .....	9
2.2.3. Criterios de rotura de Mohr-Coulomb.....	9
2.2.4. Precipitación.....	12
2.2.4.1. <i>Transposición de Datos de Precipitaciones</i> .....	12
2.2.5. Infiltración.....	13
2.2.6. Sismicidad.....	13
2.2.7. Estabilidad de taludes.....	14
2.2.7.1. <i>Análisis de estabilidad</i> .....	15
2.2.7.2. <i>Análisis Pseudoestático</i> .....	18
2.2.8. Movimientos en masa .....	19

	Pág.
2.2.8.1. <i>Caídas</i> .....	19
2.2.8.2. <i>Inclinación o volteo</i> .....	20
2.2.8.3. <i>Deslizamientos</i> .....	20
2.2.8.4. <i>Flujo</i> .....	22
2.2.8.5. <i>Reptación</i> .....	22
<b>2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS</b> .....	<b>23</b>

### CAPÍTULO III.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1. UBICACIÓN POLÍTICA Y GEOGRÁFICA</b> .....	<b>24</b>
<b>3.2. ACCESIBILIDAD</b> .....	<b>24</b>
<b>3.3. CLIMA</b> .....	<b>25</b>
3.3.1. Precipitaciones .....	25
<b>3.4. METODOLOGÍA</b> .....	<b>25</b>
3.4.1. Tipo y diseño de la investigación .....	25
3.4.2. Población de estudio .....	25
3.4.3. Muestra.....	25
3.4.4. Unidad de análisis .....	26
3.4.5. Identificación de variables .....	26
3.4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	26
3.4.7. Instrumentos y equipos .....	26
3.4.8. Procedimiento y técnicas de recolección de datos .....	27
<b>3.5. GEOMORFOLOGÍA</b> .....	<b>29</b>
3.5.1. Unidades Morfogenéticas.....	29
3.5.1.1. <i>Planicies</i> .....	29
3.5.1.2. <i>Lomada o colinas</i> .....	30
3.5.1.3. <i>Laderas</i> .....	31
3.5.1.4. <i>Escarpes</i> .....	31
3.5.2. Unidades Geomorfológicas .....	32
3.5.2.1. <i>Colinas y lomadas en roca sedimentaria</i> .....	32
3.5.2.2. <i>Terrazas aluviales</i> .....	33
3.5.2.3. <i>Pie de monte coluvio deluvial</i> .....	33
3.5.2.4. <i>Valle fluvial</i> .....	34
3.5.2.5. <i>Cárcavas</i> .....	35

	Pág.
<b>3.6. GEOLOGÍA REGIONAL.....</b>	<b>35</b>
<b>3.7. GEOLOGÍA LOCAL .....</b>	<b>36</b>
3.7.1. Unidades Litoestratigráficas.....	36
3.7.1.1. <i>Formación Cajabamba (Nm-cjb)</i> .....	36
3.7.1.2. <i>Formación Condebamba (N-con)</i> .....	38
3.7.1.3. <i>Depósitos cuaternarios</i> .....	39
3.7.2. Geología Estructural.....	40
3.7.2.1. <i>Fallas</i> .....	40
3.7.2.2. <i>Plegamientos</i> .....	41
<b>3.8. HIDROLOGÍA.....</b>	<b>42</b>
3.8.1. Transposición de Datos de Precipitación de la Estación Metereológica San Marcos a la microcuenca Cascasén.....	42
3.8.2. Ecurrimiento e Infiltración .....	44
<b>3.9. HIDROGEOLOGÍA .....</b>	<b>50</b>
<b>3.10. COMPORTAMIENTO GEOMECÁNICO .....</b>	<b>50</b>
3.10.1. Propiedades Geomecánicas .....	51
<b>3.11. ESTABILIDAD DE TALUDES Y LADERAS .....</b>	<b>56</b>
3.11.1. Estación 01 .....	58
3.11.2. Estación 02 .....	61
3.11.3. Estación 03 .....	65
3.11.4. Estación 04 .....	69
3.11.5. Estación 05 .....	72
3.11.6. Estación 06.....	77
3.11.7. Perfil A-A' .....	81
3.11.8. Perfil B-B' .....	83
<b>3.12. PELIGROS GEOLÓGICOS.....</b>	<b>86</b>

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

<b>4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>92</b>
4.1.1. Mecanismos asociados a la inestabilidad del talud .....	92
4.1.1.1. <i>Factores condicionantes</i> .....	92
4.1.2. Factor de seguridad .....	95

<b>4.2.</b>	<b>CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....</b>	<b>98</b>
-------------	-------------------------------------------	-----------

## CAPÍTULO V.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

<b>5.1.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>99</b>
<b>5.2.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>100</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>101</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>103</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.	Nomenclatura de taludes y laderas. .... 5
Figura 2.	Círculo de Mohr Coulomb..... 10
Figura 3.	Criterio de rotura en suelos..... 11
Figura 4.	Zonificación sísmica del Perú..... 14
Figura 5.	Ejemplo de modelización de estabilidad de taludes en el software Slide..... 18
Figura 6 .	Tipos de Movimientos en masa según el Grupo de Estándares para los Movimientos en Masa, 2007..... 19
Figura 7.	Desplazamiento de rotación en una ladera ..... 21
Figura 8.	Reptación..... 22
Figura 9.	Arcillitas blanquecinas en intercalación con arcillitas blanquecinas, arenas limosa y conglomerado fino. 817048-E, 9189075-N..... 38
Figura 10.	Curvas de Precipitación durante los años 2017 - 2021..... 47
Figura 11.	Curvas de Precipitación durante los años 2021- 2023..... 48
Figura 12.	Cálculo de coeficientes sísmicos con Load Cap..... 57
Figura 13.	Análisis de estabilidad en Condiciones Naturales Estación 01 ..... 59
Figura 14.	Análisis de estabilidad en Condiciones Pseudoestáticas Estación 01..... 60



	Pág.
Figura 15.	Análisis de estabilidad en Condiciones Saturadas Estación 01 ..... 60
Figura 16.	Análisis de estabilidad en Condiciones Saturadas - Pseudoestáticas de la Estación 01 ..... 61
Figura 17.	Estación 02 ..... 62
Figura 18.	Análisis de estabilidad en Condiciones Naturales Estación 02 ..... 63
Figura 19.	Análisis de estabilidad en Condiciones Pseudoestáticas Estación 02..... 63
Figura 20.	Análisis de estabilidad en Saturación Parcial Estación 02 ..... 64
Figura 21.	Análisis de estabilidad en Condiciones Saturadas- Pseudoestáticas Estación 02... 64
Figura 22.	Geometría del Talud 03 ..... 66
Figura 23.	Análisis de estabilidad en condiciones naturales Estación 03 ..... 67
Figura 24.	Análisis de estabilidad en Condiciones Pseudoestáticas Estación 03..... 67
Figura 25.	Análisis de estabilidad en Saturación Parcial Estación 03 ..... 68
Figura 26.	Análisis de estabilidad en Condiciones Saturadas- Pseudoestáticas Estación 03... 68
Figura 27.	Análisis de estabilidad en condiciones naturales Estación 04 ..... 70
Figura 28.	Análisis de estabilidad en Condiciones Pseudoestáticas Estación 04..... 71
Figura 29.	Análisis de estabilidad en Saturación Parcial Estación 04 ..... 71
Figura 30.	Análisis de estabilidad en Condiciones Saturación Parcial - Pseudoestáticas de la Estación 04 ..... 72
Figura 31.	Geometría del talud 05 ..... 74
Figura 32.	Análisis de estabilidad en condiciones naturales Estación 05 ..... 75
Figura 33.	Análisis de estabilidad en Condiciones Pseudoestáticas Estación 05..... 75
Figura 34.	Análisis de estabilidad en Saturación Parcial Estación 05 ..... 76
Figura 35.	Análisis de estabilidad en Condiciones Saturadas- Pseudoestáticas Estación 05... 76
Figura 36.	Geometría del Talud 06 ..... 78
Figura 37.	Análisis de estabilidad en condiciones naturales Estación 06 ..... 79
Figura 38.	Análisis de estabilidad en Condiciones Pseudoestáticas Estación 06..... 79
Figura 39.	Análisis de estabilidad en Saturación Parcial Estación 06 ..... 80
Figura 40.	Análisis de estabilidad en Condiciones Saturadas- Pseudoestáticas Estación 06... 80
Figura 41.	Geometría de la ladera de Perfil A-A' ..... 82
Figura 42.	Análisis de estabilidad en condiciones naturales Perfil A-A' ..... 83
Figura 43.	Geometría de ladera de perfil B-B' ..... 85
Figura 44.	Análisis de estabilidad en condiciones naturales Perfil B-B' ..... 85
Figura 45.	Estadística de la ocurrencia de peligros geológicos como movimientos en masa y otros ..... 87

	Pág.
Figura 46.	Distribución de la pendiente ..... 93
Figura 47.	Análisis de Roc Data para la Unidad I. Formación Cajabamba ..... 104
Figura 48.	Análisis de Roc Data para la Unidad II. Formación Condebamba..... 105
Figura 49.	Análisis de Roc Data para la Unidad I. Depósito Coluvial ..... 106
Figura 50.	Análisis de Roc Data para la Unidad IV. Depósito aluvial ..... 107
Figura 51.	Análisis de Roc Data para la Unidad V. Depósito coluvio deluvial..... 108

## ÍNDICE DE FOTOS

	Pág.
Foto 1.	Terrazas formadas en el recorrido del río Huanga. 817424-E, 9188833-N..... 30
Foto 2.	Lomadas de 10°- 12° de pendiente utilizadas en productividad agrícola. 817940- E, 9189271- N..... 30
Foto 3.	Laderas con pendientes pronunciada >35°. 817269-E, 9188800-N. .... 31
Foto 4.	Escarpes con pendientes altas y pronunciadas, elevaciones de 2800 m.s.n.m. 817718- E, 9188725-N. .... 32
Foto 5.	Relieve colinado, laderas en rocas sedimentarias del Pleistoceno, terrazas contiguas al Río Huanga. 817122- E, 9188726- N..... 33
Foto 6.	Pie de monte, depósitos coluvio deluviales producto de la erosión de laderas. 817888-E, 9189314-N. .... 34
Foto 7.	Río Huanga, se puede apreciar el valle fluvial que deja en su curso. 817154-E, 9188752-N..... 34
Foto 8.	Erosión de cárcavas. 818083- E, 9189251-N. .... 35
Foto 9.	Formación Cajabamba, arenas limosas hacia el techo de la formación, 818015- E, 9188649- N..... 37
Foto 10.	Limolitas verde parduzcas. 817048-E, 9189075-N. .... 37
Foto 11.	Arenas limosas, en intercalación con conglomerados de clastos de arenisca redondeados, en matriz areno limosa. 817781- E, 9188672- N..... 39
Foto 12.	(a) Depósitos coluvial- deluviales producto de la erosión de las formaciones geológicas circundantes. 817166- E, 9189114- N. (b) Depósito fluvial, contiguo a depósitos aluviales conformando terrazas, Rio Huanga. 817822- E, 9189084- N. 40
Foto 13.	Falla Normal, con dirección NW- SE. 817797- E, 9188690- N..... 41

	Pág.
Foto 14.	Arcillolitas plegadas. 817804- E, 9188976- N. .... 41
Foto 15.	Estación 01 ..... 58
Foto 16.	Estación 03, surcos erosivos por acción del agua..... 65
Foto 17.	Estación 04 ..... 69
Foto 18.	Estación 05 ..... 73
Foto 19.	Estación 06 ..... 77
Foto 20.	Perfil A-A' ..... 81
Foto 21.	Perfil B-B' ..... 84
Foto 22.	(a) Deslizamiento rotacional. (b) Erosión de laderas. (c) Caída de rocas por desprendimiento en el cauce del Río Huanga. (d) Erosión en surcos..... 91

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.	Clasificación de suelos según SUCS ..... 7
Tabla 2.	Nombres de los grupos de los distintos suelos según S.U.C.S ..... 8
Tabla 3.	Factores Z para cada Zona sísmica..... 13
Tabla 4.	Factores influyentes de inestabilidad de taludes..... 15
Tabla 5.	Métodos de análisis de estabilidad de taludes ..... 16
Tabla 6.	Vértices que delimitan en área de investigación..... 24
Tabla 7.	Accesibilidad ..... 24
Tabla 8.	Variables Dependientes e Independientes ..... 26
Tabla 9.	Propiedades geomecánicas para suelos..... 28
Tabla 10.	Factores Condicionantes de Estabilidad y Desencadenantes..... 29
Tabla 11.	Unidades Litoestratigráficas ..... 40
Tabla 12.	Ubicación de la Estación Meteorológica San Marcos ..... 42
Tabla 13.	Cálculo de Factor de Transposición ..... 43
Tabla 14.	Datos de Precipitación tomados de la Estación Meteorológica San Marcos ..... 45
Tabla 15.	Transposición de Datos de Precipitación a la Zona Las Chamanas y Montesorco 45
Tabla 16.	Análisis estadístico de precipitaciones transpuestas y cálculo de la LCRP..... 46
Tabla 17.	Balance Hidrológico ..... 49

	Pág.
Tabla 18.	Unidades Hidrogeológicas..... 50
Tabla 19.	Propiedades físicas y geomecánicas de la Unidad I. ..... 51
Tabla 20.	Propiedades físicas y geomecánicas de la Unidad II..... 52
Tabla 21.	Propiedades físicas y geomecánicas de la Unidad III..... 53
Tabla 22.	Propiedades físicas y geomecánicas de la Unidad IV ..... 53
Tabla 23.	Propiedades físicas y geomecánicas de la Unidad V..... 54
Tabla 24.	Ensayo de laboratorio para muestra 01..... 55
Tabla 25.	Ensayo de laboratorio para muestra 02..... 55
Tabla 26.	Cálculo de coeficientes sísmicos horizontal y vertical ..... 56
Tabla 27.	Escenarios de análisis de estabilidad de laderas y taludes..... 57
Tabla 28.	Propiedades físicas y geomecánicas de la Estación 01 ..... 58
Tabla 29.	Factores de Seguridad en el análisis de estabilidad de la Estación 01..... 59
Tabla 30.	Propiedades físicas y geomecánicas de la Estación 02..... 61
Tabla 31.	Factores de Seguridad en el análisis de estabilidad de la Estación 02..... 62
Tabla 32.	Propiedades físicas y geomecánicas de la Estación 03..... 65
Tabla 33.	Factores de Seguridad en el análisis de estabilidad de la Estación 03..... 66
Tabla 34.	Propiedades físicas y geomecánicas de la Estación 04..... 69
Tabla 35.	Factores de Seguridad en el análisis de estabilidad de la Estación 04..... 70
Tabla 36.	Propiedades físicas y geomecánicas de la Estación 05..... 73
Tabla 37.	Factores de Seguridad en el análisis de estabilidad de la Estación 05..... 74
Tabla 38.	Propiedades físicas y geomecánicas de la Estación 06..... 77
Tabla 39.	Factores de Seguridad en el análisis de estabilidad de la Estación 06..... 78
Tabla 40.	Propiedades físicas y geomecánicas del del Perfil A-A' ..... 82
Tabla 41.	Factores de Seguridad en el análisis de estabilidad del Perfil A-A' ..... 83
Tabla 42.	Propiedades físicas y geomecánicas del Perfil B-B' ..... 84
Tabla 43.	Factores de Seguridad en el análisis de estabilidad del Perfil B-B' ..... 86
Tabla 44.	Porcentaje de ocurrencia de peligros geológicos..... 86
Tabla 45.	Inventario de Peligros Geológico ..... 88
Tabla 46.	Distribución de pendiente..... 93
Tabla 47.	Estadística de Precipitación durante los años 2017-2023..... 94
Tabla 48.	Coefficientes de seguridad según normativa vigente..... 95
Tabla 49.	Factores de Seguridad para las estaciones analizadas ..... 96

	Pág.
Tabla 50.	Factores de Seguridad para las Estaciones 03 y 05 ..... 97
Tabla 51.	Factores de Seguridad para las Estaciones 01, 02, 04 y 06 ..... 97
Tabla 52.	Factores de Seguridad para los perfiles A-A' y B-B' ..... 97
Tabla 53.	Data Geológica y Cálculo de Parámetros geomecánicos ..... 109

## LISTA DE ABREVIATURAS

ASTM	:	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales
c	:	Cohesión
cm	:	Centímetros
E	:	Este
et al.	:	Y otros
Fm	:	Formación
F.S	:	Factor de seguridad
GPS	:	Sistema de Posicionamiento Global
INGEMMET:		Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
km <sup>2</sup>	:	Kilómetros cuadrados
kN	:	Kilo Newton
LL	:	Límite líquido
LP	:	Límite plástico
m	:	Metros
M.a	:	Millones de años
MDE	:	Modelo Digital de Elevaciones
mm	:	Milímetros
MMC	:	Millones de metros cúbicos
MPa	:	Mega Pascales
m.s.n.m.	:	Metros sobre el nivel del mar
MVCS	:	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
N	:	Norte
NE	:	Noreste
Pág.	:	Página

RNE : Reglamento Nacional de Edificaciones  
S : Sur  
SW : Suroeste  
SENAMHI: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú  
SUCS : Sistema Unificado de Clasificación de Suelos  
UTM : Universal Transverse Mercator  
W : Oeste  
WGS-84 : World Geodetic System 1984 (Sistema geodésico mundial de 1984)

## **RESUMEN**

La presente investigación se desarrolló en San Marcos, Cajamarca, en taludes y laderas donde afloran la Formación Cajabamba, la Formación Condebamba, además de depósitos coluviales, aluviales y coluvio deluviales que se ven afectados por procesos geodinámicos, producto de la interacción de los factores intrínsecos o condicionantes de los materiales y los factores detonantes o externos. El objetivo se basó en evaluar los factores geológicos y geomecánicos que intervienen en el comportamiento inestable además de realizar el cartografiado geológico y la caracterización geomecánica de los taludes mediante el Software RocData v.4.0 de Rocscience, describir los factores desencadenantes de inestabilidad en las laderas y taludes, aplicar el análisis de estabilidad de taludes y laderas utilizando el software Slide v.6.0 además de realizar la zonificación de movimientos en masa y zonas inestables. El procedimiento se basó en la realización de 8 estaciones geomecánicas geotécnicas donde se llegó a determinar mediante el Software Slide v.6.0, taludes inestables con Factores de Seguridad de 0.7- 1, y taludes estables con F.S de 1.2-1.3 que analizados bajo condiciones pseudoestáticas y de saturación parcial se tornan inestables con F.S de 0.6-0.7, con lo que podemos concluir que los factores detonantes como precipitaciones, infiltración y sismicidad disminuyen la resistencia de los materiales generando la probabilidad de movimientos en masa.

Palabras claves: Talud, Ladera, Propiedades Geomecánicas, Inestabilidad



## **ABSTRACT**

The present investigation was carried out in San Marcos, Cajamarca, on slopes and hillsides where the Cajabamba Formation, the Condebamba Formation emerge, as well as colluvial, alluvial and deluvial colluvium deposits that are affected by processes . geodynamic, product of the interaction of the intrinsic or conditioning factors of the materials and the triggering or external factors. The objective was based on evaluating the geological and geomechanical factors that intervene in unstable behavior in addition to carrying out geological mapping and geomechanical characterization of the slopes using the RocData v.4.0 Software from Rocscience, describing the triggering factors of instability on the slopes and slopes, apply the stability analysis of slopes and slopes using the Slide v.6.0 software in addition to performing the zoning of mass movements and unstable areas. The procedure was based on the realization of 8 geomechanical - geotechnical stations where unstable slopes with Safety Factors of 0.7-1 were determined using Slide Software v.6.0, and stable slopes with F.S of 1.2-1.3 that analyzed under conditions pseudostatic and partial saturation become unstable with F.S of 0.6-0.7, with which we can conclude that triggering factors such as precipitation, infiltration and seismicity decrease the resistance of the materials, generating the probability of mass movements.

**Keywords:** Slope, Hillside, Geomechanical Properties, Instability.

## **CAPÍTULO I.**

### **INTRODUCCIÓN**

Los Caseríos Las Chamanas y Montesorco, ubicados al NE de la provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca, comprenden geomorfológicamente colinas bajas y grandes quebradas, en el lugar en época de lluvia ocurren movimientos en masa como deslizamientos, además de erosión y socavamiento del pie de laderas. En algunos casos estos eventos obstaculizan vías e impiden el acceso de los poblados hacia la capital de la provincia y en otros generan pérdida de terrenos de cultivo e interrumpen el cauce de ríos.

Con ello nos lleva a realizarnos la pregunta ¿Cómo intervienen los factores geológicos y geomecánicos en el comportamiento inestable de laderas y taludes en los caseríos de Las Chamanas y Montesorco, San Marcos Cajamarca? teniendo como hipótesis que los factores geológicos y geomecánicos junto con los factores detonantes precipitaciones, infiltración y sismicidad intervienen en el comportamiento de laderas y taludes en los caseríos mencionados pues generan la inestabilidad.

El interés por estudiar la zona, está dado por la presencia de taludes y laderas inestables que afectan directamente terrenos cultivables. Debido a que no se ha realizado estudios que aborden la problemática descrita, fenómenos de movimientos en masa, estos eventos representan una amenaza latente en la zona, cuya evaluación geológica y geomecánica es necesaria para contribuir a la estabilización de los mismos u otras acciones a tomar por las autoridades competentes como Defensa Civil y Gobierno local.

El objetivo general que nos planteamos es evaluar los factores geológicos y geomecánicos que intervienen en el comportamiento inestable de laderas y taludes en los caseríos de Las Chamanas y Montesorco, San Marcos Cajamarca además de realizar el cartografiado geológico y la caracterización geomecánicas de los taludes, describir los factores desencadenantes de inestabilidad en las laderas y taludes, aplicar el análisis de estabilidad

de taludes y laderas utilizando el software Slide v.6.0, además de realizar la zonificación de movimientos en masa y zonas inestables.

El contenido de la investigación se describe a continuación:

CAPÍTULO II. Se mencionan los antecedentes teóricos, bases teóricas, haciendo referencia y estudio de los conceptos de taludes y laderas, suelos, criterios de rotura para suelos, precipitaciones, infiltración, sismicidad, estabilidad de taludes y movimientos en masa además de la definición de términos básicos. En el CAPÍTULO III: Se refiere a los materiales y métodos utilizados en la investigación, la ubicación política y geográfica, así como accesibilidad, clima; se describe la metodología: el tipo y diseño de la investigación y las técnicas e instrumentos de recolección de datos, así como los aspectos geomorfológicos, geología local, la hidrología e hidrogeología, el comportamiento geomecánico, estabilidad de taludes y peligros geológicos. En el CAPÍTULO IV se detalla el análisis y discusión de resultados, se presenta la información tratada en la investigación y los resultados obtenidos mediante cuadros y gráficas, se contrasta la hipótesis y finalmente en el CAPÍTULO V, se detalla las conclusiones a las que se arribó en la investigación y recomendaciones pertinentes.

## **CAPÍTULO II.**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS**

##### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

Flores & Oporta (2019). En su tesis “Evaluación de estabilidad de talud en el Mirador de Catarina, Nicaragua” tiene como objetivo determinar la estabilidad de taludes naturales en el Mirador inducido por cargas estáticas y dinámicas, para ello utiliza el método de recolección de datos y posterior análisis de estabilidad mediante el Método de Equilibrio Límite. Concluye, el análisis estático y dinámico se plasman en los mapas elaborados, que muestran las zonas de amenazas: alta, media y baja.

García (2018). Realizó la investigación “Monitoreo de laderas con fines de prevención para la ciudad de Tijuana, Baja California, para la gestión del riesgo asociado a la inestabilidad de laderas” tiene como objetivo sembrar las bases de un sistema de monitoreo que genere la información necesaria para la gestión del riesgo asociado a la inestabilidad de laderas en la ciudad; utiliza la metodología de monitoreo de los desplazamientos superficiales, supervisión del agrietamiento superficial y observación y monitoreo de la pérdida de verticalidad en elementos localizados en la posible zona de afectación. Concluye en la evaluación de laderas, los factores influyentes en la estabilidad y el monitoreo constante de los mismos.

##### 2.1.2. Antecedentes Nacionales

Carrillo (2015). Realiza la investigación "Evaluación de zonas susceptibles a movimientos en masa del tipo deslizamiento en el centro poblado de Carampa, distrito de Pazos, provincia de Tayacaja, región Huancavelica". Cuyo objetivo es caracterizar la

dinámica del deslizamiento y desarrollar la estimación de la peligrosidad haciendo uso del protocolo de CENEPRED. Para ello utiliza la metodología de planos temáticos para la elaboración de perfiles geológicos – geotécnicos y el análisis de estabilidad mediante software SLIDE V6. Concluye que la ladera sobre la que se asienta el C.P Carampa presenta nivel de estabilidad generalmente inestable o precario.

Gómez (2018). Realiza el “Análisis de riesgos por inestabilidad de taludes en la subcuenca río Canipaco, tramo distrito de colca provincia de Huancayo departamento de Junín”, tiene como objetivo identificar zonas vulnerables para prevenir los daños materiales y agrícolas que ocasionan los taludes y laderas inestables, utiliza métodos de análisis de estabilidad de Equilibrio Limite y llega a la conclusión que determinando las zonas vulnerables por la situación de los taludes y laderas inestables en la subcuenca Canipaco se podría prevenir los daños materiales y agrícolas que ocasionan los fenómenos naturales en la zona.

### 2.1.3. Antecedentes Locales

Alcántara (2017). Realiza la “Aplicación de los métodos de equilibrio límite, elementos finitos y diferencias finitas en el comportamiento de laderas y taludes sector Calispuquio-Cajamarca”, tiene como objetivo aplicar los métodos de Equilibrio Límite, Elementos Finitos y Diferencias Finitas en las laderas y taludes. En la metodología usada, realiza el estudio geológico a través de mapas temáticos y la evaluación de diferentes métodos de análisis de taludes. Concluye que la zona de Calispuquio, está constituido por suelos (depósitos aluviales, coluviales, deluviales y coluvio-aluviales) y macizos rocosos de mala calidad (Formaciones Farrat, Inca, Chúlec y Porculla), además que el software Slide v7 destaca por su velocidad de análisis y confiabilidad de los resultados en el análisis de laderas y taludes, pero requiere entrenamiento para poder elegir los métodos de análisis adecuados.

Eugenio (2017). En su tesis “Análisis de inestabilidad de taludes mediante equilibrio límite y elementos finitos, tramo Santa Rosa– Tuco bajo carretera Bambamarca – centro poblado Tuco”, tiene como objetivo analizar la inestabilidad de taludes en el tramo Santa Rosa – Tuco Bajo, en la Carretera Bambamarca – Centro Poblado Tuco mediante los métodos de equilibrio límite y elementos finitos. Utiliza la metodología de caracterización

geométrica y geotécnica de los taludes inestables de suelos y rocas y obtención del factor de seguridad mediante equilibrio límite y elementos finitos mediante los Softwares Slide y Phase2. Concluye que el análisis de inestabilidad de los taludes, demostró que el 32.25 % son taludes con una estabilidad muy alta, el 4.27% son taludes con inestabilidad alta, el 1.95% son taludes de inestabilidad baja y el 61.54% son taludes estables.

## 2.2. BASES TEÓRICAS

### 2.2.1. Taludes y laderas

Un talud o ladera es una masa de tierra que posee pendiente o cambios de altura significativo (no es plana). Se define como ladera cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y talud cuando se conformó artificialmente (Suárez, 2009).

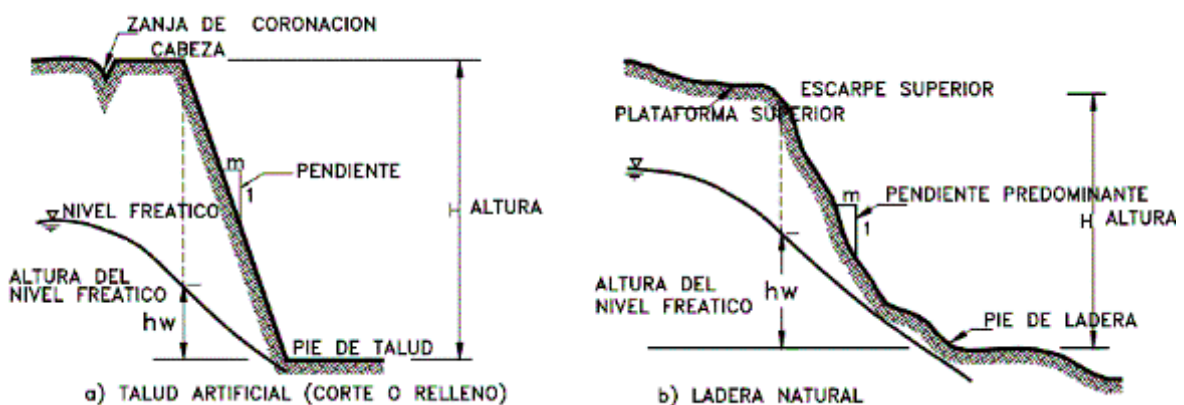


Figura 1. Nomenclatura de taludes y laderas.

Fuente: Tomado de Suárez (2009)

En el talud o ladera se definen los siguientes elementos constitutivos:

- Altura: Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza, la cual se presenta bien definida en taludes artificiales, pero es complicada de cuantificar en las laderas debido a que el pie y la cabeza no son accidentes topográficos bien marcados.
- Pie: es el lugar donde se produce cambio brusco de pendiente en la parte inferior final del talud.
- Cabeza o escarpe: Se refiere al lugar de cambio brusco de pendiente en la parte superior.

- Altura de nivel freático: Distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua medida debajo de la cabeza.
- Pendiente: Es la medida de inclinación que presenta el talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación m/1, en la cual m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical. Ejemplo: Pendiente: 45°, 100%, o 1H:1V.

## 2.2.2. Suelos

Los suelos tienen su origen en la disgregación de macizos rocosos sometidos a la acción ambiental disgregadora de la erosión, están conformados por partículas pequeñas desde micras hasta centímetros, individuales, no cementados (González de Vallejo, 2004).

### 2.2.2.1. Tipos de suelos

Se han clasificado los suelos en cuatro grupos de acuerdo a su granulometría según las normas D.I.N, A.S.T.M y A.E.N.O.R. así tenemos:

- Gravas, diámetro de grano 8-10 cm hasta 2mm, sus granos se observan a simple vista, no retienen agua, por la inactividad de su superficie y los huecos existentes entre una partícula y otra.
- Arenas: diámetro de grano comprendidos entre 2mm y 0.060mm, son aún observables a simple vista, al mezclarse con el agua, sus partículas se pueden separar de ella fácilmente.
- Limos: diámetro de partículas comprendidas entre 0.060 mm y 0.002 mm. Retienen mejor el agua que las arenas y gravas. Mezclados con agua forman una pasta que, al golpearla, el agua filtra con facilidad.
- Arcillas: diámetro de partículas menores a 0.002 mm. Están formadas por minerales silicatados, unidos por enlaces químicos covalentes débiles en cuya estructura puede ingresar moléculas de agua entre las cadenas produciendo aumento de volumen, por ello su capacidad de retención es muy grande.

### 2.2.2.2. Clasificación de suelos

El Sistema Unificado de Clasificación del Suelo (SUCS), regido por la norma ASTM D-2487, es el de uso más extendido en la práctica geotécnica para la clasificación de suelos, el cual se basa en el análisis granulométrico y en los límites de Atterberg (límites líquido y plástico) de los suelos.

Tabla 1. Clasificación de suelos según SUCS

Sistema Unificado para Clasificación del Suelo SUCS				
Divisiones	Símbolo del grupo	Nombre		
<b>Suelos de grano grueso</b> el 50% o más se retuvo en el tamiz n°200 (0.075mm)	<b>grava</b> <50% de la fracción gruesa que pasa el tamiz n°4 (4.75mm)	grava limpia menos del 5% pasa el tamiz n°200	GW	grava bien graduada, fina a gruesa
			GP	grava pobremente graduada
		grava con más de 12% finos pasantes del tamiz n°200	GM	grava limosa
			GC	grava arcillosa
	<b>arena</b> ≥ 50% de fracción gruesa que pasa el tamiz n°4	arena limpia menos del 5% pasa el tamiz n°200	SW	arena fina a gruesa
			SP	arena pobremente graduada
		arena con más de 12% de finos pasantes del tamiz n°200	SM	arena limosa
			SC	arena arcillosa
<b>Suelos de grano fino</b> más del 50% de la muestra pasa el tamiz n°200 (0.075)	<b>limos y arcillas</b> limite líquido <50	inorgánico	ML	limo
			CL	arcilla
		orgánico	OL	limo orgánico
	<b>limos y arcillas</b> limite líquido > 50	inorgánico	MH	limo de alta plasticidad
			CH	arcilla de alta plasticidad
		orgánico	OH	arcilla orgánica
			limo orgánico	
Suelos altamente orgánicos		Pt	turba	
<i>G: grava, S: arena, M: limo, C: arcilla, O: orgánico</i>				
<i>P: Pobremente graduado, W: bien graduado, H: alta plasticidad, L: baja plasticidad</i>				

Fuente: Modificado de Wikipedia (2022) & González de Vallejo (2004).



Tabla 2. Nombres de los grupos de los distintos suelos según S.U.C.S

Símbolo de grupo	Nombre de grupo	
GW	<15% de arena	Grava bien graduada
	≥15% de arena	Grava bien graduada con arena
GP	<15% de arena	Grava mal graduada
	≥15% de arena	Grava mal graduada con arena
GW-GM	<15% de arena	Grava bien graduada con limo
	≥15% de arena	Grava bien graduada con limo y arena
GW-GC	<15% de arena	Grava bien graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	≥15% de arena	Grava bien graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)
GP-GM	<15% de arena	Grava mal graduada con limo
	≥15% de arena	Grava mal graduada con limo y arena
GP-GC	<15% de arena	Grava mal graduada con arcillo (o arcilla limosa)
	≥15% de arena	Grava mal graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)
GM	<15% de arena	Grava limosa
	≥15% de arena	Grava limosa con arena
GC	<15% de arena	Grava arcillosa
	≥15% de arena	Grava arcillosa con arena
GC-GM	<15% de arena	Grava limo arcillosa
	≥15% de arena	Grava limo arcillosa con arena
SW	<15% de grava	Arena bien graduada
	≥15% de grava	Arena bien graduada con grava
SP	<15% de grava	Arena mal graduada
	≥15% de grava	Arena mal graduada con grava
SW-SM	<15% de grava	Arena bien graduada con limo
	≥15% de grava	Arena bien graduada con limo y grava
SW-SC	<15% de grava	Arena bien graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	≥15% de grava	Arena bien graduada con arcilla y grava (o arcilla y grava)
SP-SM	<15% de grava	Arena mal graduada con limo
	≥15% de grava	Arena mal graduada con limo y grava
SP-SC	<15% de grava	Arena mal graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	≥15% de grava	Arena mal graduada con arcilla y grava (o arcilla y grava)
SM	<15% de grava	Arena limosa
	≥15% de grava	Arena limosa con grava
SC	<15% de grava	Arena arcillosa
	≥15% de grava	Arena arcillosa con grava
SC-SM	<15% de grava	Arena limo arcillosa
	≥15% de grava	Arena limo arcillosa con grava

Fuente. Tomado de Braja M. Das (2015)

### 2.2.2.3. Tensiones efectivas

Tensión efectiva es la tensión que se aplica sobre un cuerpo poroso seco es decir la fuerza normal repartida por unidad de área que se transmite de partícula a partícula, como postula Terzagui: “las tensiones en cualquier punto de un plano que atraviesa una masa de suelo pueden calcularse a través de las tensiones principales totales  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  que actúan en un punto”. Si los poros del suelo están llenos de agua bajo presión  $\mu$ , las tensiones principales se componen de dos partes:

- $\mu$ : presión intersticial, que actúa sobre el agua y las partículas sólidas en todas las direcciones y en la misma intensidad.
- Tensiones efectivas, que son un exceso de presión sobre la presión  $\mu$  y que actúan solo en la parte seca del suelo. Los cambios de tensiones efectivas son los responsables de la compresión, distorsión o la modificación de resistencia al corte de un suelo. Se representan por las diferencias  $\sigma'_1 = \sigma_1 - \mu$  ,  $\sigma'_2 = \sigma_2 - \mu$  ,  $\sigma'_3 = \sigma_3 - \mu$  . (González de Vallejo, 2004).

### 2.2.3. Criterios de rotura de Mohr-Coulomb

Es un criterio de rotura lineal, expresa la resistencia al corte a lo largo de un plano en un estado triaxial de tensiones, obteniendo la relación entre esfuerzos normal y tangencial actuantes en el momento de rotura (González de Vallejo, 2004), expresada mediante la ecuación:

$$\tau = c + \sigma_n \tan \Phi$$

Donde:

$\tau, \sigma_n$ : son la tensión tangencial y la tensión normal sobre el plano de rotura

$c$ : cohesión

$\Phi$ : ángulo de rozamiento.

El criterio se puede expresar en función de esfuerzos principales:

$$\sigma_1 = \frac{2c + \sigma_3[\text{sen}2\theta + \text{tg}\phi(1 - \text{cos}2\theta)]}{\text{sen}2\theta - \text{tg}\phi(1 + \text{cos}2\theta)}$$

En la Figura 2 se representa el criterio de Mohr-Coulomb en el espacio de tensiones normal y tangencial. Se puede apreciar que la ecuación de la superficie de rotura es la ecuación de la recta tangente a todos los círculos de falla.

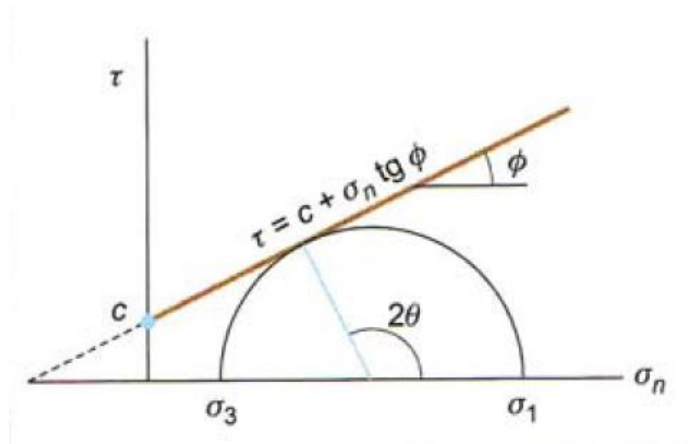


Figura 2. Círculo de Mohr Coulomb.

Fuente: Tomado de González de Vallejo (2004)

En el caso de suelos tenemos que el Criterio de Mohr Coulomb relaciona tensiones efectivas normales y tensiones tangenciales actuando en cualquier plano del suelo, este criterio establece para un suelo saturado (González de Vallejo. 2004), la resistencia de corte que viene dada por:

$$\tau = c' + (\sigma_n - u)\text{tag}\phi'$$

Donde:

$\tau, \sigma_n$  es la resistencia de corte y la tensión total normal en un determinado plano

$u$  es la presión intersticial,

$c'$  es cohesión efectiva,

$\phi'$  es el ángulo de rozamiento interno efectivo.

La recta de la ecuación es la línea de resistencia intrínseca o envolvente de rotura del suelo, esta línea va a proporcionar, para cada valor de la tensión efectiva normal a un plano que atraviesa un elemento del suelo, la máxima tensión movilizable a favor del plano mencionado.

Así tenemos que:

- La cohesión efectiva es la ordenada en el origen de la envolvente de rotura, y representa la máxima resistencia tangencial movilizable en un plano cualquiera cuando la tensión efectiva normal en el plano es nula.
- La máxima tensión tangencial movilizable en un plano es mayor si la tensión efectiva normal aumenta, el suelo es más resistente cuanto mayor es su nivel de tensiones efectivas.
- La línea de resistencia actúa como una envolvente o superficie de estado, separando estados posibles e imposibles como se puede apreciar en la siguiente figura:

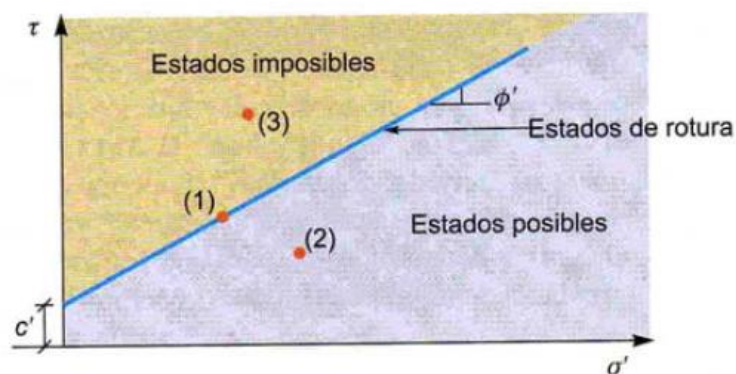


Figura 3. Criterio de rotura en suelos.

Fuente: Tomado de González de Vallejo (2004)

En la figura 3, podemos evidenciar el punto (1) estado de rotura, (2) es un estado posible, una combinación de  $\sigma'$  y  $\tau$  que cuenta con un cierto factor de seguridad y (3) es un estado imposible (se sitúa por encima de la envolvente de rotura).

#### 2.2.4. Precipitación

La precipitación es toda forma de humedad que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo, en forma de lluvias, granizadas, garúas y nevadas la cual se mide en términos de la altura de lámina de agua (hp) y se expresa comúnmente en milímetros, esta altura de lámina de agua indica la altura del agua que se acumularía en una superficie horizontal si la precipitación permanece en donde cayó, el registro de precipitaciones se realizan usando pluviómetros y pluviogramas (Villón, 2002).

Las estaciones meteorológicas son las encargadas de registrar las precipitaciones en un determinado territorio, datos disponibles a través del sitio web del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi).

##### 2.2.4.1. Transposición de Datos de Precipitaciones

La Transposición de Datos de Precipitación se realiza a través de la Ecuación de Oswald según Ortiz (2004), desde la estación meteorológica más cercana a una altitud H1 hacia la microcuenca del área de investigación cuya altitud media (H) que se obtiene mediante parámetros geomorfológicos de cuenca según Rodríguez (2016). El procedimiento inicia con la obtención del Factor de Transposición (Ft), el cual se multiplica a cada valor de precipitación de la Estación Meteorológica, obteniéndose los nuevos valores de precipitación para la Subcuenca del área de investigación.

La ecuación de Oswald es la siguiente:

$$PP = \frac{H}{H1} * PP1$$

Donde:

PP = Precipitación a la Altitud H

PP1 = Precipitación a la Altitud H1

H = Altitud Media de la Subcuenca a Trasponer

H1 = Altitud de la Estación de Origen

### 2.2.5. Infiltración.

Es el paso del agua a través de la superficie del suelo, debido a la interacción de fuerzas capilares y gravitacionales (fenómenos de cohesión y adherencia). Es fuente de alimentación de la humedad del suelo y de la recarga de acuíferos. Tiene, además, una marcada importancia por su influencia en la relación precipitación- escorrentía directa (Villón, 2002).

### 2.2.6. Sismicidad

Según la Modificación de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) realizada por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018), el territorio nacional se divide en cuatro zonas sísmicas como muestra la Figura 4. Esta zonificación se basa en la distribución espacial de la sismicidad, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral e información neotectónica. A cada zona se asigna un factor Z, que se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad, como podemos ver en la Tabla 3.

Tabla 3. Factores Z para cada Zona sísmica

<b>Factores de zona "Z"</b>	
<b>ZONA</b>	<b>Z</b>
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente. Tomado de Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del RNE (2018).



Figura 4. Zonificación sísmica del Perú.

Fuente Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del RNE (2018)

### 2.2.7. Estabilidad de taludes

La estabilidad de un talud está determinada por factores:

**Condicionantes** como factores geométricos, factores geológicos, factores hidrogeológicos y factores geotécnicos o relacionados al comportamiento mecánico del terreno, que son intrínsecos a los materiales naturales.

**Desencadenantes** o activos son aquellos que actúan sobre los suelos o macizos rocosos modificando sus características y propiedades, y las condiciones de equilibrio del talud.

Tabla 4. Factores influyentes de inestabilidad de taludes

<b>Factores influyentes en la inestabilidad de taludes</b>	
<p><b>Factores condicionantes</b></p> <p>Estratigrafía y litología</p> <p>Estructura geológica</p> <p>Condiciones hidrogeológicas y comportamiento hidrogeológico de los materiales</p> <p>Propiedades físicas, resistentes y deformacionales</p> <p>Tensiones naturales y estado tenso-deformacional</p>	<p><b>Factores desencadenantes</b></p> <p>Sobrecargas estáticas</p> <p>Cargas dinámicas</p> <p>Cambios en las condiciones hidrogeológicas</p> <p>Factores climáticos</p> <p>Variación en la geometría</p> <p>Reducción de parámetros resistentes</p>

Fuente: Tomado de González de Vallejo (2004)

### 2.2.7.1. *Análisis de estabilidad*

El análisis de estabilidad busca determinar las condiciones que generan estabilidad en un talud o ladera y cuál es el margen de este, analizan como ocurre la falla, determinan la susceptibilidad de los taludes a los mecanismos de activación de falla como el efecto de lluvias y sismos, comparan las diferentes opciones de estabilización y su efecto sobre la estabilidad del talud, así como proporcionar el diseño óptimo de un talud en términos de seguridad y economía (Suárez, 2009).

Existen diferentes metodologías usadas para el análisis: métodos de límite de equilibrio, métodos numéricos: Diferencias Finitas, Elementos Finitos, Elementos Discretos.

#### *Método de Equilibrio Límite*

Consiste en dividir la masa del terreno potencialmente inestable en rebanadas verticales, calculando el equilibrio en cada una de ellas para luego analizar el equilibrio global obteniendo un factor de seguridad (F.S). Calculado el F.S para una curva de rotura potencial se repite el proceso para otra curva distinta y así sucesivamente hasta obtener un valor mínimo de F.S. La mayoría de métodos de equilibrio límite comparan las fuerzas o momentos resistentes y actuantes sobre una determinada superficie de falla. (Valiente, 2015). En la tabla 5 podemos ver los diferentes métodos y sus diferencias.



Tabla 5. Métodos de análisis de estabilidad de taludes

Método	Superficies de falla	Equilibrio	Características
Talud Infinito	Rectas	Fuerzas	Bloque delgado con nivel freático, falla paralela a la superficie
Bloques o cuñas	Cuñas con tramos rectos	Fuerzas	Cuñas simples, dobles o triples, analizando las fuerzas que actúan sobre cada cuña.
Espiral logarítmica (Frohlich, 1953)	Espiral Logarítmica	Fuerzas y momentos	Superficie de falla en espiral logarítmica. El radio de la espiral varía con el ángulo de rotación.
Arco circular (Fellini, 1922)	Circulares	Momentos	Círculo de falla, el cual es analizado como un solo bloque. Se requiere que un suelo sea cohesivo $\phi = 0$
Ordinario o de Fellenius (1927)	Circulares	Fuerzas	Obtiene las fuerzas actuantes y resultantes para cada tajada y con la sumatoria de los momentos con respecto al centro del círculo se obtiene el Factor de Seguridad.
Bishop simplificado (Bishop 1955)	Circulares	Momentos	Asume que las fuerzas entre dovelas son horizontales, no tiene en cuenta las fuerzas de cortante.
Janbú simplificado (Janbú 1968)	Cualquier forma	Fuerzas	Se basa en que las fuerzas entre dovelas son horizontales y no toma en cuenta las fuerzas de cortante, además Inserta un factor de corrección.
Método del Cuerpo de Ingenieros (Sueco Modificado) (1970)	Cualquier forma	Fuerzas	La inclinación de las fuerzas entre dovelas, es seleccionada por el analista y tiene el mismo valor para todas las dovelas
Método de Lowe y Karafiath (1960)	Cualquier forma	Fuerzas	La dirección de las fuerzas entre partículas, varía de borde a borde en cada dovela.
Spencer (1967)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	Satisface totalmente el equilibrio tanto de momentos como de esfuerzos. supone que las fuerzas entre dovelas son paralelas las unas con las otras (tienen el mismo ángulo de inclinación).
Morgenstern y Price (1965)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	Asume que existe una función que relaciona las fuerzas de cortante y las fuerzas normales entre dovelas.
Sarma (1973)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	Considera que el coeficiente sísmico y el factor de seguridad son desconocidos. Asume entonces, un factor de seguridad y se encuentra cuál es el coeficiente sísmico requerido para producir éste.

Fuente: Tomado de Suárez (2009)

Los parámetros de entrada para los cálculos son: la geometría del talud, parámetros geológicos, presencia de grietas de tensión, cargas dinámicas por acción de los sismos, flujo de agua, propiedades de resistencia y peso unitario de los suelos, etc.

*Factor de Seguridad:*

Es la relación entre la resistencia al corte real, calculada del material en el talud y los esfuerzos de corte críticos que tratan de producir la falla, a lo largo de una superficie de posible falla:

$$F.S = \frac{\text{Resistencia al cortante disponible}}{\text{Esfuerzo al cortante actuante}}$$

*Superficie de Falla:*

Es una superficie asumida a lo largo de la que puede ocurrir el deslizamiento o la rotura del talud; se pueden estudiar superficies planas, circulares, logarítmicas, parabólicas y combinaciones de éstas y hasta de forma no geométrica.

*Software Slide V.6.0:*

Es un software de análisis de Estabilidad de Taludes en 2D (dos dimensiones) que utiliza métodos de equilibrio límite para el cálculo de la estabilidad. Puede analizar tanto superficies circulares como no circulares, analiza una superficie en particular o se puede realizar la búsqueda de una superficie crítica con la finalidad de encontrar la superficie de falla con el menor factor de seguridad. Incluye análisis de agua subterránea por elementos finitos en estado estacionario, e integra capacidades de análisis de sensibilidad, probabilísticos y análisis retrospectivos ( <https://www.rocscience.com/> , 2022).

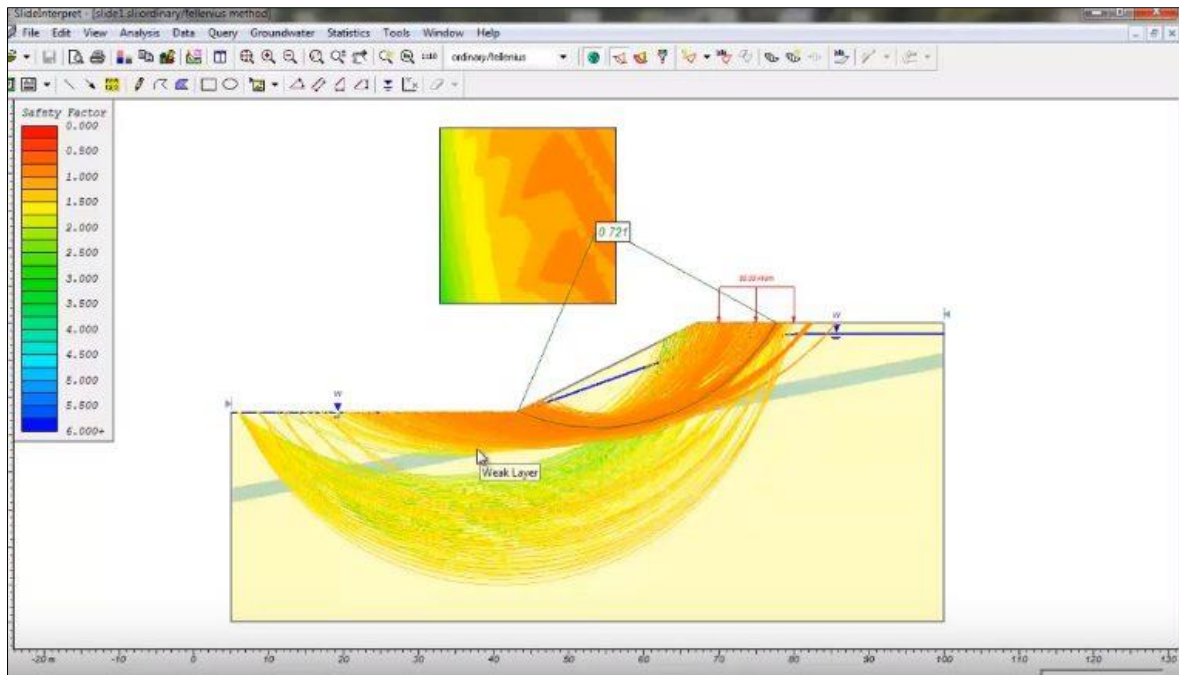


Figura 5. Ejemplo de modelización de estabilidad de taludes en el software Slide.

Fuente: Página web disponible en <https://www.rocscience.com/>. (2022)

### 2.2.7.2. Análisis Pseudoestático

Este análisis determina la estabilidad sísmica de taludes, en el cual el efecto del sismo se representa por el uso de aceleraciones horizontales y verticales que producen fuerzas inerciales  $F_h$  y  $F_v$ , usando los coeficientes horizontales y verticales pseudoestáticos,  $k_h$  y  $k_v$ , los cuales pueden ser representados por las ecuaciones:

$$F_h \frac{a_h W}{g} = k_h W \quad \text{y} \quad F_v \frac{a_v W}{g} = k_v W$$

Donde  $a_h$ ,  $a_v$  son aceleraciones pseudoestáticas horizontal y vertical;  $k_h$ ,  $k_v$  son coeficientes sísmicos horizontal y vertical respectivamente;  $W$ , es el peso de masa fallada y  $g$  es la gravedad. Estas fuerzas intervienen en el cálculo de equilibrio para cada una de las piezas individuales que componen la superficie de falla y la determinación del F.S. (Martínez, R., et.al.2011).

### 2.2.8. Movimientos en masa

Los movimientos en masa abarcan una variedad de procesos que dan como resultado el movimiento hacia abajo y hacia afuera de materiales formadores de taludes (roca, suelo, relleno artificial o una combinación de estos). Los materiales pueden moverse al caer, volcarse, deslizarse, extenderse o fluir. Los tipos de movimiento en masa varían por el tipo de material que envuelven y la naturaleza del movimiento, la velocidad de movimiento y el contenido de agua, aire o hielo en los materiales del movimiento en masa (Highland & Johnson, 2004). En la Figura 6 podemos ver los diferentes movimientos en masa.

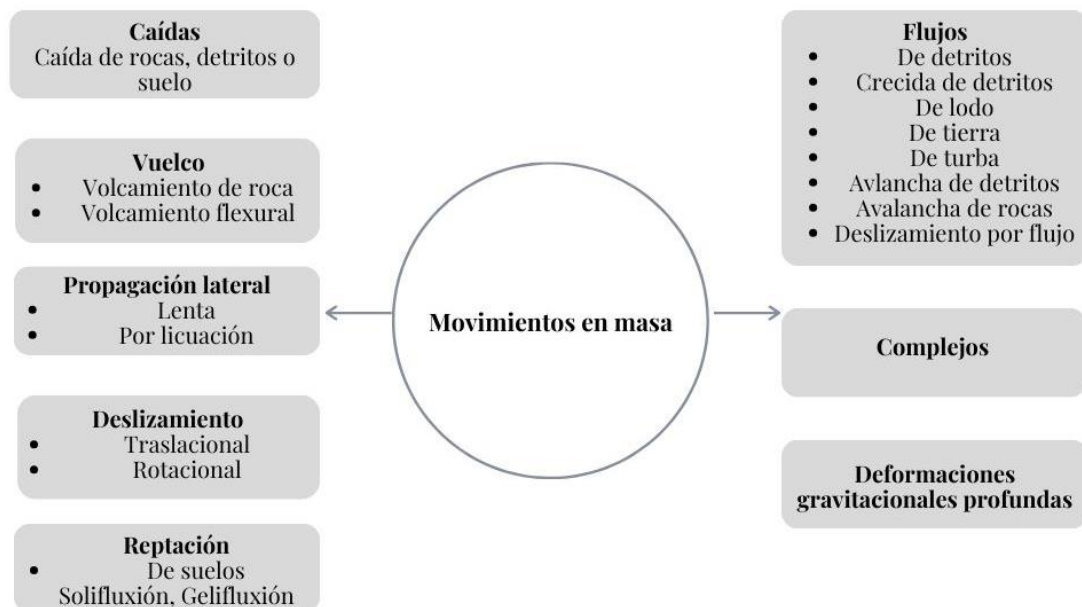


Figura 6 . Tipos de Movimientos en masa según el Grupo de Estándares para los Movimientos en Masa, 2007.

#### 2.2.8.1. Caídas.

Son movimientos bruscos de masas de materiales geológicos, tales como rocas y cantos rodados, que se desprenden y se mueven por caída libre, rebote y laminación. La separación ocurre a lo largo de discontinuidades tales como fracturas, juntas y planos de estratificación. Se generan por la gravedad, la meteorización mecánica y la presencia de agua intersticial (Highland & Johnson, 2004). Los derrumbes son desprendimientos de

masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome en un solo conjunto, desde pocos a centenas de metros (SGP, 2022).

#### 2.2.8.2. *Inclinación o volteo.*

Consiste en la rotación hacia delante de una unidad o unidades de material térreo con centro de giro por debajo del centro de gravedad de la unidad. Se generan por la fuerza de unidades adyacentes, el agua en grietas o juntas, expansiones y los movimientos sísmicos (Suárez, 2009). Hay 2 tipos: vuelco de bloques, roca relativamente competente cuyo movimiento es controlado por una orientación de discontinuidades y generalmente está asociado a velocidades altas y el vuelco flexural, roca más frágil y densamente diaclasada; el fallamiento ocurre por el doblamiento de columnas de rocas delgadas, de movimientos lentos y graduales (Grupo de Estándares para los Movimientos en Masa, 2007).

#### 2.2.8.3. *Deslizamientos*

Es un movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante (Grupo de Estándares para los Movimientos en Masa, 2007). Los deslizamientos pueden ser de una sola masa que se mueve o pueden comprender varias unidades o masas semi-independientes (Suárez, 2009).

#### *Estado de actividad.*

De acuerdo a su estado de actividad actual, los deslizamientos se clasifican:

- Activo. Deslizamiento que tiene movimiento en el momento actual.
- Reactivado. Deslizamiento que estuvo inactivo y vuelve a activarse, generalmente cuando superficies de falla antiguas se reactivan.
- Suspendido. Deslizamientos. Deslizamientos activos durante últimos ciclos estacionales, pero que en la actualidad no se están moviendo.
- Inactivo. No hay movimiento hace varios ciclos estacionales
- Dormido. Deslizamiento inactivo, donde aparentemente las causas del movimiento permanecen.

- Estabilizado. El movimiento está suspendido por acción de obras remediales artificiales.

### *Deslizamiento Traslacional*

La masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. Suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado que yace sobre ella. (Cruden y Varnes, 1996). La velocidad de los movimientos traslacionales va desde rápida a extremadamente rápida.

### *Deslizamiento rotacional*

La masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava, estos movimientos se caracterizan por un escarpe principal pronunciado y un contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es auto estabilizante, y éste ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas. Los deslizamientos rotacionales pueden ocurrir lenta a rápidamente, con velocidades menores a 1 m/s. (Suárez, 2009).

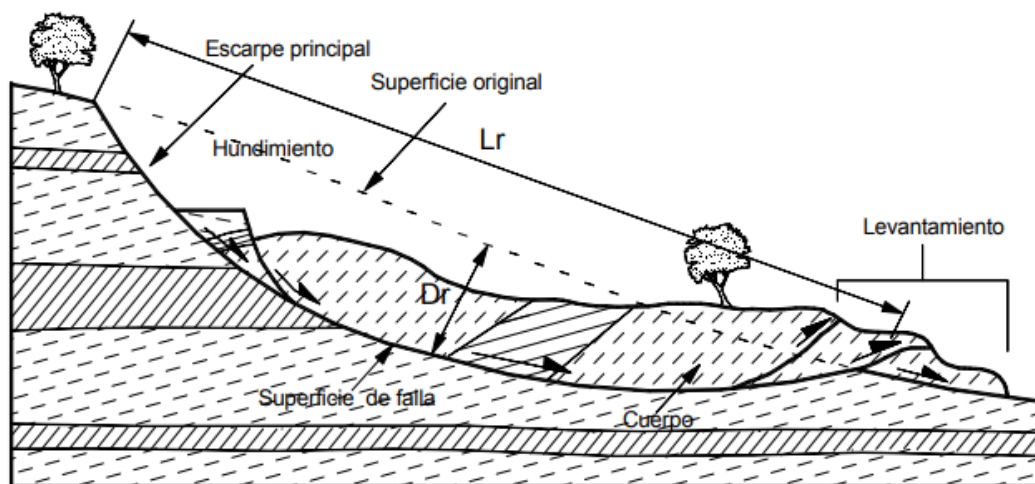


Figura 7. Desplazamiento de rotación en una ladera

Fuente. Tomado de Suárez (2009).

#### 2.2.8.4. Flujo

Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento tiene un comportamiento similar a un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). Así se tienen los siguientes subtipos:

*Flujo de detritos:* Comprende una combinación de suelo suelto, roca, materia orgánica, aire y agua se moviliza como un lodo que fluye pendiente abajo (<50 % de finos), causados por un intenso flujo de agua superficial, debido a fuertes precipitaciones o al rápido derretimiento de la nieve, que erosiona y moviliza suelo suelto o rocas en pendientes empinadas.

#### 2.2.8.5. Reptación

Es el movimiento descendente lento (imperceptible) y constante del suelo o roca que forma pendientes, causado por un esfuerzo cortante suficiente para producir una deformación permanente, pero demasiado pequeño para producir una falla por cortante (Highland & Johnson, 2004).

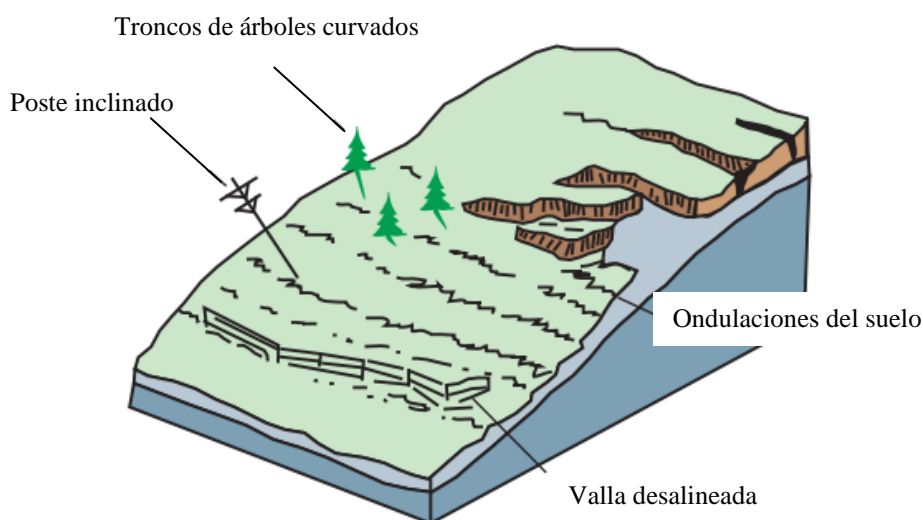


Figura 8. Reptación

Fuente. Tomado de Highland & Johnson (2004)

### 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

**Depósito aluvial:** Materiales transportados y depositados por el agua, su tamaño varía desde arcillas hasta gravas, cantos y bloques (González de Vallejo, 2004).

**Depósito deluvial:** Capas de suelo fino y arcillas arenosas con inclusiones de fragmentos rocosos pequeños a medianos, que se depositan y cubren las laderas de cerros, estos fueron removidos por agua de lluvia (Gradusov et al. 2002).

**Depósito coluvial:** Material acumulado en la pendiente de los cerros y transportado por acción de la gravedad (Dávila, 2011).

**Estable:** Dícese de un área o parte de la corteza terrestre que no muestra ningún tipo de deformación ni signos de movimientos tectónicos a través de mucho tiempo geológico (Dávila, 2011).

**Infiltración:** Movimiento de agua a través de la superficie del suelo y hacia dentro del mismo, producido por la acción de fuerzas gravitacionales y capilares (Dávila, 2011).

**Precipitación pluvial:** Caída de aguas de la atmósfera por el cambio de temperatura, en forma de lluvia, nieve o granizo (Dávila, 2011).

**Movimientos de ladera:** Reajustes de terreno para conseguir el equilibrio ante un cambio de condiciones. (González de Vallejo, 2004).

**Propiedades resistentes o geomecánicas:** Son aquellas que controlan la resistencia de los materiales y su rotura. (González de Vallejo, 2004).

**Resistencia:** Es el esfuerzo que soporta una roca para determinadas deformaciones (González de Vallejo, 2004).

**Superficie de falla:** Superficie asumida a lo largo de la cual puede ocurrir el deslizamiento o la rotura del talud (Suárez, 2009).

**Superficie crítica de falla:** Superficie más probable para que se produzca el deslizamiento (Suárez, 2009)



## CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. UBICACIÓN POLÍTICA Y GEOGRÁFICA

Se ubica en los Caseríos Las Chamanas y Montesorco, Distrito de Pedro Gálvez, Provincia de San Marcos, Departamento de Cajamarca, altitud de 2600 m.s.n.m. Geográficamente se ubica al Este de la ciudad de Cajamarca, en las coordenadas que definen el perímetro del área de investigación dadas en la Tabla 6 en sistema de coordenadas UTM, Datum WGS84 Zona 17 Sur.

Tabla 6. Vértices que delimitan en área de investigación

Vértices	Este	Norte
V1	818500	9189400
V2	818500	9188400
V3	817000	9188400
V4	817000	9189400

### 3.2. ACCESIBILIDAD

La vía de acceso se realiza mediante la carretera Cajamarca- San Marcos, siguiendo el itinerario de la Tabla 7 y el Plano P-01.

Tabla 7. Accesibilidad

Tramo		Distancia	Tiempo en	Tipo de vía
Desde	Hacia			
Plaza de Armas Cajamarca	Plaza Mayor de San Marcos	60 km	1 hora 40 min	Asfaltada
Plaza Mayor de San Marcos	Desvío caserío Alfonso Ugarte- Las Chamanas	5 km	20 min	Trocha

### **3.3. CLIMA**

Los caseríos de Las Chamanas y Montesorco, San Marcos, tienen veranos largos y nublados y los inviernos son cortos, fríos, secos y parcialmente nublados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 6 °C a 21 °C y rara vez baja a menos de 4 °C o sube a más de 24 °C (SENAMHI, 2023).

#### **3.3.1. Precipitaciones**

Según los datos de precipitación de la Estación Meteorológica San Marcos (SENAMHI, 2023) la temporada de precipitaciones dura 6.9 meses, entre octubre hacia inicios de mayo, con una probabilidad de más del 17 % de que cierto día será un día con lluvias. Marzo tiene mayor probabilidad de lluvias. La temporada más seca dura 5.1 meses desde mayo hacia octubre, siendo Julio el mes con menos precipitaciones (Ver gráficos de precipitaciones en las Figuras 10 y 11 en la pág. 48 ).

### **3.4. METODOLOGÍA**

#### **3.4.1. Tipo y diseño de la investigación**

La investigación utilizara el tipo de investigación descriptivo, enfocándose en realizar un informe detallado de las características; el tipo explicativo, para encontrar la relación existente entre la causa y consecuencia del fenómeno en específico; el tipo no experimental sin manipular o alterar la variable, sino basándose en la interpretación, la observación o las interacciones para llegar a una conclusión y el tipo transversal en el tiempo fijando el estudio en un momento específico, además de usar los métodos descriptivos, deductivos y explicativos.

#### **3.4.2. Población de estudio**

Los taludes y laderas de los Caseríos de Las Chamanas y Montesorco

#### **3.4.3. Muestra**

Estaciones geomecánicas

#### 3.4.4. Unidad de análisis

Unidades litoestratigráficas, geoformas, propiedades geomecánicas de los materiales geológicos, precipitación, infiltración y sismicidad.

#### 3.4.5. Identificación de variables

En la investigación se han identificado las variables independientes y dependientes, que se relacionan directamente y se detallan en la Tabla 8.

Tabla 8. Variables Dependientes e Independientes

Variables Dependientes	Variables independientes
Unidades Litoestratigráficas	Precipitación
Geoformas	Infiltración
Propiedades Geomecánicas	Sismicidad

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

Cartografiado geológico: En la realización de la investigación se recaudará toda la información geológica de la zona: la litología, estratigrafía, geomorfología teniendo en cuenta la hidrología e hidrogeología.

Tablas de uso geomecánico: Recopilación de la información geomecánica de las unidades geológicas (en taludes y laderas) caracterizando el material y detallando los tipos de inestabilidad (deslizamiento, caída de rocas, etc.).

Toma de muestras para ensayos de laboratorio: Ensayo de Corte directo, para la obtención de parámetros resistentes del material.

#### 3.4.7. Instrumentos y equipos

Brújula Brunton: Utilizada en la medición de rumbo y buzamiento.

GPS Garmin Oregon 750: en la obtención de coordenadas geográficas.

Picota Estwing mango corto.

Lápiz rayador: Usado para la estimación de dureza en campo.

Lupa 20x Iwamoto: Visualización óptica de muestras de mano.

Protactor Escala 1/1000: Usado en el cartografiado de la zona.

Cámara digital: Toma de fotografías de la zona.

Tablas geomecánicas: Utilizadas para la caracterización de macizos rocosos.

Libreta de Geólogo: Utilizada para la anotación de detalles.

Útiles de escritorio: Portaminas, Lapiceros, Colores, entre otros.

Laptop: Utilizada para el procesamiento de los datos.

#### *Softwares:*

ArcMap v. 10.4.1: utilizado en la creación de planos.

Microsoft Office v2019 (Word, Excel, PowerPoint): utilizados para la elaboración del informe y la presentación del mismo.

Roc Data v.4.0: utilizado para el cálculo de propiedades geomecánicas y su posterior uso en el análisis de estabilidad.

Sas Planet v.02: en la obtención de imágenes satelitales.

Slide v.6.0: utilizado en el análisis de estabilidad.

#### 3.4.8. Procedimiento y técnicas de recolección de datos

La investigación se ha desarrollado en etapas las que se detallan a continuación:

##### *Etapas Preliminares:*

Se realiza el reconocimiento de la zona, así como la preparación de imágenes satelitales, y planos topográficos, así como la revisión de investigaciones precedentes.

##### *Reconocimiento general:*

En esta etapa se realiza la caracterización de la geología (unidades litoestratigráficas), geomorfología (pendientes), hidrología e hidrogeología.

#### *Evaluación de condiciones de estabilidad:*

Para las posibles zonas críticas, se realiza la evaluación geomecánica de taludes y laderas en la que se realiza con la recolección de información en formatos y la toma de muestras para la obtención de los parámetros resistentes de suelos y materiales.

Para los movimientos de ladera, se describe el tipo de movimiento, el material, dimensiones, estado de actividad, contenido de agua.

#### *Cálculo de parámetros resistentes de los materiales*

A través del software Roc Data v.4.0 realizamos el cálculo de los parámetros resistentes para suelos y Formaciones Geológicas, usando los Criterios de Rotura de Mohr Coulomb, para el análisis se sintetiza la información a través de la tabla 9.

Tabla 9. Propiedades geomecánicas para suelos

<b>Mohr- Coulomb Criterio</b>	
Cohesión	( $c$ )
Fricción	( $\Phi$ )
Resistencia a la compresión uniaxial	( $\sigma_c$ )
Resistencia a la tracción	( $\sigma_t$ )
Alfa	( $\alpha$ )

#### *Análisis de Estabilidad*

Con los datos de campo y los parámetros resistentes antes calculados y procedentes del ensayo de Corte directo se procede al análisis de estabilidad, donde a través del software Slide v.6.0, que utiliza el método de Equilibrio límite en el análisis, se modela un diagrama donde queda representada la geometría del talud/ ladera a tratar, así queda determinado el mecanismo de falla cuando el análisis se realiza para movimientos en masa y el factor de seguridad.

## Mecanismos asociados a la inestabilidad del talud

Tabla 10. Factores Condicionantes de Estabilidad y Desencadenantes.

Código Talud /ladera	Presencia de movimiento	Pendiente	Factor condicionante	Factor desencadenante
	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Movimiento en masa activo o inactivo.</li><li>▪ Zona crítica.</li><li>▪ Zona estable o sin movimiento.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Baja</li><li>▪ Baja-media</li><li>▪ Moderada-alta</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Factor Litológico</li><li>▪ Factor Geomecánico</li><li>▪ Factor Geomorfológico</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Precipitaciones</li><li>▪ Infiltración</li><li>▪ Sismicidad</li></ul>

Fuente. Modificado de González de Vallejo. 2004 e Ingemmet.

### 3.5. GEOMORFOLOGÍA

Las formas que ha tomado el relieve en la zona de estudio han sido modeladas por los procesos geológicos y superficiales a lo largo del tiempo geológico, caracterizando el área la presencia de lomadas y colinas en rocas de origen sedimentario, disectadas por ríos y quebradas, donde los agentes geológicos, ciclos erosivos y fluviales han dado forma a los paisajes y a la actual configuración geomorfológica.

#### 3.5.1. Unidades Morfogenéticas

El área de estudio ha sido clasificada en unidades morfogenéticas, entendiendo la morfogénesis como “el estudio del origen, desarrollo y evolución de las formas de los paisajes terrestres” (Dávila, 2011). Las características morfogenéticas que clasifica el terreno de acuerdo a la pendiente (Rodríguez, 2016) que divide el terreno en 4 clases:

##### 3.5.1.1. Planicies

Comprende terrenos de pendiente suave de 0- 8°, las planicies encontradas en el área tienen una topografía ligeramente ondulada y están manifestadas al margen del río Huangá, constituyen terrazas aprovechadas para la agricultura y ganadería, comprendiendo depósitos aluviales. Durante los meses de noviembre hacia abril se ven afectadas por precipitaciones.



Foto 1. Terrazas formadas en el recorrido del río Huanga. 817424-E, 9188833-N.

### 3.5.1.2. Lomada o colinas.

Presentan pendientes de 8- 20°, se evidencian en las zonas bajas del Caserío Las Chamanas, de topografía ondulada y pequeñas elevaciones.



Foto 2. Lomadas de 10°- 12° de pendiente utilizadas en productividad agrícola. 817940- E, 9189271- N.

### 3.5.1.3. *Laderas.*

Constituyen pendientes fuertes de 20- 50°, véase Foto 3, que por procesos de intemperismo y el agua, han sido erosionadas creando escarpes y drenando las laderas, modelando el terreno, ocasionando zonas inestables, de deslizamientos y derrumbes cuanto más pronunciada sea la pendiente.



Foto 3. Laderas con pendientes pronunciada >35°. 817269-E, 9188800-N.

### 3.5.1.4. *Escarpes*

Denota una fuerte pendiente desde los 50° a más, véase Foto 4, modelados por agentes externos, donde se evidencia la erosión y caída de material, derrumbes, flujo de detritos y constantes movimientos de material. Clase menos extendida en el área de estudio.

El estudio de la pendiente del terreno es un parámetro de gran importancia en la evaluación de movimientos en masa puesto que es un factor condicionante y dinámico de la generación de estos movimientos. En el Plano P-03 se evidencia la distribución de pendiente del terreno, diseñado teniendo como base el modelo de elevación digital DEM de 12.5 m de resolución (Alos Palsar de Alaska Satellite Facility) y procesado mediante el software ArcGIS v.10.4.





Foto 4. Escarpes con pendientes altas y pronunciadas, elevaciones de 2800 m.s.n.m. 817718- E, 9188725-N.

### 3.5.2. Unidades Geomorfológicas

Las unidades geomorfológicas han sido clasificadas de acuerdo a la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a relieve, procesos de erosión, denudación y sedimentación (Vílchez, et al., 2019) (Ingemmet), Plano P-04, así se diferencian las siguientes unidades:

#### 3.5.2.1. Colinas y lomadas en roca sedimentaria

Están conformadas por el afloramiento de rocas sedimentarias de origen lacustre de las Formaciones Cajabamba y Condebamba que por el componente litológico y denudativo son constantemente erosionadas. Tienen pendientes moderadas a fuertes. Se ubican en los Caseríos Las Chamanas y Montesorco y representan la unidad de mayor amplitud en el área.

Geodinámicamente se asocian a la ocurrencia de procesos de flujo de detritos, deslizamientos y derrumbes cuando las secuencias sedimentarias se encuentran alteradas y poco consolidadas. Las lomadas, tienen cimas redondeadas y alargadas, que sirven de zonas de cultivo en altitudes de 2620 m.s.n.m.

### 3.5.2.2. Terrazas aluviales

Están conformadas por depósitos aluviales contiguas al curso de Río Huanga y quebradas sobre estos terrenos se desarrollan actividades agrícolas y ganaderas, por la topografía plana y aportes de agua.



Foto 5. Relieve colinado, laderas en rocas sedimentarias del Pleistoceno, terrazas contiguas al Río Huanga. 817122- E, 9188726- N.

### 3.5.2.3. Pie de monte coluvio deluvial

Consta de la interestratificación de materiales de origen coluvial y deluvial. Se encuentra acumulada al pie de laderas resultado de procesos de meteorización y erosión.

Los depósitos coluviales están conformados por bloques rocosos heterométricos y de litología homogénea en predominancia areniscosos, acumulados al pie de taludes y laderas escarpados, en forma de conos. Gradan de clastos grandes en la base y pequeños en el ápice, son sueltos y conforman taludes de reposo poco estables. Los agentes formadores son el intemperismo, las precipitaciones, la gravedad, movimientos sísmicos, derrumbes y vuelcos. Los depósitos deluviales se caracterizan por suelos finos y arcillas areno limosas con pequeños fragmentos rocosos. Se sitúan y cubren en las laderas de los cerros. El principal agente formador son las precipitaciones pluviales que remueven los detritos en un

recorrido corto. Entre otros agentes están los procesos de erosión de suelos, la gravedad, el viento y la reptación de suelos.



Foto 6. Pie de monte, depósitos coluvio deluviales producto de la erosión de laderas. 817888-E, 9189314-N.

#### 3.5.2.4. Valle fluvial

El curso del río Huanga ha ido erosionando y abriéndose paso formando valles en forma de V, erosionando la base de laderas y formando escarpes.



Foto 7. Río Huanga, se puede apreciar el valle fluvial que deja en su curso. 817154-E, 9188752-N

### 3.5.2.5. Cárcavas

Producidas por la presencia de rocas fácilmente erosionables como arcillas, limolitas y areniscas finas ante precipitaciones pluviales, el agua arrastra los sedimentos, se concentran en zonas de poca o escasa vegetación y fuerte pendiente. Contiguos al río Huanga y quebradas.



Foto 8. Erosión de cárcavas. 818083- E, 9189251-N.

## 3.6. GEOLOGÍA REGIONAL

La geología ha sido desarrollada teniendo como base el Boletín N° 31 Serie A de la carta Geológica Nacional de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba y el mapa A-31- Mapa 02 – San Marcos – 15 G a escala 1:100 000 (Ingemmet, 1980), complementando la información con imágenes satelitales, modelos de elevación digital y observaciones de campo.

La geología de la provincia de San Marcos está caracterizada por rocas sedimentarias tanto continentales y marinas depositadas desde el Jurásico hasta el Cretáceo, así como Formaciones lagunares del Neógeno y depósitos Cuaternarios. Entre las Formaciones que afloran tenemos el Grupo Pucará, Formación Chicama, el Grupo Goyllarizquizga, Formación Inca, Formación Chúlec, Formación Pariatambo, Formación Yumagual, Formaciones Quilquiñam y Mujarrun, Formación Cajamarca, Formación

Celendín, Formación Chota, el Grupo Calipuy, el Volcánico Huambos, Formación Cajabamba, Formación Condebamba y depósitos lagunares, glaciares, aluviales y fluviales.

### **3.7. GEOLOGÍA LOCAL**

Como evidencia la Geología Histórica, un largo periodo de peneplanización cíclica se dio desde el Oligoceno 33.9 M.a hacia el Plioceno 3.6 M.a, se inicia en forma cíclica el cuarto movimiento deformativo del Ciclo Andino (epirogenético) dando como resultado varias superficies de erosión entre las que destaca la superficie Puna de 4200 m.s.n.m, lo que significó un ascenso de más de 3000 m.s.n.m. desde su posición original lo que produjo la profundización de valles dando a los andes una topografía accidentada; en este periodo de ascensión, el Volcánico Huambos y sedimentos lacustres en las cuencas continentales ( Formación Cajabamba) cubrieron y rellenaron parte de la superficie. Posterior a ello la glaciación Plio- Pleistocénica acumuló por acción fluvial, sedimentos de origen fluvio-glacial (Formación Condebamba ) en lagunas y partes bajas y . depósitos del Cuaternario coluviales, deluviales, fluviales y aluviales. (Reyes, 1980). Ver Plano P-05.

Se depositaron en un extenso lago donde en la parte más profunda de la cuenca se depositaria la Formación Cajabamba y en la periferia, la Formación Condebamba.

#### **3.7.1. Unidades Litoestratigráficas**

Las unidades Litoestratigráficas que afloran son principalmente de origen sedimentario lagunar, destacando las Formaciones Cajabamba y Condebamba y depósitos del cuaternario reciente coluvio- deluvial, coluvial, aluvial y fluvial.

##### **3.7.1.1. Formación Cajabamba (Nm-cjb).**

La edad asignada para esta formación de ambiente lacustre data al Mioceno inferior a medio (Reyes, 1980). Litológicamente consta de arenas limosas, arcillolitas, lodolitas y hacia el techo aumenta el contenido arenoso, pasando muchas veces a un conglomerado fino. Infrayace a la Formación Condebamba con discordancia erosional subparalela y suprayace con discordancia angular a las Formaciones Cretácicas y Jurásicas. La presencia de diatomitas también es característico de esta formación. Geográficamente se extiende

ampliamente en la zona de estudio siendo visible en las laderas contiguas al río Huanga y Quebrada Uñigan. En la Foto 9 se puede apreciar la litología de la Formación Cajabamba que consta de arenas limosas, pardo amarillentas de espesor 30 cm, cuyos estratos tienen dirección N350° y buzamiento 2°.



Foto 9. Formación Cajabamba, arenas limosas hacia el techo de la formación, 818015- E, 9188649- N.



Foto 10. Limolitas verde parduzcas. 817048-E, 9189075-N.



Figura 9. Arcillolitas blancuecinas en intercalación con arenas limosas y conglomerado fino. 817048-E, 9189075-N.

### 3.7.1.2. Formación Condebamba (N-con)

Formación de edad asignada al Plioceno superior y Pleistoceno (Reyes, 1980). Litológicamente consiste de intercalaciones de conglomerado fino hacia la base gradando hacia arriba en un conglomerado grueso de clastos redondeados y sub-redondeados, con mayormente de cuarcitas en matriz arenosa, con espesor de hasta 60 cm y capas de arenas y hacia el techo la presencia de arcillas rojizas. Subyace con discordancia leve a los depósitos cuaternarios. Extensamente desarrollada en el Caserío de Montesorco.

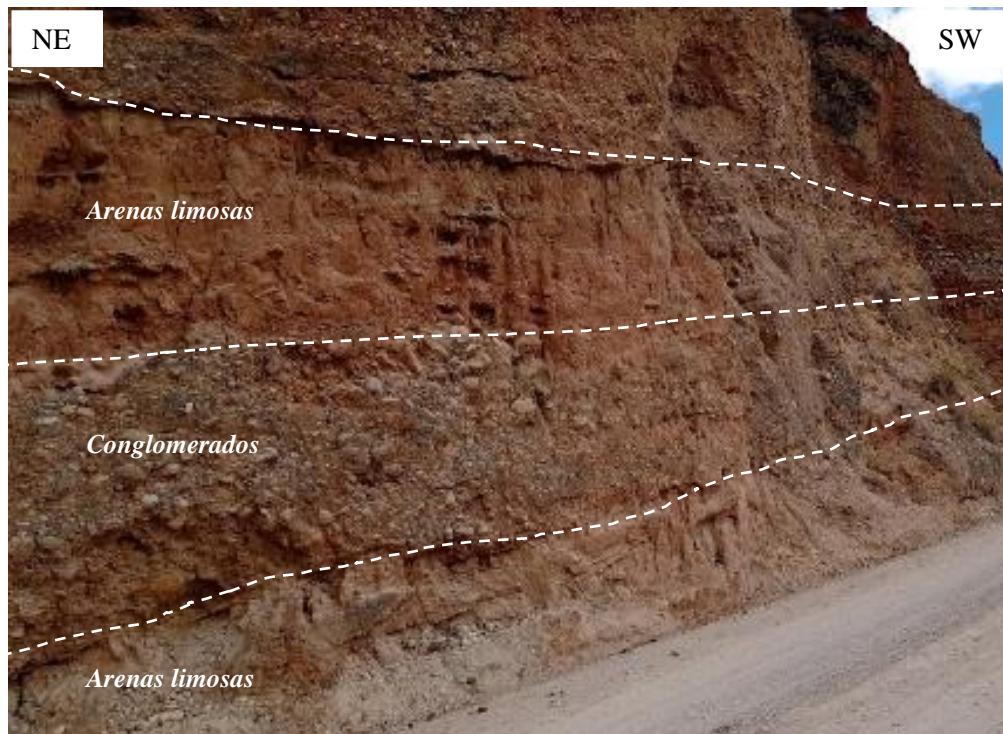


Foto 11. Arenas limosas, en intercalación con conglomerados de clastos de arenisca redondeados, en matriz areno limosa. 817781- E, 9188672- N.

### 3.7.1.3. Depósitos cuaternarios

Estos depósitos provienen de las Formaciones circundantes y se generan a partir de la meteorización y erosión que los agentes externos han ido produciendo a lo largo del tiempo geológico. Así tenemos:

- Depósitos coluvio- deluviales (Qh-cl/dl). Matriz compuesta por finos limo arcillosos y arenosos con fragmentos de arenisca angulares a subangulares producto de la meteorización de rocas sedimentarias, acción de la gravedad y aguas de escorrentía, localizados al pie de laderas de forma caótica.
- Depósitos coluviales (Qh-cl). Consisten de clastos angulosos a subangulosos mal clasificados y con poca o nula compactación, además de material orgánico. Están presentes debido a la erosión de laderas, al pie de taludes escarpados.
- Depósitos aluviales (Qh-al). Litológicamente consiste en arcillas, arena, gravas, cantos y bloques, redondeados bien seleccionados variando la densidad de los materiales, semiconsolidadas. Son producto de material transportado y depositado por el agua en



las quebradas y ríos, Constituyen terrazas de productividad agrícola y ganadera. Susceptibles a erosión fluvial.

- Depósitos fluviales (Qh- fl). Se encuentra ubicados en los cauces del río Huanga, son redondeados y heteromicticos, gravas y arenas mal seleccionada en matriz limo arcillosa.

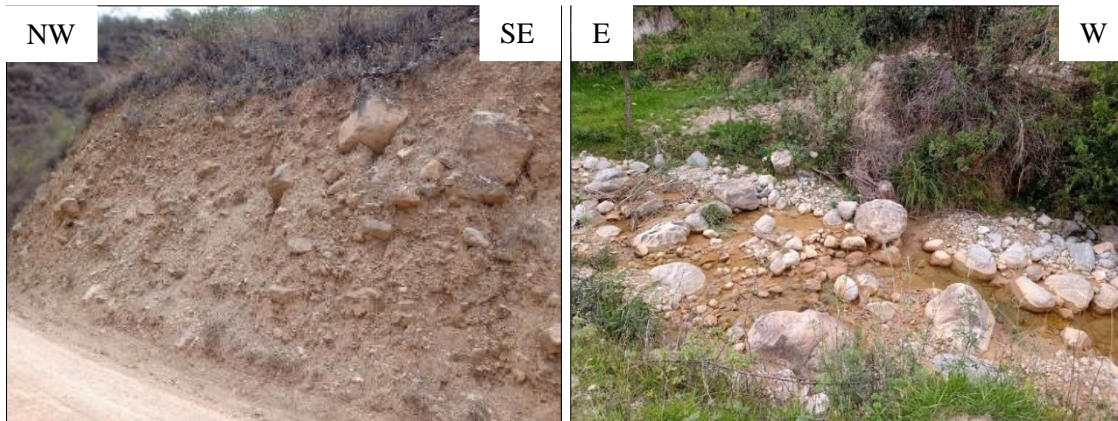


Foto 12. (a) Depósitos coluvial- deluviales producto de la erosión de las formaciones geológicas circundantes. 817166- E, 9189114- N. (b) Depósito fluvial, contiguo a depósitos aluviales conformando terrazas, Rio Huanga. 817822- E, 9189084- N.

Tabla 11. Unidades Litoestratigráficas

Era	Sistema	Serie	Unidad Litoestratigráfica	Abreviatura
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Depósitos coluviales	Qh-cl
			Depósitos fluviales	Qh-fl
			Depósitos aluviales	Qh-al
		Pleistoceno	Fm. Condebamba	N-con
		Neógeno	Mio -Plioceno	Fm. Cajabamba

### 3.7.2. Geología Estructural

#### 3.7.2.1. Fallas

La Formación Condebamba ha sido afectada por reactivaciones de fallas preexistentes, lo que ha generado flexuras, desplazamientos y erosión. En la carretera hacia el Caserío Montesorco se observa el cambio de litología, izquierda Formación Cajabamba

con una intercalación de arenas de grano fino con delgados niveles de limolitas y arcillitas blanquecinas y bruscamente el cambio de litología a conglomerados de cuarcita en intercalación con areniscas limosas como se puede apreciar en la Foto 13, cuya orientación es SE- NW. La Formación Cajabamba tiene azimut N 357° y buzamiento de 36°, la Formación Condebamba, azimut N350° y buzamiento 2°.



Foto 13. Falla Normal, con dirección NW- SE. 817797- E, 9188690- N.

### 3.7.2.2. Plegamientos

La Formación Cajabamba presenta pliegues relacionados a fallas inversas situadas a ambos lados de sus afloramientos, de manera que estos han incidido para su acomodo por gravedad sumado a ello la plasticidad del material componente de su litología.



Foto 14. Arcillolitas plegadas. 817804- E, 9188976- N.

### 3.8. HIDROLOGÍA

Hidrográficamente la zona de estudio está drenada por el río Huanga de dirección NE- SW y la quebrada Uñigan de dirección NE- SW tributaria del río Huanga (ver Plano P-01) pertenecientes a la microcuenca Cascasén, además de la presencia de otras quebradas de menor longitud. El río Huanga, que drena la zona se caracteriza por presentar avenidas máximas en los periodos de mayores precipitaciones de octubre a mayo y con caudal reducido en el periodo de estiaje, que comprende el periodo junio hacia setiembre.

La precipitación pluvial representa una variable detonante en el análisis de estabilidad de laderas y movimientos en masa (Rodríguez, 2016) por ello para comprender los efectos de las lluvias sobre las unidades Litoestratigráficas se obtuvo los datos de precipitación de la Estación San Marcos de altitud 2287 m.s.n.m. (H), por periodo de años desde el 2017 al 2023 (6 ciclos) como se detalla en la Tabla 14.

Tabla 12. Ubicación de la Estación Metereológica San Marcos

Estación Metereológica San Marcos		
Provincia:	SAN MARCOS	Distrito: PEDRO GALVEZ
Longitud:	78°10'21.72"	Altitud: 2287 m.s.n.m..

Fuente: Tomado de Senamhi (2024)

#### 3.8.1. Transposición de Datos de Precipitación de la Estación Metereológica San Marcos a la microcuenca Cascasén.

Se realiza la transposición de datos a través de la Ecuación de Oswald, obteniendo el Factor de Transposición  $F_t = 1.31$  (ver Tabla 13), hacia la microcuenca Cascasén donde pertenece el área de investigación, la altura media de la microcuenca fue calculada mediante los Parámetros geomorfológicos de cuencas utilizando el software ArcGis v.4.0 siendo 3002.62 m.s.n.m. (H1). Finalmente, el factor  $F_t$  se multiplicó por cada valor de precipitación de la Estación Metereológica resultando en los valores de precipitación para el área de investigación, dados por la Tabla 15.

La ecuación de Oswald es la siguiente:

$$PP = \frac{H}{H1} * PP1$$

Tabla 13. Cálculo de Factor de Transposición

CÁLCULO DE FACTOR DE TRANSPOSICIÓN DE PRECIPITACIONES Estación San Marcos- a la Zona Las Chamanas- Montesorco (Ecuación de Oswald)						
Zona Las Chamanas- Montesorco	Precipitación a la altitud H	<b>PP</b>	130.90	mm		
Estación San Marcos	Precipitación a la altitud H1	<b>PP1</b>	99.70	mm		
Zona Las Chamanas- Montesorco	Altitud media de la zona Las Chamanas- Montesorco	<b>H</b>	3002.62	m.s.n.m		<i>PP1 en enero 2018: 99.7 mm</i>
Estación San Marcos	Altitud media de la Estación San Marcos	<b>H1</b>	2287	m.s.n.m		
Factor de Transposición		<b>Ft</b>				<b>1.31</b>

Fuente. Formato de Rodríguez (2016), Datos del tesista

El resultado de las precipitaciones transpuestas se sintetiza mediante un gráfico de líneas en Excel por ciclo de precipitación tomando desde el mes de junio a diciembre del año anterior y de enero a mayo del año posterior, esta metodología sugerida por Rodríguez (2016), muestra de manera didáctica la tendencia de precipitaciones (Ver Figura 10 y 11)

Para comprensión de las gráficas de líneas, se define la Línea de Precipitación Referencial Conservadora (LPRC) ya que proporciona un valor límite hacia arriba y permite analizar el comportamiento de las curvas de precipitación mensual (Rodríguez, 2016). La LCRP se calcula mediante la sumatoria del Promedio de Precipitaciones anuales desde el 2017- 2023 ( $x= 90.73$ ) más la desviación estándar de dichos promedios  $DS= 13.52$  (ver Tabla 16), totalizando 104.26. Para efectos de manipulación de datos se castigó con el 4% de error, resultando la  $LCRP = 100.26$ , la que se representó en las gráficas con color azul. Analizando los gráficos de líneas vemos como hay dos épocas bien definidas, la de mayores precipitaciones pluviales que corresponde a los meses desde octubre hacia abril que

representa el 90.70% de precipitaciones entre los años 2017- 2023 y los de menores o escasa precipitaciones de mayo- setiembre con 9.3 (Ver Figuras 10 y 11).

### 3.8.2. Esgurrimiento e Infiltración

La infiltración es la variable externa de mayor importancia ya que afecta los parámetros geomecánicos como la cohesión y el ángulo de fricción de los materiales cuando ingresa por la porosidad primaria y secundaria, probable responsable de los eventos geodinámicos antiguos y activador de los futuros eventos (Rodríguez, 2016).

A través de la Tabla 17, del Balance Hidrológico, la Precipitación Efectiva o Esgurrimiento (Pe en mm) y la infiltración (F en mm), son parámetros que se obtienen a través de los datos de Precipitación antes calculados, además de hallar los volúmenes de infiltración en el área de investigación (VF), Huamán y Rodríguez (2010), sostienen que el coeficiente de esgurrimiento es igual a 0.65 en razón de la presencia de suelos arcillosos y franco arcillosos limosos.

Fórmulas para el cálculo:

$$PP = Pe + F$$

Donde:

PP: Precipitación Total

Pe: Precipitación Efectiva o Esgurrimiento

F: Infiltración

Esgurrimiento o Coeficiente de Esorrentía:

$$C = Pe / PP = 0.65$$

Coeficiente de Infiltración:  $C_i = 1 - C = 0.35$  (cálculos según Huamán, F. 2010)

Tabla 14. Datos de Precipitación tomados de la Estación Metereológica San Marcos

DATOS RECOGIDOS DE PRECIPITACIÓN ESTACIÓN SAN MARCOS												
	AÑO ANTERIOR							AÑO POSTERIOR				
CICLO DE PRECIPITACIÓN	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
PRECIPITACIÓN 2017-2018	0.0	0.0	18.6	36.5	149.6	36.9	166.0	99.7	114.1	91.1	63.3	81.9
PRECIPITACIÓN 2018-2019	0.3	0.0	0.0	27.4	99.1	128.2	90.5	45.1	142.0	304.3	83.0	18.9
PRECIPITACIÓN 2019-2020	0.0	0.0	0.0	11.2	71.9	101.5	187.1	78.5	51.4	111.0	70.4	20.7
PRECIPITACIÓN 2020-2021	1.3	47.1	0.0	7.9	14.2	59.3	151.2	140.1	35.8	186.0	78.9	37.2
PRECIPITACIÓN 2021-2022	14.7	0.9	18.5	16.9	123.1	139.7	125.4	127.6	133.7	226.9	64.2	10.2
PRECIPITACIÓN 2022-2023	28.9	2.1	0.0	26.0	54.3	4.2	102.4	165.3	97.5	120.5	78.2	35.3

Tabla 15. Transposición de Datos de Precipitación a la Zona Las Chamanas y Montesorco

TRANSPOSICIÓN DE PRECIPITACIÓN ESTACIÓN SAN MARCOS A LA ZONA LAS CHAMANAS – MONTESORCO												
	AÑO ANTERIOR							AÑO POSTERIOR				
CICLO DE PRECIPITACIÓN	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
PRECIPITACIÓN 2017-2018	0.0	0.0	24.4	47.9	196.4	48.4	217.9	130.9	149.8	119.6	83.1	107.5
PRECIPITACIÓN 2018-2019	0.4	0.0	0.0	36.0	130.1	168.3	118.8	59.2	186.4	399.5	109.0	24.8
PRECIPITACIÓN 2019-2020	0.0	0.0	0.0	14.7	94.4	133.3	245.6	103.1	67.5	145.7	92.4	27.2
PRECIPITACIÓN 2020-2021	1.7	61.8	0.0	10.4	18.6	77.9	198.5	183.9	47.0	244.2	103.6	48.8
PRECIPITACIÓN 2021-2022	19.3	1.2	24.3	22.2	161.6	183.4	164.6	167.5	175.5	297.9	84.3	13.4
PRECIPITACIÓN 2022-2023	37.9	2.8	0.0	34.1	71.3	5.5	134.4	217.0	128.0	158.2	102.7	46.3

Tabla 16. Análisis estadístico de precipitaciones transpuestas y cálculo de la LCRP

TRANSPOSICIÓN DE PRECIPITACIÓN ESTACIÓN SAN MARCOS A LA ZONA LAS CHAMANAS - MONTESORCO																
CICLO DE PRECIPITACIÓN	AÑO ANTERIOR							AÑO POSTERIOR					TOTAL PP ANUAL	PROMEDIO PP ANUAL	PP TOTAL (OCT-ABR)	%PP TOTAL (OCT-ABR)
	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY				
PRECIPITACIÓN 2017-2018	0.0	0.0	24.4	47.9	196.4	48.4	217.9	130.9	149.8	119.6	83.1	107.5	1126.08	93.84	946.21	84.03
PRECIPITACIÓN 2018-2019	0.4	0.0	0.0	36.0	130.1	168.3	118.8	59.2	186.4	399.5	109.0	24.8	1232.56	102.71	1171.38	95.04
PRECIPITACIÓN 2019-2020	0.0	0.0	0.0	14.7	94.4	133.3	245.6	103.1	67.5	145.7	92.4	27.2	923.89	76.99	882.01	95.47
PRECIPITACIÓN 2020-2021	1.7	61.8	0.0	10.4	18.6	77.9	198.5	183.9	47.0	244.2	103.6	48.8	996.50	83.04	873.74	87.68
PRECIPITACIÓN 2021-2022	19.3	1.2	24.3	22.2	161.6	183.4	164.6	167.5	175.5	297.9	84.3	13.4	1315.27	109.61	1234.92	93.89
PRECIPITACIÓN 2022-2023	37.9	2.8	0.0	34.1	71.3	5.5	134.4	217.0	128.0	158.2	102.7	46.3	938.34	78.19	817.15	87.09

	AÑO ANTERIOR							AÑO POSTERIOR					TOTAL PP ANUAL	PROMEDIO PP ANUAL
	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY		
PROMEDIO	9.9	11.0	8.1	27.5	112.1	102.8	180.0	143.6	125.7	227.5	95.8	44.7	1088.77	90.73
MEDIANA	1.1	0.6	0.0	28.2	112.3	105.6	181.6	149.2	138.9	201.2	97.5	36.8	1061.29	88.44
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	15.7	24.9	12.6	14.3	64.2	70.4	49.3	57.5	57.2	107.7	10.8	33.6	162.30	13.52
MÁXIMO	37.9	61.8	24.4	47.9	196.4	183.4	245.6	217.0	186.4	399.5	109.0	107.5	1315.27	109.61
MÍNIMO	0.0	0.0	0.0	10.4	18.6	5.5	118.8	59.2	47.0	119.6	83.1	13.4	923.89	76.99

Línea de Precipitación Referencial Conservadora:  $(X) + (DS) * 4\% = 100.26$

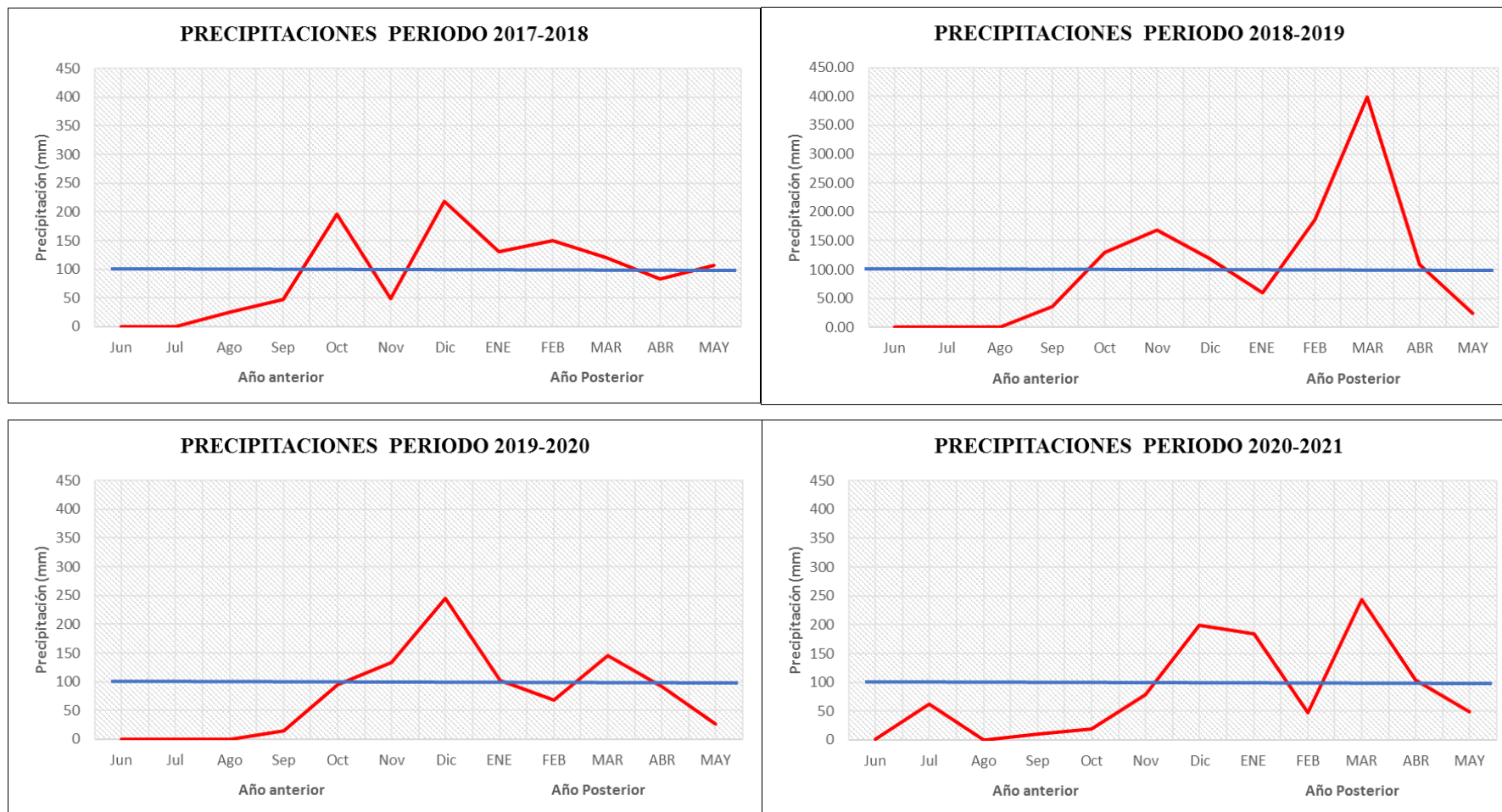


Figura 10. Curvas de Precipitación durante los años 2017 - 2021



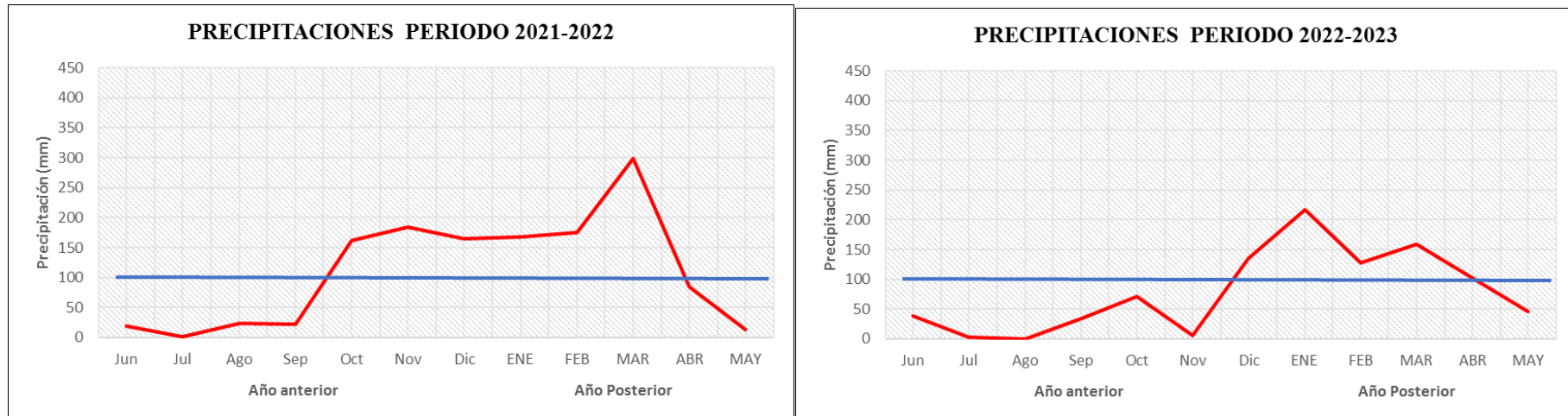


Figura 11. Curvas de Precipitación durante los años 2021- 2023

Tabla 17. Balance Hidrológico

BALANCE HIDROLÓGICO									
SUBCUENCA RIO CASCASEN									
		1	2	3=1*2	4=1-3	5=4/1000	6=5*Asc	7=6/1'000,000	8=7*100/261.96
		PP	C	Pe	F	F	VF	VF	%
		C=Pe/PP		Pe=C*PP	F=PP-Pe	F=PP-Pe	VF=F*Asc	VF=F*Asc	%
		mm		mm	mm	m	m3	MMC	%
CICLOS DE PRECIPITACIÓN EN AÑOS	NÚMERO DE AÑOS POR CICLO	PRECIPITACIÓN TOTAL (PP)	COEF. ESCORRENTIA (C)	PRECIPITACIÓN EFECTIVA O ESCURRIMIENTO (Pe)	INFILTRACIÓN (F)	INFILTRACIÓN (F)	VOLÚMEN DE INFILTRACIÓN (VF)	VOLÚMEN DE INFILTRACIÓN (VF)	% PARCIAL DE LA PRECIPITACIÓN TOTAL
2017-2018	1	1,126.08	0.65	731.95	394.13	0.39	45,155,283.78	45.16	17.23
2018-2019	1	1,232.56	0.65	801.16	431.40	0.43	49,424,950.93	49.42	18.86
2019-2020	1	923.89	0.65	600.53	323.36	0.32	37,047,654.42	37.05	14.14
2020-2021	1	996.50	0.65	647.72	348.77	0.35	39,959,030.42	39.96	15.25
2021-2022	1	1,315.27	0.65	854.93	460.34	0.46	52,741,708.39	52.74	20.13
2022-2023	1	938.34	0.65	609.92	328.42	0.33	37,626,770.80	37.63	14.36
Total	6.00	6532.64	0.65	4246.21	2286.42	2.29	261955398.74	261.96	100
Asc	Área De La Subcuenca Del Rio Cascasen En Km2				114.57		261.96		100
	Área De La Subcuenca Del Rio Cascasen En m2				114570000				
Ainvest	Área De Investigación En Km2				1.5		3.43		1.31

MMC: millones de metros cúbicos

Fuente. Formato tomado de Rodríguez (2016)

### 3.9. HIDROGEOLOGÍA

En la clasificación hidrogeológica se utilizó la clasificación propuesta por INGEMMET (2009), así la zona de estudio presenta acuíferos porosos no consolidados y acuíferos porosos consolidados.

#### **Acuíferos porosos no consolidados con permeabilidad elevada**

Esta unidad está compuesta por sedimentos no consolidados, pertenecientes al cuaternario reciente. Presentan alta porosidad primaria y permeabilidad.

- Depósitos fluviales y aluviales. Depósitos porosos no consolidados distribuidos en los cauces, relleno de río, terrazas y llanuras aluviales.
- Depósitos coluviales/ deluviales. Ubicados en el pie de laderas productos de la constante erosión de las Formaciones Cajabamba y Condebamba.

#### **Acuíferos porosos semiconsolidados (permeabilidad media)**

Estos son de origen sedimentario lacustre, de litología arenas finas, limolitas, arcillolitas y conglomerados.

Tabla 18. Unidades Hidrogeológicas

Unidad	Tipo	Abreviatura	Periodo	Origen
Acuífero poroso no consolidado	Depósitos coluviales	Qh-cl	Cuaternario	Transportado
	Depósitos aluviales	Qh-al	Cuaternario	Transportado
	Depósitos coluvio deluviales	Qh-cl/dl	Cuaternario	Transportado
Acuífero poroso semiconsolidado	Formación Condebamba	N-con	Neógeno	Sedimentario lacustre
	Formación Cajabamba	Nm-cjb	Neógeno	Sedimentario lacustre

### 3.10. COMPORTAMIENTO GEOMECÁNICO

El comportamiento geomecánico es el resultado de una estrecha relación entre: las propiedades físico mecánicas de los materiales, sus características geológicas (litología,


estratigrafía, estructuras, estados de esfuerzo in situ, etc.) y los factores extrínsecos como las condiciones hidrogeológicas, ambientales, fenómenos meteorológicos que actúan sobre el medio geológico y dan lugar a los procesos de meteorización, modificando las propiedades iniciales de los macizos rocosos (González de Vallejo, 2002).

### 3.10.1. Propiedades Geomecánicas

Se ha realizado la caracterización de cada Unidad Litoestratigráfica a fin de encontrar las propiedades geomecánicas definiendo las propiedades físicas o índice, y los parámetros resistentes y tenso deformacionales, detalladas en la Tabla 53 (Anexo II), cuyas Gráficas de RocData v. 4.0 se presentan en el Anexo I.


Unidad I. Formación Cajabamba: Presencia de arenas limosas de grano fino (<0.2mm) de espesor 20- 30 cm, color pardo amarillento, además delgadas capas (< 5cm) de arcillolitas blanquecinas. Meteorización moderada.

Tabla 19. Propiedades físicas y geomecánicas de la Unidad I.

Propiedades Físicas		Ubicación
Peso específico seco ( $\gamma$ ):	19.5 kN/m <sup>3</sup>	817802-E, 9188748-N, 2555 m.s.n.m
Peso específico saturado ( $\gamma_{sat}$ ):	24 kN/m <sup>3</sup>	
Propiedades geomecánicas		
Criterio de rotura	Mohr Coulomb	
Cohesión ( $c$ )	0.006 MPa	
Fricción ( $\Phi$ )	30°	
Resistencia a la compresión uniaxial ( $\sigma_c$ )	0.02078 MPa	
Resistencia a la tracción ( $\sigma_t$ )	-0.006652 MPa	
Alfa ( $\alpha$ )	71.57°	

Unidad II. Formación Condebamba: Presencia de conglomerados clasto soportado de hasta 1m de espesor, clastos redondeados a subredondeados de areniscas y calcáreos en matriz arenosa, en intercalación con arenas limosas de espesor 70 cm. Meteorización moderada.

Tabla 20. Propiedades físicas y geomecánicas de la Unidad II

Propiedades Físicas		Ubicación	
Peso específico seco ( $\gamma$ ):	20 kN/m <sup>3</sup>	811792-E, 9188678-N, 2592 m.s.n.m	
Peso específico saturado ( $\gamma_{sat}$ ):	26 kN/m <sup>3</sup>	NE	SW
<b>Propiedades geomecánicas</b>			
Criterio de rotura	Mohr Coulomb		
Cohesión ( $c$ )	0.008 MPa		
Fricción ( $\Phi$ )	32°		
Resistencia a la compresión uniaxial ( $\sigma_c$ )	0.02886 MPa		
Resistencia a la tracción ( $\sigma_t$ )	-0.008329 MPa		
Alfa ( $\alpha$ )	72.92°		

Unidad III. Depósito coluvial. Comprende arenas, limos y gravas subredondeados desplazados por gravedad y depositadas in situ. Según la clasificación S.U.C.S (Según Tabla 02), es un suelo SW-SM (Arena bien graduada con grava y limos, gravas  $\geq 15\%$ ). Las Propiedades físicas y geomecánicas de la Unidad se describen en la Tabla 21.

Unidad IV. Depósito aluvial. Este depósito contiene materiales finos como arcillas, limos y arenas hasta gravas y bloques heterométricos de hasta 50 cm diámetro, los clastos son subredondeados de arenisca. Según la clasificación S.U.C.S (Según Tabla 02) es un suelo tipo GP-GM (Grava mal graduada con limo y arena,  $\geq 15\%$  de arenas). Las Propiedades físicas y geomecánicas de la Unidad se describen en la Tabla 22.

Unidad V. Depósito coluvio deluvial. Contiene sedimentos finos como arcillas y arenas con fragmentos pequeños de gravas (<3cm) que fueron removidos por agua de lluvia que se depositan y cubren las laderas. Los clastos se presentan subangulosos. Según la clasificación S.U.C.S (Según Tabla 02), nos encontramos con un suelo tipo SW-SC (Arena bien graduada con arcilla y grava o arcilla limosa y grava,  $\geq 15\%$  de grava). Las Propiedades físicas y geomecánicas de la Unidad se describen en la Tabla 23.

Tabla 21. Propiedades físicas y geomecánicas de la Unidad III


Propiedades Físicas		Ubicación
Peso específico seco ( $\gamma$ ):	19 kN/m <sup>3</sup>	817619E, 9189036N, 2469 m.s.n.m.
Peso específico saturado ( $\gamma_{sat}$ ):	24 kN/m <sup>3</sup>	
<b>Propiedades geomecánicas</b>		
Criterio de rotura	Mohr Coulomb	
Cohesión ( $c$ )	0.006 MPa	
Fricción ( $\Phi$ )	36°	
Resistencia a la compresión uniaxial ( $\sigma_c$ )	0.02355 MPa	
Resistencia a la tracción ( $\sigma_t$ )	-0.006114 MPa	
Alfa ( $\alpha$ )	75.45°	

Tabla 22. Propiedades físicas y geomecánicas de la Unidad IV



Propiedades Físicas		Ubicación
Peso específico seco ( $\gamma$ ):	19 kN/m <sup>3</sup>	817353 E, 9189117 N, 2507 m.s.n.m.
Peso específico saturado ( $\gamma_{sat}$ ):	24 kN/m <sup>3</sup>	
<b>Propiedades geomecánicas</b>		
Criterio de rotura	Mohr Coulomb	
Cohesión ( $c$ )	0.006 MPa	
Fricción ( $\Phi$ )	34°	
Resistencia a la compresión uniaxial ( $\sigma_c$ )	0.02257MPa	
Resistencia a la tracción ( $\sigma_t$ )	-0.006114MPa	
Alfa ( $\alpha$ )	74.21	

Tabla 23. Propiedades físicas y geomecánicas de la Unidad V

Propiedades Físicas		Ubicación
Peso específico seco ( $\gamma$ ):	18 kN/m <sup>3</sup>	817729- E, 9188726-N, 2546 m.s.n.m. 
Peso específico saturado ( $\gamma_{sat}$ ):	22 kN/m <sup>3</sup>	
Propiedades geomecánicas		
Criterio de rotura	Mohr Coulomb	
Cohesión ( $c$ )	0.006 MPa	
Fricción ( $\phi$ )	30°	
Resistencia a la compresión uniaxial ( $\sigma_c$ )	0.02078 MPa	
Resistencia a la tracción ( $\sigma_t$ )	-0.006114 MPa	
Alfa ( $\alpha$ )	71.57	

*Ensayo de laboratorio para suelos:*

Análisis granulométrico: Las muestras ensayadas en el laboratorio han sido clasificadas de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S), bajo las normas A.S.T.M D2487 y la norma Técnica A.A.S.H.T.O M 145.

Límites de Atterberg: la muestra se analizó bajo la temperatura de secado de 60°C y el tipo de material es el que pasa malla N°40.

Contenido de Humedad y Densidad húmeda y seca (Método volumétrico): Las muestras han sido secadas en espacio de 16 horas a la temperatura de 110°C. Para la estimación de densidad se utilizó el molde para densidad descrito en el gráfico (Ver Anexo III) y sus dimensiones.

Tabla 24. Ensayo de laboratorio para muestra 01

Clasificación S.U.C.S	SM: Arena limosa, color marrón oscuro, mezclada con 47.64% de partículas finas menores que 0.075mm.	Porcentajes (%)		
		Grava	0.00	
		Arena gruesa	22.20	
		Arena fina	30.16	
		Finos	47.64	
<b>Límites de Atterberg</b>				
Límite Líquido	LL: Según gráfico	34 %		
Límite Plástico	LP: Humedad Promedio	26.17%		
Índice de plasticidad	IP= LL-LP	8%		
<b>Contenido de Humedad</b>				
7.9%				
<b>Densidad húmeda</b>		<b>Densidad seca</b>		
1.691 g/cm <sup>3</sup>		1.576 g/cm <sup>3</sup>		
Realizando las conversiones:		Realizando las conversiones:		
Peso específico saturado ( $\gamma_{sat}$ ): 16.583 kN/m <sup>3</sup>		Peso específico seco ( $\gamma$ ): 15.455kN/m <sup>3</sup>		
<b>Ensayo de corte directo</b>				
Espécimen	Esfuerzo normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo de corte (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cohesión (c)	Fricción ( $\Phi$ )
1	0.5	0.332	0.125 kg/cm <sup>2</sup> o	22.49°
2	1.0	0.543	12.258 kN/m <sup>2</sup>	
3	2.0	0.953		

Tabla 25. Ensayo de laboratorio para muestra 02

Clasificación S.U.C.S	SM: Arena limosa, color amarillento, mezclada con 25.24% de partículas finas menores que 0.075mm.	Porcentajes (%)		
		Grava	0.00	
		Arena gruesa	26.58	
		Arena fina	48.18	
		Finos	25.24	
<b>Contenido de humedad</b>				
2.29%				
<b>Ensayo de densidad</b>				
Densidad húmeda		Densidad seca		
1.713 g/cm <sup>3</sup>		1.675 g/cm <sup>3</sup>		
Realizando las conversiones:		Realizando las conversiones:		
Peso específico saturado ( $\gamma_{sat}$ ): 16.779 kN/m <sup>3</sup>		Peso específico seco ( $\gamma$ ): 16.426 kN/m <sup>3</sup>		
<b>Ensayo de corte directo</b>				
Espécimen	Esfuerzo normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo de corte (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cohesión (c)	Fricción ( $\Phi$ )
1	0.5	0.280	0	29.23
2	1.0	0.564		
3	2.0	1.119		



### 3.11. ESTABILIDAD DE TALUDES Y LADERAS

El análisis de estabilidad se ha realizado siguiendo los siguientes lineamientos:

- Criterios de rotura: Mohr Coulomb
- Métodos de análisis de estabilidad: Equilibrio Límite  
Se ha utilizado los métodos de análisis Bishop Simplificado (1955) ya que es una forma práctica de entender el comportamiento de los materiales solo con el estudio de equilibrio de momentos, es más conservador y el método Morgenstern y Price (1965) que basa el análisis en el equilibrio de momentos y fuerzas.
- Tipo de superficie de falla: circular, método de búsqueda Auto Refine Search
- Análisis Pseudoestático: Para el análisis se calcularon los coeficientes sísmicos horizontal y vertical considerando la Zona sísmica 3 con Factor de Zona 0.35, a la cual pertenece la zona de estudio según la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) realizada por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018), mediante el software Load Cap como se muestra en la Tabla 26 y la Figura 12.

Tabla 26. Cálculo de coeficientes sísmicos horizontal y vertical

<b>Coeficientes sísmicos horizontal y vertical</b>	
Zona sísmica	3
Máxima aceleración sísmica	0.35
Coefficiente de ampliación topográfica	1.2
Perfil estratigráfico del terreno	C =1.25
Coefficiente sísmico horizontal	<b>kh= 0.263</b>
Coefficiente sísmico vertical	<b>kv= 0.132</b>

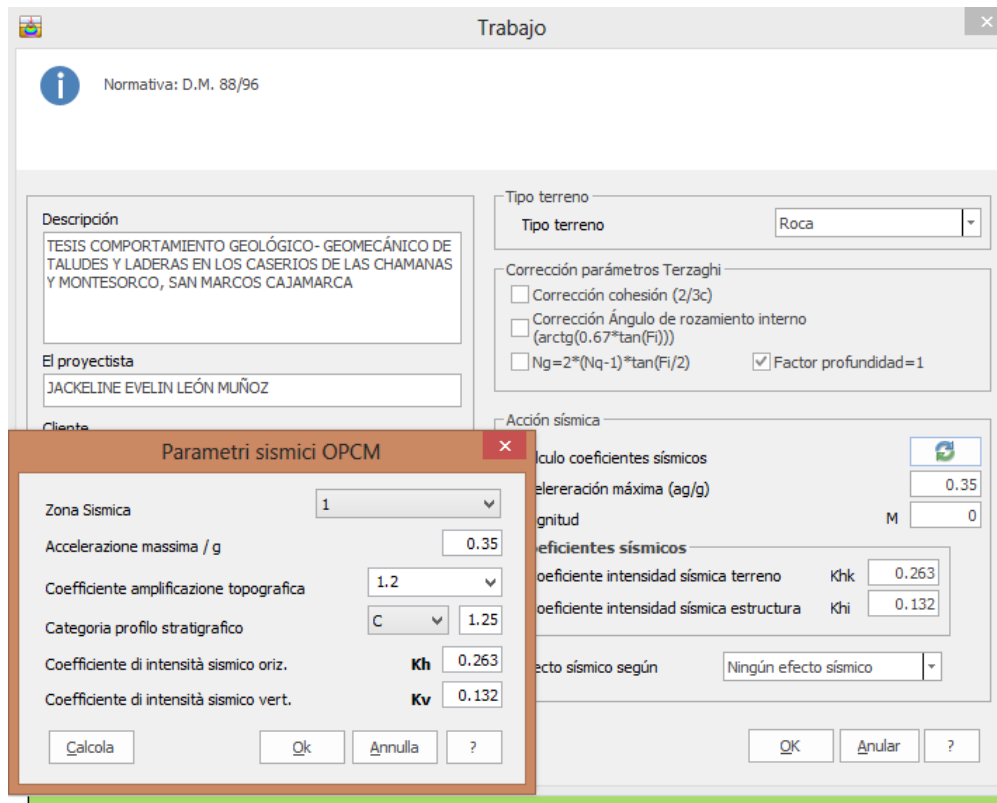


Figura 12. Cálculo de coeficientes sísmicos con Load Cap

- Escenarios de análisis: Teniendo en cuenta 4 escenarios, bajo los cual se analizó cada estación y perfil.

Tabla 27. Escenarios de análisis de estabilidad de laderas y taludes

N°	Condiciones	Nivel Freático	kh	kv	Macizo rocoso/suelo en:
1	Naturales	-	-	-	Condiciones drenadas y estáticas
2	Pseudoestáticas	-	0.263	0.132	Condiciones de máximas aceleraciones sísmicas, usando los coeficientes kh y kv
3	Saturación parcial	Profundidad media del nivel crítico	-	-	Condiciones de precipitaciones intensas
4	Saturación parcial-Pseudoestáticas	Profundidad media del nivel crítico	0.263	0.132	Combinación de las condiciones 2 y 3

### 3.11.1. Estación 01

El talud se presenta en depósitos aluviales, consta de materiales finos como arcillas, limos y arenas hasta gravas y bloques de hasta 10 cm de diámetro, de clastos subredondeados. No contiene humedad visible. Se evidencia deslizamientos sobre la carretera en estado activo. En la Tabla 28 podemos ver propiedades físicas y geomecánicas de la Estación.

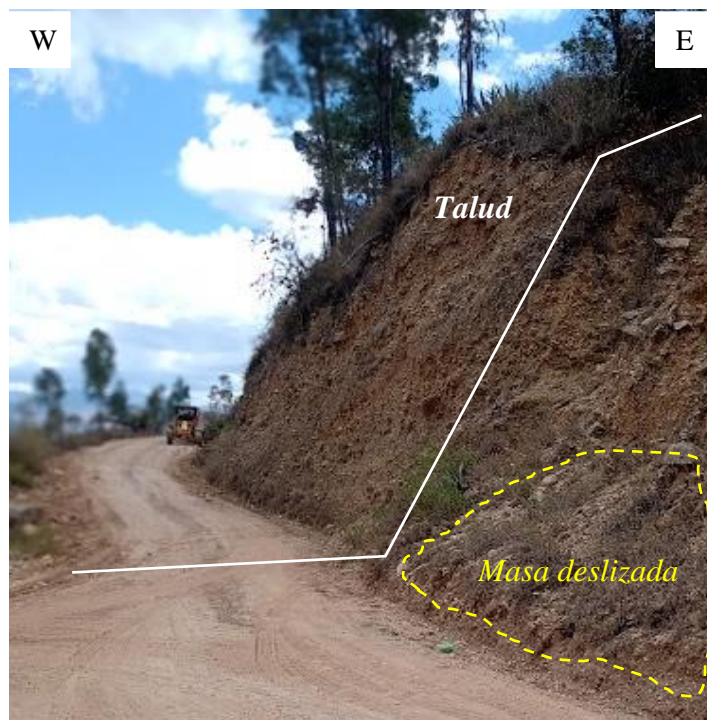


Foto 15. Estación 01

Tabla 28. Propiedades físicas y geomecánicas de la Estación 01

Estación 01	
Progresiva (Km)	1+282
Sistema	WGS 84 Zona 17S
Ubicación	817161 E, 9189088 N, 2503 m.s.n.m.
Talud	Altura: 10m    Azimut: N70    Dip: 49°
Tipo de depósito	Aluvial
Clasificación SUCS	GP-GM (Grava mal graduada con limo y arena)
Peso específico seco ( $\gamma$ ): 19 kN/m <sup>3</sup>	Peso específico saturado ( $\gamma_{sat}$ ): 24 kN/m <sup>3</sup>
Cohesión (c): 0.006 MPa	Fricción ( $\Phi$ ): 34°

En la Tabla 29, vemos que en condiciones naturales el talud presenta inestabilidad (Factor de Seguridad F.S=1.023), el Factor de seguridad decrece hasta FS= 0.519 en condiciones combinadas pseudoestáticas y de saturación parcial.

Tabla 29. Factores de Seguridad en el análisis de estabilidad de la Estación 01

Factores de Seguridad				
Id	Condición	Método de análisis		
		GLE/Morgenstern-Price	Bishop Simplificado	
Estación 01	Naturales	1.023	1.031	
	Pseudoestáticas	0.699	0.701	
	Saturación Parcial	0.738	0.739	
	Pseudoestáticas + Saturación Parcial	0.519	0.503	

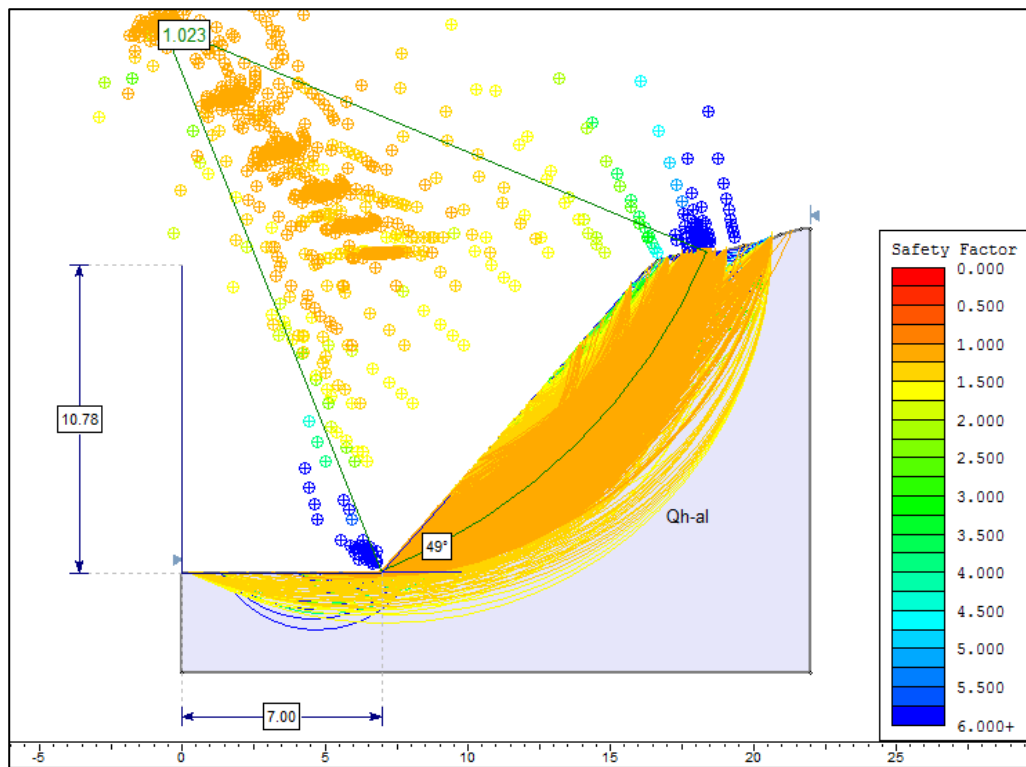


Figura 13. Análisis de estabilidad en Condiciones Naturales Estación 01

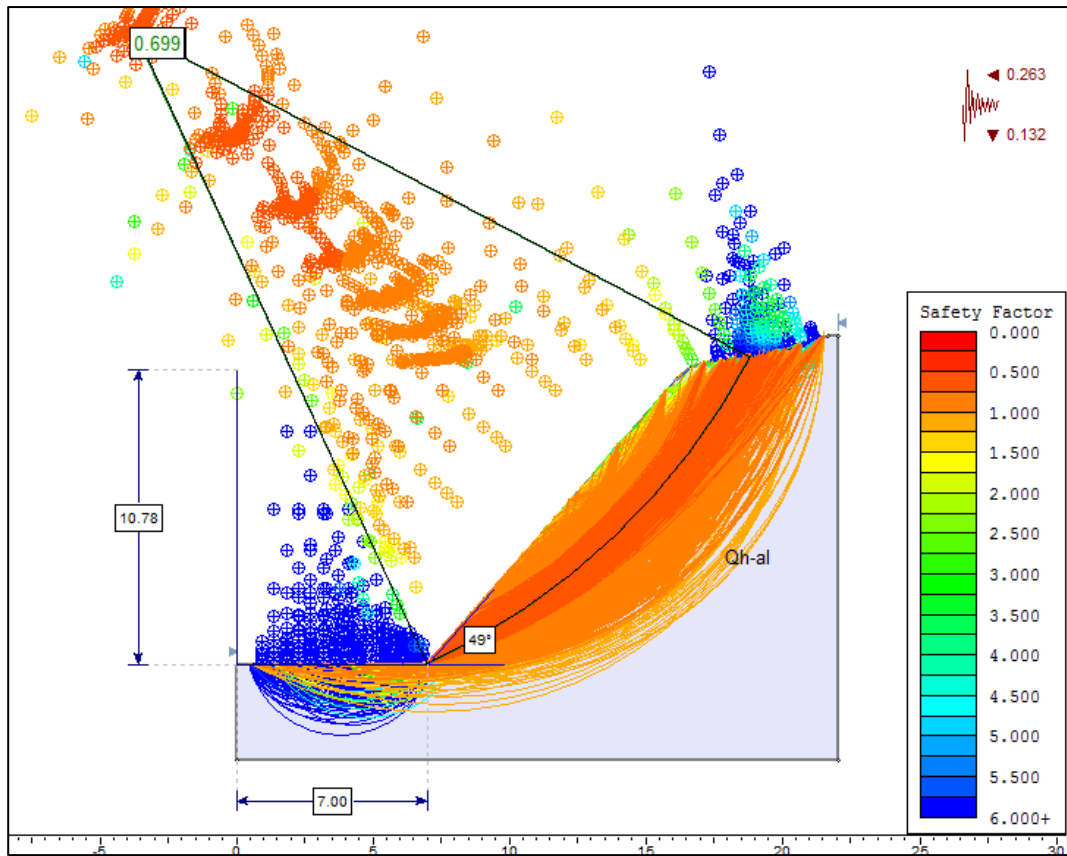


Figura 14. Análisis de estabilidad en Condiciones Pseudoestáticas Estación 01

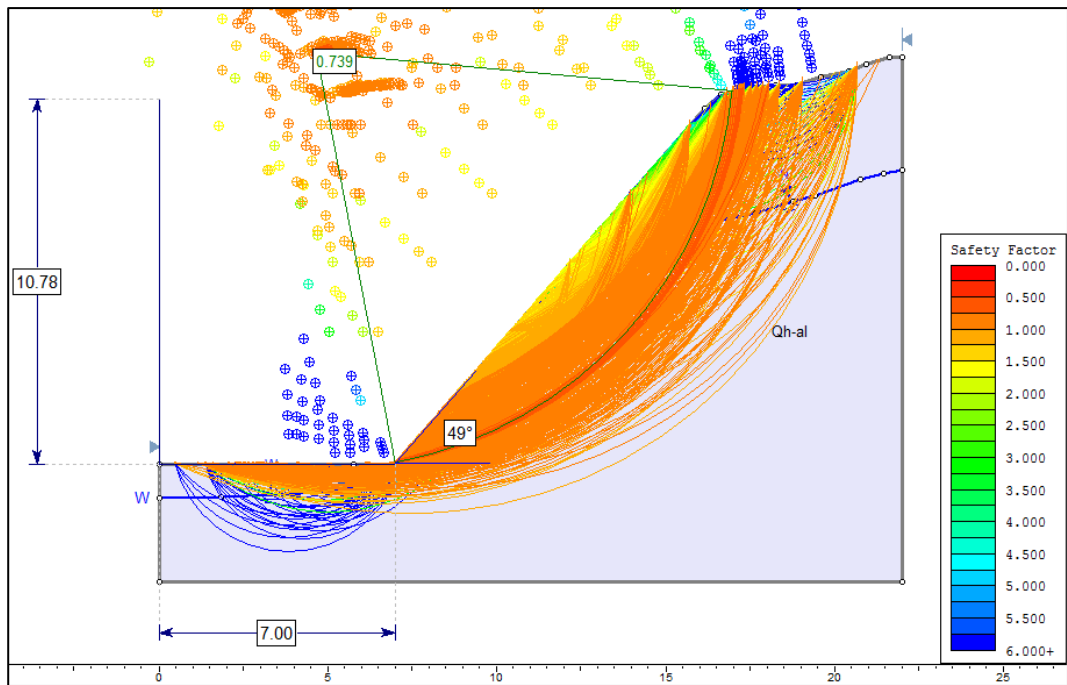


Figura 15. Análisis de estabilidad en Condiciones Saturadas Estación 01

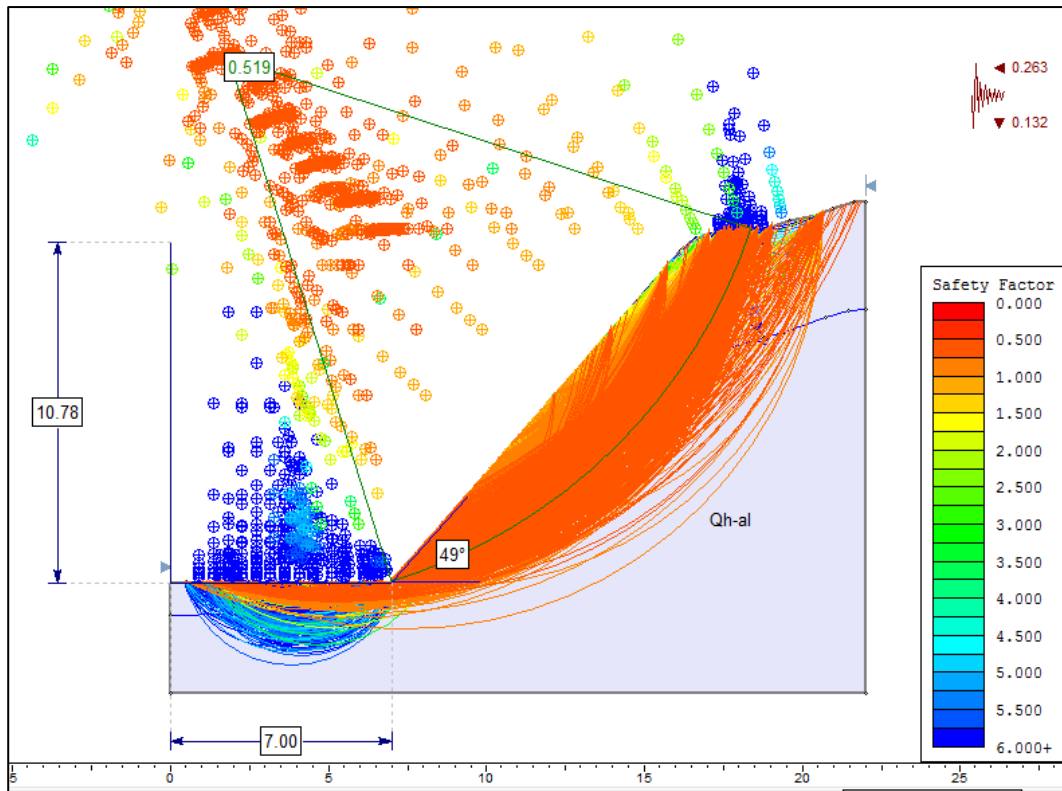


Figura 16. Análisis de estabilidad en Condiciones Saturadas- Pseudoestáticas Estación 01

### 3.11.2. Estación 02

El talud se presenta en depósitos aluviales, consta de materiales finos como arcillas, limos y arenas hasta gravas y bloques heterométricos de hasta 50 cm diámetro, los clastos son subredondeados de arenisca. Evidente caída de bloques. En la Tabla 30 podemos ver propiedades físicas y geomecánicas de la Estación.

Tabla 30. Propiedades físicas y geomecánicas de la Estación 02

<b>Estación 02</b>	
Progresiva (Km)	1+560
Sistema	WGS 84 Zona 17S
Ubicación	817353 E, 9189117 N, 2507 m.s.n.m.
Talud	Altura: 8m      Azimut: N93      Dip: 55°
Tipo de depósito	Aluvial
Clasificación SUCS	GP-GM (Grava mal graduada con limo y arena)
Peso específico seco ( $\gamma$ ): 19 kN/m <sup>3</sup>	Peso específico saturado ( $\gamma_{sat}$ ): 24 kN/m <sup>3</sup>
Cohesión ( $c$ ): 0.006 MPa	Fricción ( $\Phi$ ): 34°

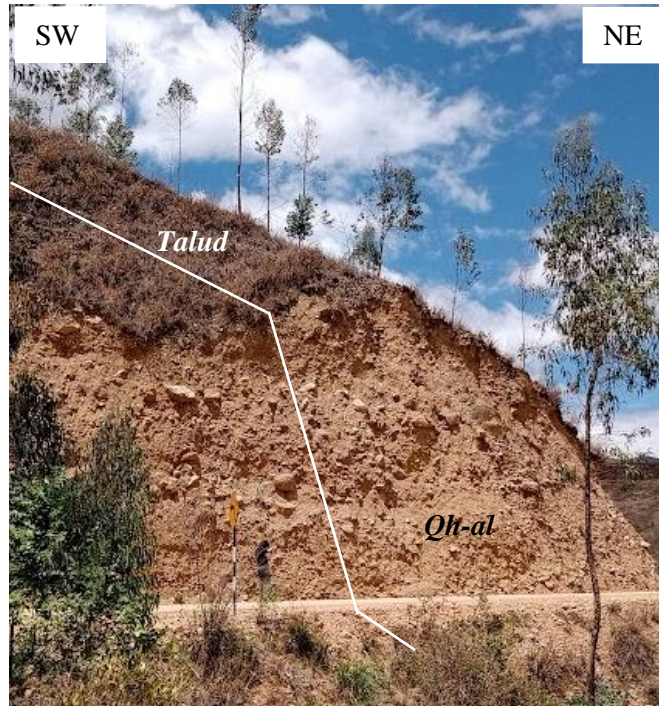


Figura 17. Estación 02

En la Tabla 31, vemos que en condiciones naturales el talud presenta inestabilidad (F.S= 0.949), el Factor de seguridad decrece hasta FS= 0.555 en condiciones combinadas pseudoestáticas y de saturación parcial.

Tabla 31. Factores de Seguridad en el análisis de estabilidad de la Estación 02

<b>Factores de Seguridad</b>			
Id	Condición	Método de análisis	
		GLE/Morgenstern-Price	Bishop Simplificado
Estación 02	Naturales	0.949	0.956
	Pseudoestáticas	0.652	0.652
	Saturación Parcial	0.786	0.783
	Pseudoestáticas + Saturación Parcial	0.555	0.544

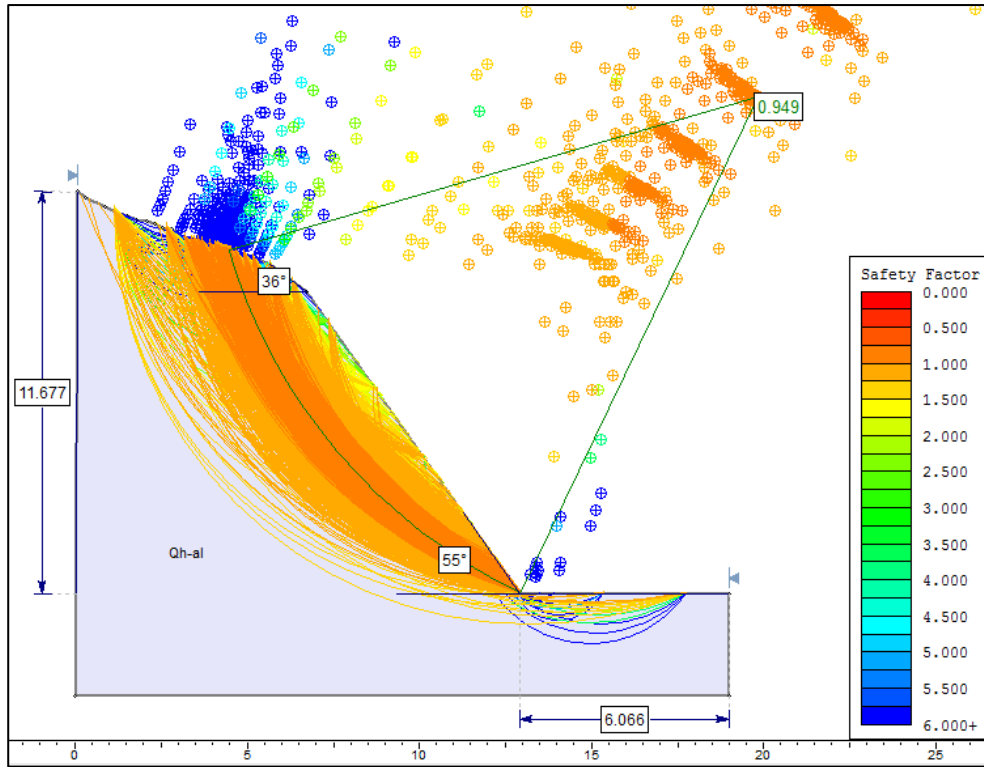


Figura 18. Análisis de estabilidad en Condiciones Naturales Estación 02

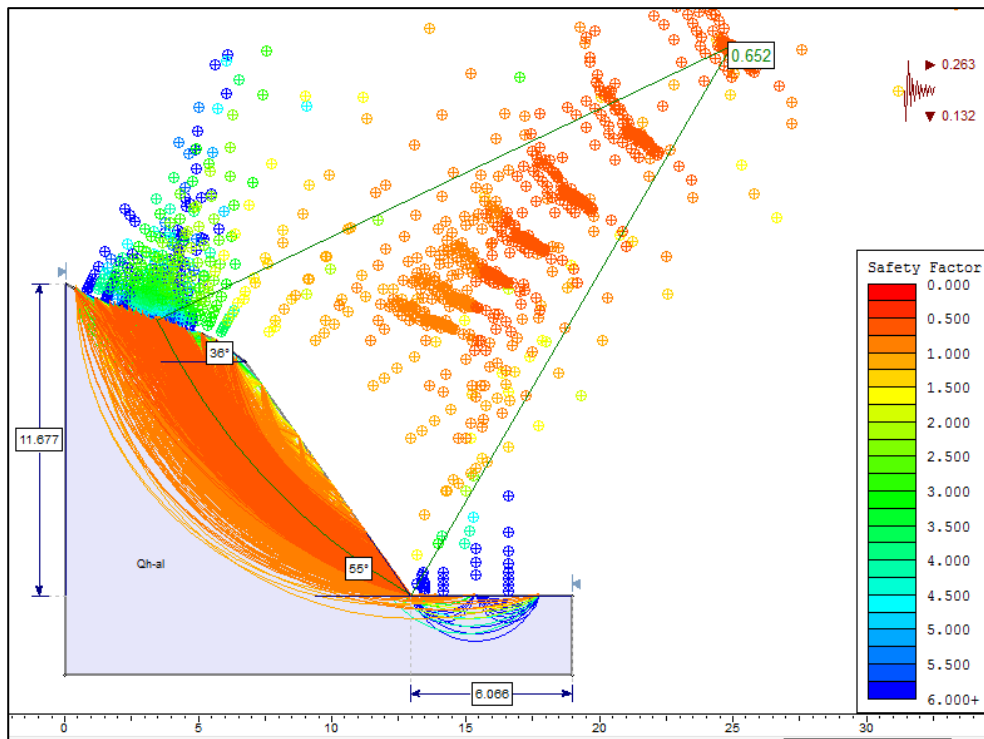


Figura 19. Análisis de estabilidad en Condiciones Pseudoestáticas Estación 02



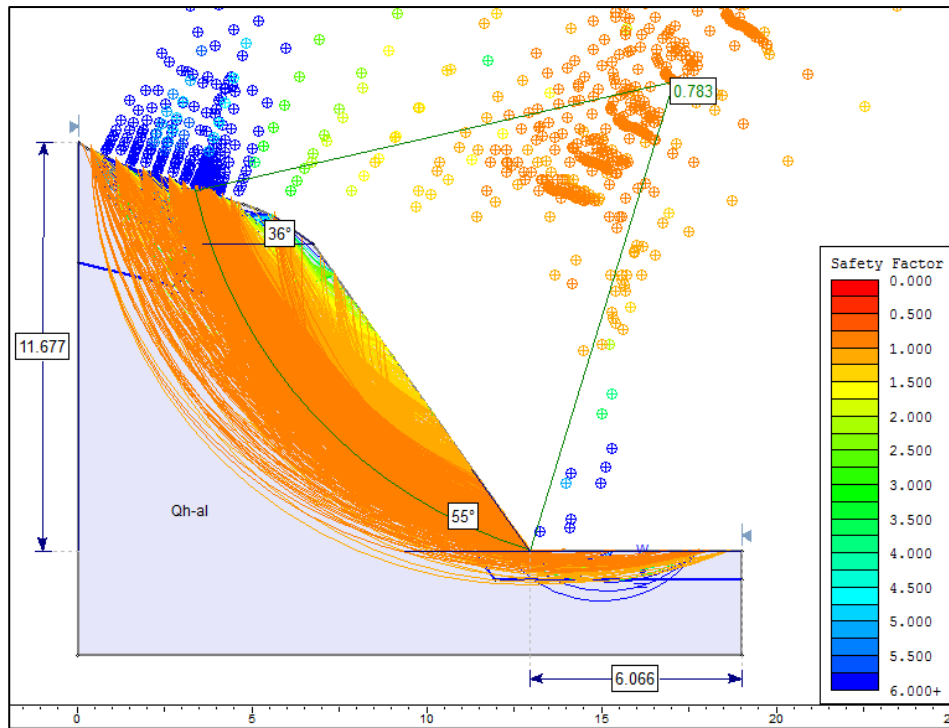


Figura 20. Análisis de estabilidad en Saturación Parcial Estación 02

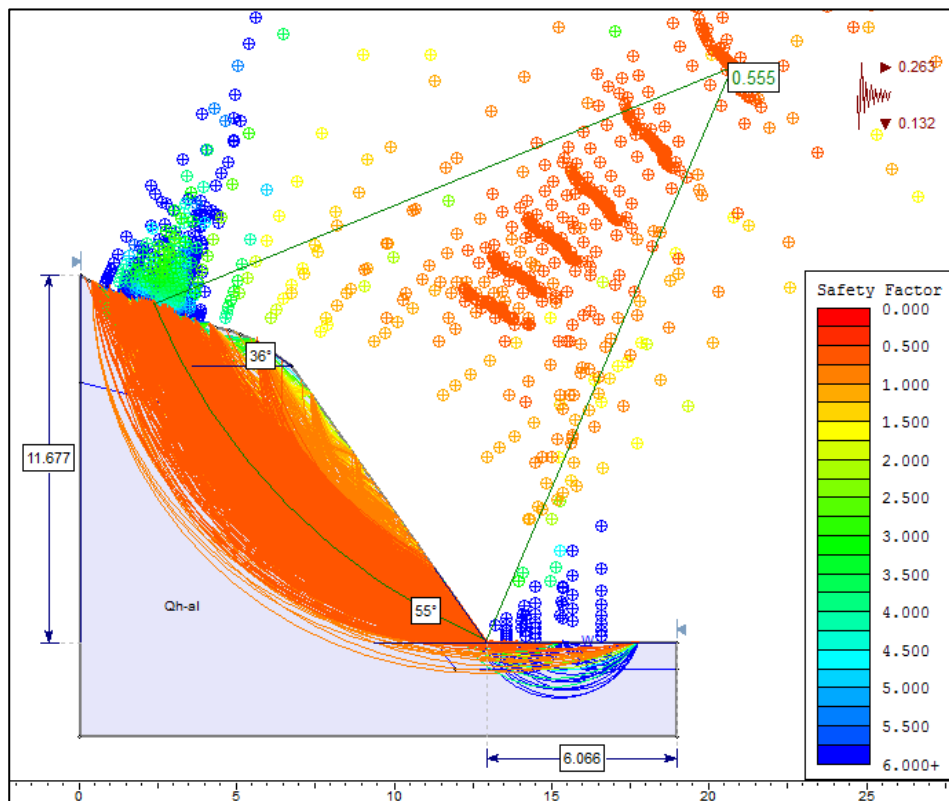


Figura 21. Análisis de estabilidad en Condiciones Saturadas- Pseudoestáticas Estación 02

### 3.11.3. Estación 03

En el talud se observan surcos erosivos por acción del agua, depositando gravas, arenas y finos como depósito coluvio deluvial sobre la Formación Cajabamba. La Formación Cajabamba, litológicamente consta de arenas limosas en la base, pasando hacia el techo a un conglomerado fino, de matriz arenosa y clastos de arenisca redondeados de hasta 5 cm de diámetro. En la Tabla 32 podemos ver propiedades físicas y geomecánicas de la Estación.

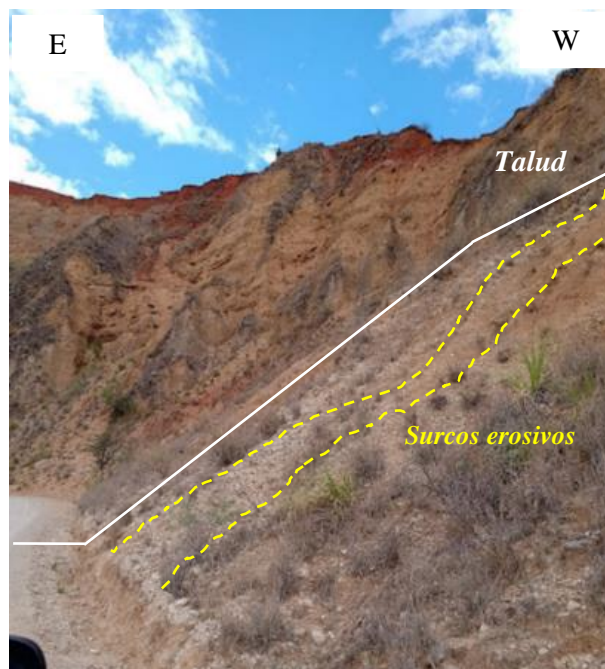


Foto 16. Estación 03, surcos erosivos por acción del agua

Tabla 32. Propiedades físicas y geomecánicas de la Estación 03

Estación 03	
Progresiva (Km)	3+637
Sistema	WGS 84 Zona 17S
Ubicación	817664 E, 9188701 N, 2542 m.s.n.m.
Talud	Altura: 17m      Azimut: N269      Dip: 39°
Formación Geológica	Fm. Cajabamba
Descripción	Arena limosa semiconsolidada en intercalación con conglomerados finos
Peso específico seco ( $\gamma$ ): 19.5 kN/m <sup>3</sup>	Peso específico saturado ( $\gamma_{sat}$ ): 24kN/m <sup>3</sup>
Cohesión ( $c$ ): 0.006 MPa	Fricción ( $\Phi$ ): 30°
Tipo de depósito	Coluvio deluvial
Clasificación SUCS	SW-SC (Arena bien graduada con arcilla y grava o arcilla limosa y grava)
Peso específico seco ( $\gamma$ ): 18 kN/m <sup>3</sup>	Peso específico saturado ( $\gamma_{sat}$ ): 22 kN/m <sup>3</sup>
Cohesión ( $c$ ): 0.006 MPa	Fricción ( $\Phi$ ): 30°

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Sat. Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	Water Surface	Hu Type
Fm. Cajabamba	Yellow	19.5	24	Mohr-Coulomb	6	30	None	
Depósito coluvio deluvial	Grey	18	22	Mohr-Coulomb	6	30	None	

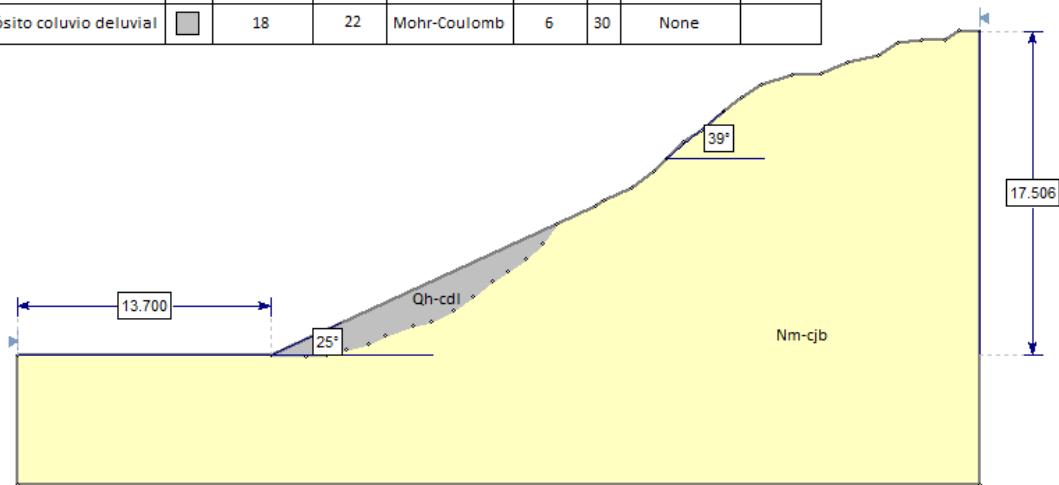


Figura 22. Geometría del Talud 03

En la Tabla 33, vemos que en condiciones naturales el talud es estable, el Factor de seguridad decrece hasta  $FS = 0.712$  en condiciones combinadas pseudoestáticas y de saturación parcial tornándose inestable.

Tabla 33. Factores de Seguridad en el análisis de estabilidad de la Estación 03

Factores de Seguridad			
Id	Condición	Método de análisis	
		GLE/Morgenstern-Price	Bishop Simplificado
Estación 03	Naturales	1.377	1.382
	Pseudoestáticas	0.897	0.896
	Saturación Parcial	1.130	1.132
	Pseudoestáticas + Saturación Parcial	0.712	0.714

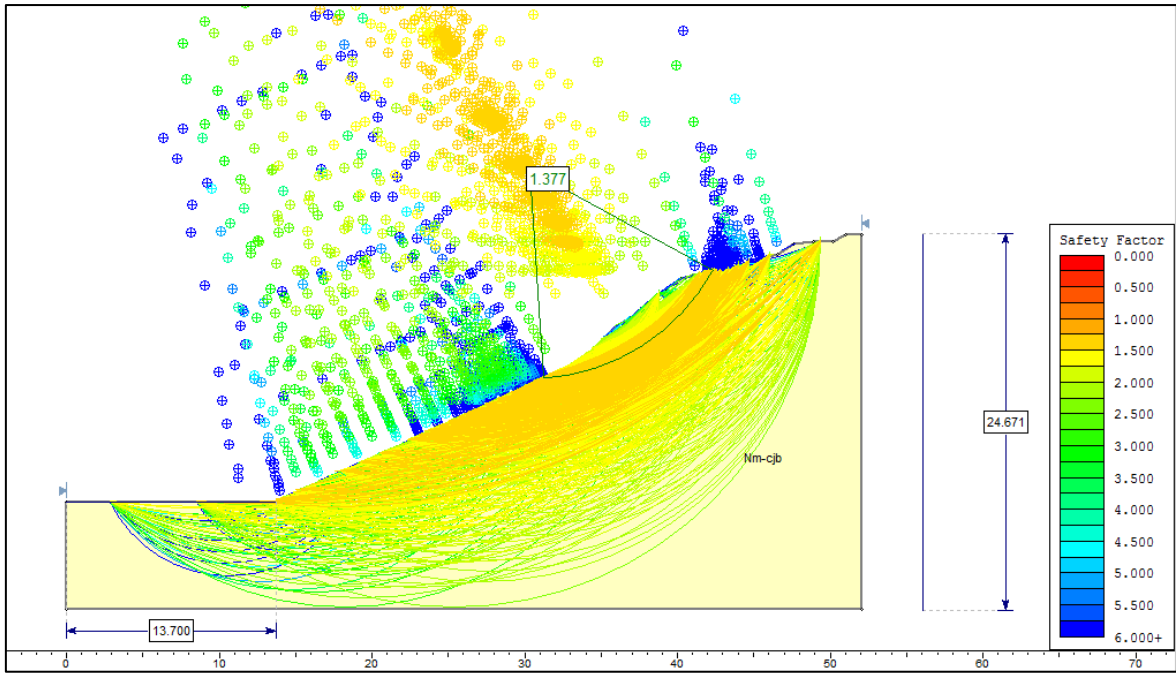


Figura 23. Análisis de estabilidad en condiciones naturales Estación 03

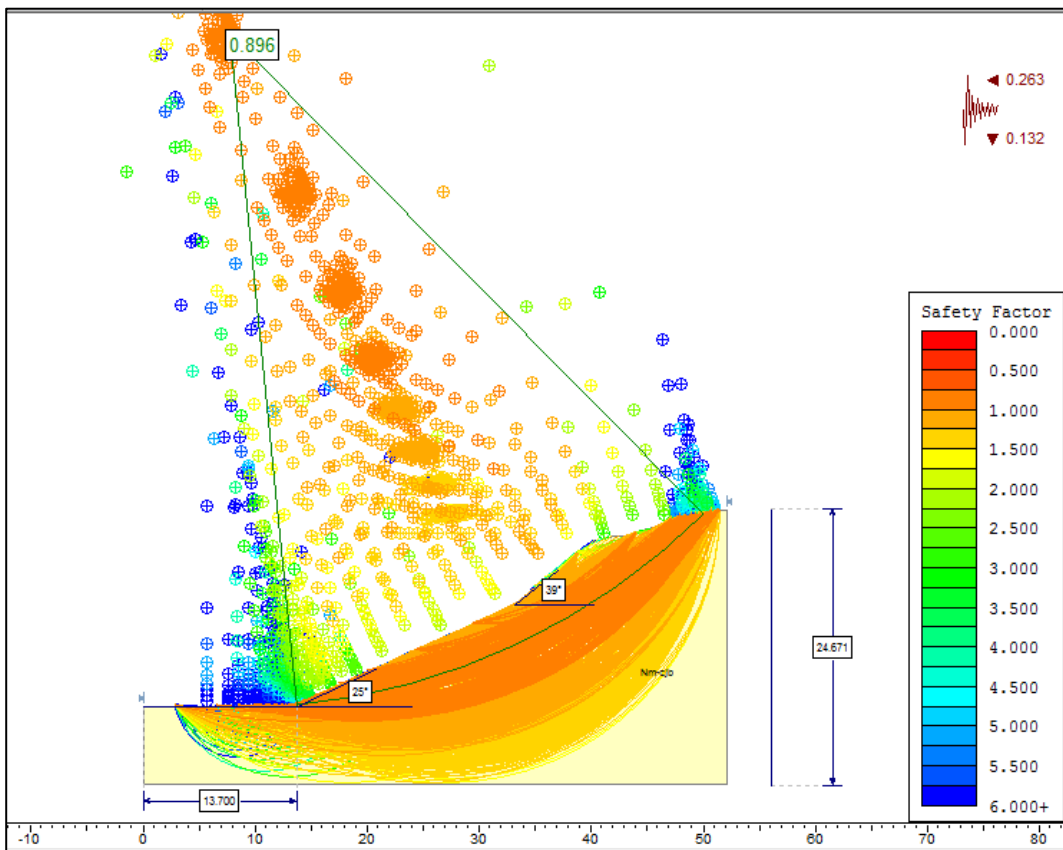


Figura 24. Análisis de estabilidad en Condiciones Pseudoestáticas Estación 03

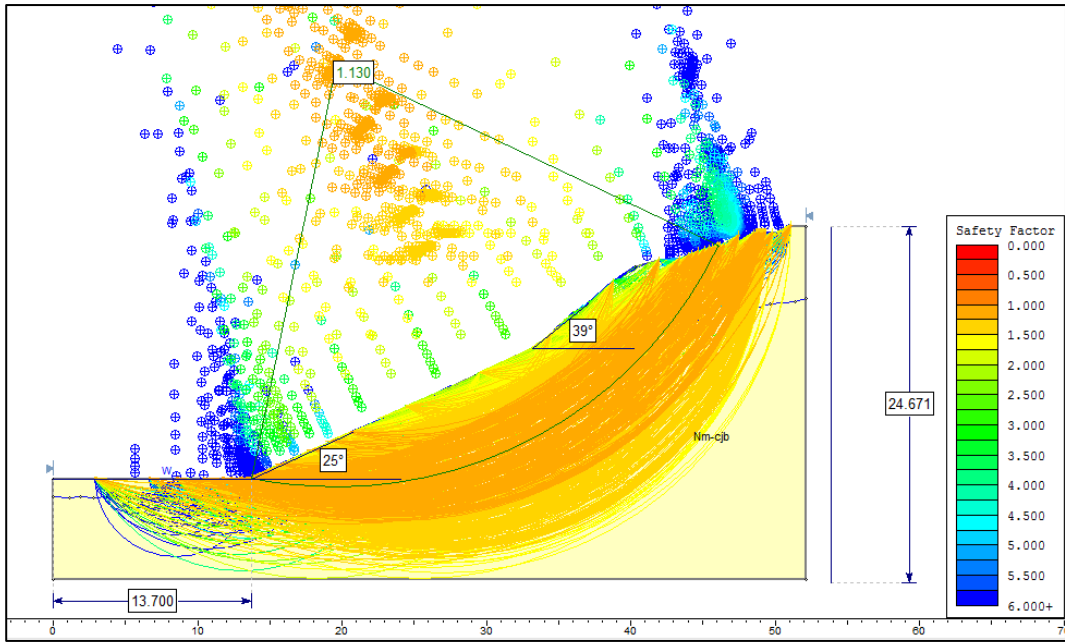


Figura 25. Análisis de estabilidad en Saturación Parcial Estación 03

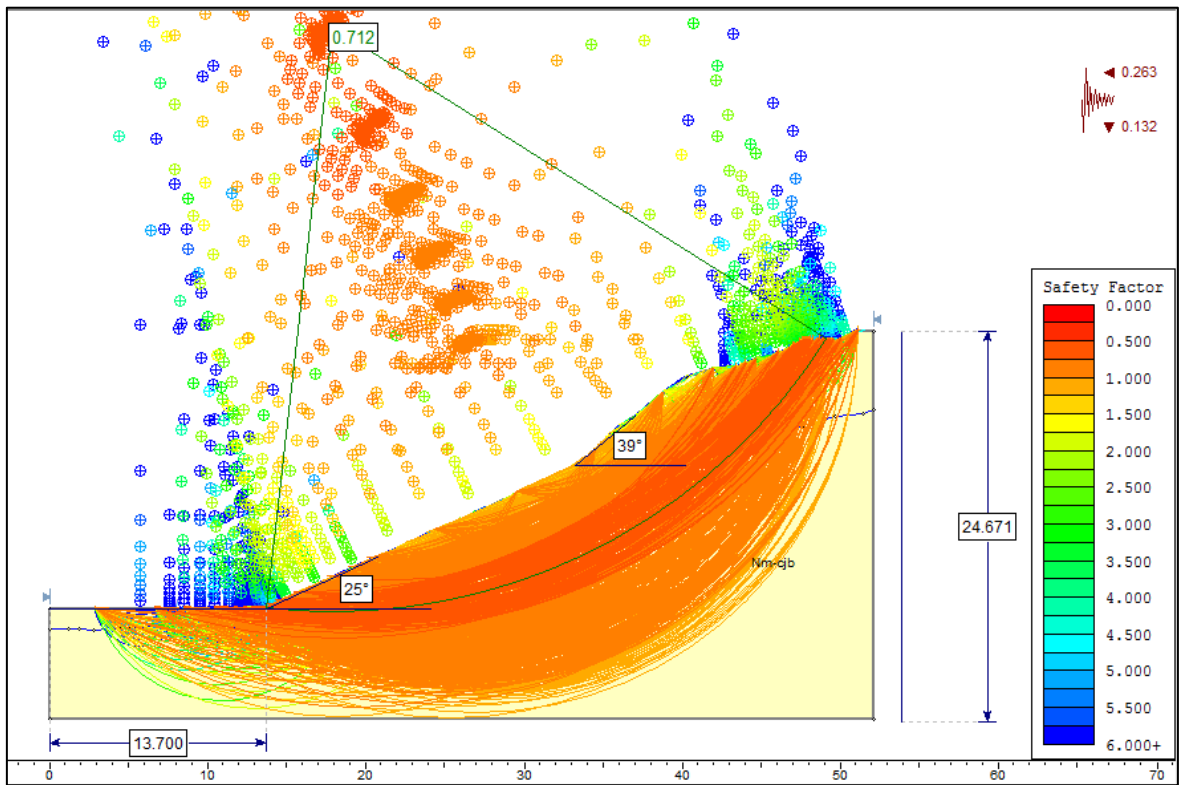


Figura 26. Análisis de estabilidad en Condiciones Saturadas- Pseudoestáticas Estación 03

### 3.11.4. Estación 04

En el talud aflora la Formación Condebamba, en su litología representativa, intercalación de arenas de grano medio semiconsolidadas de 60 cm de espesor y conglomerado clasto soportado de hasta 80 cm, de clastos redondeados y matriz limo arcillosa. En la Tabla 34 podemos ver propiedades físicas y geomecánicas de la Estación.

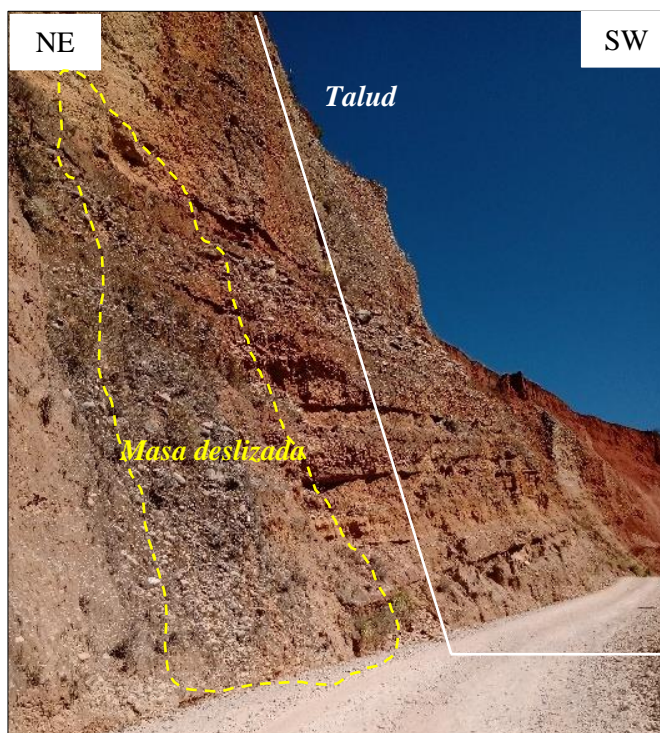


Foto 17. Estación 04

Tabla 34. Propiedades físicas y geomecánicas de la Estación 04

<b>Estación 04</b>	
Progresiva (Km)	4+346
Sistema	WGS 84 Zona 17S
Ubicación	817792 E, 9188678 N, 2592 m.s.n.m.
Talud	Altura: 18m    Azimut: N220    Dip: 51°
Formación Geológica	Fm. Condebamba
Descripción	Arenas de grano medio semiconsolidadas intercalado con conglomerado clasto soportado
Estratificación	Dip: 23                      Dip Direction: 96
Peso específico seco ( $\gamma$ ): 20 kN/m <sup>3</sup>	Peso específico saturado ( $\gamma_{sat}$ ): 26 kN/m <sup>3</sup>
Cohesión ( $c$ ): 0.008MPa	Fricción ( $\Phi$ ): 36°

En la Tabla 35, vemos que en condiciones naturales el talud presenta inestabilidad (F.S= 1), el Factor de seguridad decrece hasta FS= 0.570 en condiciones combinadas pseudoestáticas y de saturación parcial.

Tabla 35. Factores de Seguridad en el análisis de estabilidad de la Estación 04

Factores de Seguridad			
Id	Condición	Método de análisis	
		GLE/Morgenstern-Price	Bishop Simplificado
Estación 04	Naturales	1.0	0.993
	Pseudoestáticas	0.674	0.678
	Saturación Parcial	0.836	0.835
	Pseudoestáticas + Saturación Parcial	0.570	0.582

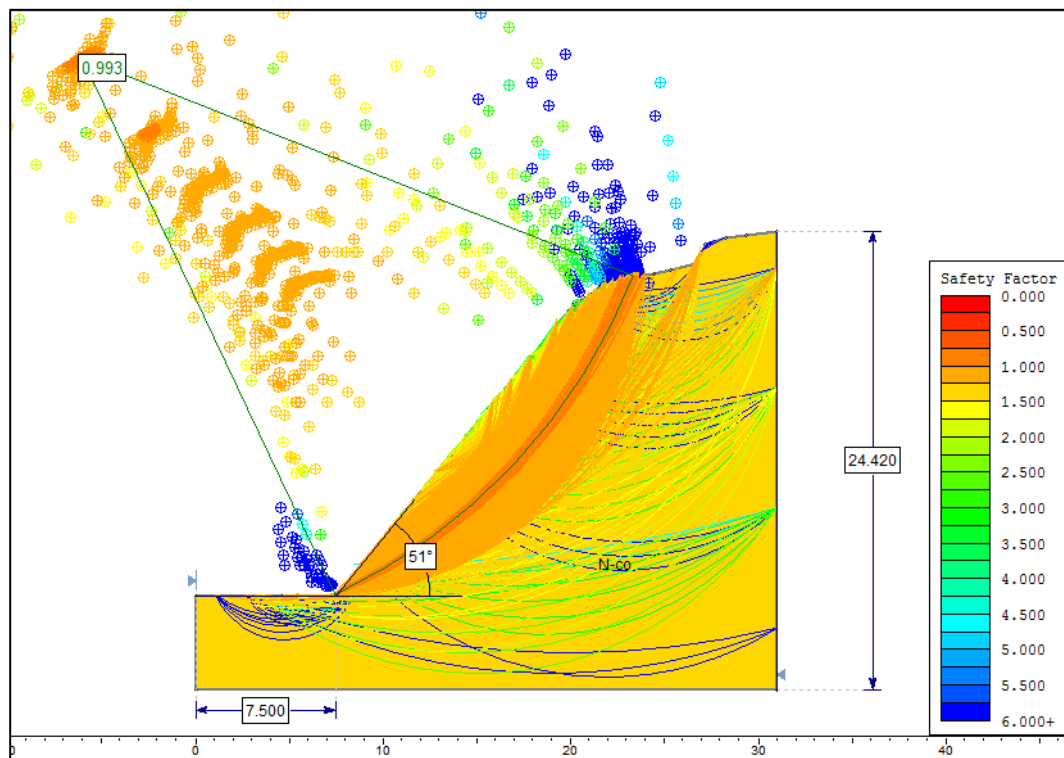


Figura 27. Análisis de estabilidad en condiciones naturales Estación 04

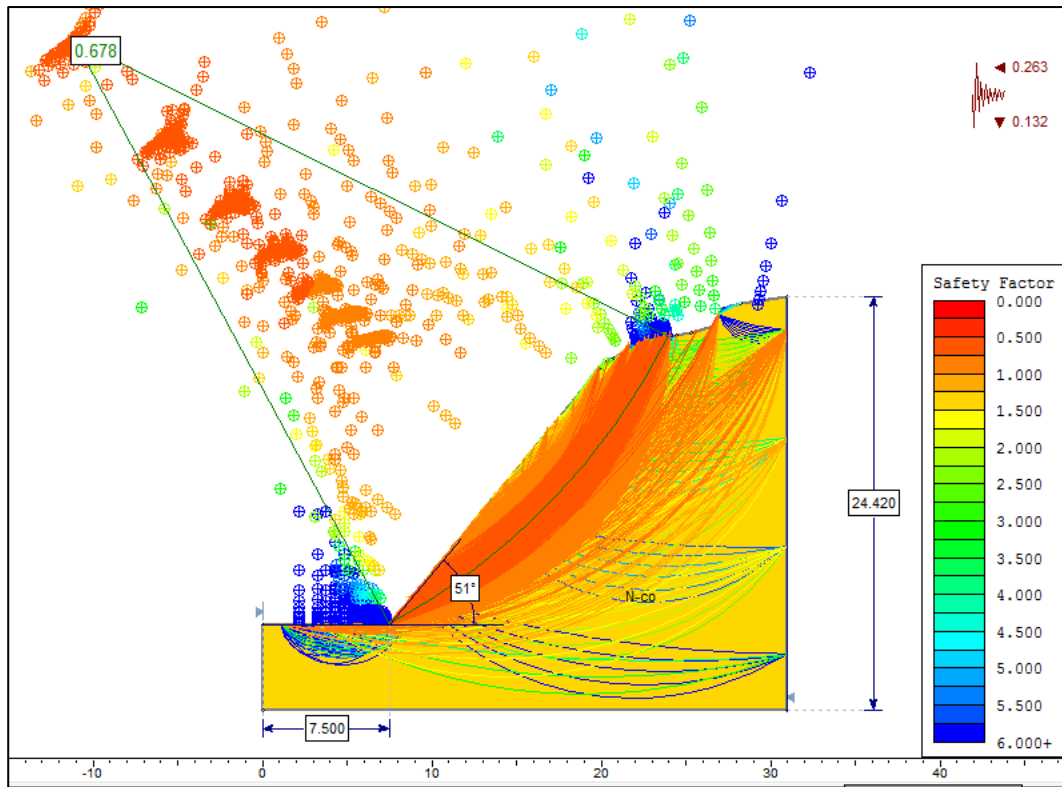


Figura 28. Análisis de estabilidad en Condiciones Pseudoestáticas Estación 04

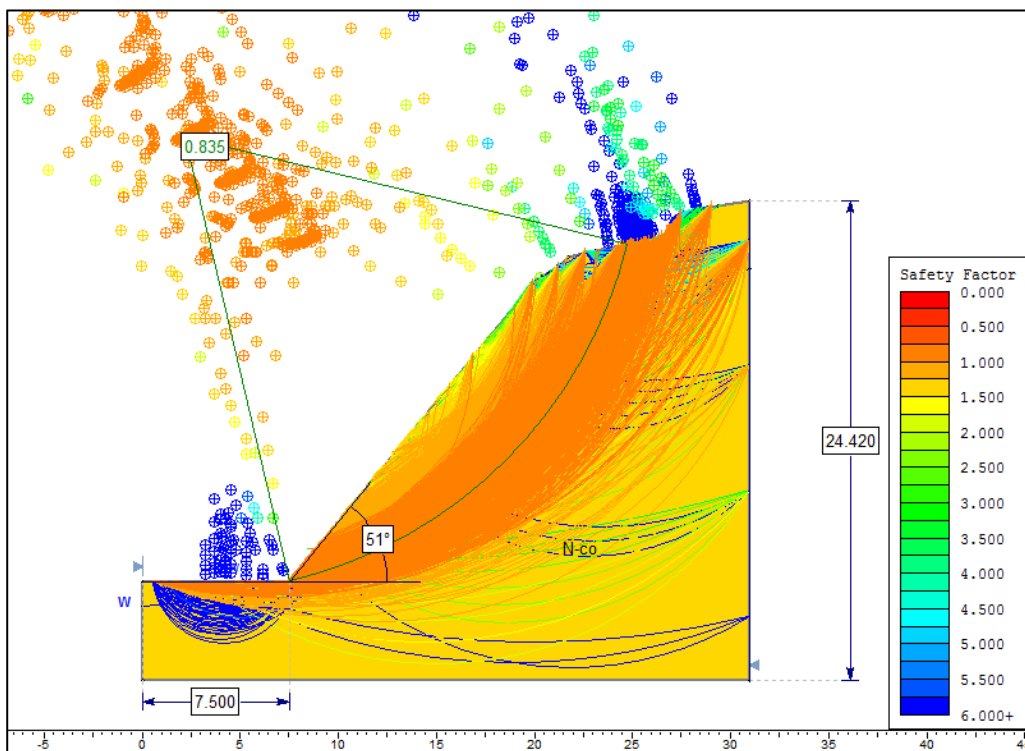


Figura 29. Análisis de estabilidad en Saturación Parcial Estación 04



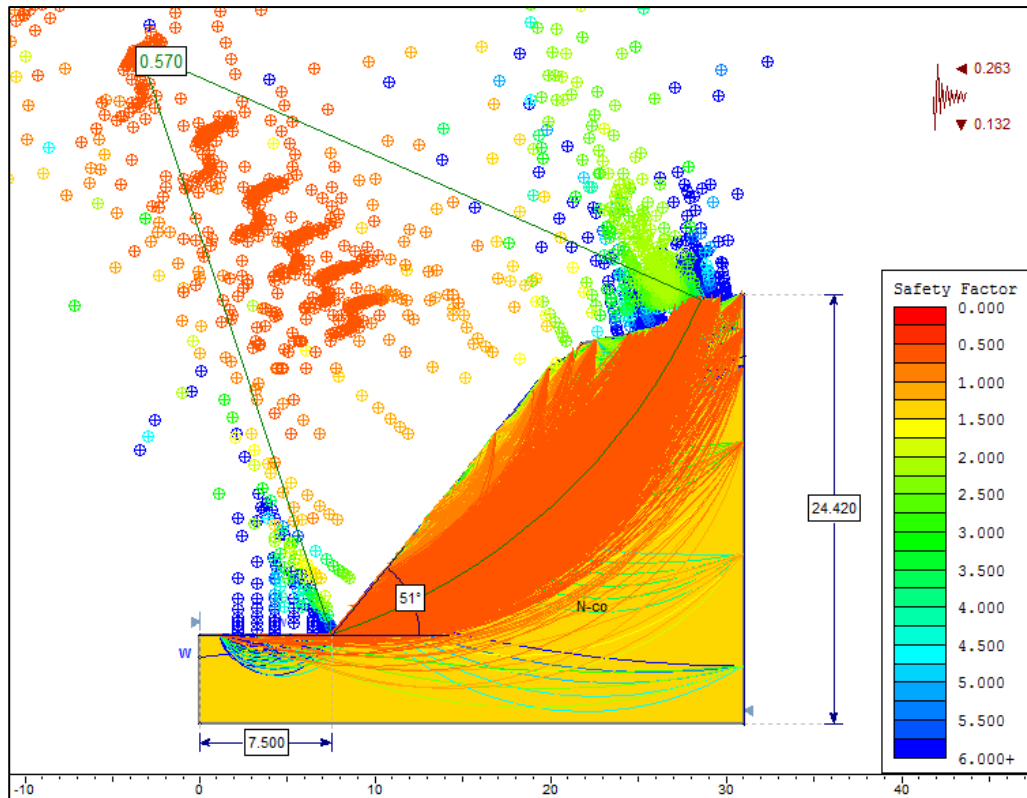


Figura 30. Análisis de estabilidad en Condiciones Saturadas- Pseudoestáticas Estación 04

### 3.11.5. Estación 05

En el talud aflora la Formación Condebamba, arena limosa en la base y hacia el techo conglomerados clasto soportado de 2 cm de diámetro y capas de arcillas rojas en espesor de hasta 2 m, nótese los deslizamientos producto de la alta erosión. En la Tabla 36 podemos ver propiedades físicas y geomecánicas de la Estación.

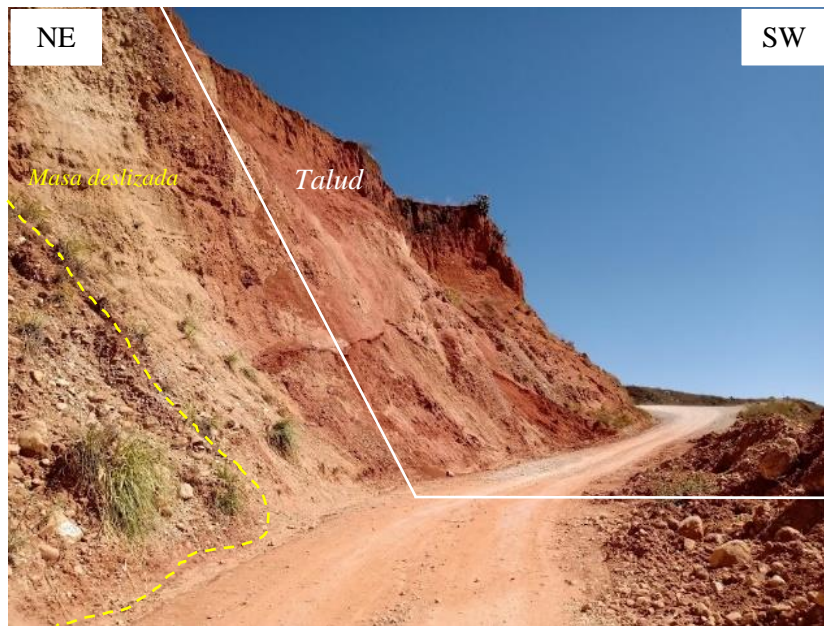




Foto 18. Estación 05

Tabla 36. Propiedades físicas y geomecánicas de la Estación 05

<b>Estación 05</b>	
Progresiva (Km)	4+429
Sistema	WGS 84 Zona 17S
Ubicación	817721 E, 9188644 N, 2581 m.s.n.m.
Talud	Altura: 11m      Azimut: N269      Dip: 45°
Formación Geológica	Fm. Condebamba
Descripción	Arenas de grano medio semiconsolidadas intercalado con conglomerado clasto soportado
Estratificación	Dip: 25      Dip Direction: 96
Peso específico seco ( $\gamma$ ): 20 kN/m <sup>3</sup>	Peso específico saturado ( $\gamma_{sat}$ ): 24 kN/m <sup>3</sup>
Cohesión ( $c$ ): 0,008 MPa	Fricción ( $\Phi$ ): 32
<b>Suelos</b>	
Tipo	SM (arena limosa)
Peso específico seco ( $\gamma$ ): 15.455 kN/m <sup>3</sup>	Peso específico saturado ( $\gamma_{sat}$ ): 16.583 kN/m <sup>3</sup>
Cohesión: 0.012258 MPa	Fricción: 22.49°

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	Water Surface	Sat. Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Hu Type
Arena limosa		15.45	Mohr-Coulomb	12.258	22.49	None	16.583	
Fm. Condebamba		20	Mohr-Coulomb	8	32	None	24	

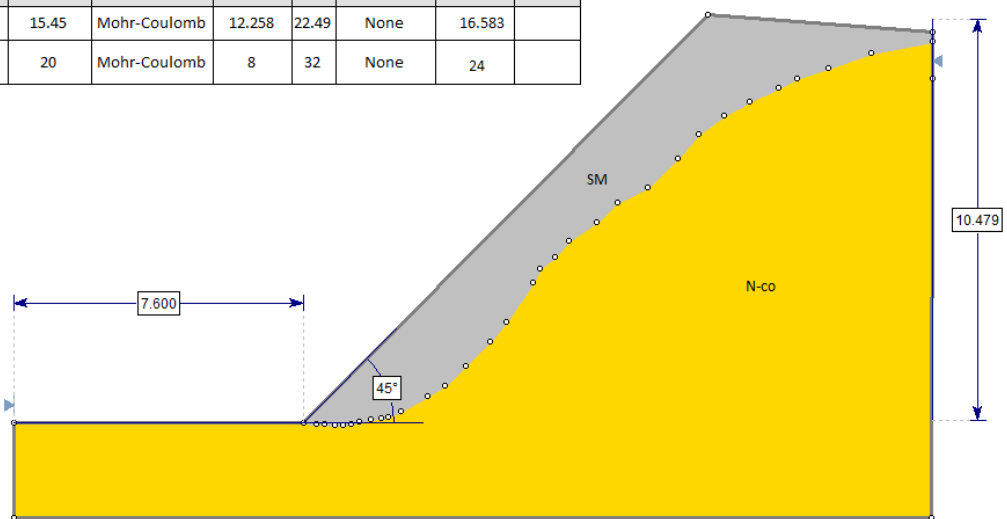


Figura 31. Geometría del talud 05

En la Tabla 37, vemos que en condiciones naturales el talud es estable (F.S= 1.228), el Factor de seguridad decrece hasta FS= 0.663 en condiciones combinadas pseudoestáticas y de saturación parcial tornándose inestable.

Tabla 37. Factores de Seguridad en el análisis de estabilidad de la Estación 05

Factores de Seguridad			
Id	Condición	Método de análisis	
		GLE/Morgenstern-Price	Bishop Simplificado
Estación 05	Naturales	1.228	1.250
	Pseudoestáticas	0.851	0.851
	Saturación Parcial	0.960	0.968
	Pseudoestáticas + Saturación Parcial	0.663	0.663

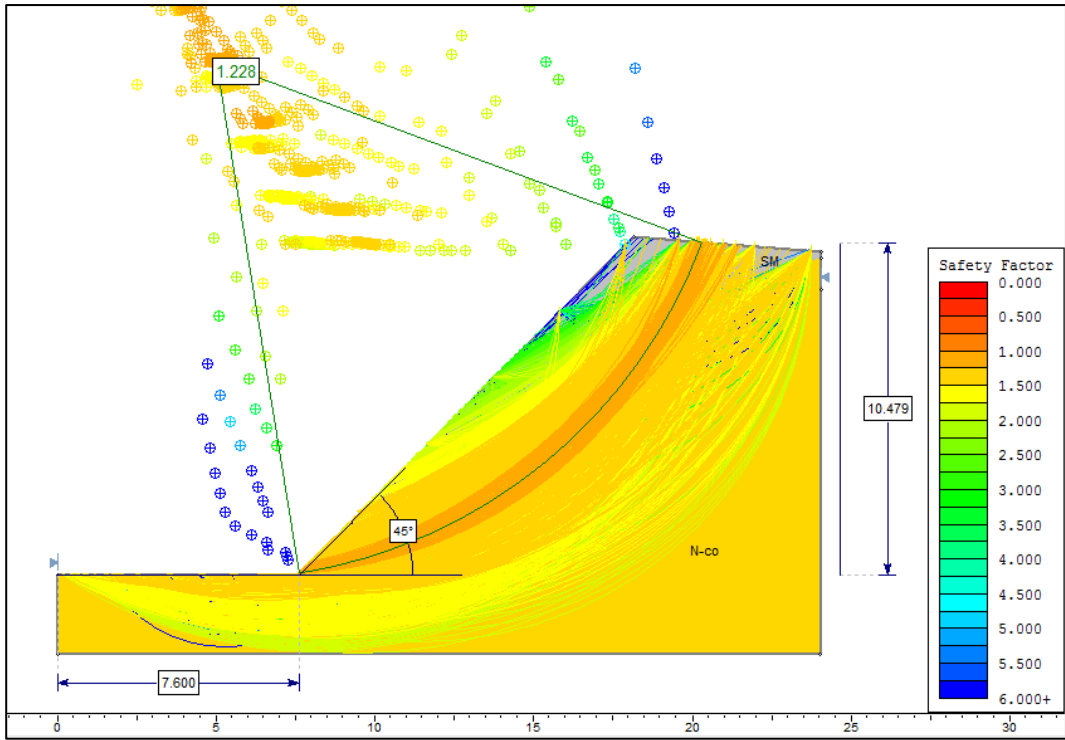


Figura 32. Análisis de estabilidad en condiciones naturales Estación 05

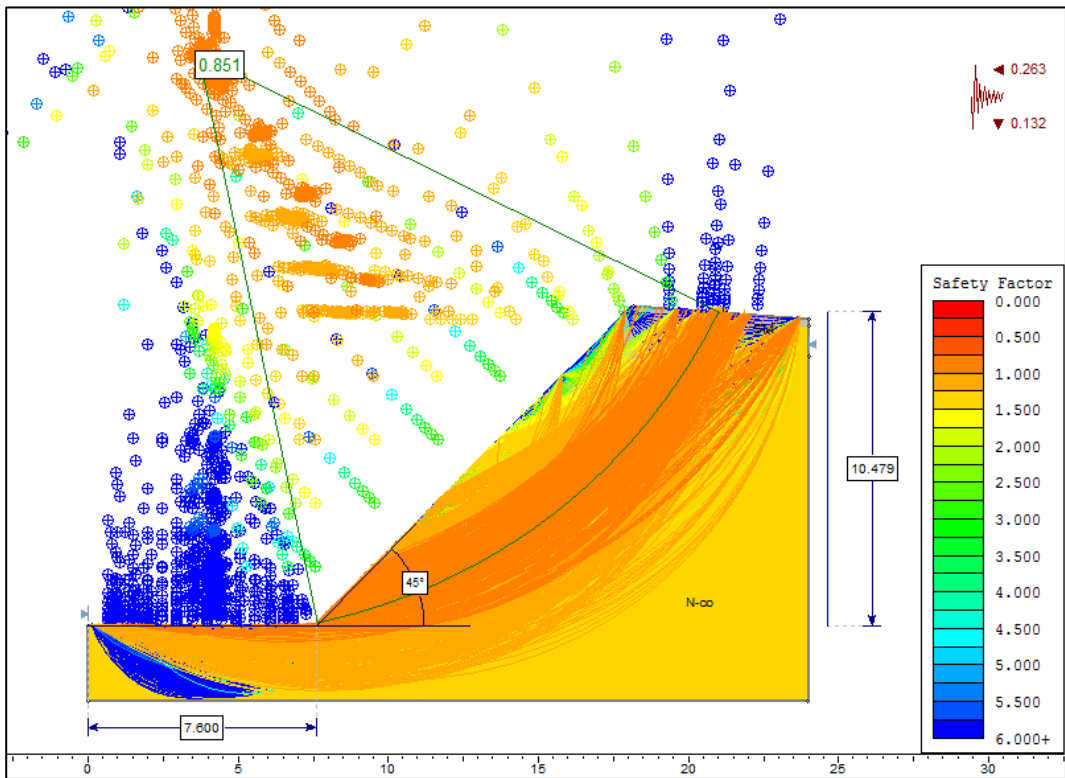


Figura 33. Análisis de estabilidad en Condiciones Pseudoestáticas Estación 05

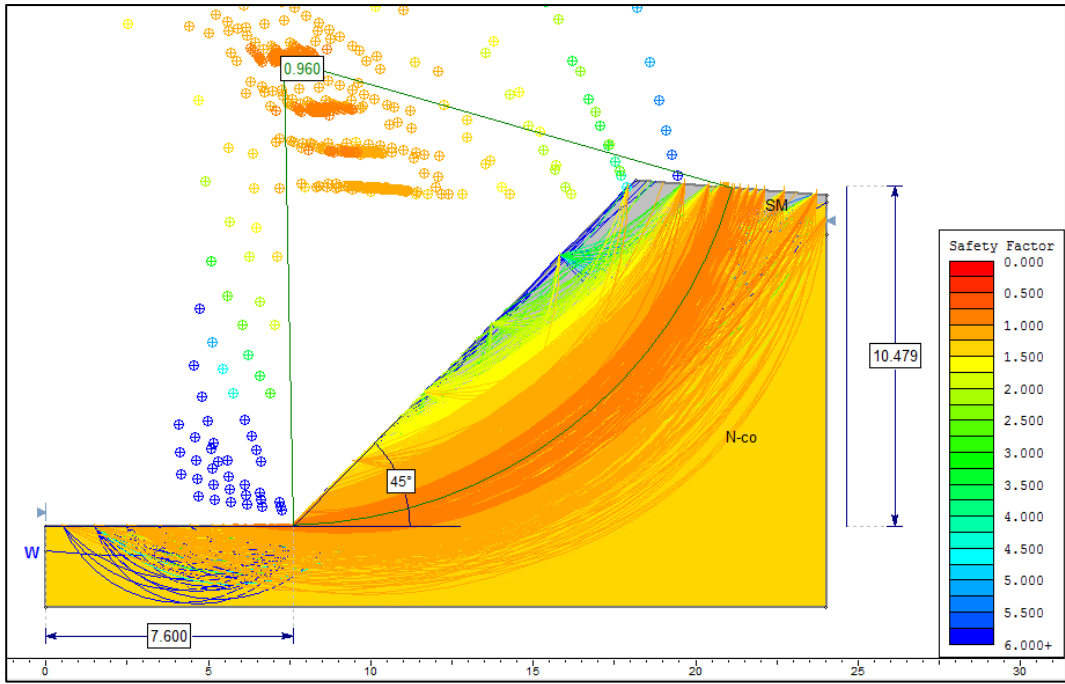


Figura 34. Análisis de estabilidad en Saturación Parcial Estación 05

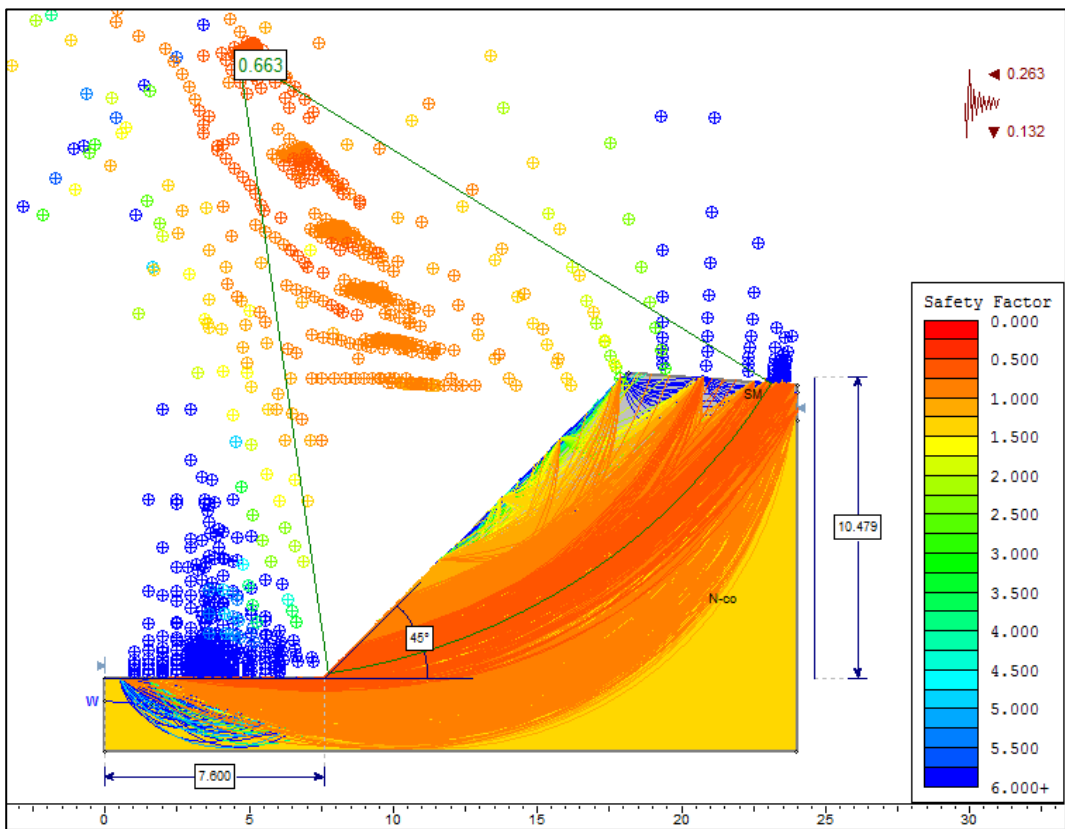


Figura 35. Análisis de estabilidad en Condiciones Saturadas- Pseudoestáticas Estación 05

### 3.11.6. Estación 06

En el talud se observa altamente meteorizado, formando un depósito coluvio deluvial sobre la Formación Cajabamba, el depósito litológicamente consta de una matriz de arenas y partículas finas y clastos redepositados. En la Tabla 38 podemos ver propiedades físicas y geomecánicas de la Estación.



Foto 19. Estación 06

Tabla 38. Propiedades físicas y geomecánicas de la Estación 06

<b>Estación 06</b>	
Progresiva (Km)	5+080
Sistema	WGS 84 Zona 17S
Ubicación	818018 E, 9188643 N, 2660m.s.n.m.
Talud	Altura: 25m    Azimut: N 241    Dip: 36°
Formación Geológica	Fm. Cajabamba
Descripción	Arenas de grano medio intercalado con conglomerado fino
Estratificación	Dip: 23                      Dip Direction: 87
Peso específico seco ( $\gamma$ ): 19 kN/m <sup>3</sup>	Peso específico saturado ( $\gamma_{sat}$ ): 24 kN/m <sup>3</sup>
Cohesión ( $c$ ): 0,008 MPa	Fricción ( $\Phi$ ): 30°
<b>Suelos</b>	
Tipo de depósito	Coluvio deluvial
Clasificación SUCS	SW-SC (Arena bien graduada con arcilla y grava o arcilla limosa y grava)
Peso específico seco ( $\gamma$ ): 18 kN/m <sup>3</sup>	Peso específico saturado ( $\gamma_{sat}$ ): 22 kN/m <sup>3</sup>
Cohesión ( $c$ ): 0,006 MPa	Fricción ( $\Phi$ ): 30°

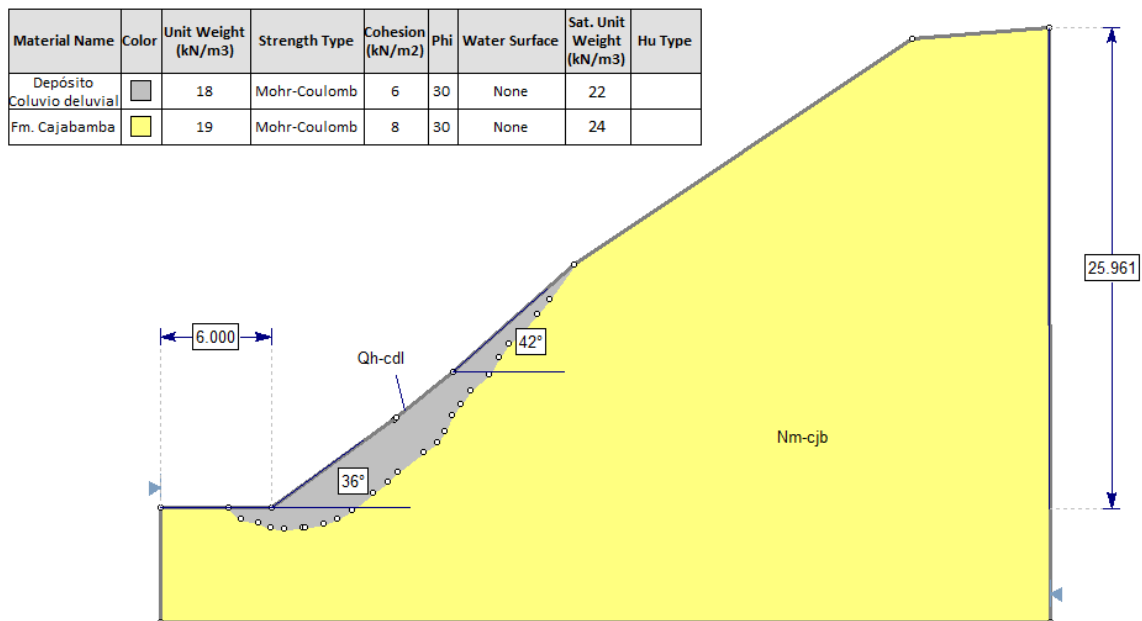


Figura 36. Geometría del Talud 06

En la Tabla 39, vemos que en condiciones naturales el talud presenta inestabilidad (Factor de Seguridad  $F.S = 1.064$ ), el Factor de seguridad decrece hasta  $FS = 0.554$  en condiciones combinadas pseudoestáticas y de saturación parcial.

Tabla 39. Factores de Seguridad en el análisis de estabilidad de la Estación 06

Factores de Seguridad			
Id	Condición	Método de análisis	
		GLE/Morgenstern-Price	Bishop Simplificado
Estación 06	Naturales	1.064	1.069
	Pseudoestáticas	0.696	0.697
	Saturación Parcial	0.815	0.816
	Pseudoestáticas + Saturación Parcial	0.554	0.557

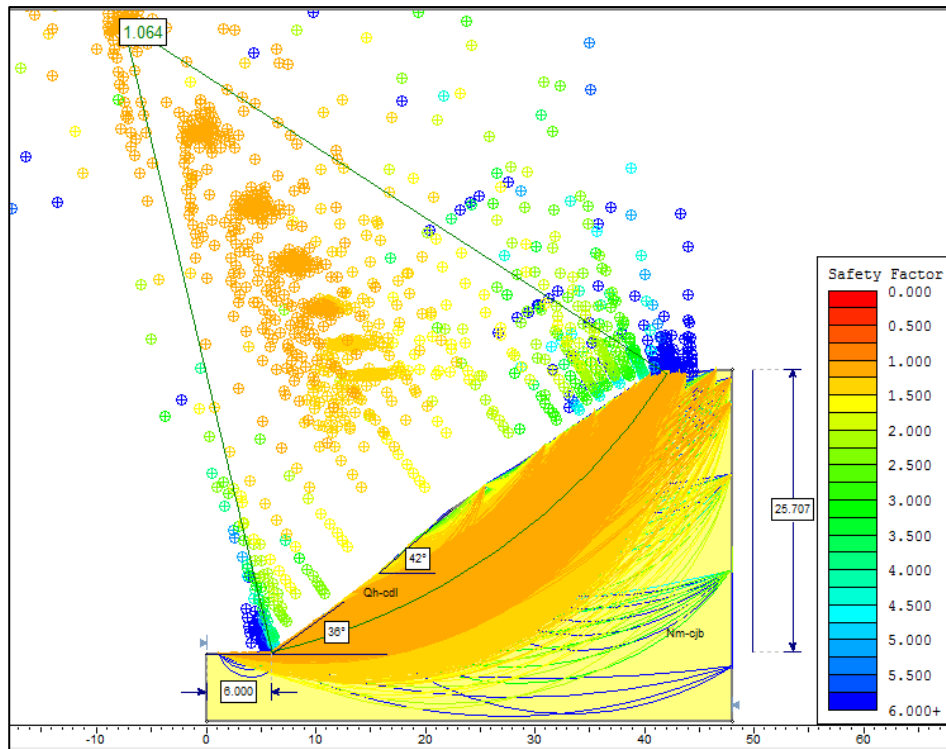


Figura 37. Análisis de estabilidad en condiciones naturales Estación 06

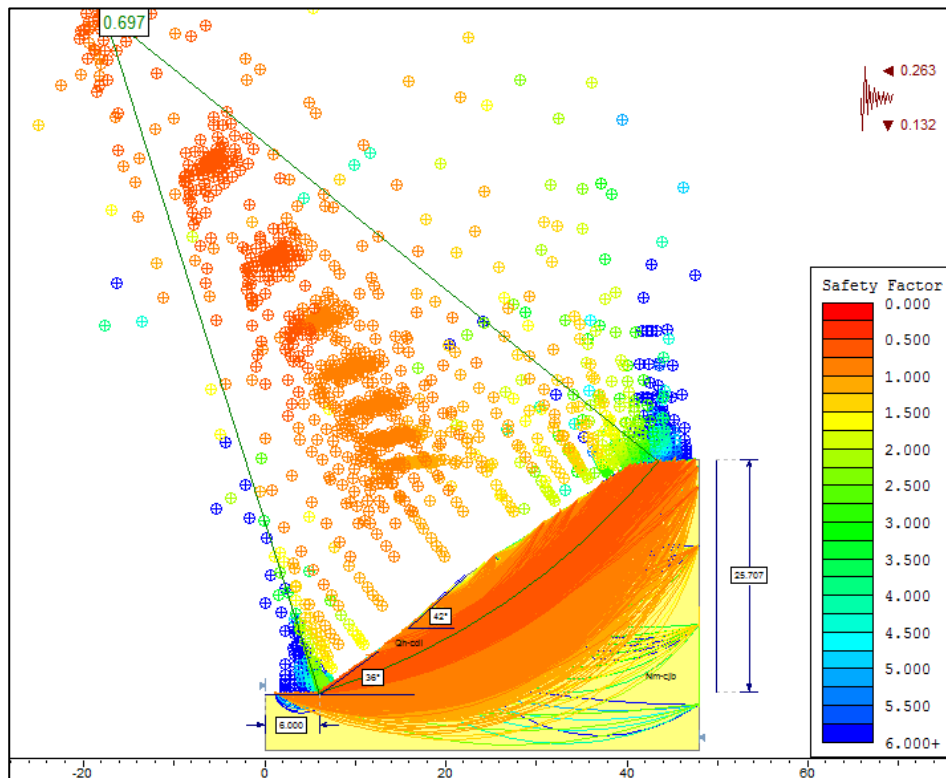


Figura 38. Análisis de estabilidad en Condiciones Pseudoestáticas Estación 06



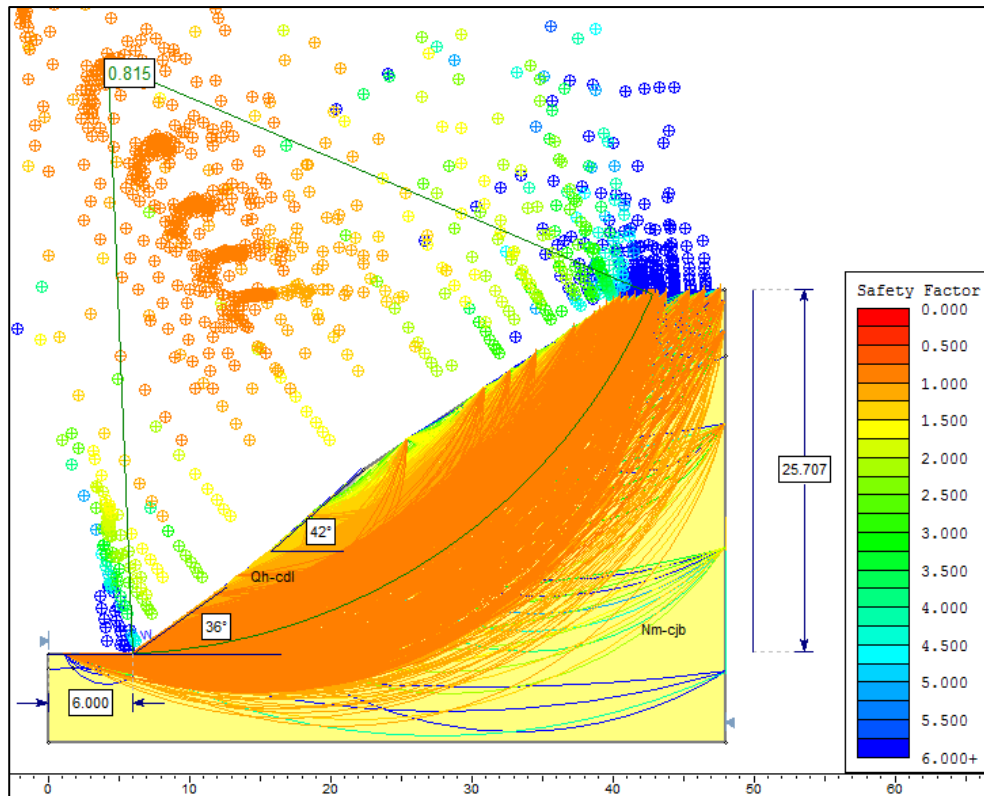


Figura 39. Análisis de estabilidad en Saturación Parcial Estación 06

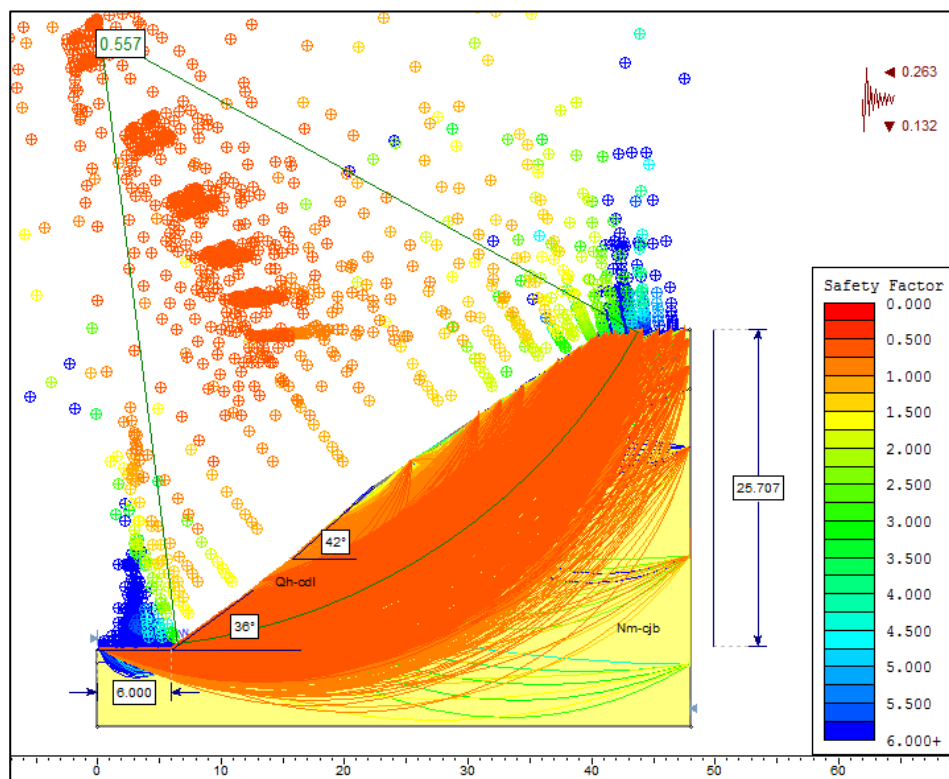


Figura 40. Análisis de estabilidad en Condiciones Saturadas- Pseudoestáticas Estación 06

### 3.11.7. Perfil A-A'

Esta estación geomecánica describe ladera de 92 m de altura, donde aflora en gran extensión la Formación Cajabamba, el cual consta de arenas limosas en la base gradando hacia el techo con intercalación de conglomerados de matriz soportada, con clastos redondeados de hasta 5 cm de diámetro. Evidencia de deslizamiento suspendido y erosión constituyendo depósitos coluviales al pie de la ladera. En la Tabla 40 podemos ver propiedades físicas y geomecánicas de la Estación.



Foto 20. Perfil A-A'

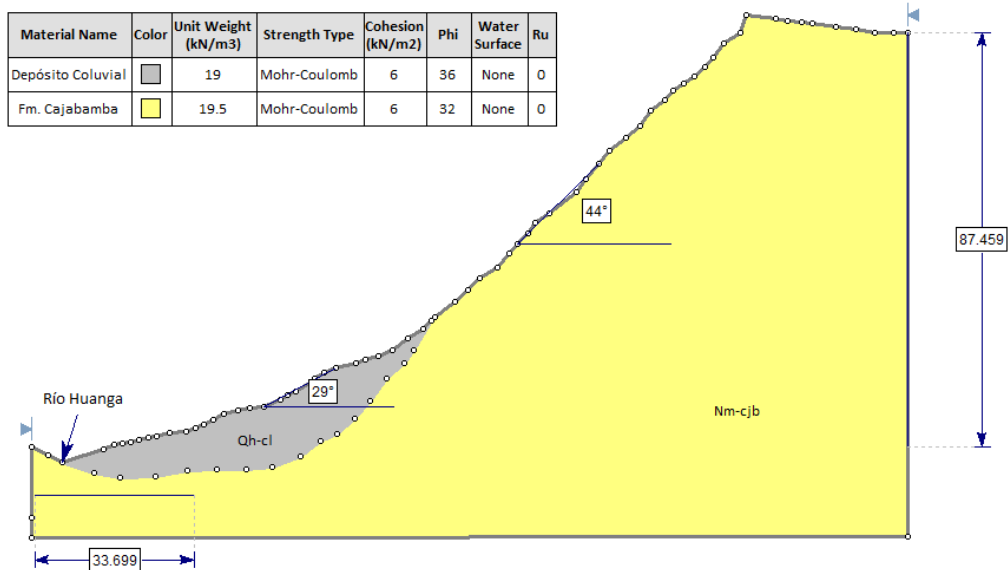


Figura 41. Geometría de la ladera de Perfil A-A'

Tabla 40. Propiedades físicas y geomecánicas del Perfil A-A'

Perfil A-A'	
Sistema	WGS 84 Zona 17S
Ubicación	817219E, 9188795N, 2441m.s.n.m.
Talud	Altura: 87m    Azimut: N49    Dip: 44°
Formación Geológica	Fm. Condebamba
Descripción	Arenas de grano medio semiconsolidadas intercalado con conglomerado fino
Estratificación	Dip: 12    Dip Direction: 88
Peso específico seco ( $\gamma$ ): 19.5 kN/m <sup>3</sup>	Peso específico saturado ( $\gamma_{sat}$ ): 25 kN/m <sup>3</sup>
Cohesión ( $c$ ): 0,006 MPa	Fricción ( $\Phi$ ): 32°
Suelos	
Tipo de depósito	Coluvial
Clasificación SUCS	SW-SM (Arena bien graduada con grava y limos)
Peso específico seco ( $\gamma$ ): 19 kN/m <sup>3</sup>	Peso específico saturado ( $\gamma_{sat}$ ): 24 N/m <sup>3</sup>
Cohesión: 0,006 MPa	Fricción: 36°

En la Tabla 41, vemos que en condiciones naturales el talud presenta inestabilidad con F.S 0.789.

Tabla 41. Factores de Seguridad en el análisis de estabilidad del Perfil A-A'

Factores de Seguridad			
Id	Condición	Método de análisis	
		GLE/Morgenstern- Price	Bishop Simplificado
Perfil A-A'	Naturales	0.789	0.794

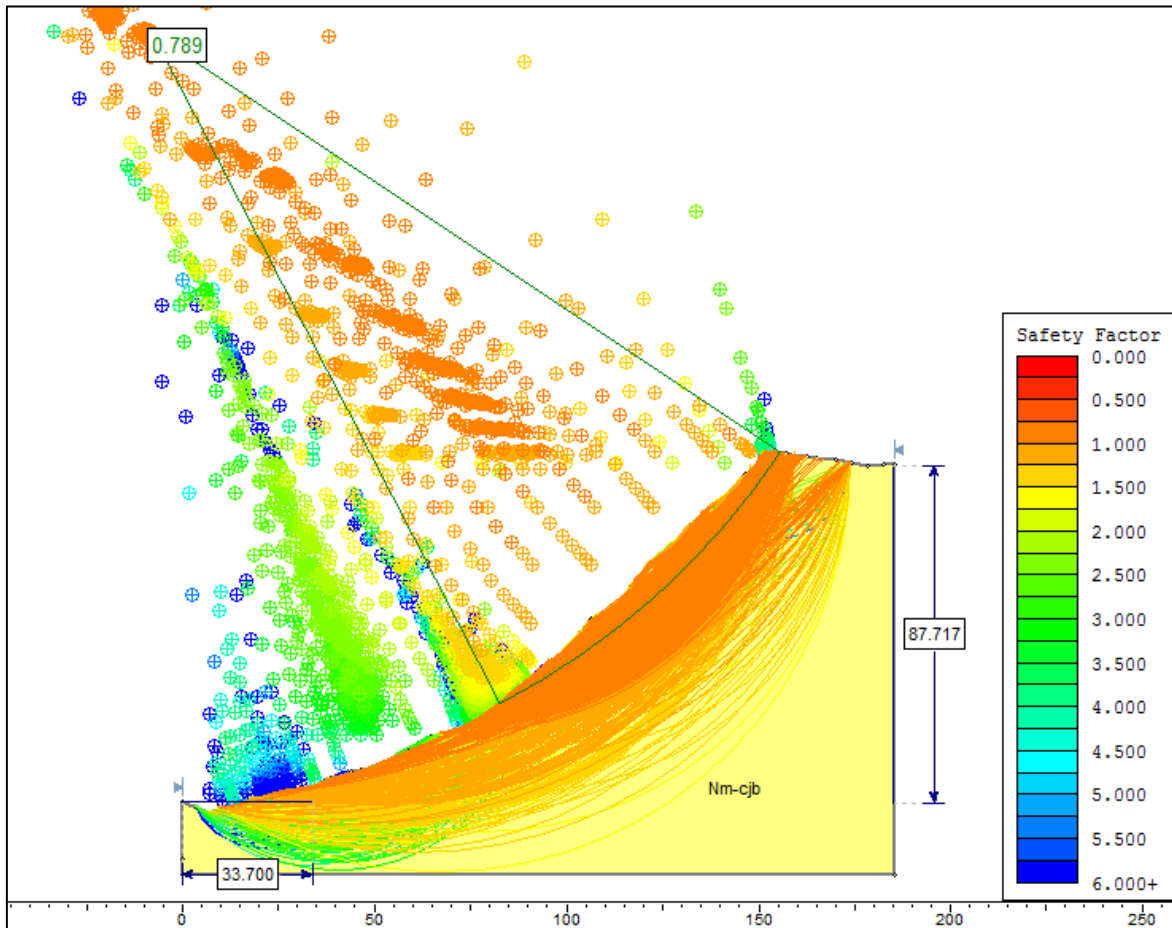


Figura 42. Análisis de estabilidad en condiciones naturales Perfil A-A'

### 3.11.8. Perfil B-B'

Esta estación geomecánica describe ladera de 30 m de altura, donde aflora la Formación Cajabamba, la cual consta de arenas limosas en la base gradando hacia el techo con intercalación de conglomerados de matriz soportada, con clastos redondeados de hasta 5 cm de diámetro. Evidencia de deslizamiento suspendido y erosión constituyendo depósitos

coluviales al pie de la ladera. En la Tabla 42 podemos ver propiedades físicas y geomecánicas de la Estación.



Foto 21. Perfil B-B'

Tabla 42. Propiedades físicas y geomecánicas del Perfil B-B'

Perfil B-B'	
Sistema	WGS 84 Zona 17S
Ubicación	817619E, 9189036N, 2469m.s.n.m.
Talud	Altura: 30m    Azimut: N68    Dip:49°
Formación Geológica	Fm. Condebamba
Descripción	Arenas de grano medio semiconsolidadas intercalado con conglomerado fino
Estratificación	Dip: 15                      Dip Direction: 84
Peso específico seco ( $\gamma$ ): 19.5 kN/m <sup>3</sup>	Peso específico saturado ( $\gamma_{sat}$ ): 25 kN/m <sup>3</sup>
Cohesión ( $c$ ): 0.006MPa	Fricción ( $\Phi$ ): 30°
Suelos	
Tipo de depósito	Coluvial
Clasificación SUCS	SW-SM (Arena bien graduada con grava y limos)
Peso específico seco ( $\gamma$ ): 19 kN/m <sup>3</sup>	Peso específico saturado ( $\gamma_{sat}$ ): 24 kN/m <sup>3</sup>
Cohesión: 0,006 MPa	Fricción: 36°

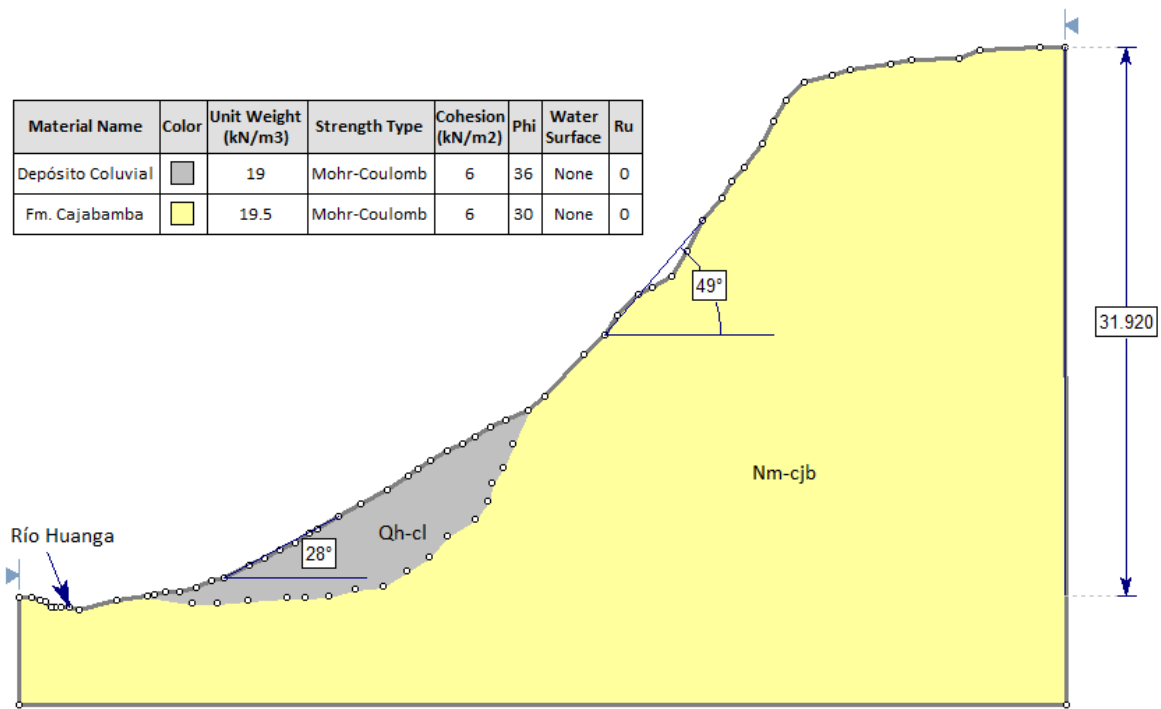


Figura 43. Geometría de ladera de perfil B-B'

En la Tabla 43, vemos que en condiciones naturales el talud presenta inestabilidad (Factor de Seguridad F.S=0.775).

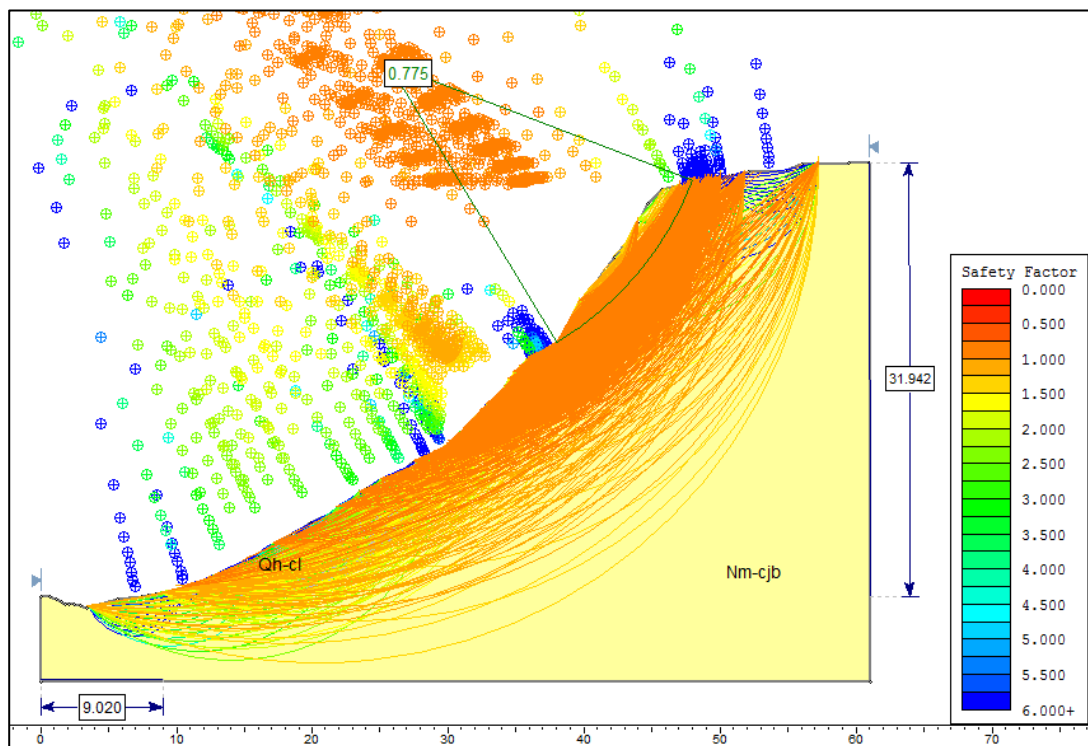


Figura 44. Análisis de estabilidad en condiciones naturales Perfil B-B'

Tabla 43. Factores de Seguridad en el análisis de estabilidad del Perfil B-B'

<b>Factores de Seguridad</b>			
Id	Condición	Método de análisis	
		GLE/Morgenstern- Price	Bishop Simplificado
Perfil A-A'	Naturales	0.775	0.781

### 3.12. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados en los Caseríos Las Chamanas y Montesorco corresponden a los subtipos agrupados como movimientos en masa: deslizamientos (40% de ocurrencia, ver Figura 45) donde las masas deslizadas por acción del agua, movimientos sísmicos o perturbación antrópica que obstaculizan las vías de acceso o dañan áreas de cultivo así como erosión de laderas (32%) destacando la ocurrencia de erosión en surcos y cárcavas, de decenas de metros de extensión; flujo de detritos (12%) que por la saturación de los materiales; caídas de bloques (12%) donde los materiales se desprenden de las laderas, taludes y zonas de escarpes que con su desprendimiento generan rodamiento y finalmente acumulación en el pie de talud/ladera y reptación de suelos (4%). Véase Foto 22. Según la clasificación dada por Ingemmet (2009) sobre la susceptibilidad ante la ocurrencia de movimientos en masa, el área de investigación se clasifica como de susceptibilidad alta, por ello en este apartado se realiza un inventario de los puntos de ocurrencia de estos movimientos, destacando los de mayor importancia en la Tabla 45 y el Plano P-07.

Tabla 44. Porcentaje de ocurrencia de peligros geológicos

<b>Ocurrencia de Peligros geológicos</b>		
Tipo	N° ocurrencias	%
Deslizamientos	10	40
Caída de rocas	3	12
Reptación de suelos	1	4
Flujo de detritos	3	12
Erosión de laderas	8	32
Total	25	100

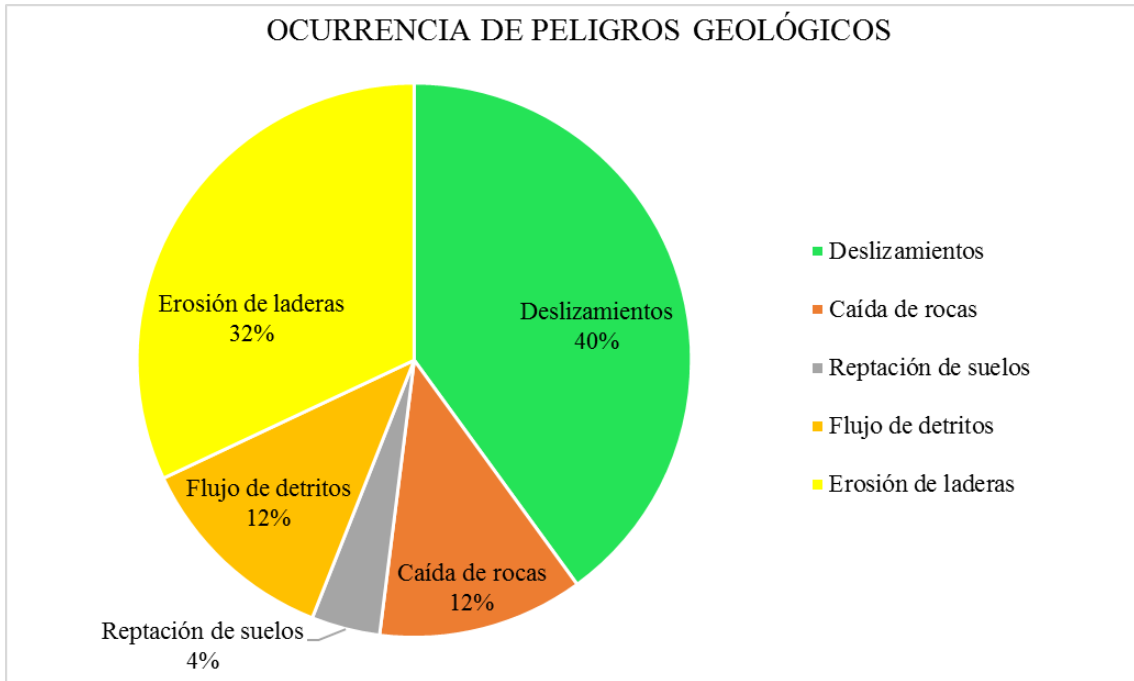


Figura 45. Estadística de la ocurrencia de peligros geológicos como movimientos en masa y otros.



Tabla 45. Inventario de Peligros Geológicos

Código	Lugar/Sector	Ubicación			Tipo de movimiento	Litología	Observaciones
		Este	Norte	Cota m.s.n.m.			
D1	Rio Huanga	817057	9188735	2446	Deslizamiento	Arenas intercaladas con conglomerados /Fm Cajabamba	Erosión y socavamiento del pie de laderas, 70° de pendiente y 58m de altura
D2	Rio Huanga	817219	9188795	2441	Deslizamiento	Arenas intercaladas con conglomerados /Fm Cajabamba	Irrumpe el cauce del río y ocasiona pérdida de zonas de pastoreo, 69° de pendiente y 92 m de altura
D3	Rio Huanga	817619	9189036	2469	Deslizamiento	Arenas intercaladas con conglomerados /Fm Cajabamba	Irrumpe el cauce del río, de pendiente 48° y 40 m de altura
D4	Carretera a Alfonso Ugarte	817161	9189088	2503	Deslizamiento	Depósito aluvial	Masa deslizada yace sobre el talud 01
D5	Quebrada Uñigan	818207	9189219	2515	Deslizamiento	Arenas intercaladas con conglomerados /Fm Cajabamba	Irrumpe en el cauce de la Quebrada Uñigan. Pendiente 50°, 57 m de altura
D6	Quebrada Uñigan	818415	9189280	2539	Deslizamiento	Arenas intercaladas con conglomerados /Fm Cajabamba	Irrumpe en el cauce de la Quebrada Uñigan. Pendiente 48°, 40 m de altura
D7	Carretera a Montesorco	817792	9188678	2592	Deslizamiento	Arenas grano medio intercaladas con conglomerados gruesos /Fm. Condebamba	Masa deslizada yace sobre el talud de la estación 04
D8	Carretera a Montesorco	817721	9188644	2581	Deslizamiento	Arenas intercaladas con conglomerados y arcillas rojas /Fm. Condebamba	Masa deslizada yace sobre el talud de la estación 05
D9	Terrazas del Rio Huanga	817681	9188476	2435	Deslizamiento rotacional	Depósito aluvial	Ocasiona pérdida de terreno de cultivo

Va...

...Viene

Código	Lugar/Sector	Ubicación			Tipo de movimiento	Litología	Observaciones
		Este	Norte	Cota m.s.n.m.			
D10	Caserío Las Chamanas	817654	9189217	2500	Deslizamiento rotacional	Arenas y conglomerados finos /Fm Cajabamba	Formación de deslizamientos por la saturación del sustrato.
C1	Caserío Las Chamanas	817778	9189033	2473	Caída de rocas	Diatomitas/ Fm Cajabamba	Bloques de diatomitas caen irrumpiendo el curso del río Huanga Pendiente 68°, 18 m de altura
C2	Quebrada Uñigan	818010	9189139	2493	Deslizamiento	Arenas y conglomerados finos/Fm Cajabamba	Irrumpe en el cauce de la Quebrada Uñigan. Pendiente 65°, 15 m de altura
C3	Las Chamanas	817353	9189117	2517	Caída de rocas	Depósito coluvial	Bloques de roca sueltos caen sobre la carretera
RE	Las Chamanas	817880	9189227	2491	Reptación de suelos	Depósito aluvial	Movimiento de suelos en material cuaternario, evidente inclinación de arbustos.
FD1	Caserío Las Chamanas	817652	9189179	2496	Flujo de detritos	Arenas y conglomerados finos /Fm Cajabamba	Formación de flujos de detritos por la sobresaturación de agua en suelos y ausencia de vegetación.
FD2	Carretera hacia Caserío Montesorco	817706	9188663	2572	Flujo de detritos	Arenas y conglomerados finos/Fm Cajabamba	Colapso de canales por saturación de agua lo que genera flujos de detritos.
FD3	Carretera hacia Caserío Montesorco	817800	9188716	2574	Flujo de detritos	Arenas y conglomerados /Fm Cajabamba/ Condebamba	La presencia de quebrada y saturación de agua en época de lluvias ocasiona flujo de detritos.
EL1	Caserío Montesorco	818486	9189025	2681	Erosión de laderas	Arenas de grano fino y conglomerados/Fm Cajabamba	Erosión en surcos por acción del agua, con pendiente de 50°, ladera de 200 m de altura
EL2	Caserío Montesorco	817681	9188668	2563	Erosión de laderas	Arenas de grano fino y conglomerados/Fm Cajabamba	Erosión en surcos por acción del agua, ocasiona flujo de detritos, bloqueando la carretera hacia el Caserío Montesorco. Pendiente 38°, 35 m de altura
EL3	Caserío Montesorco	818159	9188485	2616	Erosión de laderas	Arenas de grano fino y conglomerados/Fm Cajabamba	Fuerte pendiente, 70°, altura 94 m.

Va...

...Viene

Código	Lugar/Sector	Ubicación			Tipo de movimiento	Litología	Observaciones
		Este	Norte	Cota			
EL4	Caserío Montesorco	818273	9188413	2589	Erosión de laderas	Arenas de grano fino y conglomerados/Fm Cajabamba	Ausencia de vegetación, formación geológica deleznable, propiciando por escarpes 63° pendiente, altura 200m. Generan derrumbes con caída hacia la Quebrada Mala Muerte
EL5	Caserío Montesorco	817856	9188414	2567	Erosión de laderas	Arenas de grano fino y conglomerados/Fm Cajabamba	Formación geológica deleznable, el fuerte pendiente propiciado por escarpes 60°, 140 m de altura, generan derrumbes con caída hacia la Quebrada Mala Muerte
EL6	Puente Quebrada Uñigan	818003	9189214	2502	Erosión de laderas	Arenas de grano fino y conglomerados/Fm Cajabamba	Formación geológica deleznable, propiciando escarpes 70°, altura 80 m.
EL7	Carretera a Montesorco	818018	9188643	2660	Erosión de laderas	Arenas de grano fino y conglomerados hacia el techo/Fm Cajabamba	Erosión en surcos, por acción del agua Estación 06
EL8	Carretera a Montesorco	817664	9188701	2542	Erosión de laderas	Arenas de grano fino y conglomerados/Fm Cajabamba	Erosión en surcos, por acción del agua Estación 03

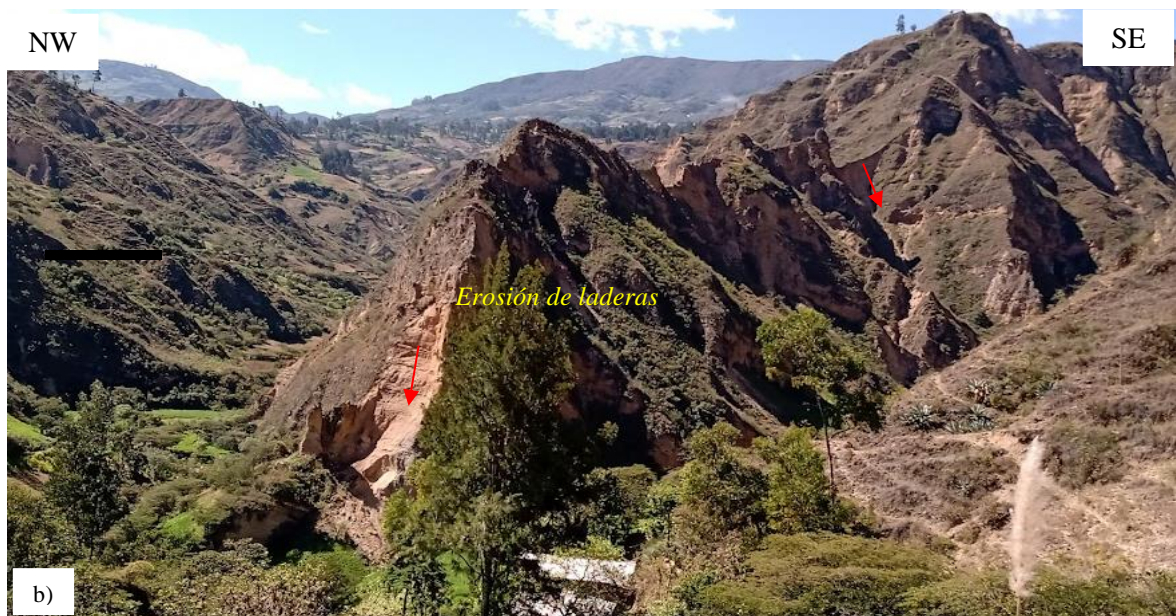


Foto 22. (a) Deslizamiento rotacional. (b) Erosión de laderas. (c) Caída de rocas por desprendimiento en el cauce del Río Huangá. (d) Erosión en surcos

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

##### 4.1.1. Mecanismos asociados a la inestabilidad del talud

Las estaciones geomecánicas analizadas presentan un estadio de inestabilidad de acuerdo a los factores condicionantes y detonantes:

##### *4.1.1.1. Factores condicionantes*

###### *Factor litológico*

Las unidades Litoestratigráficas que afloran en el área de investigación son de origen sedimentario lagunar, Formación Cajabamba (Nm-cjb) y Condebamba (N-con) y depósitos del cuaternario reciente coluvio- deluvial, coluvial y aluvial.

###### *Propiedades Geomecánicas*

De acuerdo a sus propiedades geomecánicas detalladas en la base de datos (‘‘Véase Anexo II ) se definen: la Unidad I Formación Cajabamba , la Unidad II Formación Condebamba , la Unidad III Depósito coluvial clasificada según S.U.C.S como SW-SM (Arena bien graduada con grava y limos, la Unidad IV Depósito aluvial clasificada como GP-GM (Grava mal graduada con limo y arena) y la Unidad V Depósito coluvio deluvial clasificada como SW-SC (Arena bien graduada con arcilla y grava o arcilla limosa y grava) cuyos parámetros geomecánicos se detallan en la Tabla 53 . El ensayo de suelos, indica la presencia de suelos areno limosos (SM) cuyos parámetros físicos y geomecánicos se detallan en las Tablas 24-25.

### Factor geomorfológico

De acuerdo a la clasificación de Rodríguez (2016) que divide el terreno en unidades morfogénicas, el área de investigación de 1.5 km<sup>2</sup>, se divide en 4 tipos: planicies, lomadas o colinas, laderas y escarpes. La unidad preponderante es de tipo laderas de 20°-50° representando el 54.34% del total de área, producto de la erosión e intenso desgaste de la superficie, predominando en extensión respecto al tipo lomadas o colinas: 8°-20° con área que representa el 33.56% según la Tabla 46 y Figura 46.

Tabla 46. Distribución de pendiente

Unidad Morfogénicas	Área (m <sup>2</sup> )	Porcentaje de ocurrencia (%)
Planicies: 0°-8°	167016	11.13
Lomadas o colinas: 8°-20°	503436	33.56
Laderas: 20°-50°	815110	54.34
Escarpes: >50°	14438	0.96
Total	1500000	100

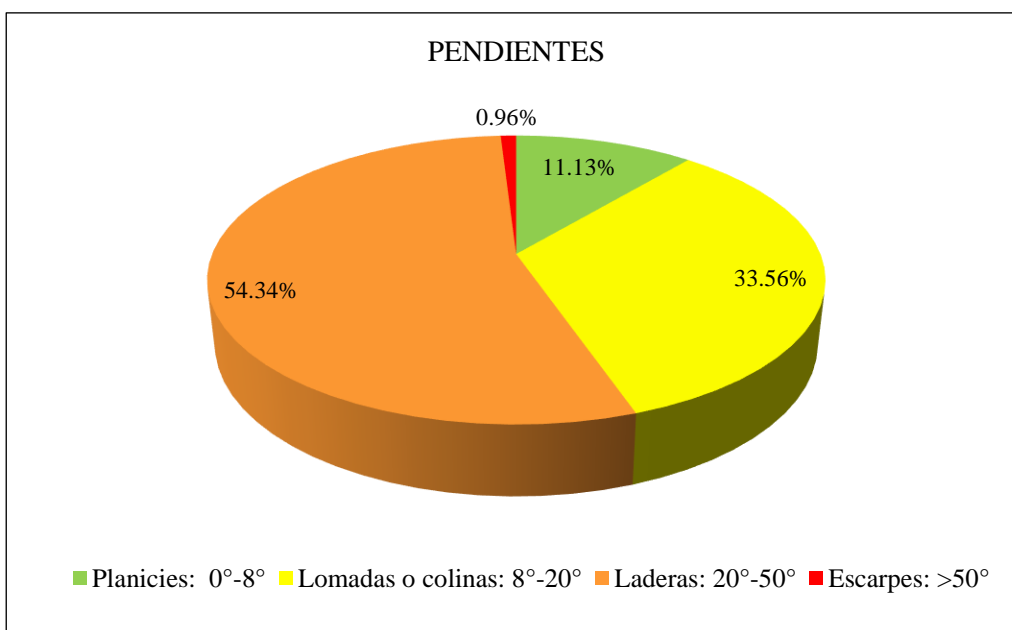


Figura 46. Distribución de la pendiente

### ***Factores detonantes o desencadenantes***

#### ▪ *Precipitaciones e Infiltración*

Se ha desarrollado la hidrología de la Subcuenca Cascasén a la cual pertenece la zona de investigación transponiendo datos de precipitación de la Estación Meteorológica San Marcos (el área no cuenta con estación meteorológica propia o más próxima) a través de la Ecuación de Oswald para obtener el valor del Factor de Transposición y siguiendo la metodología de Rodríguez (2016), datos que se pueden divisar en las Tablas 14- 16.

Del cálculo de Línea de Precipitación Referencial Conservadora (100.26) y de la Transposición de data de precipitación podemos divisar que hay dos ciclos marcados, iniciando por los meses de poca a escasa probabilidad de lluvias junio- setiembre, iniciado según las gráficas de precipitación (ver Figura 10 y 11) y terminando con curvas mayor pronunciadas respecto a los meses de octubre a mayo del año posterior. Representando el 90.70 % en los 6 años de análisis el porcentaje total de precipitación pluvial en los meses de octubre – mayo.

Tabla 47. Estadística de Precipitación durante los años 2017-2023

CICLO DE PRECIPITACIÓN	TOTAL PP ANUAL	PROMEDIO PP ANUAL	PP TOTAL (OCT-ABR)	%PP TOTAL (OCT-ABR)
PRECIPITACIÓN 2017-2018	1126.08	93.84	946.21	84.03
PRECIPITACIÓN 2018-2019	1232.56	102.71	1171.38	95.04
PRECIPITACIÓN 2019-2020	923.89	76.99	882.01	95.47
PRECIPITACIÓN 2020-2021	996.50	83.04	873.74	87.68
PRECIPITACIÓN 2021-2022	1315.27	109.61	1234.92	93.89
PRECIPITACIÓN 2022-2023	938.34	78.19	817.15	87.09
Total	6532.64	544.39	5925.42	90.70

A través de los datos de precipitación transpuesta se calcularon los datos de Precipitación Efectiva o Esguerrimiento (Pe en mm) y la infiltración (F en mm) así como la infiltración en el área de investigación (VF), véase el cálculo de Balance Hidrológico (Tabla 17), donde durante los 6 años el volumen de infiltración ha sido 261. 96 millones de metros cúbicos (MMC), de los cuales la probabilidad de volumen de infiltración en el área de investigación fue 3.43 MMC (1.31%).

- *Sismicidad:*

Según Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) realizada por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018), el área de investigación se ubica en la Zona sísmica 3, con factor de zona  $Z=0.35$ , con el cual se calculó los coeficientes sísmicos horizontal  $K_h= 0.263$  y coeficiente sísmico vertical  $k_v= 0.132$  desarrollados en el análisis Pseudoestático de las Estaciones.

***Factores antrópicos***

- Cortes de talud para la realización de nuevas vías de acceso.
- Mal sistema de riego que saturan los suelos y genera inestabilidad.

4.1.2. Factor de seguridad

A través de la evaluación de estabilidad del Software Slide V.6.0 de Rocscience, se han identificado Factores de Seguridad de rango inestable, el análisis se ha realizado buscando la superficie de falla circular, método de búsqueda Auto Refine Search y método de análisis GLE- Morgenstern -Price y Bishop Simplificado.

Tabla 48. Coeficientes de seguridad según normativa vigente

<b>Coeficientes de seguridad a emplear en el análisis de estabilidad de taludes</b>				
Normativa	Talud Temporal		Talud Permanente	
	Estática	Sísmica	Estática	Sísmica
AASHTO LRFD	1.33-1.53	1.1	1.33-1.53	1.1
NAVFAC-DM7	1.3-1.25	1.2-1.15	1.5	1.2-1.15
FHWA-NHI-11-032	-	1.1	-	1.1
CE.020	-	-	1.5	1.25

Fuente Revista CIVILIZATE (2015).

Según la Tabla 48, que recopila factores de seguridad según normativas vigentes para Perú, podemos ver que para taludes permantes, un talud es inestable con Factor de seguridad menor a 1.3 en condiciones estáticas (naturales) y menor a 1.1 en condiciones Pseudoestáticas.



Tabla 49. Factores de Seguridad para las estaciones analizadas

Estación	Condiciones	Métodos de Análisis	
		GLE- Morgenstern Price	Bishop simplificado
E01	Naturales	1.023	1.031
	Pseudoestáticas	0.699	0.701
	Saturación Parcial	0.738	0.739
	Pseudoestáticas-Sat Parcial	0.519	0.503
E02	Naturales	0.949	0.956
	Pseudoestáticas	0.652	0.652
	Saturación Parcial	0.786	0.783
	Pseudoestáticas-Sat Parcial	0.555	0.544
E03	Naturales	1.377	1.382
	Pseudoestáticas	0.897	0.896
	Saturación Parcial	1.130	1.132
	Pseudoestáticas-Sat Parcial	0.712	0.714
E04	Naturales	1.0	0.993
	Pseudoestáticas	0.674	0.678
	Saturación Parcial	0.836	0.835
	Pseudoestáticas-Sat Parcial	0.570	0.582
E05	Naturales	1.228	1.250
	Pseudoestáticas	0.851	0.851
	Saturación Parcial	0.960	0.968
	Pseudoestáticas-Sat Parcial	0.663	0.663
E06	Naturales	1.064	1.069
	Pseudoestáticas	0.696	0.697
	Saturación Parcial	0.815	0.816
	Pseudoestáticas-Sat Parcial	0.5543	0.557
Perfil A-A'	Naturales	0.789	0.794
Perfil B-B'	Naturales	0.775	0.781

Así tenemos que:

Bajo condiciones naturales: el talud 03 y 05 se presentan estables (Factor de seguridad mayor a 1.1), sometido al análisis de estabilidad bajo Condiciones Pseudoestáticas y de saturación parcial el F.S desciende hasta 0.7-0.6.

Tabla 50. Factores de Seguridad para las Estaciones 03 y 05

Estación	Métodos de Análisis: GLE- Morgenstern Price	
	Condiciones Naturales	Condiciones Pseudoestáticas-Sat Parcial
03	1.377	0.712
05	1.228	0.663

Bajo condiciones naturales: los taludes 01, 02, 04, 06 y se presentan inestables (Factor de seguridad cercanos a 1.1), descendiendo el Factor de seguridad bajo Condiciones Pseudoestáticas y de saturación parcial hasta F.S= 0.5.

Tabla 51. Factores de Seguridad para las Estaciones 01, 02, 04 y 06

Estación	Métodos de Análisis: GLE- Morgenstern Price	
	Condiciones Naturales	Condiciones Pseudoestáticas-Sat Parcial
01	1.023	0.519
02	0.949	0.555
04	1.0	0.570
06	1.064	0.554

Los perfiles A-A' y B-B' se presentan inestables bajo Condiciones naturales, llegando a F.S de 0.7

Tabla 52. Factores de Seguridad para los perfiles A-A' y B-B'

Estación	Condiciones	Métodos de Análisis	
		GLE- Morgenstern Price	Bishop simplificado
Perfil A-A'	Naturales	0.789	0.794
Perfil B-B'	Naturales	0.775	0.781

#### **4.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

Durante la investigación se ha demostrado que los factores intrínsecos propios de las condiciones geológicas como la litología, las propiedades geomecánicas de las unidades litoestratigráficas y suelos y la geomorfología intervienen en el comportamiento de laderas y taludes en los caseríos de Las Chamanas y Montesorco, San Marcos- Cajamarca así mismo los factores desencadenantes de inestabilidad han sido y siguen siendo las precipitaciones, infiltración y sismicidad, que se evidencia en la ocurrencia de deslizamientos, caídas, erosión de laderas y demás peligros geológicos zonificados validando así la hipótesis que nos planteamos al principio de esta investigación.

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

Se ha evaluado los factores geológicos y geomecánicos que intervienen en el comportamiento inestable de laderas y taludes mediante la caracterización de unidades litoestratigráficas, geomorfología y propiedades geomecánicas de los materiales.

Se ha realizado el cartografiado geológico del área de investigación donde afloran formaciones geológicas lagunares como la Formación Cajabamba que se compone de arenas, conglomerados fino, arcillolitas y lodolitas y la Formación Condebamba, de arenas de grano medio en intercalación de conglomerado grueso de clastos redondeados y sub-redondeados además de depósitos aluviales, coluviales y coluvio deluviales.

La caracterización geomecánica clasificó 5 unidades, Unidad I. Formación Cajabamba, Unidad II. Formación Condebamba, Unidad III. Depósito Aluvial, Unidad IV. Depósito coluvial y Unidad V. Depósito coluvio deluvial, con valores de cohesión que van entre 0.006- 0.008 MPa y ángulos de fricción de 30-36°.

Los factores desencadenantes de inestabilidad, son las precipitaciones que están presentes desde los meses de octubre hacia abril que representa el 90.70% de precipitaciones entre los años analizados desde 2017- 2023 y los de menores o escasa precipitaciones de mayo-setiembre con 9.3%; la infiltración donde el volumen de infiltración durante los años 2017 – 2023 fue 3.43 MMC para el área de 1.5Km<sup>2</sup> y la sismicidad, que ubica a la zona de estudio en la zona 3, que corresponde a sismicidad alta con coeficientes de sismicidad  $K_h= 0.263$  y  $K_v=0.132$ .

El análisis de estabilidad en taludes y laderas evidencia inestabilidad en los taludes 01, 02, 04, 06 y los perfiles A-A' y B-B' además de los taludes estables 03 y 05 que sometidos al análisis Pseudoestático y bajo condiciones de saturación parcial se tornan inestables.

La zonificación de peligros geológicos evidencia deslizamientos en mayor probabilidad de ocurrencia seguido por erosión de suelos, caída de rocas, flujo de detritos y reptación de suelos.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

Al Gobierno Local de Las Chamanas y Montesorco:

Realizar el monitoreo de taludes en épocas de mayor precipitación durante los meses de octubre – abril y monitoreo sísmico.

Programar medidas de estabilización adecuada para mitigar los peligros geológicos como movimientos en masa, entre ellos deslizamientos y flujo de detritos que se desencadenan en épocas de lluvia y ocasionan obstrucción de vías y carreteras.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aparicio, F. 1992. Fundamentos de Hidrología de Superficie México D.F. Editorial Limusa.
- Dávila, J. 2011. Diccionario geológico. Lima, Perú. INGEMMET.
- Das, BM. 2013. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. 4ta Edición. México D.F., México, Cengage Learning.
- Gavilanes, H. & Andrade, B. 2004. Introducción a la Ingeniería de Túneles: Caracterización, Clasificación y Análisis Geomecánico de los Macizos Rocosos. Quito Ecuador: Asociación de Ingenieros de Minas del Ecuador (AIME).
- GEMMA. 2007. Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas (1st ed.). Toronto, Canadá: Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas.
- González de Vallejo, L. et. al. 2003. Ingeniería Geológica (1st ed.). Madrid, España. Editorial Pearson.
- Hernández, S. 2016. Evaluación sísmica de la estabilidad de taludes en presas de tierra. pág. 15. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Highland L. & Johnson M. 2004. Landslide Types and Processes. USGS. Disponible en <https://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/pdf/fs2004-3072.pdf>
- Martínez, R., Barrera, S. y Gómez, P. (2011). El método Seudoestático de estabilidad en presas: un análisis crítico. Obras y Proyectos 9, p30-37.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. 2018. Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica Peruana E.030, Diseño Sismorresistente. Lima - Perú.

- Rodríguez, R. 2016. Método de investigación geológico - geotécnico para el análisis de inestabilidad de laderas por deslizamientos zona Ronquillo - Corisorgona. Tesis de maestría en Geología. Lima, Perú, UNMSM.
- SENAMHI. 2023. Estación metereológica San Marcos Cajamarca. Perú. Disponible en <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
- Suárez, J. 1998. Deslizamientos estabilidad de taludes en zonas tropicales, Colombia: Publicaciones UIS.
- Reyes, L. 1980. Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Lima-Perú: INGEMMET.
- Rocscience. 2022. Rocscience Software Products. Toronto, Canadá. Disponible en <https://www.roscience.com>
- Valiente, R. 2015. Estabilidad de Taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y Métodos de Cálculo. Revista CIVILIZATE N° 7.
- Villon, M. 2002. Hidrología. Costa Rica. Taller de publicaciones del instituto tecnológico de Costa Rica.
- Vivanco, S. 2017. Análisis de estabilidad de talud en condiciones estáticas y pseudoestáticas de la ciudad de Huancabamba, provincia Huancabamba, región Piura. Instituto Geofísico del Perú.
- Zavala, B. 1999. Estudio geológico-geotécnico de la región suroccidental del Perú. Editorial Lima-Perú: INGEMMET.
- Zavala, B., et. al. 2011. Peligros geológicos y geohidrológicos en términos de susceptibilidad. Lima-Perú: INGEMMET.
- Zavala, B., Rosado, M. 2011. Riesgo Geológico de la Región Cajamarca. Lima, Perú INGEMMET, Boletín, Serie C.

## **ANEXOS**

### **ANEXO I. ANÁLISIS CON ROC DATA DE UNIDADES GEOMECÁNICAS**

### **ANEXO II. DATA GEOLÓGICA Y CÁLCULO DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS**

### **ANEXO III. ANÁLISIS DE LABORATORIO**

### **ANEXO IV. PLANOS**

P-01: Plano de Ubicación- Imagen Satelital

P-02: Plano Digital de Elevaciones

P-03: Plano de Pendientes

P-04: Plano Unidades Geomorfológicas

P-05: Plano Unidades Litoestratigráficas

P-06: Plano Análisis de Estabilidad

P-07: Plano Peligros Geológicos



# ANEXO I. ANÁLISIS CON ROC DATA DE UNIDADES GEOMECÁNICAS

## Unidad I. FORMACIÓN CAJABAMBA

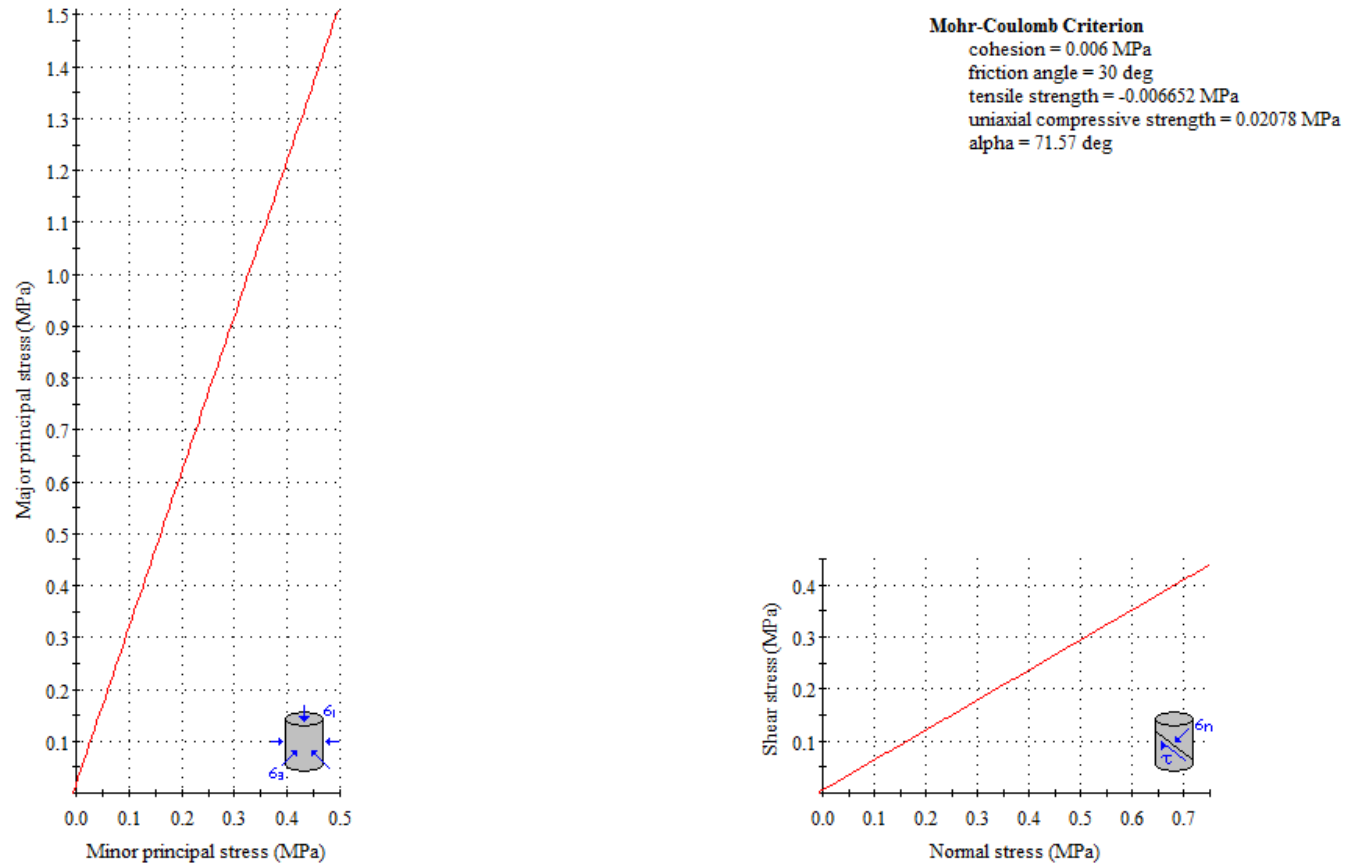
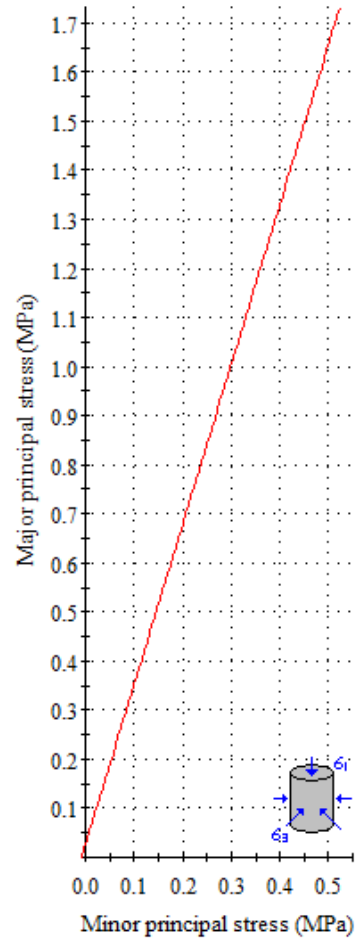


Figura 47. Análisis de Roc Data para la Unidad I. Formación Cajabamba

## Unidad II. FORMACIÓN CONDEMBAMBA



### Mohr-Coulomb Criterion

cohesion = 0.008 MPa

friction angle = 32 deg

tensile strength = -0.008329 MPa

uniaxial compressive strength = 0.02886 MPa

alpha = 72.92 deg

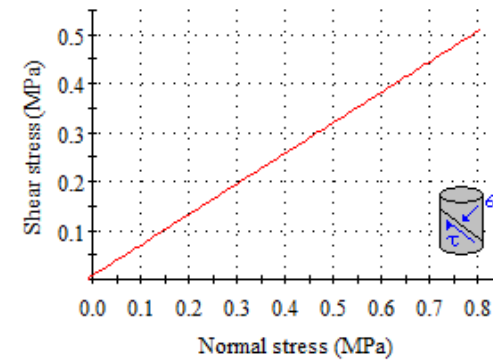


Figura 48. Análisis de Roc Data para la Unidad II. Formación Condebamba

Unidad III. DEPÓSITO COLUVIAL

**Mohr-Coulomb Criterion**  
 cohesion = 0.006 MPa  
 friction angle = 36 deg  
 tensile strength = -0.006114 MPa  
 uniaxial compressive strength = 0.02355 MPa  
 alpha = 75.45 deg

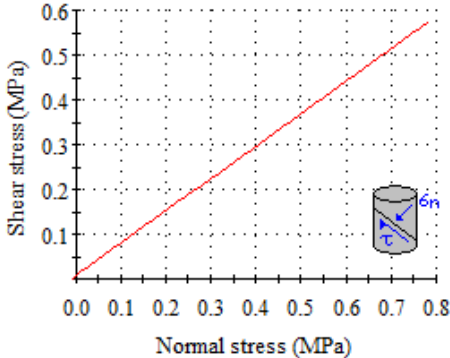
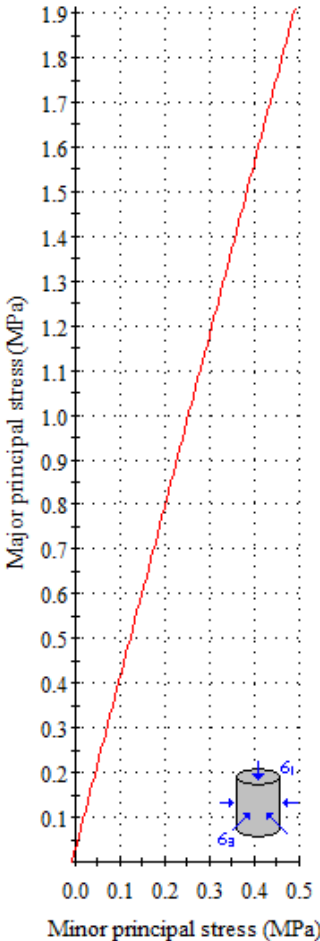
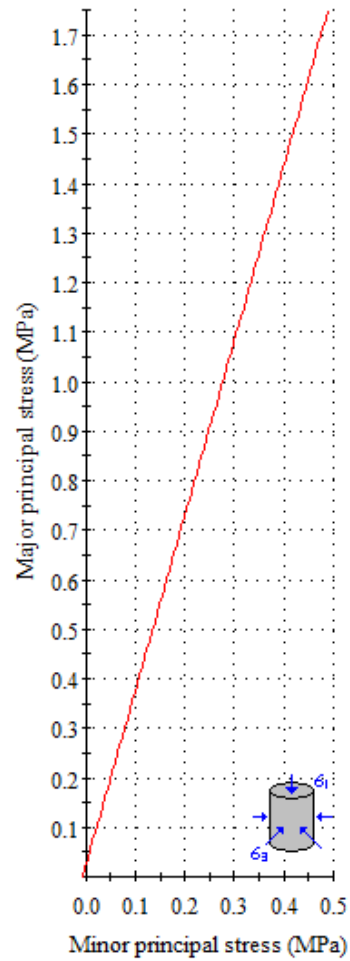


Figura 49. Análisis de Roc Data para la Unidad I. Depósito Coluvial

Unidad IV. DEPÓSITO ALUVIAL



**Mohr-Coulomb Criterion**  
cohesion = 0.006 MPa  
friction angle = 34 deg  
tensile strength = -0.006114 MPa  
uniaxial compressive strength = 0.02257 MPa  
alpha = 74.21 deg

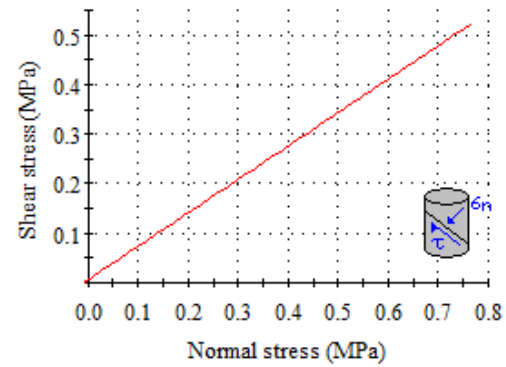
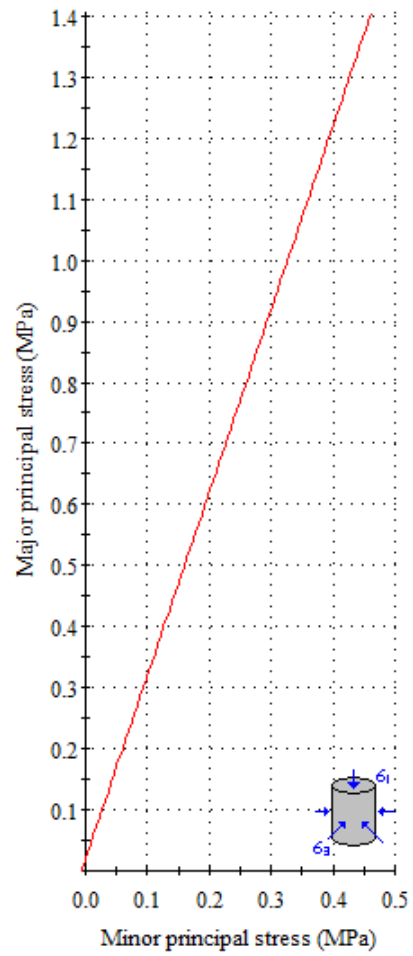


Figura 50. Análisis de Roc Data para la Unidad IV. Depósito aluvial

Unidad V. DEPÓSITO COLUVIO DELUVIAL



**Mohr-Coulomb Criterion**

cohesion = 0.006 MPa

friction angle = 30 deg

tensile strength = -0.006114 MPa

uniaxial compressive strength = 0.02078 MPa

alpha = 71.57 deg

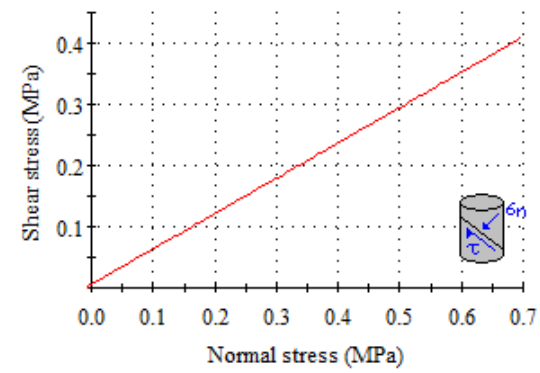


Figura 51. Análisis de Roc Data para la Unidad V. Depósito coluvio deluvial

## ANEXO II. DATA GEOLÓGICA Y CÁLCULO DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS

Tabla 53. Data Geológica y Cálculo de Parámetros geomecánicos

Coordenadas			Descripción	Discontinuidad	Nomenclatura	Peso específico seco	Azimut	Dip	Parámetros geomecánicos				
Este	Norte	Cota							Cohesión	Fricción	Resistencia a la Comprensión uniaxial	Resistencia a la tracción	Alpha
E	N	m.s.n.m							(MPa)	(°)	(MPa)	(MPa)	(α)
818015	9188649	2514	Arenas limosas hacia el techo de la formación,	Estratificación	Nm-cjb	19	96	23	0.006	30	0.02078	-0.006652	71.57°
817048	9189075	2510	Arcillolitas blanquecinas en intercalación con arenas limosas y conglomerado fino.	Estratificación	Nm-cjb	19	84	15	0.006	30	0.02078	-0.006652	71.57°
817664	9188701	2501	Arenas limosas en la base, pasando hacia el techo a un conglomerado fino, de matriz arenosa y clastos de arenisca redondeados de hasta 5 cm de diámetro.	Estratificación	Nm-cjb	19.5	87	23	0.006	30	0.02078	-0.006652	71.57°
818018	9188643	2615	Matriz de arenas y partículas finas y clastos redepositados.	Estratificación	Nm-cjb	19	87	23	0.008	30	0.02771	-0.006114	71.57
817219	9188795	2422	Arenas limosas en la base gradando hacia el techo con intercalación de conglomerados de matriz soportada	Estratificación	Nm-cjb	19.5	88	12	0.006	32	0.02165	-0.006114	72.92
817619	9189036	2404	Arenas limosas semiconsolidadas en la base gradando hacia el techo con intercalación de conglomerados de matriz soportada	Estratificación	Nm-cjb	19.5	84	15	0.006	30	0.02078	-0.006114	71.57°
817802	9188748	2506	Presencia de arenas limosas de grano fino (<0.2mm) de espesor 20- 30 cm, color pardo amarillento, además delgadas capas (< 5cm) de arcillolitas blanquecinas. Meteorización moderada.	Estratificación	Nm-cjb	19.5	80	10	0.006	30	0.02078	-0.006652	71.57°
818018	9188643	2615	Arenas limosas bien graduadas con niveles finos de arcillolitas blanquecinas	Estratificación	Nm-cjb	19	92	23	0.008	30	0.02771	-0.006114	71.57
817219	9188795	2422	Arenas limosas, hacia el techo conglomerado fino redondeado a subredondeado, de clastos de hasta 4 cm	Estratificación	Nm-cjb	19	85	15	0.006	32	0.02165	-0.006114	72.92
811792	9.189E+10	2506	Conglomerados clasto soportado de hasta 1m de espesor en intercalación con arenas limosas de espesor 70 cm	Estratificación	N-con	20	98	25	0.008	32	0.02886	-0.008329	72.92°
													Va...

...Viene													
Coordenadas			Descripción	Discontinuidad	Nomenclatura	Peso específico seco	DD	Dip	Parámetros geomecánicos				
Este	Norte	Cota							Cohesión	Fricción	Resistencia a la Comprensión uniaxial	Resistencia a la tracción	Alpha
E	N	m.s.n.m							(MPa)	(°)	(MPa)	(MPa)	(α)
									kN/m3				
817792	9188678	2506	Intercalación de arenas de grano medio semiconsolidadas de 60 cm de espesor y conglomerado clasto soportado de hasta 80 cm, de clastos redondeados y matriz limo arcillosa.	Estratificación	N-con	20	96	23	0.008	36	0.0314	-0.008152	75.45
817721	9188644	2507	Arena limosa en la base y hacia el techo conglomerados clasto soportado de 2 cm de diámetro y capas de arcillas rojas en espesor de hasta 2 m	Estratificación	N-con	20	96	25	0.008	32	0.02886	-0.008329	72.92°
817781	9188672	2500	Arenas limosas, en intercalación con conglomerados de clastos de arenisca redondeados, en matriz arena limosa.	Estratificación	N-con	20	90	2	0.008	36	0.0314	-0.006114	75.45
818018	9188643	2615	Conglomerados gruesos de clasto soportado intercalados con arenas limosas	Estratificación	N-con	20	82	4	0,006	36	0.02355	-0.006114	75.45
817219	9188795	2422	Arenas limosas en intercalación con conglomerados gruesos de hasta 7 cm de diámetro y arcillas rojizas hacia el techo	Estratificación	N-con	20	79	2	0,008	32	0.02886	-0.06114	72.92
817797	9188690	2500	Falla normal	Falla	Nm-cjb	19	87	36	0.006	32	0.02165	-0.006114	72.92
					N-con	20	80	2	0.008	36	0.0314	-0.006114	75.45
817166	9189114	2513	Depósitos coluvial- deluviales producto de la erosión de las formaciones geológicas circundantes.	Suelo	Qh-cldl	18			0.006	30	0.02078	-0.006114	71.57°
817729	9188726	2517	Sedimentos finos como arcillas y arenas con fragmentos pequeños de gravas (<3cm) que fueron removidos por agua de lluvia	Suelo	Qh-cldl	18			0.006	30	0.02078	-0.006114	71.57°
817161	9189088	2512	Arcillas, limos y arenas hasta gravas y bloques de hasta 10 cm de diámetro, de clastos subredondeados.	Suelo	Qh-al	19			0.006	34	0.02257	-0.006114	74.21
817353	9189117	2515	Materiales finos como arcillas, limos y arenas hasta gravas y bloques heterométricos de hasta 50 cm diámetro, los clastos son subredondeados de arenisca.	Suelo	Qh-al	19			0.006	34	0.02257	-0.006114MPa	74.21
817619	9189036	2404	Arenas, limos y gravas subredondeados desplazados por gravedad y depositados in situ	Suelo	Qh-cl	19			0.006	36	0.02355	-0.006114	75.45°
817822	9189084	2430	Depósito fluvial contiguo a depósitos aluviales conformando terrazas, Rio Huanga	Suelo	Qh-fl	19					0.008		

RUC: 20602101488

Dirección: Psj. Diego Ferre N° 295 – Barrio San Martín – Cajamarca.

CORREO: guersaningenieros@gmail.com

## ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y LADERAS

### TESIS:

“COMPORTAMIENTO GEOLÓGICO  
GEOMECANICO DE TALUDES Y LADERAS EN LOS  
CASERIOS DE LAS CHAMANAS Y MONTESORCO,  
SAN MARCOS CAJAMARCA”

### UBICACIÓN:

CASERIOS DE LAS CHAMANAS Y MONTESORCO,  
SAN MARCOS CAJAMARCA

### TESISTA:


JACKELINE EVELIN LEÓN MUÑOZ

CAJAMARCA, 18 DE JULIO DEL 2022

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

  
.....  
*Johnny Vásquez Torres*  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 255748





	<b>"COMPORTAMIENTO GEOLÓGICO GEOMECANICO DE TALUDES Y LADERAS EN LOS CASERIOS DE LAS CHAMANAS Y MONTESORCO, SAN MARCOS CAJAMARCA."</b>				GI-EMS-006-07-22
					Fecha: 18/7/2022
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b> <b>A.S.T.M. D 2216 / A.A.S.H.T.O. T 265</b>					
TESISTA:	JACKELINE EVELIN LEÓN MUÑOZ				
UBICACIÓN:	DISTRITO DE PEDRO GALVEZ, PROVINCIA DE SAN MARCOS, REGIÓN CAJAMARCA				
ASESOR:	MCS. ING. ROBERTO GONZALES YANA				
MUESTRA:	M - 1	PROFUNDIDAD.	COORDENADAS:	ESTE:	817737
		DE 0.00M. A 1.00M.		NORTE:	9188642

CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE SECADO DE MUESTRA			
TEMPERATURA DE SECADO	110 °C	TIEMPO DE SECADO	16 h

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Identificación de Tara	M-1
Masa de tara (g)	86.70
M. Tara + M.Húmeda (g)	1603.00
M. Tara + M. Seca (g)	1492.00
Masa de agua (g)	111.00
Masa de Muestra Seca (g)	1405.30
W (%)	7.90%

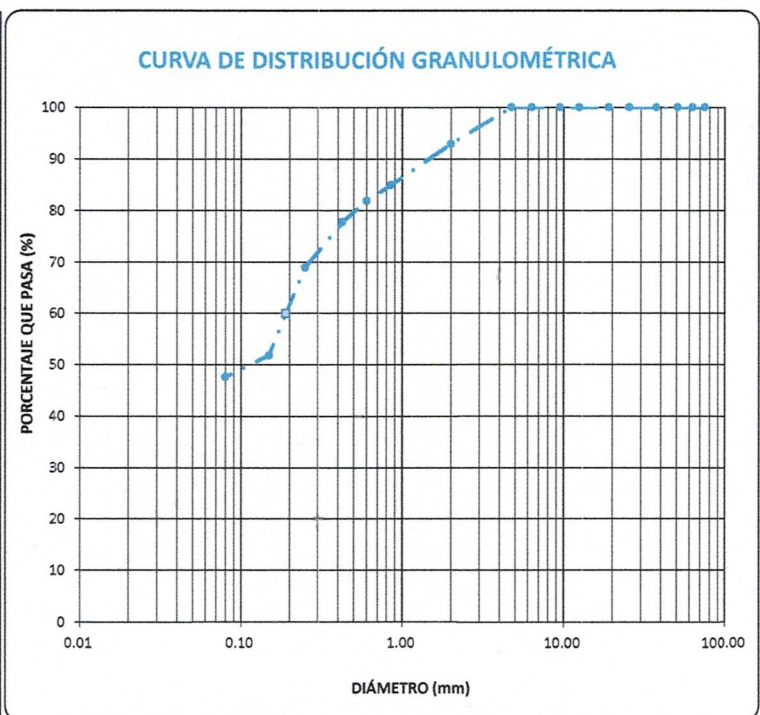
GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

  
**Johnny Vásquez Torres**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 255748

	<b>"COMPORTAMIENTO GEOLÓGICO GEOMECANICO DE TALUDES Y LADERAS EN LOS CASERIOS DE LAS CHAMANAS Y MONTESORCO, SAN MARCOS CAJAMARCA."</b>	GI-EMS-006-07-22
		Fecha: 18/7/2022
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b> <b>A.S.T.M. D 422 / A.A.S.H.T.O. T 88</b>		
TESISTA:	JACKELINE EVELIN LEÓN MUÑOZ	
UBICACIÓN:	DISTRITO DE PEDRO GALVEZ, PROVINCIA DE SAN MARCOS, REGIÓN CAJAMARCA	
ASESOR:	MCS. ING. ROBERTO GONZALES YANA	
MUESTRA:	M - 1	PROFUNDIDAD:
		DE 0.00M. A 1.00M.
	COORDENADAS	ESTE: 817737
		NORTE: 9188642

CONDICIONES DE LA MUESTRA TOTAL			
TEMPERATURA DE SECADO	110° C	PORCENTAJE DE GRAVA, ARENAS Y FINOS	
PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)	500.00	GRAVA (%):	0.00
PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (g)	500.00	ARENA GRUESA (%):	22.20
PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (g)	0.00	ARENA FINA (%):	30.16
PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (g)	539.49	FINOS (%):	47.64
			<b>100.00</b>

ANÁLISIS FRACCIÓN GRUESA					
N°	Tamiz	Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
	Abertura (mm)				
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
½"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.52	0.00	0.00	0.00	100.00
¼"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
TOTAL	W G =	0.00			



ANÁLISIS FRACCIÓN FINA					
CORRECCIÓN DE MUESTRA CUARTEADA :					0.2000
PESO SECO FRACCIÓN FINA :					500.00
N 10	2.00	35.40	7.08	7.08	92.92
N 20	0.85	39.80	7.96	15.04	84.96
N 30	0.60	15.10	3.02	18.06	81.94
N 40	0.43	20.70	4.14	22.20	77.80
N 60	0.25	44.20	8.84	31.04	68.96
N 100	0.15	85.50	17.10	48.14	51.86
N 200	0.08	21.10	4.22	52.36	47.64
Cazoleta	--	--	--	--	--
TOTAL					
LÍMITES DE CONSISTENCIA A.S.T.M. D 4318 / A.A.S.H.T.O. T 89					
LÍMITE LÍQUIDO :				34.00%	
LÍMITE PLÁSTICO :				26.00%	
ÍNDICE PLÁSTICO :				8.00%	
CLASIFICACIÓN					
S.U.C.S. :				SM	

DIÁMETROS EFECTIVOS		COEFICIENTES	
D60 =	0.19	Cu =	-
D30 =		Cc =	-
D10 =			

**OBSERVACIONES:**

LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA UTILIZANDO EL METODO S.U.C.S. Y CORRESPONDE A UNA ARENA LIMOSA, COLOR MARRÓN OSCURO, MEZCLADA CON 47.64% DE PARTICULAS FINAS MENORES QUE 0.075 MM Y EXENTA DE GRAVA.

**GUERSAN INGENIEROS S.R.L.**  
  
**Johnny Vásquez Torres**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 255746

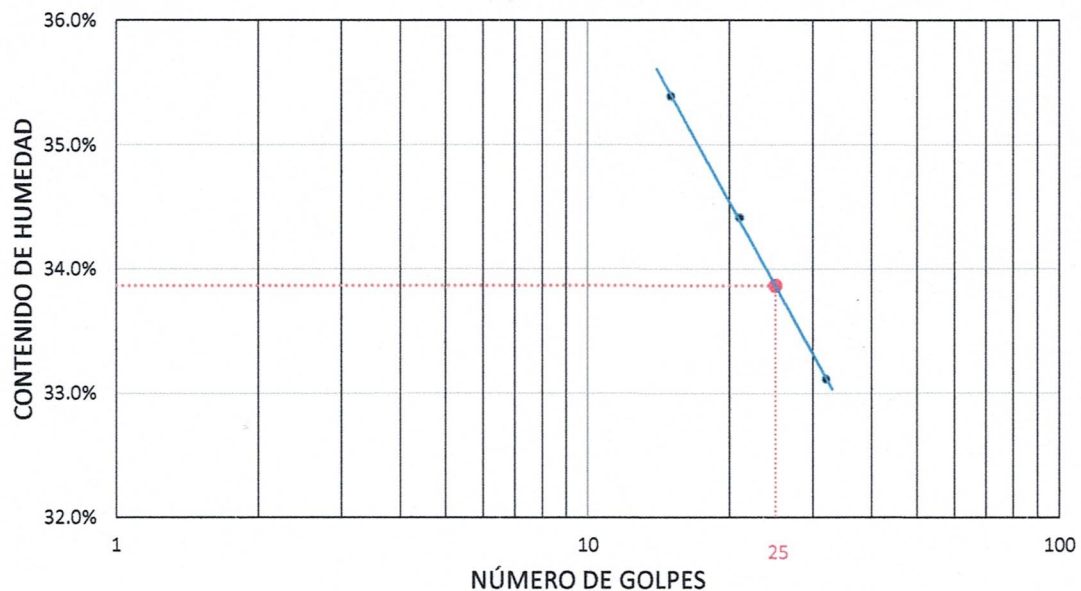
	<b>"COMPORTAMIENTO GEOLÓGICO GEOMECANICO DE TALUDES Y LADERAS EN LOS CASERIOS DE LAS CHAMANAS Y MONTESORCO, SAN MARCOS CAJAMARCA."</b>				GI-EMS-006-07-22
					Fecha: 18/7/2022
<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b> <b>A.S.T.M. D 4318 / A.A.S.H.T.O. T 89</b>					
TESISTA:	JACKELINE EVELIN LEÓN MUÑOZ				
UBICACIÓN:	DISTRITO DE PEDRO GALVEZ, PROVINCIA DE SAN MARCOS, REGIÓN CAJAMARCA				
ASESOR:	MCS. ING. ROBERTO GONZALES YANA				
MUESTRA:	M - 1	PROFUNDIDAD:	COORDENADAS:	ESTE	817737
		DE 0.00M. A 1.00M.		NORTE:	9188642

CONDICIONES DEL ENSAYO			
MUESTRA A ENSAYAR		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)	
TEMP. DE SECADO:	60 °C	TEMP. DE SECADO:	110 °C
TIPO DE MATERIAL:	Pasa la malla N° 40	TIEMPO DE SECADO:	16 h
AGUA USADA:	Potable		

LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO		
TARA N°	1	2	3	TARA N°	4	5
M tara (g)	12.24	11.89	12.51	M tara (g)	11.14	10.96
Mt+ M.Húmeda (g)	34.62	33.45	34.78	Mt+ M.Húmeda (g)	18.83	17.49
Mt+ M. Seca (g)	28.77	27.93	29.24	Mt+ M. Seca (g)	17.23	16.14
M agua (g)	5.85	5.52	5.54	M agua (g)	1.60	1.35
M M.Seca (g)	16.53	16.04	16.73	M. Muestra Seca (g)	6.09	5.18
W(%)	35.39%	34.41%	33.11%	W(%)	26.27%	26.06%
N.GOLPES	15	21	32	Contenido de Humedad Promedio: 26.17%		


LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
34.00%	26.00%	8.00%

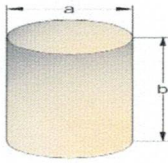
**GRÁFICA DE LÍMITE LÍQUIDO**




**GUERSAN INGENIEROS S.R.L.**

  
**Johnny Vásquez Torres**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 255748

	<b>"COMPORTAMIENTO GEOLÓGICO GEOMECANICO DE TALUDES Y LADERAS EN LOS CASERIOS DE LAS CHAMANAS Y MONTESORCO, SAN MARCOS CAJAMARCA."</b>				<b>GI-EMS-006-07-22</b>
					<b>Fecha:</b> <b>18/7/2022</b>
<b>DENSIDAD HÚMEDA EN CAMPO (MÉTODO VOLUMÉTRICO)</b>					
<b>TESISTA:</b>	JACKELINE EVELIN LEÓN MUÑOZ				
<b>UBICACIÓN:</b>	DISTRITO DE PEDRO GALVEZ, PROVINCIA DE SAN MARCOS, REGIÓN CAJAMARCA				
<b>ASESOR:</b>	MCS. ING. ROBERTO GONZALES YANA				
<b>MUESTRA:</b>	M - 1	<b>PROFUNDIDAD:</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE:</b>	817737.00
		DE 0.00M. A 1.00M.		<b>NORTE:</b>	9188642.00

DENSIDAD HÚMEDA	
PROPIEDADES	CILINDRO METÁLICO
	Peso del anillo (Wc) (g) <span style="float: right;">74.49</span>
	Diámetro (a) (cm) <span style="float: right;">5.96</span>
	Altura (b) (cm) <span style="float: right;">1.82</span>
	Volumen del anillo (Vc) (cm <sup>3</sup> ) <span style="float: right;">50.78</span>
Peso de la muestra + anillo (Wh+c) (g) <span style="float: right;">160.37</span>	
Peso de la muestra (Wh) (g) <span style="float: right;">85.9</span>	
<b>Dh (g/cm<sup>3</sup>)</b> <span style="float: right;"><b>1.691</b></span>	

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

  
**Johnny Vásquez Torres**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 255748



**"COMPORTAMIENTO GEOLÓGICO GEOMECANICO DE TALUDES Y LADERAS EN LOS CASERIOS DE LAS CHAMANAS Y MONTESORCO, SAN MARCOS CAJAMARCA."**

GI-EMS-006-07-22

Fecha:  
18/7/2022

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO ESTÁNDAR EN SUELOS  
A.S.T.M. D 3080**

TESISTA:	JACKELINE EVELIN LEÓN MUÑOZ					
UBICACIÓN:	DISTRITO DE PEDRO GALVEZ, PROVINCIA DE SAN MARCOS, REGIÓN CAJAMARCA					
ASESOR:	MCS. ING. ROBERTO GONZALES YANA					
MUESTRA:	M - 1	PROFUNDIDAD:		COORDENADAS	ESTE:	817737
		DE 0.00M. A 1.00M.			NORTE:	9188642

**CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA**

<b>CLASIFICACIÓN S.U.C.S. :</b>		<b>SM</b>	<b>ESTADO :</b>		<b>REMOLDEADO</b>	
<b>DATOS DEL MOLDE</b>						
<b>MOLDE CIRCULAR</b>	<b>DIÁMETRO (cm)</b>	<b>ALTURA (cm)</b>	<b>ÁREA (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>VOLUMEN (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>PESO (g)</b>	
	5.96	1.82	27.899	50.78	74.49	
<b>DATOS DEL ENSAYO</b>						
<b>ESFUERZO NORMAL</b>	<b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>0.500 Kg/cm<sup>2</sup></b>		<b>1.000 Kg/cm<sup>2</sup></b>		<b>2.000 Kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>VELOCIDAD ENSAYO</b>	<b>(mm/min)</b>	<b>0.152</b>		<b>0.104</b>		<b>0.055</b>
<b>PESO DEL ANILLO MÁS MUESTRA</b>	<b>(g)</b>	<b>160.350</b>		<b>160.390</b>		<b>160.270</b>
<b>PESO MUESTRA</b>	<b>(g)</b>	<b>85.860</b>		<b>85.900</b>		<b>85.780</b>
<b>DEFORMACIÓN FINAL</b>	<b>(mm)</b>	<b>-0.212</b>		<b>-0.659</b>		<b>-0.793</b>
<b>ETAPA</b>		<b>INICIAL</b>	<b>FINAL</b>	<b>INICIAL</b>	<b>FINAL</b>	<b>INICIAL</b> <b>FINAL</b>
<b>TARA</b>		1	2	3	4	5        6
<b>PESO DE LA TARA</b>	<b>(g)</b>	10.99	10.96	11.29	11.45	9.91      9.96
<b>PESO TARA + MUESTA HUMEDA</b>	<b>(g)</b>	114.23	101.87	119.45	103.34	115.27    102.75
<b>PESO TARA + MUESTRA SECA</b>	<b>(g)</b>	102.57	89.41	108.76	92.67	104.67    91.82
<b>ALTURA</b>	<b>(cm)</b>	1.82	1.80	1.82	1.75	1.82      1.74
<b>DIAMETRO</b>	<b>(cm)</b>	5.96	5.96	5.96	5.96	5.96      5.96
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>(%)</b>	12.73%	15.88%	10.97%	13.14%	11.19%    13.35%
<b>DENSIDAD HÚMEDA</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.691	1.711	1.692	1.755	1.689      1.766

**ETAPA DE APLICACIÓN DE CARGA**

<b>DESPLAZA_MIENTO HORIZONTAL (mm)</b>	<b>0.50 Kg/cm<sup>2</sup></b>			<b>1.00 Kg/cm<sup>2</sup></b>			<b>2.00 Kg/cm<sup>2</sup></b>		
	<b>CARGA</b>		<b>ESFUERZO DE CORTE</b>	<b>CARGA</b>		<b>ESFUERZO DE CORTE</b>	<b>CARGA</b>		<b>ESFUERZO DE CORTE</b>
	<b>N</b>	<b>kg</b>	<b>Kg (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>N</b>	<b>kg</b>	<b>Kg (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>N</b>	<b>kg</b>	<b>Kg (cm<sup>2</sup>)</b>
0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
0.100	7.12	0.726	0.026	22.43	2.287	0.082	74.49	7.596	0.272
0.200	14.89	1.519	0.054	38.02	3.877	0.139	110.27	11.244	0.403
0.300	23.99	2.446	0.088	56.37	5.748	0.206	134.12	13.676	0.490
0.400	35.12	3.582	0.128	70.59	7.198	0.258	151.61	15.460	0.554
0.500	44.88	4.576	0.164	85.63	8.732	0.313	166.39	16.967	0.608
1.000	73.94	7.540	0.270	111.02	11.321	0.406	196.29	20.016	0.717
1.500	87.58	8.931	0.320	126.13	12.862	0.461	214.97	21.921	0.786
2.000	90.88	9.267	0.332	138.14	14.086	0.505	228.40	23.291	0.835
2.500	90.09	9.186	0.329	143.66	14.649	0.525	238.18	24.288	0.871
3.000	90.09	9.186	0.329	146.00	14.888	0.534	245.89	25.074	0.899
3.500	88.24	8.998	0.323	147.59	15.050	0.539	250.66	25.561	0.916
4.000	86.46	8.817	0.316	148.28	15.120	0.542	255.12	26.015	0.932
4.500	85.80	8.749	0.314	148.49	15.142	0.543	258.06	26.314	0.943
5.000	84.48	8.615	0.309	147.59	15.050	0.539	260.76	26.590	0.953
5.500	82.44	8.407	0.301	146.21	14.909	0.534	260.76	26.590	0.953
6.000	82.11	8.373	0.300	145.25	14.811	0.531	260.76	26.590	0.953

**GUERSAN INGENIEROS S.R.L.**

*Johny Vásquez Torres*  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 255748

LABORATORIO RESPONSABLE: GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
REGISTRO INDECOPI N°: 00102926 RUC: 20602101488

CORREO: guersaningenieros@gmail.com DIRECCIÓN: Psje. Diego Ferre N° 295. TEL: 076-633319



**"COMPORTAMIENTO GEOLÓGICO GEOMECANICO DE TALUDES Y LADERAS EN LOS CASERIOS DE LAS CHAMANAS Y MONTESORCO, SAN MARCOS CAJAMARCA."**

GI-EMS-006-07-22

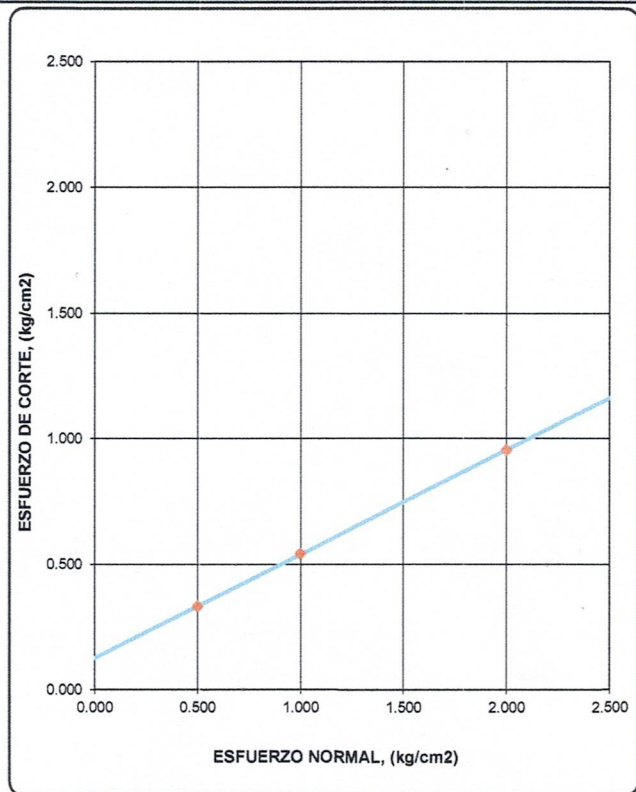
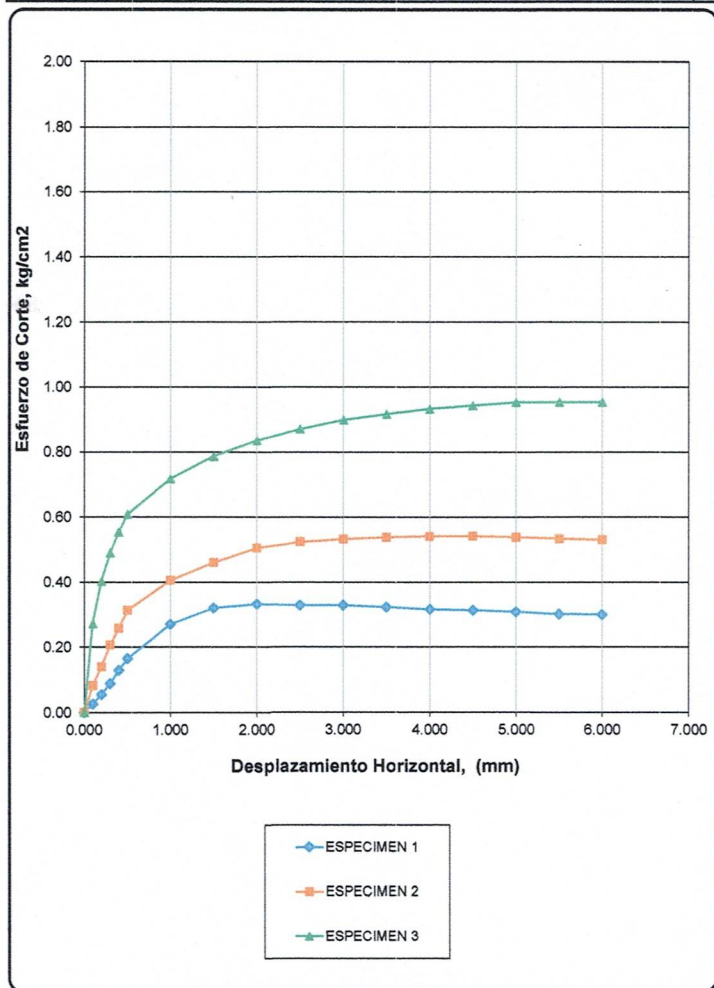
Fecha:  
18/7/2022

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO ESTÁNDAR EN SUELOS  
A.S.T.M. D 3080**

TESISTA:	JACKELINE EVELIN LEÓN MUÑOZ				
UBICACIÓN:	DISTRITO DE PEDRO GALVEZ, PROVINCIA DE SAN MARCOS, REGIÓN CAJAMARCA				
ASESOR:	MCS. ING. ROBERTO GONZALES YANA				
MUESTRA:	M - 1	PROFUNDIDAD:	COORDENADAS	ESTE:	817737
		DE 0.00M. A 1.00M.		NORTE:	9188642

CLASIFICACIÓN S.U.C.S. :	SM	ESTADO :	REMOLDEADO
--------------------------	----	----------	------------

<b>APLICACIÓN DEL ESFUERZO CORTANTE</b>	<b>ENVOLVENTES DE RESISTENCIA</b>
-----------------------------------------	-----------------------------------




ESPECIMEN	ESFUERZO NORMAL (kg/cm²)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm²)
1	0.500	0.332
2	1.000	0.543
3	2.000	0.953

PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE		
COHESIÓN =	0.125	kg/cm <sup>2</sup>
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA =	22.49	°

**GUERSAN INGENIEROS S.R.L.**

**Johnny Vásquez Torres**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 255748

	<b>"COMPORTAMIENTO GEOLÓGICO GEOMECANICO DE TALUDES Y LADERAS EN LOS CASERIOS DE LAS CHAMANAS Y MONTESORCO, SAN MARCOS CAJAMARCA."</b>			GI-EMS-006-07-22	
				Fecha: 18/7/2022	
<b>CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE</b>					
TESISTA:	JACKELINE EVELIN LEÓN MUÑOZ				
UBICACIÓN:	DISTRITO DE PEDRO GALVEZ, PROVINCIA DE SAN MARCOS, REGIÓN CAJAMARCA				
ASESOR:	MCS. ING. ROBERTO GONZALES YANA				
MUESTRA:	M - 1	PROFUNDIDAD:	COORDENADAS	ESTE:	817737
		DE 0.00M. A 1.00M.		NORTE:	9188642

**DATOS**


$$q_{ad} = \frac{(c N'c + q N'q + \frac{1}{2} \gamma' B N'\gamma)}{F.S}$$

**q ad = 1.58 Kg/cm<sup>2</sup>**

**DONDE:**

TIPO DE SUELO			SM
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA	( ° )	f =	22.49
COHESIÓN	(kg/cm2)	c =	0.125
PESO ESPECÍFICO DEL SUELO	(kg/cm3)	g =	0.00169
PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN	(cm)	Df =	100.00
ANCHO DE CIMIENTO	(cm)	B =	100.00
FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA:		N'c =	20.992
		N'q =	9.697
		N'g =	5.534
FACTOR DE SEGURIDAD		F.S. =	3.000

**GUERSAN INGENIEROS S.R.L.**  
  
**Johnny Vásquez Torres**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 255748

	<b>"COMPORTAMIENTO GEOLÓGICO GEOMECANICO DE TALUDES Y LADERAS EN LOS CASERIOS DE LAS CHAMANAS Y MONTESORCO, SAN MARCOS CAJAMARCA."</b>				GI-EMS- 006-07-22
					Fecha: 18/7/2022
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD A.S.T.M. D 2216 / A.A.S.H.T.O. T 265</b>					
TESISTA:	JACKELINE EVELIN LEÓN MUÑOZ				
UBICACIÓN:	DISTRITO DE PEDRO GALVEZ, PROVINCIA DE SAN MARCOS, REGIÓN CAJAMARCA				
ASESOR:	MCS. ING. ROBERTO GONZALES YANA				
MUESTRA:	M-02	PROFUNDIDAD.	COORDENADAS:	ESTE:	818018
		DE 0.00M. A 1.00M.		NORTE:	9188643


CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE SECADO DE MUESTRA			
TEMPERATURA DE SECADO	110 °C	TIEMPO DE SECADO	16 h

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Identificación de Tara	T-34
Masa de tara (g)	127.40
M. Tara + M.Húmeda (g)	2582.00
M. Tara + M. Seca (g)	2527.00
Masa de agua (g)	55.00
Masa de Muestra Seca (g)	2399.60
W (%)	2.29%

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

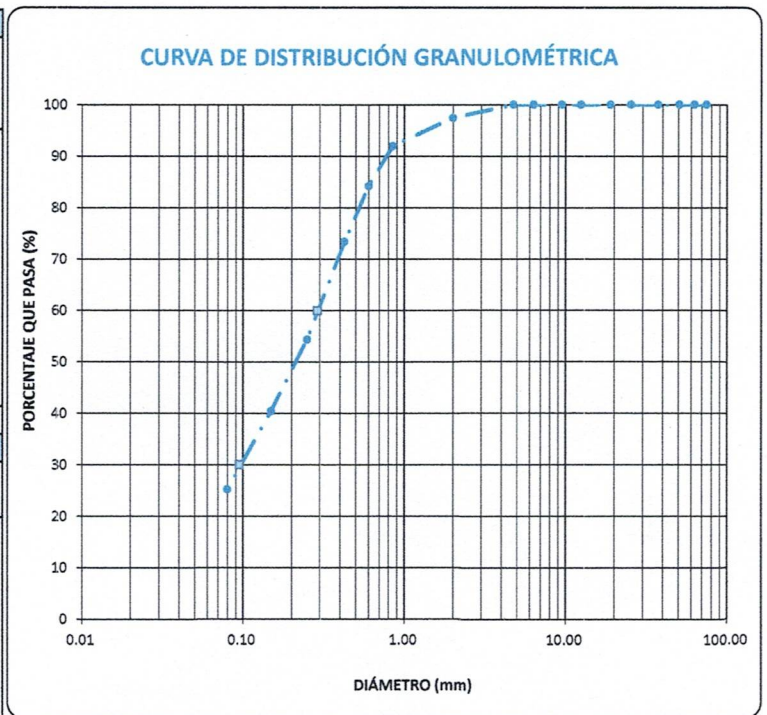
  
**Johnny Vásquez Torres**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 255748



	<b>"COMPORTAMIENTO GEOLÓGICO GEOMECANICO DE TALUDES Y LADERAS EN LOS CASERIOS DE LAS CHAMANAS Y MONTESORCO, SAN MARCOS CAJAMARCA."</b>				GI-EMS-006-07-22
					Fecha: 18/7/2022
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b> <b>A.S.T.M. D 422 / A.A.S.H.T.O. T 88</b>					
TESISTA:	JACKELINE EVELIN LEÓN MUÑOZ				
UBICACIÓN:	DISTRITO DE PEDRO GALVEZ, PROVINCIA DE SAN MARCOS, REGIÓN CAJAMARCA				
ASESOR:	MCS. ING. ROBERTO GONZALES YANA				
MUESTRA:	M-02	PROFUNDIDAD:	COORDENADAS	ESTE:	818018
		DE 0.00M. A 1.00M.		NORTE:	9188643

CONDICIONES DE LA MUESTRA TOTAL				
TEMPERATURA DE SECADO	110° C	PORCENTAJE DE GRAVA, ARENAS Y FINOS		% TOTAL
PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)	500.00	GRAVA (%):	0.00	100.00
PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (g)	500.00	ARENA GRUESA (%):	26.58	
PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (g)	0.00	ARENA FINA (%):	48.18	
PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (g)	511.46	FINOS (%):	25.24	

ANÁLISIS FRACCIÓN GRUESA					
N°	Tamiz	Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
	Abertura (mm)				
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
½"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.52	0.00	0.00	0.00	100.00
¼"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
TOTAL	WG =	0.00			



ANÁLISIS FRACCIÓN FINA					
CORRECCIÓN DE MUESTRA CUARTEADA :					0.2000
PESO SECO FRACCIÓN FINA :					500.00
N 10	2.00	12.50	2.50	2.50	97.50
N 20	0.85	27.30	5.46	7.96	92.04
N 30	0.60	38.90	7.78	15.74	84.26
N 40	0.43	54.20	10.84	26.58	73.42
N 60	0.25	95.10	19.02	45.60	54.40
N 100	0.15	69.50	13.90	59.50	40.50
N 200	0.08	76.30	15.26	74.76	25.24
Cazoleta	--	--	--	--	--
TOTAL					
LÍMITES DE CONSISTENCIA A.S.T.M. D 4318 / A.A.S.H.T.O. T 89					
LÍMITE LÍQUIDO :			NP		
LÍMITE PLÁSTICO :			NP		
ÍNDICE PLÁSTICO :			NP		
CLASIFICACIÓN					
S.U.C.S. :			SM		

DIÁMETROS EFECTIVOS		COEFICIENTES	
D60 =	0.29	Cu =	-
D30 =	0.095	Cc =	-
D10 =			

**OBSERVACIONES:**

LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA UTILIZANDO EL METODO S.U.C.S. Y CORRESPONDE A UNA ARENA LIMOSA, COLOR AMARILLENTO, MEZCLADA CON 25.24% DE PARTICULAS FINAS MENORES QUE 0.075 MM Y EXENTA DE GRAVA.

**GUERSAN INGENIEROS S.R.L.**

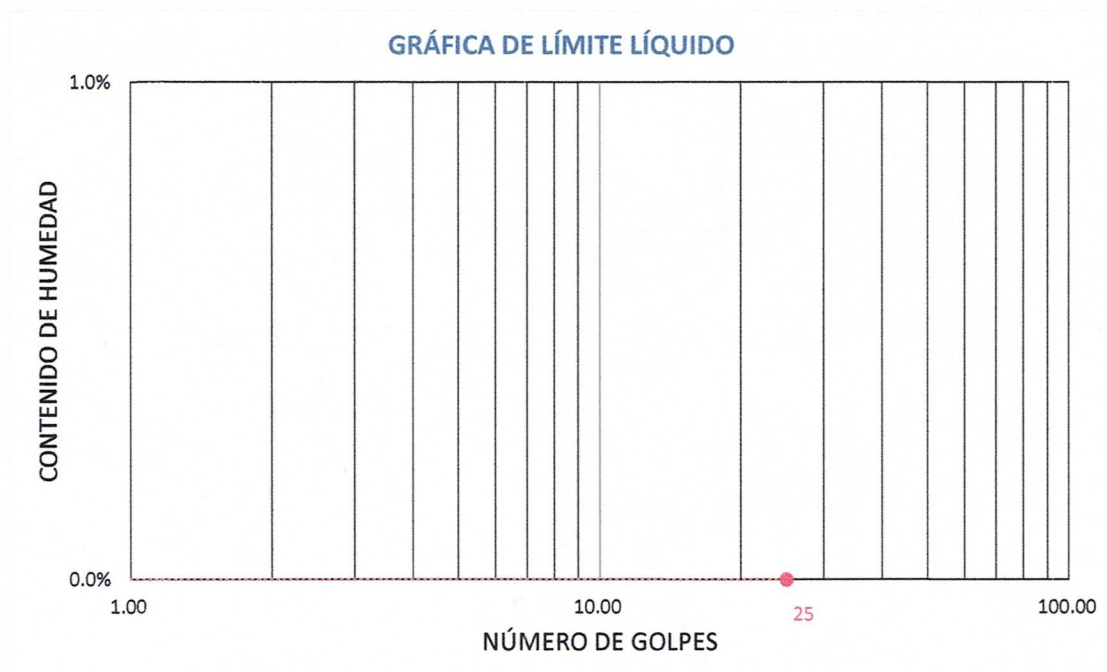
*Johnny Vásquez Torres*  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 255748

	<b>"COMPORTAMIENTO GEOLÓGICO GEOMECANICO DE TALUDES Y LADERAS EN LOS CASERIOS DE LAS CHAMANAS Y MONTESORCO, SAN MARCOS CAJAMARCA."</b>	GI-EMS-006-07-22
		Fecha: 18/7/2022
<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b> <b>A.S.T.M. D 4318 / A.A.S.H.T.O. T 89</b>		
TESISTA:	JACKELINE EVELIN LEÓN MUÑOZ	
UBICACIÓN:	DISTRITO DE PEDRO GALVEZ, PROVINCIA DE SAN MARCOS, REGIÓN CAJAMARCA	
ASESOR:	MCS. ING. ROBERTO GONZALES YANA	
MUESTRA:	M-02	PROFUNDIDAD: 818018
		DE 0.00M. A 1.00M. COORDENADAS: NORTE: 9188643

CONDICIONES DEL ENSAYO			
MUESTRA A ENSAYAR		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)	
TEMP. DE SECADO:	60 °C	TEMP. DE SECADO:	110 °C
TIPO DE MATERIAL:	Pasa la malla N° 40	TIEMPO DE SECADO:	16 h
AGUA USADA:	Potable		


LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO		
TARA N°	1	2	3	TARA N°	4	5
M tara (g)	NP			M tara (g)	NP	
Mt+ M.Húmeda (g)						
Mt+ M. Seca (g)						
M agua (g)						
M M.Seca (g)						
W(%)						
N.GOLPES						

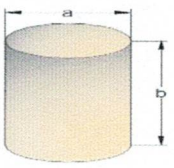
LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
NP	NP	NP



**GUERSAN INGENIEROS S.R.L.**

*Jhonny Vásquez Torres*  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 255748

	<b>"COMPORTAMIENTO GEOLÓGICO GEOMECANICO DE TALUDES Y LADERAS EN LOS CASERIOS DE LAS CHAMANAS Y MONTESORCO, SAN MARCOS CAJAMARCA."</b>				<b>GI-EMS-006-07-22</b>
					<b>Fecha:</b> <b>18/7/2022</b>
<b>DENSIDAD HÚMEDA EN CAMPO (MÉTODO VOLUMÉTRICO)</b>					
<b>TESISTA:</b>	JACKELINE EVELIN LEÓN MUÑOZ				
<b>UBICACIÓN:</b>	DISTRITO DE PEDRO GALVEZ, PROVINCIA DE SAN MARCOS, REGIÓN CAJAMARCA				
<b>ASESOR:</b>	MCS. ING. ROBERTO GONZALES YANA				
<b>MUESTRA:</b>	M-02	<b>PROFUNDIDAD:</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE:</b>	818018.00
		DE 0.00M. A 1.00M.		<b>NORTE:</b>	9188643.00

DENSIDAD HÚMEDA		
PROPIEDADES	CILINDRO METÁLICO	
	Peso del anillo (Wc) (g)	<b>74.49</b>
	Diámetro (a) (cm)	<b>5.96</b>
	Altura (b) (cm)	<b>1.82</b>
	Volumen del anillo (Vc) (cm <sup>3</sup> )	<b>50.78</b>
Peso de la muestra + anillo (Wh+c) (g)		<b>161.48</b>
Peso de la muestra (Wh) (g)		<b>87.0</b>
<b>Dh (g/cm<sup>3</sup>)</b>		<b>1.713</b>

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

  
**Johnny Vásquez Torres**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 255748

	<b>"COMPORTAMIENTO GEOLÓGICO GEOMECANICO DE TALUDES Y LADERAS EN LOS CASERIOS DE LAS CHAMANAS Y MONTESORCO, SAN MARCOS CAJAMARCA."</b>				<b>GI-EMS-006-07-22</b>	
					<b>Fecha:</b> 18/7/2022	
<b>ENSAYO DE CORTE DIRECTO ESTÁNDAR EN SUELOS</b> <b>A.S.T.M. D 3080</b>						
TESISTA:	JACKELINE EVELIN LEÓN MUÑOZ					
UBICACIÓN:	DISTRITO DE PEDRO GALVEZ, PROVINCIA DE SAN MARCOS, REGIÓN CAJAMARCA					
ASESOR:	MCS. ING. ROBERTO GONZALES YANA					
MUESTRA:	M-02	PROFUNDIDAD:		COORDENADAS	ESTE:	818018
		DE 0.00M. A 1.00M.			NORTE:	9188643

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA									
CLASIFICACIÓN S.U.C.S. :			SM	ESTADO :		REMOLDEADO			
DATOS DEL MOLDE									
MOLDE	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )		PESO (g)			
CIRCULAR	5.96	1.82	27.899	50.78		74.49			
DATOS DEL ENSAYO									
ESFUERZO NORMAL	(kg/cm <sup>2</sup> )	0.500 Kg/cm <sup>2</sup>		1.000 Kg/cm <sup>2</sup>		2.000 Kg/cm <sup>2</sup>			
VELOCIDAD ENSAYO	(mm/min)	0.152		0.104		0.055			
PESO DEL ANILLO MÁS MUESTRA	(g)	161.480		161.370		161.520			
PESO MUESTRA	(g)	86.990		86.880		87.030			
DEFORMACIÓN FINAL	(mm)	-0.198		-0.423		-0.655			
ETAPA		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL		
TARA		1	2	3	4	5	6		
PESO DE LA TARA	(g)	11.15	11.03	11.16	11.13	10.45	9.96		
PESO TARA + MUESTA HUMEDA	(g)	114.39	107.61	112.85	106.21	115.27	103.69		
PESO TARA + MUESTRA SECA	(g)	109.27	99.89	108.14	99.45	108.98	96.32		
ALTURA	(cm)	1.82	1.80	1.82	1.78	1.82	1.75		
DIAMETRO	(cm)	5.96	5.96	5.96	5.96	5.96	5.96		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	5.22%	8.69%	4.86%	7.65%	6.38%	8.53%		
DENSIDAD HÚMEDA	(g/cm <sup>3</sup> )	1.713	1.732	1.711	1.752	1.714	1.778		
ETAPA DE APLICACIÓN DE CARGA									
DESPLAZA_MIENTO HORIZONTAL (mm)	0.50 Kg/cm <sup>2</sup>			1.00 Kg/cm <sup>2</sup>			2.00 Kg/cm <sup>2</sup>		
	CARGA		ESFUERZO DE CORTE	CARGA		ESFUERZO DE CORTE	CARGA		ESFUERZO DE CORTE
	N	kg	Kg (cm <sup>2</sup> )	N	kg	Kg (cm <sup>2</sup> )	N	kg	Kg (cm <sup>2</sup> )
0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
0.100	19.45	1.984	0.071	58.99	6.016	0.216	99.86	10.183	0.365
0.200	31.16	3.177	0.114	78.42	7.997	0.287	131.48	13.407	0.481
0.300	40.99	4.180	0.150	88.79	9.054	0.325	154.52	15.756	0.565
0.400	47.94	4.889	0.175	97.74	9.966	0.357	171.63	17.502	0.627
0.500	54.33	5.540	0.199	108.04	11.017	0.395	189.14	19.287	0.691
1.000	68.65	7.001	0.251	126.09	12.858	0.461	221.38	22.574	0.809
1.500	73.78	7.523	0.270	135.22	13.788	0.494	242.22	24.700	0.885
2.000	76.38	7.788	0.279	140.93	14.371	0.515	255.54	26.058	0.934
2.500	76.58	7.809	0.280	144.85	14.771	0.529	267.80	27.308	0.979
3.000	75.15	7.664	0.275	147.89	15.081	0.541	279.29	28.480	1.021
3.500	74.61	7.608	0.273	149.89	15.284	0.548	286.52	29.217	1.047
4.000	73.08	7.452	0.267	150.65	15.362	0.551	293.75	29.954	1.074
4.500	72.52	7.395	0.265	152.03	15.503	0.556	299.20	30.510	1.094
5.000	72.29	7.372	0.264	153.13	15.615	0.560	303.47	30.945	1.109
5.500	71.34	7.275	0.261	154.39	15.744	0.564	306.22	31.226	1.119
6.000	70.91	7.231	0.259	154.39	15.744	0.564	306.22	31.226	1.119

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

  
 Johnny Vásquez Torres  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 255748



**"COMPORTAMIENTO GEOLÓGICO GEOMECANICO DE TALUDES Y LADERAS EN LOS CASERIOS DE LAS CHAMANAS Y MONTESORCO, SAN MARCOS CAJAMARCA."**

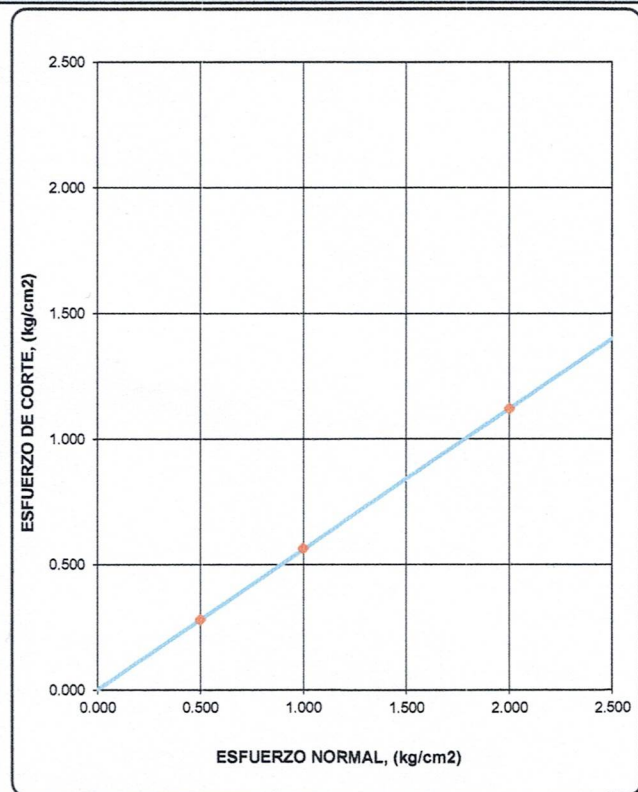
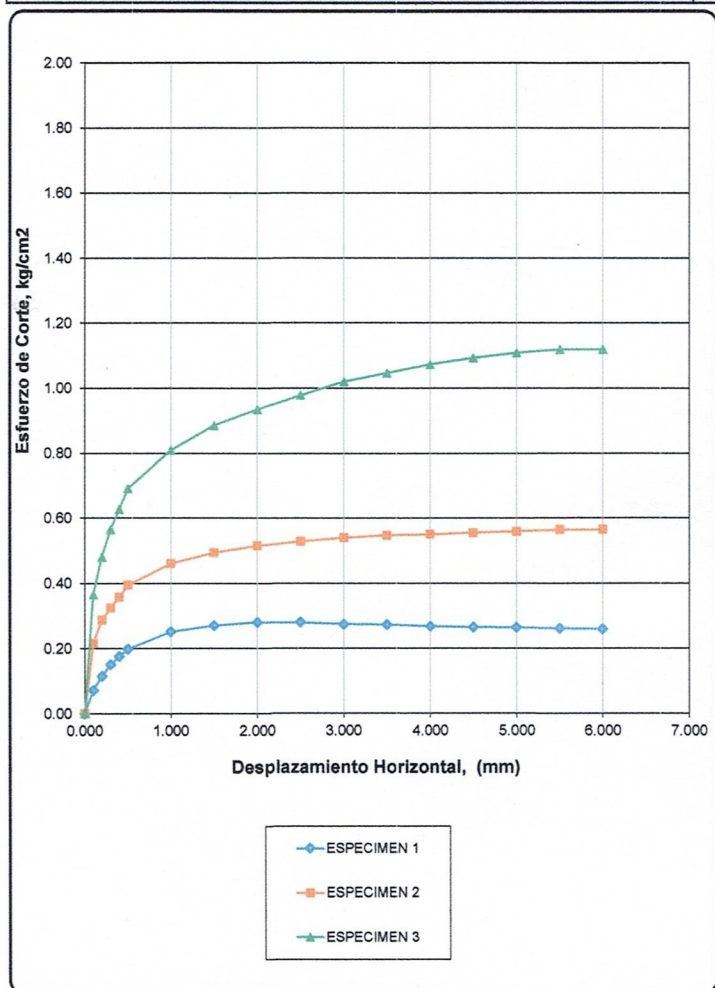
GI-EMS-  
006-07-22  
Fecha:  
18/7/2022

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO ESTÁNDAR EN SUELOS  
A.S.T.M. D 3080**

TESISTA:	JACKELINE EVELIN LEÓN MUÑOZ				
UBICACIÓN:	DISTRITO DE PEDRO GALVEZ, PROVINCIA DE SAN MARCOS, REGIÓN CAJAMARCA				
ASESOR:	MCS. ING. ROBERTO GONZALES YANA				
MUESTRA:	M-02	PROFUNDIDAD:	COORDENADAS	ESTE:	818018
		DE 0.00M. A 1.00M.		NORTE:	9188643

CLASIFICACIÓN S.U.C.S. :	SM	ESTADO :	REMOLDEADO
--------------------------	----	----------	------------

<b>APLICACIÓN DEL ESFUERZO CORTANTE</b>	<b>ENVOLVENTES DE RESISTENCIA</b>
-----------------------------------------	-----------------------------------




ESPECIMEN	ESFUERZO NORMAL (kg/cm²)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm²)
1	0.500	0.280
2	1.000	0.564
3	2.000	1.119

PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE		
COHESIÓN =	0.000	kg/cm <sup>2</sup>
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA =	29.23	°

**GUERSAN INGENIEROS S.R.L.**

*Jhonny Vásquez Torres*  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 255748

	<b>"COMPORTAMIENTO GEOLÓGICO GEOMECANICO DE TALUDES Y LADERAS EN LOS CASERIOS DE LAS CHAMANAS Y MONTESORCO, SAN MARCOS CAJAMARCA."</b>				GI-EMS-006-07-22
					Fecha: 18/7/2022
<b>CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE</b>					
TESISTA:	JACKELINE EVELIN LEÓN MUÑOZ				
UBICACIÓN:	DISTRITO DE PEDRO GALVEZ, PROVINCIA DE SAN MARCOS, REGIÓN CAJAMARCA				
ASESOR:	MCS. ING. ROBERTO GONZALES YANA				
MUESTRA:	M-02	PROFUNDIDAD:	COORDENADAS	ESTE:	818018
		DE 0.00M. A 1.00M.		NORTE:	9188643

**DATOS**

$$q_{ad} = \frac{(c N'c + q N'q + \frac{1}{2} \gamma' B N'\gamma)}{F.S}$$

**q ad = 1.66 Kg/cm<sup>2</sup>**

**DONDE:**

TIPO DE SUELO			SM
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA	( ° )	f =	<b>29.23</b>
COHESIÓN	(kg/cm2)	c =	0.000
PESO ESPECÍFICO DEL SUELO	(kg/cm3)	g =	0.00171
PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN	(cm)	Df =	100.00
ANCHO DE CIMIENTO	(cm)	B =	100.00
FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA:		N'c =	34.911
		N'q =	20.550
		N'g =	16.858
FACTOR DE SEGURIDAD		F.S. =	3.000

**GUERSAN INGENIEROS S.R.L.**

  
**Johnny Vásquez Torres**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 255748