

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



TESIS PROFESIONAL
GEOTECNIA DE INESTABILIDAD DE TALUDES, EN EL TRAMO DE LA
CARRETERA HUAÑIMBA - CUNGUNDAY, CAJAMARCA, CAJABAMBA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO

Presentado por:

Bach. ROSMERY KATHERINE HUAMÁN RAMÍREZ

Asesor:

M.Cs. Ing. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI

CAJAMARCA – PERÚ

2017

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios.

A los docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica por los conocimientos brindados durante el transcurso de mi carrera universitaria.

Al Ing. Zenón Quispe Mamani, por su apoyo con la asesoría para la realización de la presente tesis.

Finalmente mi mayor agradecimiento a mis padres por el apoyo incondicional que me brindaron durante toda mi formación académica.

DEDICATORIA

A mis padres Armando y Filomena, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy; por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo, así como también por la educación brindada, consejos que me dieron y valores que me inculcaron.

A mis hermanos Lenin y Miguel que siempre estuvieron acompañándome en cada uno de mis logros y dándome ánimos para seguir cumpliendo mis metas trazadas.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
AGRADECIMIENTO.....	i
DEDICATORIA.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iii
ÍNDICE DE FOTOS.....	vi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO I.	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II.	3
MARCO TEÓRICO	3
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.	3
2.2. BASES TEÓRICAS.....	4
2.2.1. ANÁLISIS DE TALUDES	4
2.2.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ESTABILIDAD	4
2.2.3. ROTURA DE TALUDES EN SUELOS.....	9
2.2.4. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	10
2.2.5. CARACTERÍSTICAS DEL ANÁLISIS DE LÍMITE DE EQUILIBRIO .	15
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	17
CAPÍTULO III.	19
MATERIALES Y MÉTODOS.....	19

	Pág.
3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	19
3.1.1. GEOGRÁFICA.....	19
3.1.2. POLÍTICA	19
3.1.3. ACCESIBILIDAD	20
3.1.4. CLIMA Y VEGETACIÓN.....	20
3.2. PROCEDIMIENTOS.....	21
3.2.1. METODOLOGÍA.....	23
3.2.2. DEFINICIÓN DE VARIABLES	23
3.2.3. TÉCNICAS.....	23
3.2.4. INSTRUMENTOS Y EQUIPOS.	23
3.2.5. GEOLOGÍA LOCAL.....	26
3.2.6. GEOMORFOLOGÍA	28
3.2.7. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	30
3.2.8. HIDROGEOLOGÍA	31
3.3. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS.	32
3.3.1. ESTACIÓN N° 1.	32
3.3.2. ESTACIÓN N° 2.	34
3.3.3. ESTACIÓN N° 3.	36
3.3.4. ESTACIÓN N° 4.	38
3.3.5. ESTACIÓN N° 5.	40
3.3.6. ESTACIÓN N° 6.	42
3.3.7. ESTACIÓN N° 7.	44
3.3.8. ESTACIÓN N° 8.	46
3.3.9. ESTACIÓN N° 9.	48
3.3.10. ESTACIÓN N° 10.	50
CAPÍTULO IV.....	52

	Pág.
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	52
4.1. ANÁLISIS DE INESTABILIDAD DE TALUDES.....	52
4.1.1. ESTACIÓN N° 01	52
4.1.2. ESTACIÓN N° 02	52
4.1.3. ESTACIÓN N° 03	52
4.1.4. ESTACIÓN N° 04	53
4.1.5. ESTACIÓN N° 05	53
4.1.6. ESTACIÓN N° 06	53
4.1.7. ESTACIÓN N° 07	53
4.1.8. ESTACIÓN N° 08	54
4.1.9. ESTACIÓN N° 09	54
4.1.10. ESTACIÓN N° 10.....	54
4.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	55
4.3. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	57
CAPÍTULO V.....	58
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
5.1. CONCLUSIONES.....	58
5.2. RECOMENDACIONES	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
ANEXOS	61

ÍNDICE DE FOTOS

	Pág.
Foto N° 1: Cultivos de papa, característicos de la zona de estudio.....	20
Foto N° 2: Afloramiento de la Formación Cajabamba en el corte de la carretera	26
Foto N° 3: Lodolitas blanquecinas, pertenecientes a la Formación Cajabamba ..	26
Foto N° 4: Afloramiento de la Formación Condebamba en el corte de la carretera.	27
Foto N° 5: Clastos de la Formación Condebamba en una matriz arenosa.....	27
Foto N° 8: Terraza al costado del río Ponte utilizada como zona de cultivo.....	28
Foto N° 9: Lomada utilizada como zona de cultivo.....	29
Foto N° 10: Ladera ubicada al oeste del río Ponte.....	29
Foto N° 6: Plegamientos en estratos de lodolitas de la Formación Cajabamba...	30
Foto N° 7: Alto grado de fracturamiento en estratos de lutitas de la Formación Cajabamba	30
Foto N° 11: Río Ponte con discurrimento de sus aguas en dirección NE-SW	31
Foto N° 12: Talud suspendido con presencia de masa deslizada; constituido por clastos de areniscas y clastos calcáreos en una matriz arenosa.	33
Foto N° 13: Talud suspendido en la Formación Condebamba, constituido por un conglomerado de areniscas con clastos calcáreos en una matriz arenosa.....	35
Foto N° 14: Talud suspendido en conglomerado de areniscas y clastos calcáreos con tamaños heterogéneos en una matriz arenosa.	37
Foto N° 15: Talud suspendido con presencia de rocas por deslizarse; constituido por conglomerado de areniscas en una matriz arenosa,.....	39

Foto N° 16: Talud suspendido con presencia de pequeñas cárcavas provocadas por la lluvia; constituido por conglomerado de areniscas y clastos calcáreos en una matriz arenosa.....	41
Foto N° 17: Talud suspendido en conglomerado de arenisca con clastos calcáreos en una matriz arenosa; con presencia de pequeñas cárcavas.....	43
Foto N° 18: Talud suspendido con presencia de cárcavas en conglomerado fino de areniscas en una matriz de arcilla calcárea.....	45
Foto N° 19: Talud suspendido, en conglomerado de areniscas con matriz arenosa pardo amarillenta.....	47
Foto N° 20: Talud inactivo en la Formación Cajabamba, constituido por lodolitas calcáreas blanquecinas.....	49
Foto N° 21: Talud suspendido con presencia de pequeñas cárcavas, en la Formación Cajabamba constituida por lodolitas calcáreas blanco amarillentas...	51

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración N° 1: Tipos de superficie de rotura en suelos. (Gonzales, 2002)	10
Ilustración N° 2: Equilibrio o desequilibrio de fuerzas (Suarez, 2009)	11
Ilustración N° 3: Efecto de deterioro (Suarez, 2009)	12
Ilustración N° 4: Diagrama del diseño de la investigación	22
Ilustración N° 5: Interpretación mediante el software Slide v.5 de la estación N° 1	33
Ilustración N° 6: Interpretación mediante el software Slide v.5 de la estación N° 2.	35
Ilustración N° 7: Interpretación mediante el software Slide v.5 de la estación N° 3	37
Ilustración N° 8: Interpretación mediante el software Slide v.5 de la estación N° 4	39
Ilustración N° 9: Interpretación mediante el software Slide v.5 de la estación N° 5	41
Ilustración N° 10: Interpretación mediante el software Slide v.5 de la estación N° 6	43
Ilustración N° 11: Interpretación mediante el software Slide v.5 de la estación N° 7	45
Ilustración N° 12: Interpretación mediante el software Slide v.5 de la estación N° 8	47
Ilustración N° 13: Interpretación mediante el software Slide v.5 de la estación N° 9	49
Ilustración N° 14: Interpretación mediante el software Slide v.5 de la estación N° 10	51
Ilustración N° 15: Factor de seguridad de cada estación.	56

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Cuadro N° 1: Factores influyentes en la inestabilidad de los taludes	5
Cuadro N° 2: Metodologías utilizadas en la modelación de taludes.....	14
Cuadro N° 3: Coordenadas del límite de estudio	19
Cuadro N° 4: Recolección de datos en campo.....	25
Cuadro N° 5: Unidades Geomorfométricas.	28
Cuadro N° 6: Parámetros geotécnicos del talud N° 1.....	32
Cuadro N° 7: Parámetros geotécnicos del talud N° 2.....	34
Cuadro N° 8: Parámetros geotécnicos del talud N° 3.....	36
Cuadro N° 9: Parámetros geotécnicos del talud N° 4.....	38
Cuadro N° 10: Parámetros geotécnicos del talud N° 5.....	40
Cuadro N° 11: Parámetros geotécnicos del talud N° 6.....	42
Cuadro N° 12: Parámetros geotécnicos del talud N° 7.....	44
Cuadro N° 13: Parámetros geotécnicos del talud N° 8.....	46
Cuadro N° 14: Parámetros geotécnicos del talud N° 9.....	48
Cuadro N° 15: Parámetros geotécnicos del talud N° 10.....	50
Cuadro N° 16: Resultados obtenidos de cada una de las estaciones	55
Cuadro N° 17: Volumen de la masa deslizable para cada estación.	57

RESUMEN

La presente investigación se centra en la evaluación geotécnica de las zonas críticas en el tramo de la carretera Huañimba – Cungunday, ubicada al noroeste de la ciudad de Cajabamba, las cuales se ven afectadas por el inadecuado manejo de los taludes, precipitaciones y transitabilidad; la zona de estudio consta de una litología heterogénea, pertenecientes al cretáceo superior conformada por las formaciones Cajabamba y Condebamba, las cuales son propensas a un fuerte proceso de erosión y meteorización; produciendo así alteraciones y generando inestabilidad en los taludes; esta investigación cuenta con diferentes etapas, desde la recopilación de bibliografía, seguido por la toma de datos en campo y por último la elaboración de informe y planos, para lo cual realizaron 10 estaciones a lo largo del tramo de la carretera, con su respectiva toma de datos, así mismo se realizó toma de muestras para su posterior análisis en el laboratorio de mecánica de suelos, y de esta manera generar la base de datos para la aplicación del software Slide; y así determinar el factor de seguridad de cada uno de los taludes evaluados; con los resultados obtenidos mediante éste software se procedió a la digitalización de los planos geotécnicos de la zona de investigación.

Palabras claves: inestabilidad, zonas críticas, factor de seguridad, evaluación geotécnica

ABSTRACT

The present investigation focuses on the geotechnical evaluation of critical areas in the section of the Huañimba - Cungunday highway, located to the northwest of the city of Cajabamba, which are affected by the inadequate management of slopes, precipitation and transitability; The study area consists of a heterogeneous lithology, belonging to the upper Cretaceous formed by the Cajabamba and Condebamba formations, which are prone to a strong erosion and weathering process; Thus producing alterations and generating instability in the slopes; This research has different stages, from the compilation of bibliography, followed by data collection in the field and finally the elaboration of report and plans, for which they carried out 10 stations along the section of the road, with their respective take Of data, as well as taking samples for later analysis in the laboratory of soil mechanics, and in this way generate the database for the application of the software Slide; And thus determine the safety factor of each of the slopes evaluated; With the results obtained by means of this software, the geotechnical planes of the research area were digitized.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

En la carretera interprovincial Cajamarca - Cajabamba, en el tramo Huañimba – Cungunday, km 41+400 – km 52+200, se encuentran afloramientos pertenecientes a la Formación Condebamba y Cajabamba, las cuales se encuentran meteorizadas, dando lugar a condiciones inestables en los taludes, con caídas de rocas y deslizamientos, influenciados por la infiltración del agua durante la estación de lluvias. Por ello es necesario realizar la zonificación de las áreas y tramos más inestables en la carretera; así mismo en el trayecto existen zonas inestables debido a la presencia de deslizamientos en suelos y rocas, por otro lado la infiltración de aguas meteóricas, para lo cual es necesario definir los parámetros geomecánicos, los cuales servirán para realizar el análisis del factor de seguridad geotécnico en los taludes inestables de la carretera. Con el presente estudio se pretende obtener un adecuado control de mitigación de los taludes para tener una mejor seguridad vial y transitabilidad.

Es por ello que debemos formular ¿Cuál es el comportamiento geotécnico de la inestabilidad de taludes en el tramo de la carretera Huañimba - Cungunday, Cajamarca, Cajabamba?

Por lo cual podemos inducir que las características geotécnicas de los taludes en el tramo de la carretera Huañimba – Cungunday, está relacionada con las características litológicas, morfoestructurales y con el comportamiento geomecánico de los macizos rocosos y son afectadas por las variables detonantes como la precipitación, la infiltración y la sismicidad producidas por los vehículos, lo cual provoca la inestabilidad de los taludes.

La presente investigación se justifica debido a que; el tramo de la carretera Huañimba - Cungunday, se encuentra expuesta a deslizamiento de taludes, los cuales afectan principalmente el tránsito vehicular, generando el aislamiento de la provincia de Cajabamba debido a que es el única vía de conexión a Cajamarca, generando también pérdidas económicas; así mismo con esta investigación geotécnica, se va evaluar la inestabilidad de los taludes, lo cual servirán para tomar medidas de seguridad y mitigación por parte del gobierno local, regional y nacional.

Con el desarrollo de la investigación se busca conocer las características geotécnicas de los taludes en el tramo de la carretera Huañimba – Cungunday, km 41+400 – km 52+200, que pertenece a la carretera interprovincial Cajamarca - Cajabamba, y así realizar una zonificación de los taludes más inestables para la mitigación de riesgos geotécnicos.

La presente investigación tiene como objetivo principal caracterizar la geotecnia de la inestabilidad de taludes en la carretera Huañimba - Cungunday, Cajamarca, Cajabamba; así mismo se plantea como objetivos específicos: Identificar los parámetros geomecánicos, determinar el comportamiento geomecánico de los macizos rocosos, calcular el factor de seguridad de los taludes y elaborar mapa geotécnico.

En el segundo capítulo nos centramos en la descripción de los antecedentes teóricos y de las bases teóricas que nos sirven para la realización de la presente investigación.

En el tercer capítulo se desarrolla los métodos utilizados en el análisis de inestabilidad de taludes en el tramo de la carretera Huañimba – Cungunday, la descripción de su entorno geológico; así mismo se incluye los datos recolectados en campo, los cuales son ordenados por estaciones; por último el procesamiento de datos mediante el uso de software.

En el cuarto capítulo se describe y explica los resultados obtenidos en la investigación por cada estación.

En el quinto capítulo se presenta las conclusiones a las cuales se llegó con el desarrollo de la investigación, así mismo se responden a los objetivos inicialmente propuestos y por último se enuncia las recomendaciones.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.

Zavala & Rosado (2011). “Boletín N° 44 Riesgo Geológico en la Región de Cajamarca”, en el ámbito regional como parte de las cuencas medio – altas de la vertiente pacífica, donde se identifican las zonas con deslizamientos y otros eventos geodinámicos.

Reyes (1980). “Boletín N° 31 Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba”, describe el contexto geológico regional en lo que respecta a la estratigrafía, tectónica y plutonismo, con descripciones precisas de los yacimientos y prospectos reconocidos en la región.

Montoya (2014). “Evaluación geotecnia de los taludes de la carretera Cruz Blanca – El Gavilán”, donde se analiza la inestabilidad de los taludes de la carretera, teniendo en cuenta el contexto geológico local, regional y su relación estrecha que existen con los agentes geodinámicos.

Mercado (2014). “Análisis de inestabilidad de taludes en zonas críticas en la carretera Cajamarca – Celendín en el tramo Km. 52+000 – Km 94+400”, donde analiza la inestabilidad de taludes en zonas críticas, teniendo en cuenta características litológicas, geomorfológicas, estructurales.

Zavaleta (2016). “Evaluación Geotécnica En Zonas Críticas De La Carretera Cajabamba Cauday”, donde se analiza la inestabilidad de los taludes de la carretera, teniendo en cuenta el contexto geológico local, regional y su relación

estrecha que existen con los agentes geodinámicos, además los factores de seguridad obtenidos como resultado del análisis muestran inestabilidad ante condiciones de sobresaturación y sismicidad.

2.2. BASES TEÓRICAS.

2.2.1. ANÁLISIS DE TALUDES

El diseño de taludes es uno de los aspectos más importantes de la ingeniería geológica, pues está presente en la mayoría de las actividades constructivas y extractivas.

Los taludes permanentes para la construcción de infraestructuras o con fines de edificación se diseñan para ser estables a largo plazo, precisando medidas de estabilización complementarias cuando no sea posible realizar las excavaciones con alturas y ángulos requeridos, por motivos económicos o de otro tipo.

Los análisis de estabilidad permite diseñar los taludes, mediante el cálculo de su factor de seguridad, y definir el tipo de medidas correctoras o estabilizadoras que deben ser aplicadas en caso de roturas reales o potenciales. Es necesario el conocimiento geológico y geomecánico de los materiales que forman el talud, de los posibles modelos o mecanismos de rotura que pueden tener lugar y de los factores que influyen, condicionan y desencadenan las inestabilidades (Gonzales, 2002)

2.2.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ESTABILIDAD

La estabilidad de un talud está determinada por factores geométricos (altura e inclinación), factores geológicos (que condicionan la presencia de planos y zonas de debilidad y anisotropía en el talud), factores hidrogeológicos (presencia de agua) y factores geotécnicos o relacionados con el comportamiento mecánico del terreno (resistencia y deformabilidad).

La combinación de los factores citados puede determinar la condición de rotura a lo largo de una o varias superficies, y que sea cinemáticamente posible el movimiento de un cierto volumen de masa de suelo o roca. La posibilidad de rotura y los mecanismos y modelos de inestabilidad de los taludes están controlados principalmente por factores geológicos y geométricos.

Los factores geológicos, hidrogeológicos y geotécnicos se consideran factores condicionantes, y son intrínsecos a los materiales naturales. (Cuadro N° 1)

En los suelos, la litología, estratigrafía y las condiciones hidrogeológicas determinan las propiedades resistentes y el comportamiento del talud. En el caso de macizos rocosos competentes el principal factor condicionante es la estructura geológica: la disposición y frecuencia de las superficies de discontinuidad y el grado de fracturación; en materiales blandos, como los lutíticos o pizarrosos, la litología y el grado de alteración juegan también un papel predominante.

Junto a los factores condicionantes de la estabilidad de los taludes (también denominados pasivos), los factores desencadenantes o activos provocan la rotura una vez que se cumplen una serie de condiciones. Estos últimos son factores externos que actúan sobre los suelos o macizos rocosos, modificando sus características y propiedades y las condiciones de equilibrio del talud. El conocimiento de todos ellos permitirá un correcto análisis del talud, la evaluación del estado de estabilidad del mismo y, en su caso, el diseño de las medidas que deberán ser adoptadas para evitar o estabilizar los movimientos.

Cuadro N° 1: Factores influyentes en la inestabilidad de los taludes

Factores condicionantes	Factores desencadenantes
- Estratigrafía y litología.	- Sobrecargas estáticas.
- Estructura geológica.	- Cargas dinámicas.
- Condiciones hidrogeológicas y comportamiento hidrogeológico de los materiales.	- Cambios en las condiciones hidrogeológicas.
- Propiedades físicas, resistentes y deformacionales.	- Factores climáticos.
- Tensiones naturales y estado tenso-deformacional.	- Variaciones en la geometría.
	- Reducción de parámetros resistentes.

Fuente: (Gonzales, 2002)

a) Estratigrafía y litología

La naturaleza del material que forma un talud está íntimamente relacionada con el tipo de inestabilidad que éste puede sufrir, presentando las diferentes litologías distinto grado de susceptibilidad potencial ante la ocurrencia de deslizamientos o

roturas: las propiedades físicas y resistentes de cada tipo de material, junto con la presencia de agua, gobiernan su comportamiento tensodeformacional y, por tanto, su estabilidad.

Aspectos como la alternancia de materiales de diferente litología, competencia y grado de alteración, o la presencia de capas de material blando o de estratos duros, controlan los tipos y la disposición de las superficies de rotura. En los suelos, que generalmente se pueden considerar homogéneos en comparación con los materiales rocosos, las diferencias están en el grado de compactación, cementación o granulometría predisponen zonas de debilidad y de circulación de agua, que pueden generar inestabilidades. En los macizos rocosos, la existencia de capas o estratos de diferente competencia implica también un diferente grado de fracturación en los materiales, lo que complica la caracterización y el análisis del comportamiento del talud. (Gonzales, 2002)

b) Estructura geológica y discontinuidades

La estructura geológica juega un papel definitivo en las condiciones de estabilidad de los taludes en macizos rocosos. La combinación de los elementos estructurales con los parámetros geométricos del talud, altura e inclinación, y su orientación, define los problemas de estabilidad que se pueden presentar.

La estructura del macizo queda definida por la distribución espacial de los sistemas de discontinuidades, que <<individualizan>> bloques más o menos competentes de matriz rocosa que se mantienen unidos entre sí por las características y propiedades resistentes de las discontinuidades. La presencia de estos planos de debilidad (como superficies de estratificación, diaclasas, fallas, etc.) buzando hacia el frente del talud supone la existencia de planos de rotura y deslizamientos potenciales, y su orientación y disposición condiciona los tipos, modelos y mecanismos de inestabilidad.

La presencia de discontinuidades implica un comportamiento anisótropo del macizo y unos planos preferenciales de rotura.

Un aspecto importante es la relación entre las discontinuidades del frente del talud y la red de discontinuidades: en función de esta relación, el comportamiento del talud quedara definido por una o pocas macrodiscontinuidades (referidas a la

escala del talud) o bien por varios sistemas de juntas y otros planos de debilidad con un entramado denso, condicionando el tipo y el volumen de la discontinuidad.

La influencia de la estructura geológica va más allá del condicionamiento geométrico de las roturas, pudiendo afectar a la estabilidad de los taludes a causa de las modificaciones inducidas por la excavación; por ejemplo, en estructuras de tipo compresivo o distensivo la existencia de esfuerzos tectónicos residuales puede inducir procesos desestabilizadores. (Gonzales, 2002)

c) Condiciones hidrogeológicas

La mayor parte de las roturas se producen por los efectos del agua en el terreno, como la generación de presiones intersticiales, o los arrastres y erosión, superficial o interna, de los materiales que forman el talud. En general, puede decirse que el agua es el mayor enemigo de la estabilidad de los taludes (además de las acciones antrópicas, cuando se realizan excavaciones inadecuadas sin criterios geotécnicos).

La presencia de agua en un talud reduce su estabilidad al disminuir la resistencia del terreno y aumentar las fuerzas tendentes a la inestabilidad.

La forma de la superficie freática en un talud depende de diferentes factores, entre los que se encuentran la permeabilidad de los materiales, la geometría o forma del talud y las condiciones de contorno. En macizos rocosos, la estructura geológica tiene una gran influencia en la disposición del nivel freático y, por tanto, en la distribución de las presiones intersticiales sobre cualquier superficie potencial de deslizamiento en un talud.

Además del agua en el interior del terreno, hay que considerar el papel del agua superficial (por precipitación, escorrentía, etc.), que puede causar problemas importantes de estabilidad al crearse altas presiones en las discontinuidades y grietas por las que se introduce, y en la zona más superficial del terreno; de hecho, las roturas en taludes en suelos son más frecuentes en periodos de lluvias intensas, tras una fuerte tormenta o en épocas de deshielo. Los fenómenos de erosión y lavado en materiales blandos o poco consistentes aparecen asimismo asociados a la presencia de agua superficial. (Gonzales, 2002)

d) Propiedades geomecánicas de los suelos y de los macizos rocosos

La posible rotura de un talud a favor de una determinada superficie depende de la resistencia al corte de la misma. En primera instancia, esta resistencia depende de los parámetros resistentes del material: cohesión y rozamiento interno.

La influencia de la naturaleza de los suelos en sus propiedades mecánicas, implica que la selección de los parámetros resistentes representativos de la resistencia al corte, debe ser realizada teniendo en cuenta la historia geológica del material.

En macizos rocosos, son las propiedades resistentes de las discontinuidades y de la matriz rocosa las que controlan el comportamiento mecánico. En función de las características y estructura del macizo, de su red de fracturación y de la naturaleza de los materiales y de las discontinuidades, la resistencia vendrá controlada por las propiedades de las discontinuidades, por las propiedades de la matriz rocosa o por ambas. (Gonzales, 2002)

e) Otros factores

Las sobrecargas estáticas y las cargas dinámicas que se ejercen sobre los taludes modifican la distribución de las fuerzas y pueden generar condiciones de inestabilidad. Entre las primeras están el peso de estructuras o edificios, u otro tipo de cargas como rellenos, escombreras, paso de vehículos pesados, etc, que, cuando se ejercen sobre la cabecera de los taludes, aportan una carga adicional que puede contribuir al aumento de las fuerzas desestabilizadoras. Las cargas dinámicas se deben, principalmente, a los movimientos sísmicos, naturales o inducidos, y a las vibraciones producidas por voladuras cercanas al talud. En casos de fuertes movimientos sísmicos, las fuerzas aplicadas de forma instantánea pueden producir la rotura general del talud si existen condiciones previas favorables a la inestabilidad.

Las precipitaciones y el régimen climático influyen en la estabilidad de los taludes al modificar el contenido de agua del terreno. La alternancia de periodos de sequía y lluvia produce cambios en la estructura de los suelos que dan lugar a pérdidas de resistencia. Se puede establecer criterios de riesgo de inestabilidad de taludes en función a la pluviometría.

En determinados tipos de suelos o macizos rocosos blandos, los procesos de meteorización juegan un papel importante en la reducción de sus propiedades

resistentes, dando lugar a una alteración y degradación intensas al ser expuestos los materiales a las condiciones ambientales como consecuencia de una excavación. Esta pérdida de resistencia puede dar lugar a la caída del material superficial y, si afecta a zonas críticas del talud, como su pie, puede generar roturas generales, sobre todo en condiciones de presencia de agua. (Gonzales, 2002).

2.2.3. ROTURA DE TALUDES EN SUELOS

Los taludes en suelos rompen generalmente a favor de superficies curvas, con forma diversa, condicionada por la morfología y estratigrafía del talud.

- Puede ser aproximadamente circular (la más frecuente), con su extremo inferior en el pie del talud, (deslizamiento de pie), cuando este está formado por terreno homogéneo o por varios estratos de propiedades geotécnicas homogéneas (ilustración 1).
- Puede ser casi circular pero pasando por debajo del pie del talud (deslizamiento profundo)

Si se dan determinadas condiciones en el talud, como la existencia de estratos o capas de diferente competencia, puede tener lugar una rotura a favor de una superficie plana o una superficie poligonal formada por varios tramos planos.

La rotura de los taludes a favor de un único plano paralelo al talud son prácticamente inexistentes, aunque este modelo puede ser válido en el caso de laderas naturales con recubrimientos de suelos sobre rocas o en el caso de los taludes rocosos, donde la presencia de discontinuidades paralelas al talud pueden definir superficies de roturas planas, aunque en general estas no alcanzan la cabecera del talud. El modelo del talud infinito <<infinito>>, su longitud puede considerarse infinita con respecto al espesor de la masa que rompe) puede adoptarse en muchas laderas naturales donde la superficie de rotura está definida por el contacto, prácticamente paralelo al talud, entre el terreno superficial (coluvial o suelo residual) y al roca subyacente. (Gonzales, 2002)

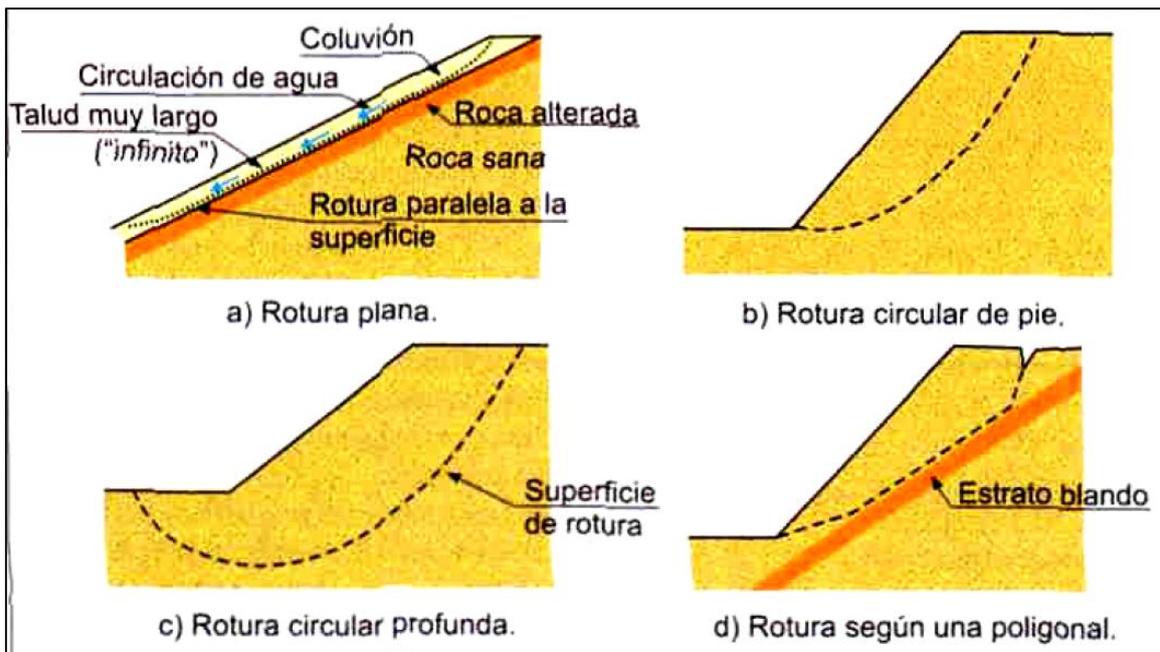


Ilustración N° 1: Tipos de superficie de rotura en suelos. (Gonzales, 2002)

2.2.4. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Los análisis de estabilidad se aplican al diseño de taludes o cuando estos presentan problemas de inestabilidad. Se debe elegir un coeficiente de seguridad adecuado, dependiendo de la finalidad de la excavación y del carácter temporal o definitivo del talud, combinando los aspectos de seguridad, costos de ejecución, consecuencias o riesgos que podrían generar su rotura. Para taludes permanentes, el coeficiente de seguridad a adoptar debe ser igual o superior a 1.5, e incluso 2.0, dependiendo de la seguridad exigida y de la confianza que se tenga en los datos geotécnicos que intervienen en los cálculos; para taludes temporales el factor de seguridad está en torno a 1.3, pero en ocasiones pueden adoptarse valores inferiores.

El análisis de los movimientos de los taludes o laderas durante muchos años se ha realizado utilizando las técnicas del equilibrio límite. Este tipo de análisis requiere información sobre la resistencia del suelo, pero no se requiere sobre la relación esfuerzo-deformación.

El sistema de equilibrio límite supone que en el caso de una falla, las fuerzas actuantes y resistentes son iguales a lo largo de la superficie de falla equivalentes a un factor de seguridad de 1.0.

El análisis se puede realizar estudiando directamente la totalidad de la longitud de la superficie de falla o dividiendo la masa deslizada en tajadas o dovelas. (Suarez, 1998)

a) Mecanismo de Falla

La ocurrencia de una falla obedece a un proceso, el cual comprende una gran cantidad de factores, en el espacio y en el tiempo.

- **Condiciones Originales del Talud (Susceptibilidad)**

Todo talud tiene unas propiedades o características físicas como son el relieve, geología, propiedades mecánicas de los materiales y perfiles, condiciones ambientales, cobertura vegetal, etc. Estas condiciones determinan una susceptibilidad al deterioro, a la acción de los factores detonantes y al fallamiento.

- **Equilibrio o Desequilibrio de Fuerzas (Factor de seguridad)**

En un talud estable hay un equilibrio entre las fuerzas actuantes y las fuerzas resistentes, entre las cuales es determinante la fuerza de gravedad. En la ilustración 2 se muestran las masas que tratan de producir el movimiento y las masas que tratan de contrarrestarla.

Si se colocan cargas adicionales en la parte superior del talud o se remueven en el pie, se puede producir la inestabilidad de éste. Igualmente, la inestabilidad puede ocurrir por el aumento de la pendiente del talud. (Suarez, 2009)

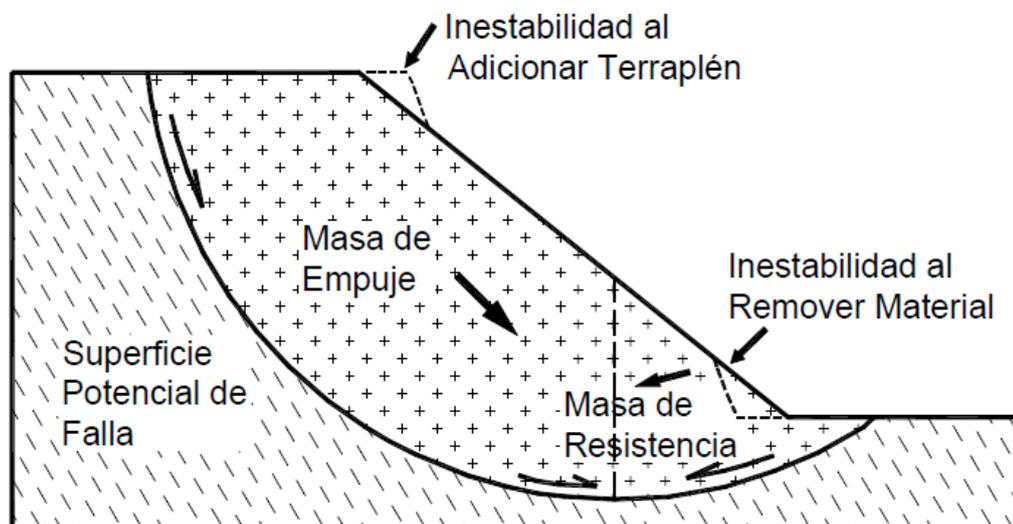


Ilustración N° 2: Equilibrio o desequilibrio de fuerzas (Suarez, 2009)

b) El Deterioro (Modificación de las condiciones originales)

El deterioro comprende la alteración física y química de los materiales y su subsecuente desprendimiento o remoción. Esto incluye la alteración mineral, los efectos de relajación y la abrasión. Los efectos del deterioro pueden ser lentos o rápidos y se acumulan hasta producir la falla en forma progresiva (ilustración 3).

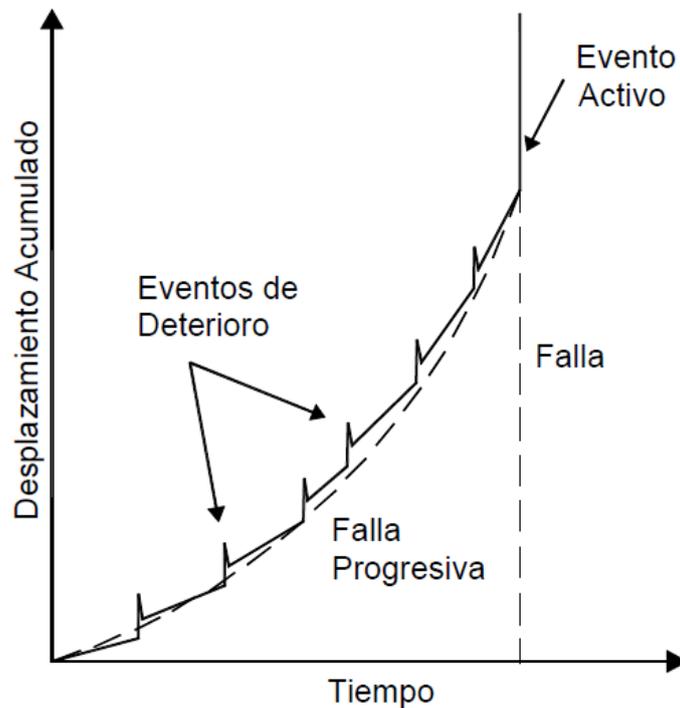


Ilustración N° 3: Efecto de deterioro (Suarez, 2009)

Cuando se corta un talud, para la construcción de una vía o de una obra de infraestructura, ocurre una relajación de los esfuerzos de confinamiento y una exposición al medio ambiente, cambiándose la posición de equilibrio por una de deterioro acelerado. La iniciación y propagación de fracturas es de significancia particular en la destrucción de la superficie que puede conducir a caídos de roca o colapso del talud. (Suarez, 2009)

c) Factores Detonantes (Activación del movimiento)

En el fenómeno de detonación o activación de un deslizamiento, actúa una serie compleja de procesos, los cuales, ocasionalmente, se traslapan con los factores de deterioro. Los deslizamientos pueden activarse en forma instantánea o en forma

progresiva. El resultado generalmente es un aumento en los esfuerzos de cortante. Estos esfuerzos aumentan a lo largo de la superficie de falla hasta que ocurre el movimiento.

Los elementos externos más comunes que pueden generar la activación de un deslizamiento son los siguientes:

- Corte del soporte en el pie del talud por acción de la erosión o de actividades humanas, como la construcción de carreteras.
- Lluvias intensas o prolongadas y/o fluctuaciones fuertes del nivel de aguas subterráneas.
- Sismos o vibraciones fuertes.
- Colocación de cargas sobre el talud.
- Combinación de algunos de los elementos anteriores. (Suarez, 2009)

d) Metodologías para el Análisis de la Estabilidad

Dentro de las metodologías disponibles, se encuentran los métodos de límite de equilibrio, los métodos numéricos y los métodos dinámicos para el análisis de caídos de roca y flujos, entre otros.

Los métodos numéricos son la técnica que muestra la mejor aproximación al detalle, de las condiciones de estabilidad en la mayoría de los casos de evaluación de estabilidad de taludes.

Sin embargo, los métodos de límite de equilibrio, son más sencillos de utilizar y permiten analizar los casos de falla traslacional y de falla rotacional, así como las fallas de inclinación (“Toppling”) y las fallas en cuña.

Igualmente, los métodos de límite de equilibrio permiten el análisis combinado con técnicas probabilísticas (Stead y otros, 2000).

Los factores que generan el deslizamiento pueden ser complejos y muy difíciles de modelar; no obstante, con el objeto de analizar esas situaciones complejas, existen algunas herramientas utilizando elementos finitos, diferencias finitas, elementos discretos y modelos dinámicos. (Suarez, 2009)

Cuadro N° 2: Metodologías utilizadas en la modelación de taludes

Metodologías utilizadas en la modelación de taludes			
Métodos	Parámetros Utilizados	Ventajas	Limitaciones
Límite de equilibrio	Topografía del talud, estratigrafía, ángulo de fricción, cohesión, peso unitario, niveles freáticos y cargas externas.	Existe una gran cantidad de paquetes de software. Se obtiene un número de factor de seguridad. Analiza superficies curvas, rectas, cuñas, inclinación, etc. Análisis en dos y tres dimensiones con muchos materiales, refuerzos y condiciones de nivel de agua.	Genera un número único de factor de seguridad sin tener en cuenta el mecanismo de inestabilidad. El resultado difiere de acuerdo con el método que se utilice. No incluye análisis de las deformaciones.
Esfuerzo deformación continuos	Geometría del talud, propiedades de los materiales, propiedades elásticas, elasto-plásticas y de "creep". Niveles freáticos, resistencia	Permite simular procesos de deformación. Permite determinar la deformación del talud y el proceso de falla. Existen programas para trabajar en dos y tres dimensiones. Se puede incluir análisis dinámico y análisis de "creep".	Es complejo y no lineal. Comúnmente no se tiene conocimiento de los valores reales a utilizar en la modelación. Se presentan varios grados de libertad. No permite modelar roca muy fracturada.
Discontinuos Esfuerzo – deformación elementos discretos	Geometría del talud, propiedades del material, rigidez, discontinuidades resistencia y niveles freáticos.	Permite analizar la deformación y el movimiento relativo de bloques.	Existe poca información disponible sobre las propiedades de las juntas. Se presentan problemas de escala, especialmente en los taludes de roca.
Cinemáticos estereográficos para taludes en roca	Geometría y características de las discontinuidades. Resistencia de las discontinuidades.	Es relativamente fácil de utilizar. Permite la identificación y análisis de bloques críticos, utilizando teoría de bloques. Pueden combinarse con técnicas estadísticas.	Útiles para el diseño preliminar. Se requiere criterio de ingeniería para determinar cuáles son las discontinuidades críticas. Evalúa las juntas
Dinámica de caídos de roca	Geometría del talud, tamaño y forma de los bloques y coeficiente de restitución.	Permite analizar la dinámica de los bloques y existen programas en dos y tres dimensiones.	Existe muy poca experiencia de su uso en los países tropicales.
Dinámica de flujos.	Relieve del terreno. Concentración de sedimentos, viscosidad y propiedades de la mezcla suelo – agua.	Se puede predecir el comportamiento, velocidades, distancia de recorrido y sedimentación de los flujos.	Se requiere calibrar los modelos para los materiales de cada región. Los resultados varían de acuerdo con el modelo utilizado.

Fuente: (Suárez 2009)

2.2.5. CARACTERÍSTICAS DEL ANÁLISIS DE LÍMITE DE EQUILIBRIO

Un análisis de límite de equilibrio permite obtener un factor de seguridad o a través de un análisis regresivo, obtener los valores de la resistencia al cortante en el momento de la falla. Una vez se han determinado las propiedades de resistencia al cortante de los suelos, las presiones de poros y otras propiedades del suelo y del talud, se puede proceder a calcular el factor de seguridad del talud. Este análisis de estabilidad consiste en determinar si existe suficiente resistencia en los suelos del talud para soportar los esfuerzos de cortante que tienden a causar la falla o deslizamiento.

La mayoría de los métodos de límite de equilibrio tienen en común, la comparación de las fuerzas o momentos resistentes y actuantes sobre una determinada superficie de falla. Las variaciones principales de los diversos métodos son, el tipo de superficie de falla y la forma cómo actúan internamente las fuerzas sobre la superficie de falla. (Suarez, 2009)

a) Concepto de Factor de Seguridad (F. S.)

El factor de seguridad es empleado por los ingenieros para conocer cuál es el factor de amenaza para que el talud falle en las peores condiciones de comportamiento para el cual se diseña. Fellenius (1922) presentó el factor de seguridad como 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 supuesta de posible falla:

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

En las superficies circulares donde existe un centro de giro y momentos resistentes y actuantes:

$$F.S. = \frac{\text{Momento resistente disponible}}{\text{Momento actuante}}$$

Existen además, otros sistemas para plantear el factor de seguridad, tales como la relación de altura crítica y altura real del talud, métodos probabilísticos, así como tablas empíricas locales basadas en el comportamiento típico de los taludes. (Suarez, 2009)

b) Parámetros Utilizados en los Análisis de Límite de Equilibrio

Los modelos tienen en cuenta los factores primarios que afectan la estabilidad. Estos factores incluyen 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. Sin embargo, no todos los factores que afectan la estabilidad de un talud se pueden cuantificar para incluirlos en un modelo matemático de límite de equilibrio. Por lo tanto, hay situaciones en las cuales un enfoque de límite de equilibrio no produce resultados satisfactorios. (Suarez, 2009)

Pesos unitarios.

El peso unitario es tal vez el parámetro más sencillo de medir para el análisis de estabilidad de los taludes, es el que influye menos en el factor de seguridad. Los pesos unitarios totales son pesos húmedos por encima del nivel freático y saturados por debajo de éste nivel. En el caso de que se utilicen pesos sumergidos, se debe ignorar la presencia de nivel freático.

Resistencia al cortante.

La resistencia al cortante que se va a utilizar en los análisis, puede ser medida por alguno de los métodos de laboratorio. Se debe tener en cuenta si se trata de condiciones drenadas o no drenadas o si el análisis es realizado en estado no-saturado. Los parámetros deben corresponder a los niveles de esfuerzos sobre las superficies de falla potenciales. Igualmente, debe tenerse en cuenta la disminución de resistencia, con el tiempo. Para suelos que son completamente saturados, el ángulo de fricción para condiciones no drenadas, es igual a cero. La resistencia no drenada para suelos saturados puede ser determinada a partir de los ensayos no-consolidados no-drenados.

Condiciones drenadas o no drenadas

Las fallas de los taludes pueden ocurrir en condiciones drenadas o no drenadas. Si la inestabilidad es causada por los cambios en la carga, tal como la remoción de materiales de la parte baja del talud o aumento de las cargas en la parte superior (en suelos de baja permeabilidad) éstos pueden no tener tiempo suficiente para drenar durante el tiempo en el cual ocurre el cambio de carga. En ese caso, se dice que las condiciones son no drenadas.

Generalmente, los suelos tienen permeabilidades suficientes para disipar las presiones de poros en exceso y se comportan en condiciones drenadas.

Esfuerzos totales y efectivos

En principio, siempre es posible analizar la estabilidad de un talud utilizando el método de presión efectiva, porque la resistencia del suelo es gobernada por las presiones efectivas tanto en la condición drenada, como en la condición no drenada; sin embargo, en la práctica es virtualmente imposible determinar con precisión cuáles son los excesos de presión de poros que se van a generar por los cambios en las cargas (excavaciones, colocación de rellenos o cambios en el nivel de agua).

Debido a esto, no es posible desarrollar análisis precisos de estabilidad en estas condiciones, utilizando procedimientos de esfuerzos efectivos. No obstante, se puede trabajar todo el análisis usando presiones efectivas, sin que se requiera especificar los valores de los excesos de poros en las condiciones no drenadas. La mayoría de los modelos de análisis trabajan con base en las presiones efectivas. (Suarez, 2009)

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

Superficie de Falla. El término superficie de falla se utiliza para referirse a una superficie asumida a lo largo de la cual puede ocurrir el deslizamiento o la rotura del talud. (Suarez, 2009)

Talud. Superficie inclinada del terreno que se extiende de la base a la cumbre de un cerro. (Dávila, 2011)

Litología. Ciencia que estudia el origen, evolución y clasificación de las rocas. Se podría considerar como un sinónimo de petrología. (Dávila, 2011)

Suelo. Cobertura superficial de la corteza terrestre producto de la alteración de los minerales de las rocas pre-existentes. La formación del suelo implica la meteorización química de los minerales primarios dando lugar a nuevos minerales. (Dávila, 2011)

Conglomerado. Roca sedimentaria compuesta de cantos rodados, cementados en una matriz fina (arena, limo, arcilla), algunas veces la matriz puede ser calcárea o silicosa y en ocasiones que el conglomerado ha sido sometido a fuertes presiones y temperaturas la matriz puede hallarse fundida. (Dávila, 2011)

Deslizamiento. Deslizamiento de masas rocosas o de suelo por la pérdida de estabilidad, que puede ser por saturación de agua, presencia de materiales arcillosos que actúan como lubricantes, fuertes inclinaciones de las vertientes u otras causas. (Dávila, 2011)

Plegamiento. Deformación de las rocas estratificadas, debido a los esfuerzos de compresión, a las propiedades plásticas de éstas y a las condiciones de elevada presión reinantes, tomando formas onduladas.

Los plegamientos pueden clasificarse en estructuras arqueadas o convexas y cóncavas o en cubetas. (Dávila, 2011)

Diaclasamiento. Fractura o junta que aparece en el cuerpo de una roca ocasionalmente producida por los esfuerzos tectónicos, presentando direcciones definidas a las cuales se les denomina sistemas de diaclasas. Las diaclasas tienen especial importancia en el modelado terrestre dado que facilita la erosión. El diaclasamiento está controlado por la estructura geológica y por las deformaciones tectónicas. (Dávila, 2011)

Cohesión. Adherencia de los fragmentos, partículas o granos de las rocas, que ejercen unos a otros ayudados por la matriz o cementante. El grado de diagénesis o litificación se manifiesta en la cohesión de los fragmentos, a mayor diagénesis mayor cohesión. (Dávila, 2011)

Geodinámica. Parte de la geología física o geomorfología que estudia los fenómenos geológicos que provocan modificaciones en la superficie terrestre por acción de los esfuerzos tectónicos internos (geodinámica interna) o esfuerzos externos (geodinámica externa). (Dávila, 2011)

CAPÍTULO III.

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. GEOGRÁFICA

Geográficamente el tramo de la carretera se encuentra emplazada en los andes de la cordillera occidental de Perú; la cual está comprendida entre los 2200 a 2600 m.s.n.m. con clima templado con variantes en las estaciones del año, con lluvias en los meses de octubre a marzo y sequia de abril a septiembre.

El tramo de carretera comprende los cuadrángulos de Cajamarca y San Marcos; con coordenadas UTM: DATUM WGS84, ZONA – 17S, abarca una longitud de 6 km aproximadamente.

Cuadro N° 3: Coordenadas del límite de estudio

Vértices	Longitud	Latitud	Cota
Punto inicial (km 46+400)	9158713	819779	2288
Punto final (km 52+200)	9157634	822039	2571

3.1.2. POLÍTICA

Políticamente la carretera de la zona de investigación, se ubica en el departamento de Cajamarca, provincia y distrito de Cajabamba.

3.1.3. ACCESIBILIDAD

El acceso al tramo de la carretera Huañimba – Cungunday; se realiza por la carretera principal Cajamarca – Cajabamba, con un tiempo estimado de 2.30 horas desde la Ciudad de Cajamarca en automóvil.

3.1.4. CLIMA Y VEGETACIÓN

La zona de estudio presenta un clima variado, desde templado a templado frío el cual depende de la altitud, latitud y época del año. Los periodos de precipitación comprenden desde octubre a mayo, los promedios de temperatura anual es de 18 °C, las temporadas más frías hasta los 9.41 °C, y en los días más calurosos hasta 26.54°C. (Fuente: Estación automatizada de Cajabamba)

En cuanto a la vegetación propia de la zona encontramos; árboles y arbustos como: retama, eucalipto, aliso, llantén. En Cultivos comprende; maíz, papa, cebolla, arveja, alfalfa, caña de azúcar, papa, manzana, capulí, membrillo, palta, chiclayo, caigua y verduras.



Foto N° 1: Cultivos de papa, característicos de la zona de estudio.

3.2. PROCEDIMIENTOS

- **Etapas preliminar de gabinete**

Se ha recopilado y analizado la información previa obtenida de fuentes primarias y secundarias

Se realizó la recopilación de información bibliográfica, cartográfica y documental existente acerca del tema de investigación.

Para la búsqueda y revisión bibliográfica se recurrió a la consulta de tesis, libros, revistas geológicas y base bibliográfica buscada en internet.

Para la recopilación cartográfica y parte de la geología se recurrió a la información contenida en la base de datos del INGEMMET.

- **Etapas de campo**

Se realizó el cartografiado geológico, caracterización geomecánica y geotécnico de los taludes con evidencia de inestabilidad en el tramo de la carretera Huañimba - Cungunday; logrando un análisis comparativo y descriptivo, permitiendo definir las zonas críticas mediante puntos de control a través de todo el tramo de la carretera.

- **Etapas de gabinete**

En esta etapa del trabajo toda la data que se recopiló en campo será analizada, procesada e interpretada; los resultados que se obtiene serán plasmados en cuadros, figuras y planos.

- **Etapas de laboratorio**

Las muestras que fueron tomadas en campo serán analizadas en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Nacional de Cajamarca; para determinar los parámetros físicos como: granulometría, contenido de humedad, pesos específicos, límites de consistencia.

Se realizara el ensayo de corte directo para determinar los parámetros de cohesión y ángulo de rozamiento, los cuales nos define la resistencia del suelo.

- **Etapas final**

Con los datos obtenidos en las etapas anteriores, se procesó e interpreto mediante el uso del softwares: Slide V6; así mismo se realizó la elaboración de planos mediante el uso del software ArcGis 10.2; por último se realizó la discusión de los resultados obtenidos y redacción del informe final.

Diseño del trabajo de investigación

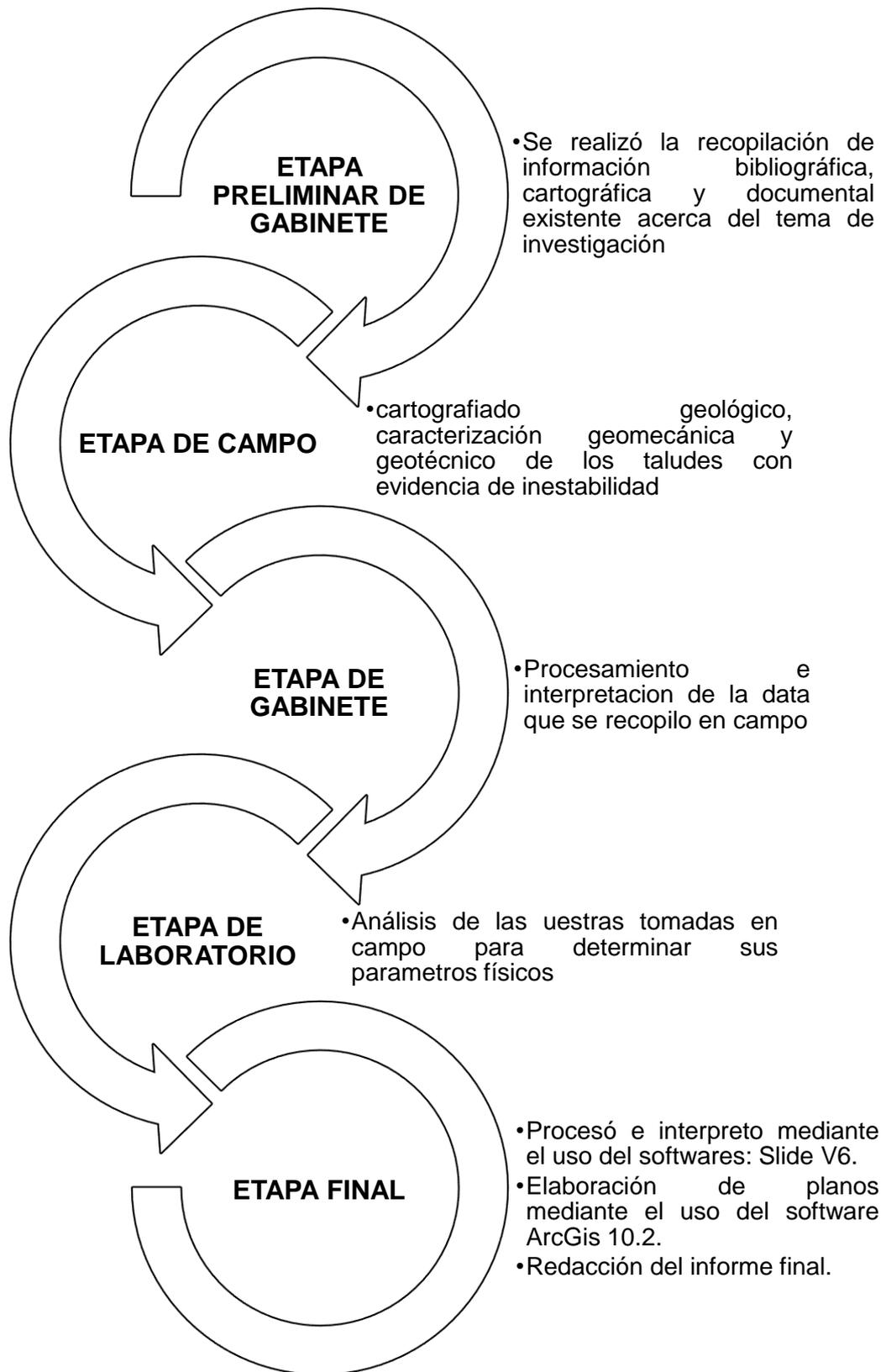


Ilustración N° 4: Diagrama del diseño de la investigación

3.2.1. METODOLOGÍA

A. Tipo y método de la investigación:

La presente investigación realizada es de tipo descriptivo y analítico, debido a que nos va a permitir describir y analizar el comportamiento geomecánico de los taludes; así mismo el método utilizado para la presente investigación es no experimental, transversal en el tiempo, correlacional y causal.

Para la presente investigación, se ha tomado como población de estudio al tramo de la carretera Huañimba – Cungunday, la cual se encuentra comprendida entre los km 41+400 – 52+200 de la carretera Cajamarca – Cajabamba; así mismo como muestra de estudio se tomó a los taludes que presentan evidencia de inestabilidad, y como unidad de análisis a los parámetros geotécnicos (litología y factor de seguridad).

3.2.2. DEFINICIÓN DE VARIABLES

Para la investigación se ha determinado como variable dependiente a la inestabilidad de taludes y como variables independientes se determinó a la pendiente, a la morfología, a las estructuras geológicas y la litología.

3.2.3. TÉCNICAS.

En las técnicas empleadas para el acopio de la información tenemos: primeramente la observación dirigida a la zona de estudio para determinar los taludes críticos existentes, posteriormente se va a realizar las tomas fotográficas en cada una de las estaciones que se ha determinado, seguidamente se determinaran las coordenadas en cada estación para luego ser plasmadas en el plano geotécnico, finalmente se realizara las medidas correspondientes en cada una de las estaciones haciendo uso de un formato diseñado para una mejor recolección de los datos en campo.

3.2.4. INSTRUMENTOS Y EQUIPOS.

La toma de datos se realizara con los siguientes instrumentos y equipos:

- GPS GARMIN MAP 60 CSX Navegador: Para determinar las coordenadas de cada talud analizado.

- Brújula Brunton: Para determinar el rumbo y buzamiento de los estratos; así como también la pendiente del talud.
- Wincha de 50m: Para realizar las mediciones correspondientes en los taludes.
- Protactor: Para plasmar los datos obtenidos en campo en los planos a escala.
- Picota Geológica Estwing: Para sacar las diferentes muestras en campo, para su respectivo análisis.
- Lupa 20X – 10X: Para determinar los cristales y el tamaño de grano que presentan las diferentes muestras obtenidas.
- Lápiz de dureza: Para determinar el grado de dureza que presentan los clastos de las muestras obtenidas.
- Libreta de campo: Para anotar toda la data recolectada en campo.
- Bolsas de muestreo: Para recolectar y transportar las muestras obtenidas en campo.
- Cámara fotográfica digital (SONY Cyber-shot): Para obtener las diferentes fotografías de la zona de estudio.
- Planos (topográficos, geológicos,): Para determinar la ubicación de la zona de estudio; así como también para identificar la litología que aflora en dicha zona.

A. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos en campo hemos elaborado el cuadro N° 5; para lo cual se tomó en cuenta los criterios que se van a tener para el análisis de estabilidad de taludes.

Cuadro N° 4: Recolección de datos en campo

				GEOTECNIA DE INESTABILIDAD DE TALUDES, EN EL TRAMO DE LA CARRETERA HUAÑIMBA - CUNGUNDAY, CAJAMARCA-CAJABAMBA													
				UBICACIÓN:			HUAÑIMBA - CUNGUNDAY		DISTRITO:		CAJABAMBA		PROVINCIA:		CAJABAMBA	DEPARTAMENTO:	CAJAMARCA
				TRAMO:	46 + 400	AL	52 + 200	HOJA N°:	1	DE	1	FECHA		05/01/2017			
				EJECUTADO POR:	Katherine Huarrán Ramirez												
DATUM:		WGS84		PROPIEDADES DEL TALUD				ESTADO DE ACTIVIDAD	DIMENSIONES DEL TALUD								
ZONA:		17S		METEORIZACIÓN	TIPO DE MATERIAL	HUMEDAD		1= Activo	Ancho de masa desplazada (m)	Ancho de superficie de falla (m)	Longitud de la masa deslizada (m)	Longitud de la superficie de falla (m)	Profundidad de la masa desplazada (m)	Profundidad de superficie de falla (m)	Ángulo de talud	Altura del talud	VOLUMEN DE DESLIZAMIENTO (m³)
2= Lev Met	2= Detritos	2= Húmedo	2= Reactivado														
3= Mod	3= Tierra	3= Mojado	3= Suspendido														
4= Alt Met	4= Lodo	4= Muy Mojado	4= Inactivo														
N°	COORDENADAS			Descripción	5= Dormido	5= Abandonado	5= Estabilizado	Wd	Wr	Ld	Lr	Dd	Dr	α	H	Vol Des m³	
	NORTE	ESTE	COTA		5= Comp Met	8= Reicto											
1	9158678	820734	2311	Fm Condebaniba	3	3	1	3	13.80	30.00	4.6	8.30	2.30	1.80	60°	7.00	300.38
2	9158670	821000	2320	Fm Condebaniba	3	3	1	4	.	20.00	.	8.10	.	1.60	68°	7.10	173.71
3	9158686	821464	2324	Fm Condebaniba	3	3	1	4	.	30.00	.	9.80	.	2.10	74°	9.10	413.77
4	9158208	821385	2409	Fm Condebaniba	4	3	1	3	.	20.00	.	6.20	.	1.80	78°	6.00	149.59
5	9158005	821713	2457	Fm Condebaniba	4	3	2	3	.	40.00	.	15.00	.	2.10	64°	13.00	844.44
6	9157873	821565	2474	Fm Condebaniba	3	3	1	3	.	20.00	.	7.50	.	1.70	78°	7.10	170.90
7	9157791	821590	2478	Fm Condebaniba	4	3	1	3	.	20.00	.	6.40	.	1.80	66°	5.10	154.41
8	9157494	821542	2487	Fm Condebaniba	3	3	1	4	.	20.00	.	5.80	.	1.50	74°	4.00	116.61
9	9157313	821545	2495	Fm Cajabamba	3	3	1	4	.	20.00	.	4.20	.	1.70	80°	3.90	95.70
10	9157453	821890	2532	Fm Cajabamba	3	3	1	3	.	20.00	.	6.70	.	2.00	80°	6.30	179.61

Fuente: Modificado por R. Rodríguez (2010).

3.2.5. GEOLOGÍA LOCAL

A lo largo del tramo de la carretera Huañimba – Cungunday, encontramos afloramientos de rocas sedimentarias, las cuales pertenecen a la Formación Cajabamba y Condebamba.

A. Formación Cajabamba.

La formación Cajabamba infrayace a la formación Condebamba con discordancia erosional subparalela; es de origen lacustre y presenta una secuencia de lutitas, lodolitas y areniscas de color blanco-amarillento. En el tramo de la carretera la hemos podido notar claramente la estratificación de la formación en diferentes puntos.



Foto N° 2: Afloramiento de la Formación Cajabamba en el corte de la carretera



Foto N° 3: Lodolitas blanquecinas, pertenecientes a la Formación Cajabamba

B. Formación Condebamba

La formación Condebamba se encuentra suprayeciendo a la formación Cajabamba con una leve discordancia; constituida por conglomerados de areniscas y clastos calcáreos, los clastos van desde redondeados a sub redondeados con tamaños comprendidos entre 10 cm a los 50 cm, los cuales se encuentran en una matriz arenosa y arcilla calcárea.

En el corte de carretera se pudo observar claramente la depositación de las diferentes capas de los sedimentos, lo cual nos evidencia que se dio en diferentes facies de depositación.



Foto N° 4: Afloramiento de la Formación Condebamba en el corte de la carretera.



Foto N° 5: Clastos de la Formación Condebamba en una matriz arenosa.

3.2.6. GEOMORFOLOGÍA

Para determinar las unidades geomorfométricas se tomó como referencia los intervalos definidos en la siguiente tabla:

Cuadro N° 5: Unidades Geomorfométricas.

UNIDADES GEOMORFOMÉTRICAS	
Pendientes	Descripción
0° - 8°	Planicies
8° - 25°	Lomadas
25° - 50°	Laderas
50° - 90°	Escarpes

Fuente: Rodríguez, R. 2014

A. Planicies

En el trayecto de la carretera hemos podido encontrar áreas con estas características a los flacos del río ponte; las cuales son utilizadas como zonas de cultivo por los pobladores de la zona.



Foto N° 6: Terraza al costado del río Ponte utilizada como zona de cultivo.

B. Lomadas

Se pudo observar áreas con estas características a los costados de la carretera; las cuales son aprovechadas en su mayoría para la agricultura.

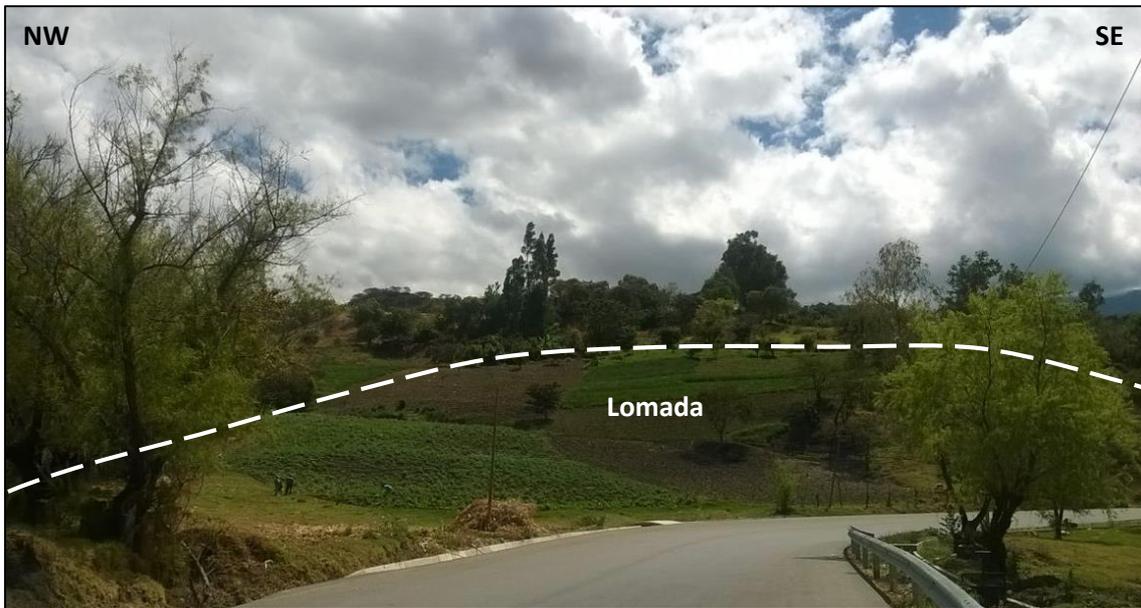


Foto N° 7: Lomada utilizada como zona de cultivo

C. Laderas

A los flancos del río Ponte pudimos observar pendientes con un ángulo de inclinación mayor a los 30°; por lo tanto de acuerdo a la clasificación de las unidades geomorfométricas se lo clasifica como laderas.

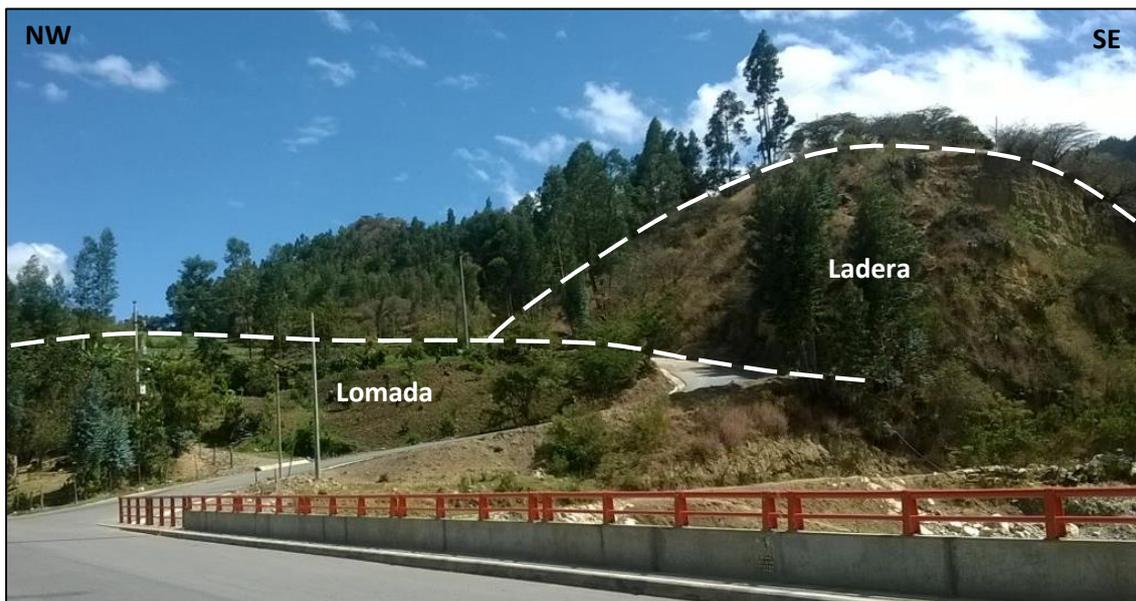


Foto N° 8: Ladera ubicada al oeste del río Ponte.

3.2.7. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

A. Plegamientos

En la zona de estudio se encontró pequeños plegamientos en estratos de lodolitas pertenecientes a la Formación Cajabamba; los cuales se pudo observar claramente en el corte de la carretera.



Foto N° 9: Plegamientos en estratos de lodolitas de la Formación Cajabamba.

B. Diaclasamiento

Se pudo observar pequeñas fracturas sólo en los estratos de la Formación Cajabamba, debido a que la mayor parte de la zona de estudio está presente en la formación Condebamba, la cual está compuesta por conglomerados.



Foto N° 10: Alto grado de fracturamiento en estratos de lutitas de la Formación Cajabamba

3.2.8. HIDROGEOLOGÍA

La red hidrográfica en la zona de estudio, está conformada principalmente por el río Ponte; el cual transporta materiales gruesos y arenas finas.

El río Ponte discurre por el valle Condebamba en dirección Noreste - Suroeste, atravesando la carretera principal Cajamarca – Cajabamba.



Foto N° 11: Río Ponte con discurrimento de sus aguas en dirección NE-SW

3.3. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS.

3.3.1. ESTACIÓN N° 1.

a) Descripción del talud

En el talud de la estación N° 1, encontramos afloramiento de la Formación Condebamba, la cual presenta una composición de conglomerado de areniscas y clastos calcáreos subredondeados a redondeados con tamaños que van desde 0.8 a 5 cm en una matriz arenosa pardo amarillenta sin presencia de humedad; presenta una densidad de 2200 kg/m³, un ángulo de fricción de 30° y una cohesión de 0.008 MPa. El talud se encuentra inactivo en épocas de sequía pero se activa en épocas de lluvia; así mismo presenta una parte de masa deslizable, por lo tanto lo vamos a caracterizar como un talud suspendido.

Cuadro N° 6: Parámetros geotécnicos del talud N° 1

		PROGRESIVAS		COORDENADAS								
DATUM	WGS84	INICIO	47 + 580	NORTE	ESTE	COTA						
ZONA	17S	FIN	47 + 610	9158678	820734	2311						
PROPIEDADES DEL TALUD			ESTADO DE ACTIVIDAD	DIMENSIONES DEL TALUD								
METEORIZACIÓN	TIPO DE MATERIAL	HUMEDAD	1= Activo 2= Reactivado 3= Suspendido 4= Inactivo 5= Dormido 6= Abandonado 7= Estabilizado 8= Relicto	Ancho de masa desplazada (m)	Ancho de superficie de Falla (m)	Longitud de la masa deslizada (m)	Longitud de la superficie de falla (m)	Profundidad de la masa desplazada (m)	Profundidad de superficie de falla (m)	Ángulo de talud	Altura del taud	VOLUMEN DE DESLIZAMIENTO (m ³)
1=Fresco	1= Roca	1= Seco		Wd	Wr	Ld	Lr	Dd	Dr	α	H	Vol. Des m ³
2=Lev Met	2= Detritos	2= Húmedo										
3 =Mod	3= Tierra	3= Mojado										
4=Alt Met	4= Lodo	4= Muy Mojado										
5=Comp Met												
3	3	1	3	13.80	30.00	4.60	8.30	2.30	1.80	60°	7.00	300.38

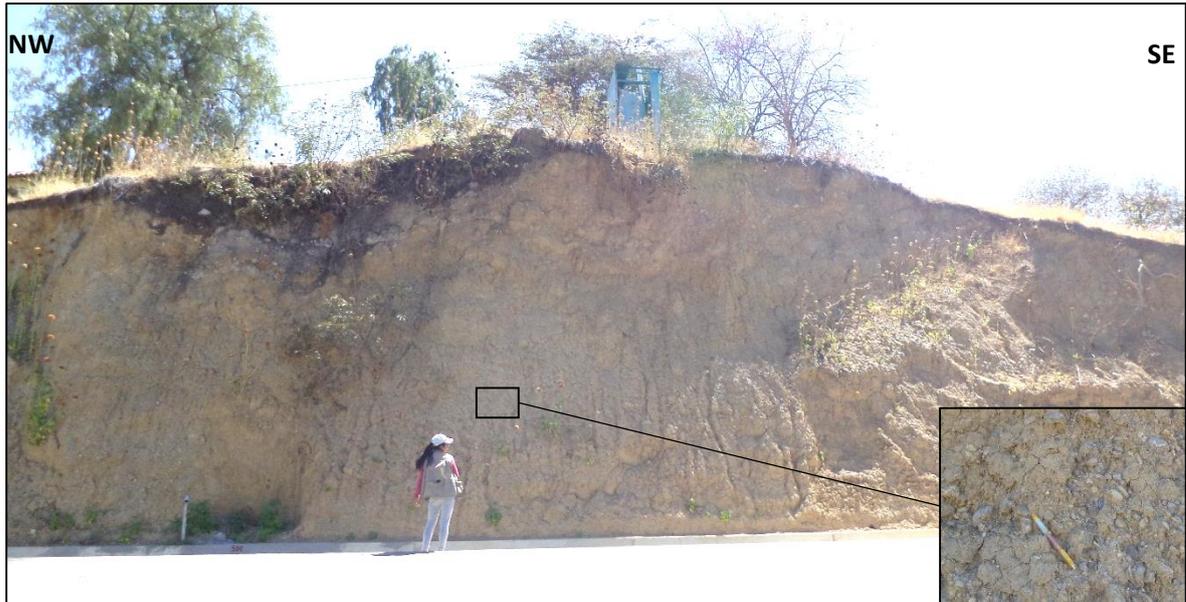


Foto N° 12: Talud suspendido con presencia de masa deslizada; constituido por clastos de areniscas y clastos calcáreos en una matriz arenosa.

b) Análisis geomecánico en condiciones naturales.

Modelo geomecánico generado mediante el software Slide v.5, con los resultados obtenidos del ensayo de corte directo.

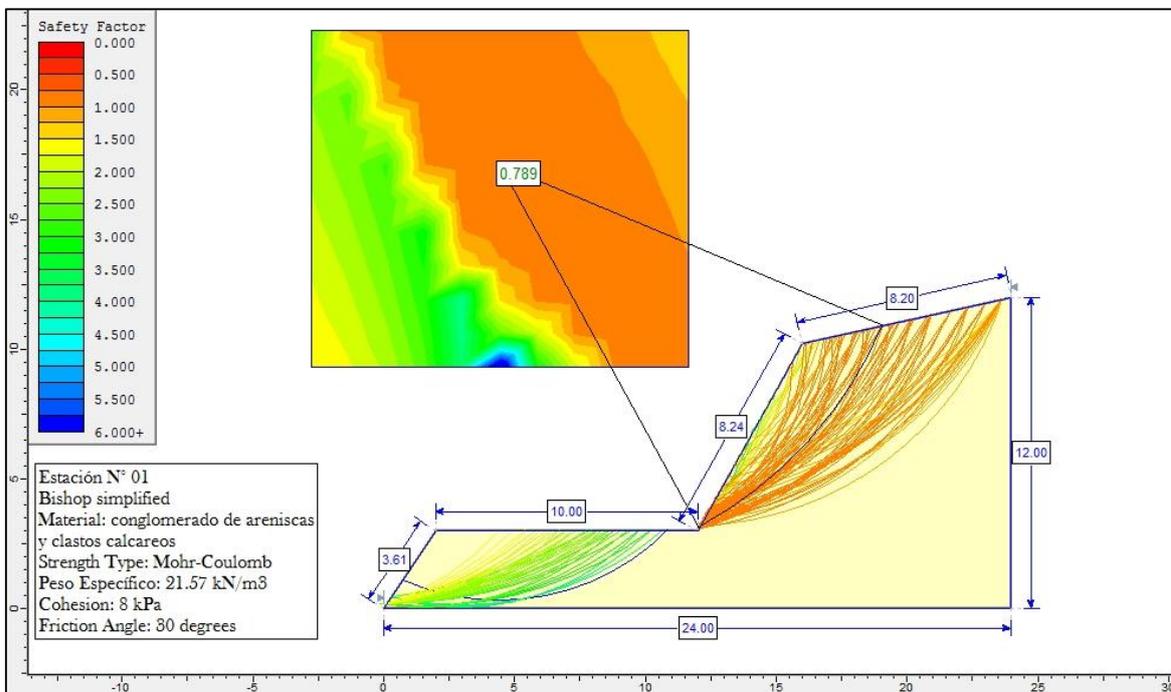


Ilustración N° 5: Interpretación mediante el software Slide v.5 de la estación N° 1

3.3.2. ESTACIÓN N° 2.

a) Descripción del talud

En el talud de la estación N° 2, encontramos afloramientos de la Formación Condebamba, la cual se encuentra constituida por conglomerado de clastos calcáreos subredondeados con tamaños que van desde los 0.7 a 10 cm en una matriz arenosa pardo amarillenta sin presencia de humedad; presenta una densidad de 2150 kg/m³, un ángulo de fricción de 31° y una cohesión de 0.008 MPa. El talud se encuentra inactivo en épocas de sequía pero se activa en épocas de lluvia, por lo cual lo hemos caracterizado como un talud suspendido.

Cuadro N° 7: Parámetros geotécnicos del talud N° 2

		PROGRESIVAS		COORDENADAS								
DATUM	WGS84	INICIO	47 + 870	NORTE		COTA						
ZONA	17S	FIN	47 + 890	9158670	821000	2320						
PROPIEDADES DEL TALUD			ESTADO DE ACTIVIDAD	DIMENSIONES DEL TALUD								
METEORIZACIÓN	TIPO DE MATERIAL	HUMEDAD		Ancho de masa desplazada (m)	Ancho de superficie de Falla (m)	Longitud de la masa deslizada (m)	Longitud de la superficie de falla (m)	Profundidad de la masa desplazada (m)	Profundidad de superficie de falla (m)	Ángulo de talud	Altura del taud	VOLUMEN DE DESLIZAMIENTO (m ³)
1=Fresco	1= Roca	1= Seco	1= Activo									
2=Lev Met	2= Detritos	2= Húmedo	2= Reactivado									
3 =Mod	3= Tierra	3= Mojado	3= Suspendido									
4=Alt Met	4= Lodo	4= Muy Mojado	4= Inactivo									
5=Comp Met			5= Dormido									
			6= Abandonado	Wd	Wr	Ld	Lr	Dd	Dr	α	H	Vol. Des m ³
			7= Estabilizado									
			8= Relicto									
3	3	1	4	.	20.00	.	8.10	.	1.60	68°	7.10	173.71

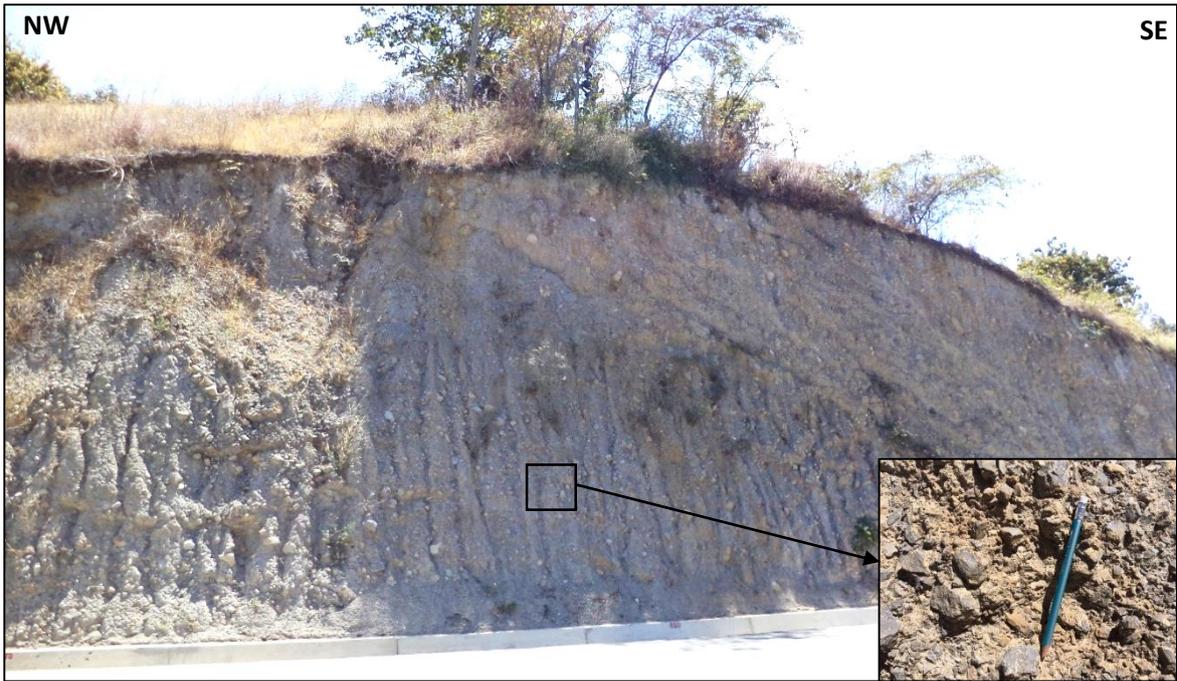


Foto N° 13: Talud suspendido en la Formación Condebamba, constituido por un conglomerado de areniscas con clastos calcáreos en una matriz arenosa.

b) Análisis geomecánico en condiciones naturales.

Modelo geomecánico generado mediante el software Slide v.5, con los resultados obtenidos del ensayo de corte directo.

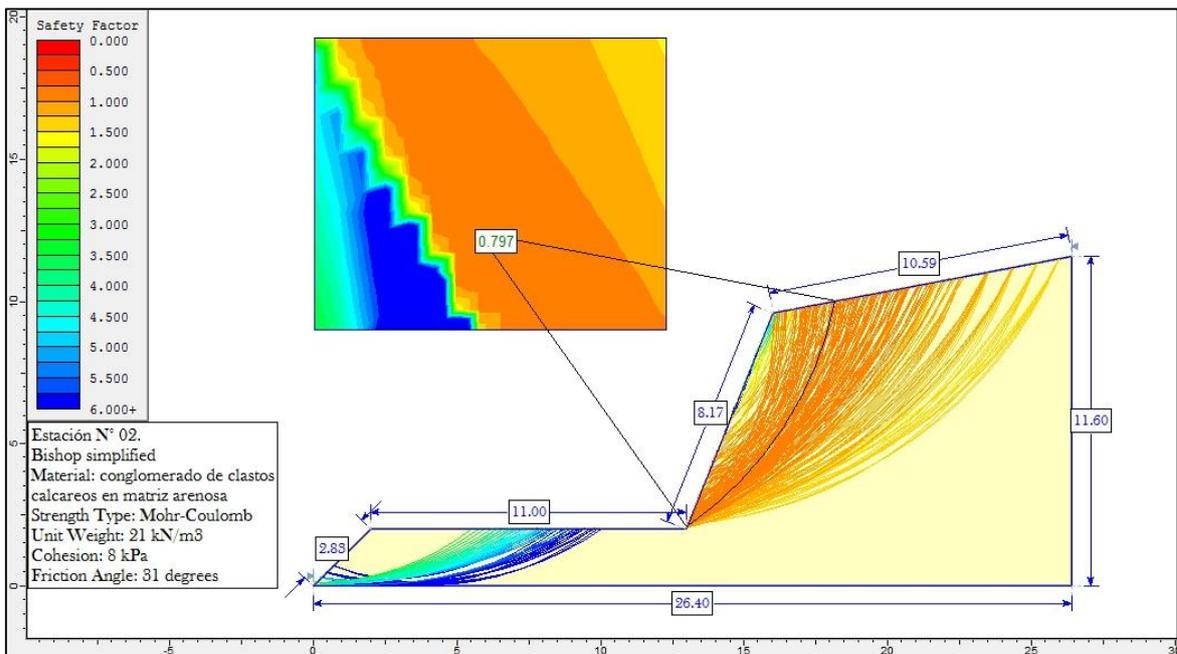


Ilustración N° 6: Interpretación mediante el software Slide v.5 de la estación N° 2.

3.3.3. ESTACIÓN N° 3.

a) Descripción del talud.

En el talud de la estación N° 3, encontramos aflorando a la Formación Condebamba la cual está constituida por conglomerado de areniscas y clastos calcáreos angulosos y subredondeados con tamaños que van desde los 3 a 30 cm en una matriz arenosa pardo amarillenta sin presencia de humedad; presenta una densidad de 2000 kg/m³, un ángulo de fricción de 33° y una cohesión de 0.007 MPa. El talud se encuentra inactivo en épocas de sequía, pero en épocas de lluvia presenta unos pequeños deslizamientos producto de la escorrentía de aguas, por lo cual lo hemos caracterizado como un talud suspendido.

Cuadro N° 8: Parámetros geotécnicos del talud N° 3

		PROGRESIVAS		COORDENADAS								
DATUM	WGS84	INICIO	48 + 270	NORTE		ESTE		COTA				
ZONA	17S	FIN	48 + 300	9158686	821464	2324						
PROPIEDADES DEL TALUD			ESTADO DE ACTIVIDAD	DIMENSIONES DEL TALUD								
METEORIZACIÓN	TIPO DE MATERIAL	HUMEDAD	1= Activo	Ancho de masa desplazada (m)	Ancho de superficie de Falla (m)	Longitud de la masa deslizada (m)	Longitud de la superficie de falla (m)	Profundidad de la masa desplazada (m)	Profundidad de superficie de falla (m)	Ángulo de talud	Altura del taud	VOLUMEN DE DESLIZAMIENTO (m ³)
			2= Reactivado									
1=Fresco	1= Roca	1= Seco	3= Suspendido									
2=Lev Met	2= Detritos	2= Húmedo	4= Inactivo									
3 =Mod	3= Tierra	3= Mojado	5= Dormido									
4=Alt Met	4= Lodo	4= Muy Mojado	6= Abandonado									
5=Comp Met			7= Estabilizado									
			8= Relicto									
3	3	1	4	.	30.00	.	9.80	.	2.10	74°	9.10	413.77



Foto N° 14: Talud suspendido en conglomerado de areniscas y clastos calcáreos con tamaños heterogéneos en una matriz arenosa.

b) Análisis geomecánico en condiciones naturales.

Modelo geomecánico generado mediante el software Slide v.5, con los resultados obtenidos del ensayo de corte directo.

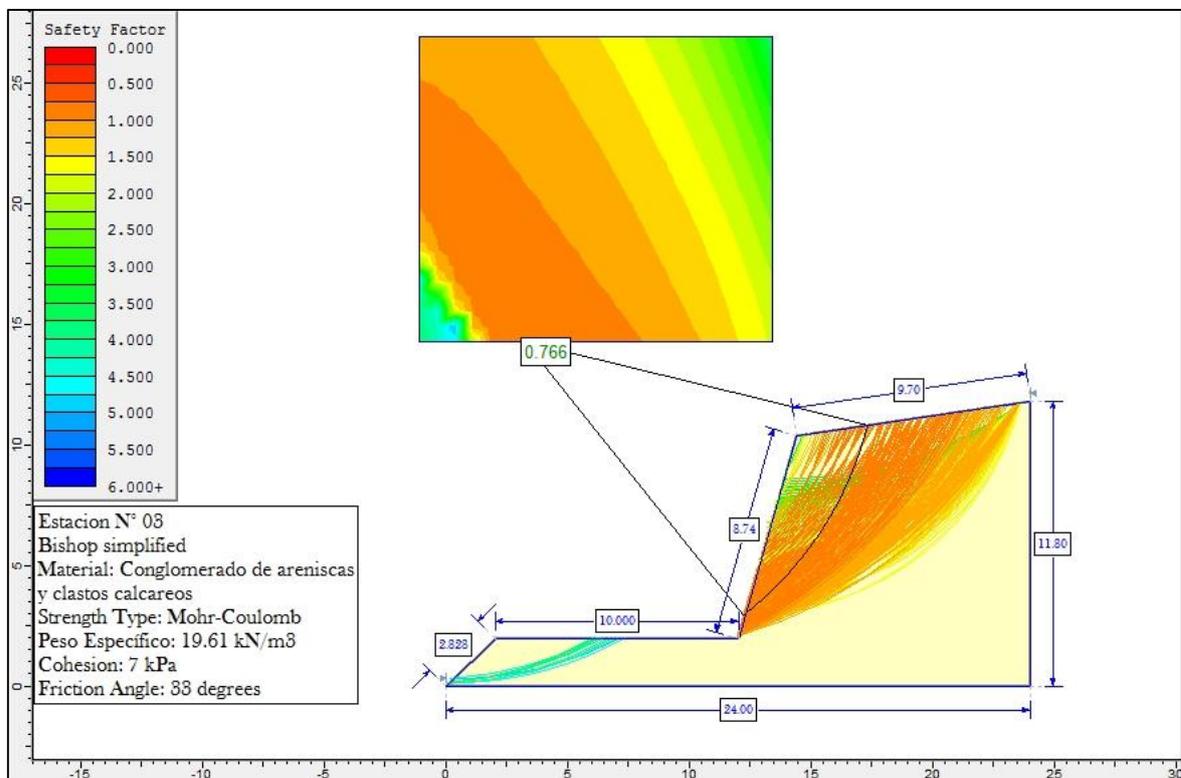


Ilustración N° 7: Interpretación mediante el software Slide v.5 de la estación N° 3

3.3.4. ESTACIÓN N° 4.

a) Descripción del talud.

En el talud de la estación N° 4, aflora la Formación Condebamba la cual está constituida por un conglomerado de areniscas angulosas y subredondeadas con tamaños que varían desde los 3 cm a 30 cm, los cuales se encuentran en una matriz arenosa pardo amarillenta, no presenta humedad; así mismo tiene una densidad de 2100 kg/m³, un ángulo de fricción de 31° y una cohesión de 0.007 MPa. Se lo caracterizó como un talud suspendido, debido a que en periodos de precipitación se produce el desprendimiento de rocas por la esorrentía de aguas, pero en épocas de estiaje permanece inactivo.

Cuadro N° 9: Parámetros geotécnicos del talud N° 4.

		PROGRESIVAS		COORDENADAS								
DATUM	WGS84	INICIO	49 + 470	NORTE		COTA						
ZONA	17S	FIN	49 + 490	9158208	821385	2409						
PROPIEDADES DEL TALUD		ESTADO DE ACTIVIDAD		DIMENSIONES DEL TALUD								
METEORIZACIÓN	TIPO DE MATERIAL	HUMEDAD	1= Activo	Ancho de masa desplazada (m)	Ancho de superficie de Falla (m)	Longitud de la masa deslizada (m)	Longitud de la superficie de falla (m)	Profundidad de la masa desplazada (m)	Profundidad de superficie de falla (m)	Ángulo de talud	Altura del taud	VOLUMEN DE DESLIZAMIENTO (m ³)
			2= Reactivado									
1=Fresco	1= Roca	1= Seco	3= Suspendido									
2=Lev Met	2= Detritos	2= Húmedo	4= Inactivo									
3 =Mod	3= Tierra	3= Mojado	5= Dormido									
4=Alt Met	4= Lodo	4= Muy Mojado	6= Abandonado									
5=Comp Met			7= Estabilizado									
			8= Relicto									
4	3	1	3	.	20.00	.	6.20	.	1.80	78°	6.00	149.59



Foto N° 15: Talud suspendido con presencia de rocas por deslizarse; constituido por conglomerado de areniscas en una matriz arenosa,

b) Análisis geomecánico en condiciones naturales.

Modelo geomecánico generado mediante el software Slide v.5, con los resultados obtenidos del ensayo de corte directo.

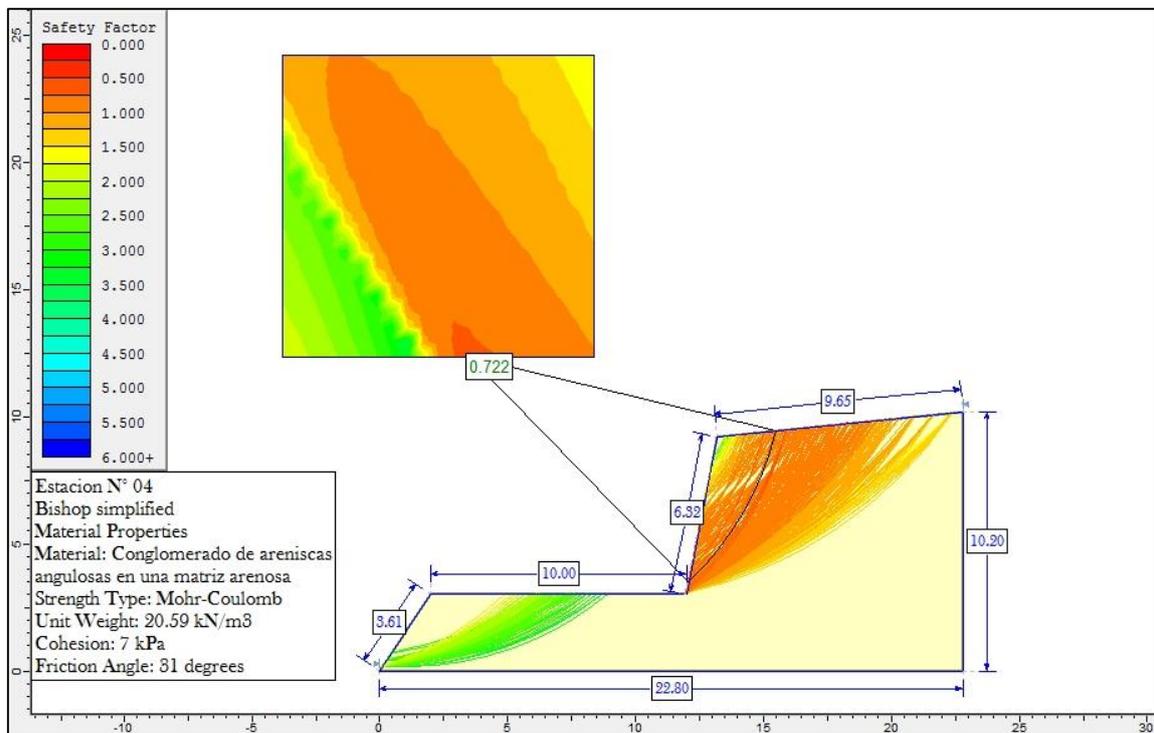


Ilustración N° 8: Interpretación mediante el software Slide v.5 de la estación N° 4

3.3.5. ESTACIÓN N° 5.

a) Descripción del talud.

En el talud de la estación N° 5, encontramos aflorando a la Formación Condebamba la cual está constituida por conglomerado de areniscas y clastos calcáreos angulosos, subredondeados y redondeados con tamaños que van desde los 0.5 a 10 cm en una matriz arenosa pardo amarillenta sin presencia de humedad; presenta una densidad de 2200 kg/m³, un ángulo de fricción de 30° y una cohesión de 0.006 MPa. El talud se encuentra inactivo en épocas de sequía, pero en periodos de precipitaciones debido a la escorrentía de las aguas se producen pequeñas cárcavas en la cara del talud, lo que va a provocar el desprendimiento de rocas; por lo tanto lo vamos a caracterizar como un talud suspendido.

Cuadro N° 10: Parámetros geotécnicos del talud N° 5.

		PROGRESIVAS		COORDENADAS								
DATUM	WGS84	INICIO	50 + 120	NORTE	ESTE	COTA						
ZONA	17S	FIN	50 + 160	9158005	821713	2457						
PROPIEDADES DEL TALUD			ESTADO DE ACTIVIDAD	DIMENSIONES DEL TALUD								
METEORIZACIÓN	TIPO DE MATERIAL	HUMEDAD	1= Activo 2= Reactivado	Ancho de masa desplazada (m)	Ancho de superficie de Falla (m)	Longitud de la masa deslizada (m)	Longitud de la superficie de falla (m)	Profundidad de la masa desplazada (m)	Profundidad de superficie de falla (m)	Ángulo de talud	Altura del taud	VOLUMEN DE DESLIZAMIENTO (m ³)
1=Fresco	1= Roca	1= Seco	3= Suspendido									
2=Lev Met	2= Detritos	2= Húmedo	4= Inactivo									
3 =Mod	3= Tierra	3= Mojado	5= Dormido									
4=Alt Met	4= Lodo	4= Muy Mojado	6= Abandonado									
5=Comp Met			7= Estabilizado 8= Relicto	Wd	Wr	Ld	Lr	Dd	Dr	α	H	Vol. Des m ³
4	3	2	3	.	40.00	.	15.00	.	2.10	64°	13.00	844.44



Foto N° 16: Talud suspendido con presencia de pequeñas cárcavas provocadas por la lluvia; constituido por conglomerado de areniscas y clastos calcáreos en una matriz arenosa.

b) Análisis geomecánico en condiciones naturales.

Modelo geomecánico generado mediante el software Slide v.5, con los resultados obtenidos del ensayo de corte directo.

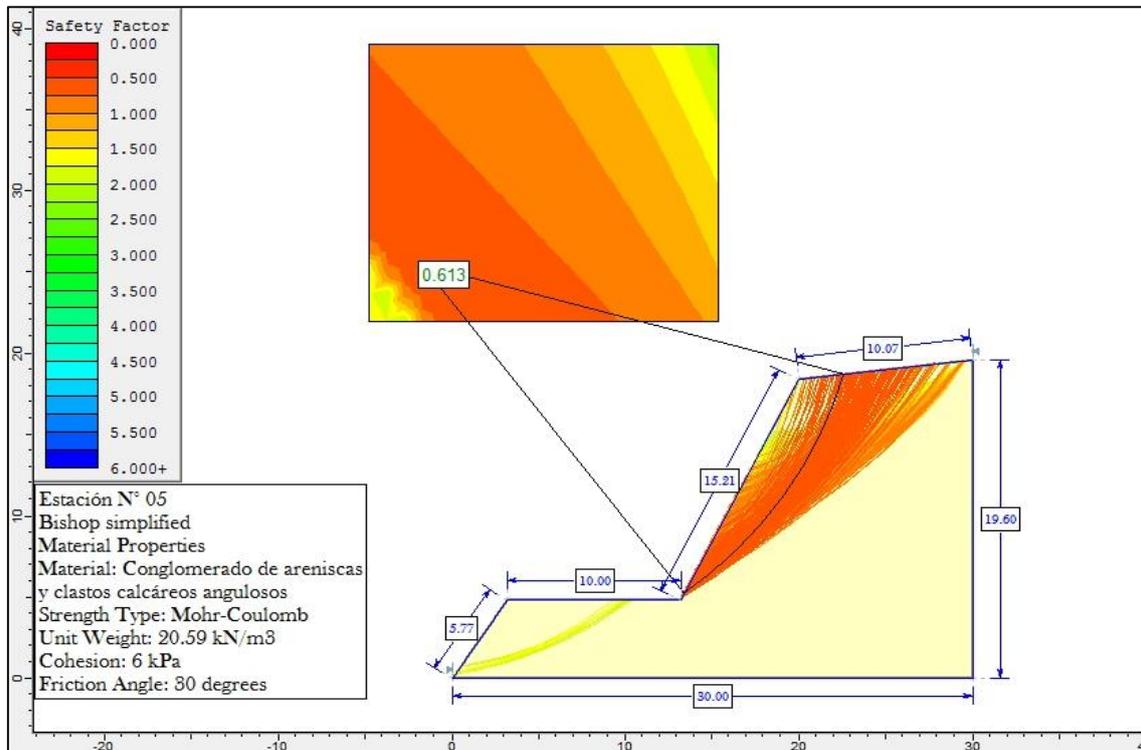


Ilustración N° 9: Interpretación mediante el software Slide v.5 de la estación N° 5

3.3.6. ESTACIÓN N° 6.

a) Descripción del talud.

En el talud de la estación N° 6, aflora la Formación Condebamba la cual está constituida por conglomerado de areniscas y clastos calcáreos angulosos y subredondeados con tamaños que van desde los 0.8 a 35 cm en una matriz arenosa pardo amarillenta sin presencia de humedad; presenta una densidad de 2150 kg/m³, un ángulo de fricción de 34° y una cohesión de 0.007 MPa. El talud se encuentra inactivo en épocas de sequía, pero en periodos de precipitaciones se producen pequeñas cárcavas en la cara del talud provocando así el desprendimiento de rocas, esto se da debido a la escorrentía de las aguas; por eso que vamos a caracterizarlo como un talud suspendido.

Cuadro N° 11: Parámetros geotécnicos del talud N° 6

		PROGRESIVAS		COORDENADAS								
DATUM	WGS84	INICIO	50 + 380	NORTE	ESTE	COTA						
ZONA	17S	FIN	50 + 400	9157873	821565	2474						
PROPIEDADES DEL TALUD			ESTADO DE ACTIVIDAD	DIMENSIONES DEL TALUD								
METEORIZACIÓN	TIPO DE MATERIAL	HUMEDAD	1= Activo 2= Reactivado	Ancho de masa desplazada (m)	Ancho de superficie de Falla (m)	Longitud de la masa deslizada (m)	Longitud de la superficie de falla (m)	Profundidad de la masa desplazada (m)	Profundidad de superficie de falla (m)	Ángulo de talud	Altura del taud	VOLUMEN DE DESLIZAMIENTO (m ³)
1=Fresco	1= Roca	1= Seco	3= Suspendido									
2=Lev Met	2= Detritos	2= Húmedo	4= Inactivo									
3 =Mod	3= Tierra	3= Mojado	5= Dormido									
4=Alt Met	4= Lodo	4= Muy Mojado	6= Abandonado									
5=Comp Met			7= Estabilizado 8= Relicto	Wd	Wr	Ld	Lr	Dd	Dr	α	H	Vol. Des m ³
3	3	1	3	.	20.00	.	7.50	.	1.70	78°	7.10	170.90



Foto N° 17: Talud suspendido en conglomerado de arenisca con clastos calcáreos en una matriz arenosa; con presencia de pequeñas cárcavas.

b) Análisis geomecánico en condiciones naturales.

Modelo geomecánico generado mediante el software Slide v.5, con los resultados obtenidos del ensayo de corte directo.

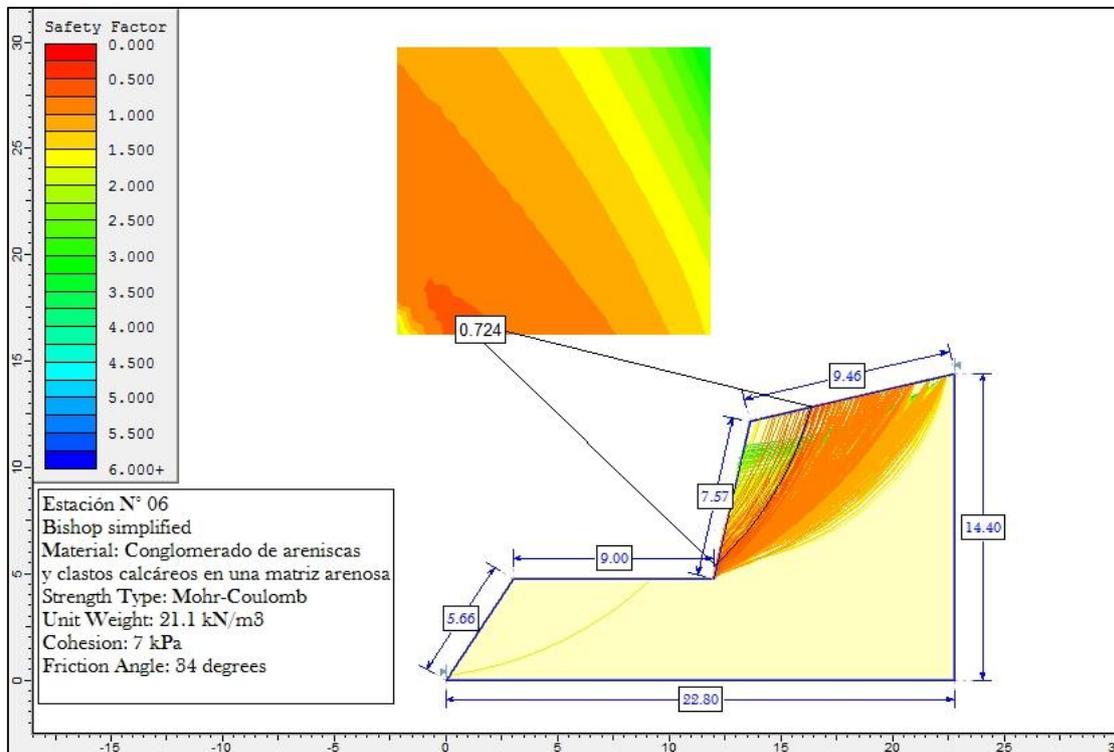


Ilustración N° 10: Interpretación mediante el software Slide v.5 de la estación N° 6

3.3.7. ESTACIÓN N° 7.

a) Descripción del talud.

En el talud de la estación N° 7, encontramos aflorando a la Formación Condebamba la cual está constituida por conglomerado de clastos de areniscas los cuales van desde angulosos a subredondeados con tamaños comprendidos entre 1 a 20 cm, y se encuentran en una matriz de arcilla calcárea pardo amarillenta sin presencia de humedad; presenta una densidad de 2200 kg/m³, un ángulo de fricción de 28° y una cohesión de 0.008 MPa. El talud se encuentra inactivo en épocas de sequía, pero en periodos de precipitaciones se producen pequeñas cárcavas en la cara del talud provocando así el desprendimiento de rocas y deslizamiento de la masa; por eso lo vamos a caracterizar como un talud suspendido.

Cuadro N° 12: Parámetros geotécnicos del talud N° 7.

		PROGRESIVAS		COORDENADAS								
DATUM	WGS84	INICIO	50 + 440	NORTE	ESTE	COTA						
ZONA	17S	FIN	50 + 460	9157791	821590	2478						
PROPIEDADES DEL TALUD			ESTADO DE ACTIVIDAD	DIMENSIONES DEL TALUD								
METEORIZACIÓN	TIPO DE MATERIAL	HUMEDAD	1= Activo 2= Reactivado	Ancho de masa desplazada (m)	Ancho de superficie de Falla (m)	Longitud de la masa deslizada (m)	Longitud de la superficie de falla (m)	Profundidad de la masa desplazada (m)	Profundidad de superficie de falla (m)	Ángulo de talud	Altura del taud	VOLUMEN DE DESLIZAMIENTO (m ³)
1=Fresco	1= Roca	1= Seco	3= Suspendido									
2=Lev Met	2= Detritos	2= Húmedo	4= Inactivo									
3 =Mod	3= Tierra	3= Mojado	5= Dormido									
4=Alt Met	4= Lodo	4= Muy Mojado	6= Abandonado									
5=Comp Met			7= Estabilizado 8= Relicto	Wd	Wr	Ld	Lr	Dd	Dr	α	H	Vol. Des m ³
4	3	1	3	.	20.00	.	6.40	.	1.80	66°	5.10	154.41



Foto N° 18: Talud suspendido con presencia de cárcavas en conglomerado fino de areniscas en una matriz de arcilla calcárea.

b) Análisis geomecánico en condiciones naturales.

Modelo geomecánico generado mediante el software Slide v.5, con los resultados obtenidos del ensayo de corte directo.

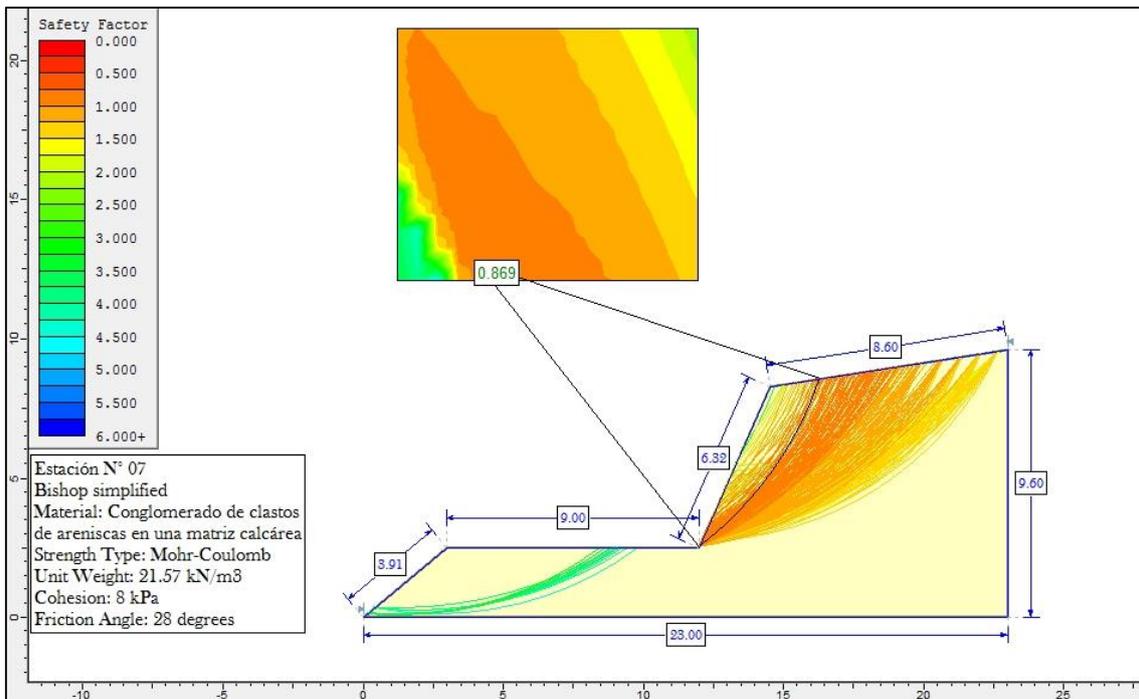


Ilustración N° 11: Interpretación mediante el software Slide v.5 de la estación N° 7

3.3.8. ESTACIÓN N° 8.

a) Descripción del talud.

En el talud de la estación N° 8, aflora la Formación Condebamba la cual está constituida por un conglomerado de areniscas subredondeadas y redondeadas con tamaños que varían desde los 8 cm a 60 cm, los cuales se encuentran en una matriz arenosa pardo amarillenta, no presenta humedad; así mismo tiene una densidad de 2150 kg/m³, un ángulo de fricción de 30° y una cohesión de 0.007 MPa. Se lo caracterizó como un talud suspendido, debido a que en épocas de estiaje permanece inactivo, pero en periodos de precipitación se produce el desprendimiento de rocas por la escorrentía de aguas.

Cuadro N° 13: Parámetros geotécnicos del talud N° 8.

		PROGRESIVAS		COORDENADAS								
DATUM	WGS84	INICIO	50 + 790	NORTE	ESTE	COTA						
ZONA	17S	FIN	50 + 810	9157494	821542	2487						
PROPIEDADES DEL TALUD		ESTADO DE ACTIVIDAD		DIMENSIONES DEL TALUD								
METEORIZACIÓN	TIPO DE MATERIAL	HUMEDAD	1= Activo 2= Reactivado	Ancho de masa desplazada (m)	Ancho de superficie de Falla (m)	Longitud de la masa deslizada (m)	Longitud de la superficie de falla (m)	Profundidad de la masa desplazada (m)	Profundidad de superficie de falla (m)	Ángulo de talud	Altura del taud	VOLUMEN DE DESLIZAMIENTO (m ³)
1=Fresco	1= Roca	1= Seco	3= Suspendido									
2=Lev Met	2= Detritos	2= Húmedo	4= Inactivo									
3 =Mod	3= Tierra	3= Mojado	5= Dormido									
4=Alt Met	4= Lodo	4= Muy Mojado	6= Abandonado									
5=Comp Met			7= Estabilizado 8= Relicto									
3	3	1	4	Wd	Wr	Ld	Lr	Dd	Dr	α	H	Vol. Des m ³
				.	20.00	.	5.80	.	1.50	74°	4.00	116.61



Foto N° 19: Talud suspendido, en conglomerado de areniscas con matriz arenosa pardo amarillenta.

b) Análisis geomecánico en condiciones naturales.

Modelo geomecánico generado mediante el software Slide v.5, con los resultados obtenidos del ensayo de corte directo.

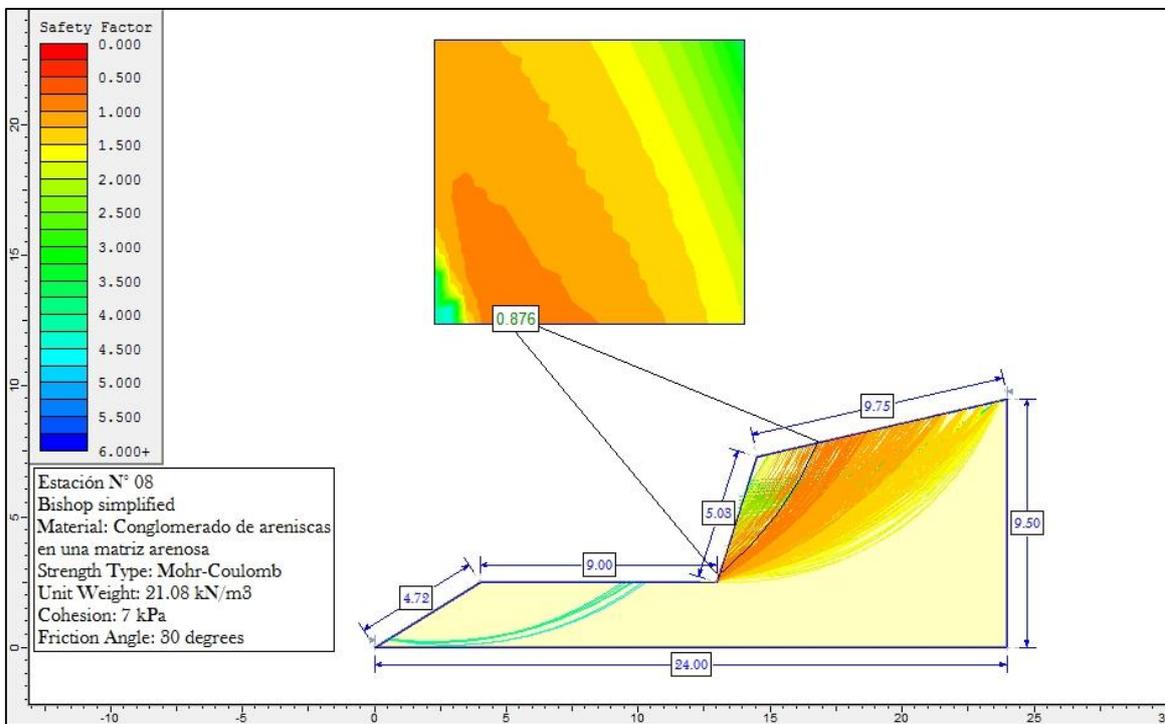


Ilustración N° 12: Interpretación mediante el software Slide v.5 de la estación N° 8

3.3.9. ESTACIÓN N° 9.

a) Descripción del talud.

En el talud de la estación N° 9, encontramos aflorando a la Formación Cajabamba, la cual está constituida por una secuencia de lodolitas calcáreas blanquecinas y un conglomerado fino de areniscas amarillentas, no hay presencia de humedad; presenta una densidad de 2300 kg/m³, un ángulo de fricción de 28° y una cohesión de 0.007 MPa. Debido a que o hay evidencias de deslizamientos de masa, se lo ha caracterizado como un talud inactivo.

Cuadro N° 14: Parámetros geotécnicos del talud N° 9.

		PROGRESIVAS		COORDENADAS								
DATUM	WGS84	INICIO	51 + 10	NORTE		ESTE		COTA				
ZONA	17S	FIN	51 + 30	9157313		821545		2495				
PROPIEDADES DEL TALUD			ESTADO DE ACTIVIDAD	DIMENSIONES DEL TALUD								
METEORIZACIÓN	TIPO DE MATERIAL	HUMEDAD	1= Activo 2= Reactivado 3= Suspendido 4= Inactivo 5= Dormido 6= Abandonado 7= Estabilizado 8= Relicto	Ancho de masa desplazada (m)	Ancho de superficie de Falla (m)	Longitud de la masa desplazada (m)	Longitud de la superficie de falla (m)	Profundidad de la masa desplazada (m)	Profundidad de superficie de falla (m)	Ángulo de talud	Altura del taud	VOLUMEN DE DESLIZAMIENTO (m ³)
1=Fresco	1= Roca	1= Seco		Wd	Wr	Ld	Lr	Dd	Dr	α	H	Vol. Des m ³
2=Lev Met	2= Detritos	2= Húmedo		.	20.00	.	4.20	.	1.70	80°	3.90	95.70
3 =Mod	3= Tierra	3= Mojado										
4=Alt Met	4= Lodo	4= Muy Mojado										
5=Comp Met												



Foto N° 20: Talud inactivo en la Formación Cajabamba, constituido por lodolitas calcáreas blanquecinas.

b) Análisis geomecánico en condiciones naturales.

Modelo geomecánico generado mediante el software Slide v.5, con los resultados obtenidos del ensayo de corte directo.

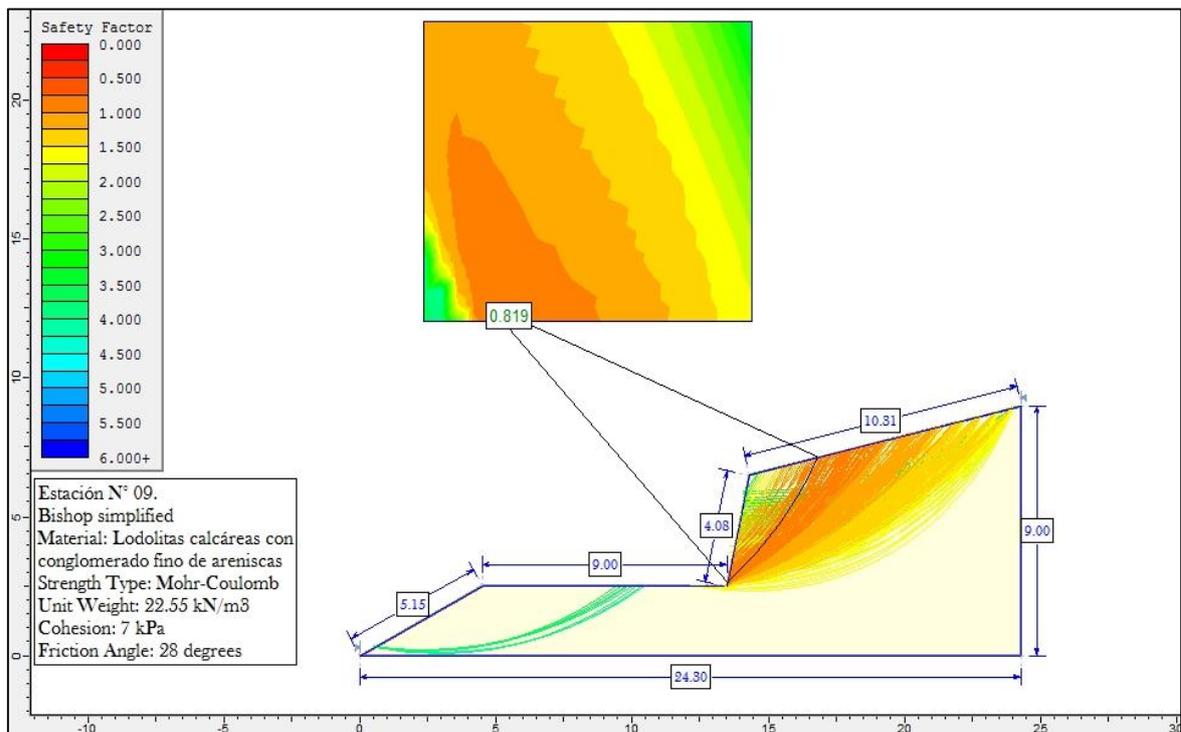


Ilustración N° 13: Interpretación mediante el software Slide v.5 de la estación N° 9

3.3.10. ESTACIÓN N° 10.

a) Descripción del talud.

En el talud de la estación N° 10, aflora la Formación Cajabamba, la cual está constituida por una secuencia de lodolitas calcáreas blanco amarillentas, no hay presencia de humedad; presenta una densidad de 2250 kg/m³, un ángulo de fricción de 27° y una cohesión de 0.007 MPa. El talud se encuentra inactivo en épocas de sequía, pero en periodos de precipitaciones se producen pequeñas cárcavas en la cara del talud provocando así el deslizamiento de masa, esto se da debido a la escorrentía de las aguas superficiales; por eso lo vamos a caracterizar como un talud suspendido.

Cuadro N° 15: Parámetros geotécnicos del talud N° 10

		PROGRESIVAS		COORDENADAS								
DATUM	WGS84	INICIO	51 + 930	NORTE		ESTE		COTA				
ZONA	17S	FIN	51 + 950	9157453	821890	2532						
PROPIEDADES DEL TALUD			ESTADO DE ACTIVIDAD	DIMENSIONES DEL TALUD								
METEORIZACIÓN	TIPO DE MATERIAL	HUMEDAD	1= Activo 2= Reactivado 3= Suspendido 4= Inactivo 5= Dormido 6= Abandonado 7= Estabilizado 8= Relicto	Ancho de masa desplazada (m)	Ancho de superficie de Falla (m)	Longitud de la masa deslizada (m)	Longitud de la superficie de falla (m)	Profundidad de la masa desplazada (m)	Profundidad de superficie de falla (m)	Ángulo de talud	Altura del taud	VOLUMEN DE DESLIZAMIENTO (m ³)
1=Fresco	1= Roca	1= Seco										
2=Lev Met	2= Detritos	2= Húmedo										
3 =Mod	3= Tierra	3= Mojado										
4=Alt Met	4= Lodo	4= Muy Mojado										
5=Comp Met				Wd	Wr	Ld	Lr	Dd	Dr	α	H	Vol. Des m ³
3	3	1	3	.	20.00	.	6.70	.	2.00	80°	6.30	179.61



Foto N° 21: Talud suspendido con presencia de pequeñas cárcavas, en la Formación Cajabamba constituida por lodolitas calcáreas blanco amarillentas.

b) Análisis geomecánico en condiciones naturales.

Modelo geomecánico generado mediante el software Slide v.5, con los resultados obtenidos del ensayo de corte directo.

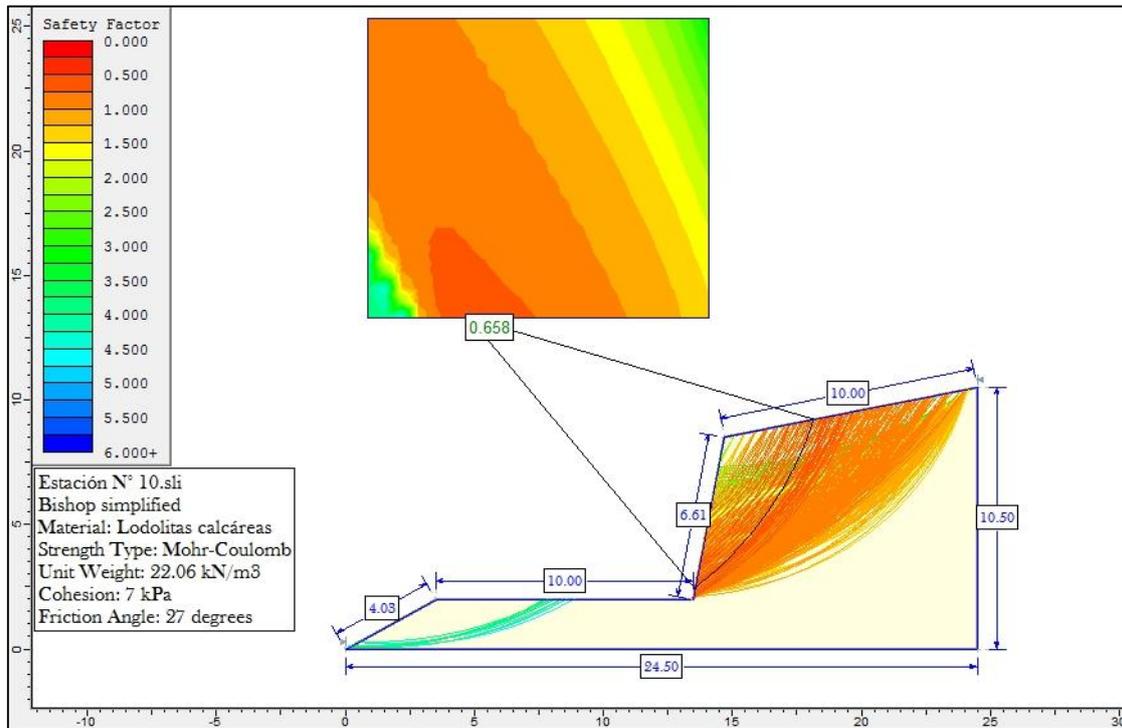


Ilustración N° 14: Interpretación mediante el software Slide v.5 de la estación N° 10

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE INESTABILIDAD DE TALUDES

4.1.1. ESTACIÓN N° 01

Después de obtener el factor de seguridad igual a 0.789; mediante el análisis con el software Slide v.5, se clasifica al talud de la estación N° 01, como un talud medianamente inestable, así mismo se lo caracterizó como un talud suspendido y con presencia de masa deslizable; el cual si no es remediado puede ocasionar un deslizamiento y generar problemas con la seguridad vial y la transitabilidad.

4.1.2. ESTACIÓN N° 02

De acuerdo al estado de actividad, se caracterizó al talud de la estación N° 02 como un talud inactivo, así mismo después del respectivo análisis que se hizo mediante el software Slide v.5, se obtuvo el factor de seguridad igual a 0.797; por lo cual se lo clasifica como un talud medianamente inestable; y debido a la presencia de precipitaciones puede activarse, generando un deslizamiento y afectando la transitabilidad.

4.1.3. ESTACIÓN N° 03

En la tercera estación de acuerdo al estado de inactividad se lo caracterizó como un talud inactivo, así mismo después de obtener el factor de seguridad igual a 0.766 mediante el análisis en el software Slide v.5, es clasificado también como un talud medianamente inestable; pero al ser afectado por precipitaciones puede activarse, originando de esta manera un deslizamiento lo cual afectaría la transitabilidad en la vía principal Cajamarca – Cajabamba.

4.1.4. ESTACIÓN N° 04

Una vez obtenido el factor de seguridad igual a 0.722 para la estación N° 04 mediante el análisis con el software Slide v.5, podemos clasificarlo como un talud medianamente inestable, así mismo de acuerdo al estado de actividad se lo caracterizó como un talud suspendido debido a la presencia de masa deslizada; este talud se puede reactivar por el incremento de la escorrentía de aguas producto de las precipitaciones, afectando de esta manera la seguridad vial.

4.1.5. ESTACIÓN N° 05

El factor de seguridad obtenido para la estación N° 05 mediante el análisis con el software Slide v.5 es igual a 0.613, lo cual nos indica que es un talud altamente inestable; así mismo de acuerdo al estado de actividad lo hemos podido caracterizar como un talud suspendido, debido a la presencia de masa deslizable que se pudo observar, así como también algunos clastos suspendidos en la cara del talud y presencia de cárcavas producto de la escorrentía de aguas; debido a las precipitaciones en épocas de invierno, pueden generar la reactividad del talud, originando de esta manera un deslizamiento, el cual afectaría la transitabilidad.

4.1.6. ESTACIÓN N° 06

En la sexta estación de acuerdo al estado de inactividad se lo caracterizó como un talud suspendido, esto debido a la presencia de masa deslizable que se pudo observar así como también algunas cárcavas en la cara del talud producto de la escorrentía y presencia de clastos suspendidos, de acuerdo al factor de seguridad igual a 0.724 obtenido mediante el software Slide v.5 se lo clasifica como un talud medianamente inestable; el talud puede reactivarse producto de las precipitaciones y originar problemas en la transitabilidad.

4.1.7. ESTACIÓN N° 07

Una vez obtenido el factor de seguridad igual a 0.869 mediante el análisis e interpretación del software Slide v.5 para la estación N° 07 se lo clasificó como un talud moderadamente inestable, así mismo de acuerdo al estado de actividad se lo

caracteriza como un talud suspendido, debido a la presencia de cárcavas en la cara del talud producto de la escorrentía de aguas, se puede producir una reactivación del talud por las precipitaciones en épocas de invierno y originar un deslizamiento.

4.1.8. ESTACIÓN N° 08

De acuerdo al estado de actividad se caracterizó al talud de la estación N° 08 como un talud inactivo, así mismo después del respectivo análisis e interpretación se determinó el factor de seguridad igual a 0.876 mediante el software Slide v.5, se lo clasificó como un talud moderadamente inestable, el cual puede activarse producto de las precipitaciones en épocas de invierno, originando un deslizamiento.

4.1.9. ESTACIÓN N° 09

El talud de la estación N° 09, de acuerdo al estado de actividad es caracterizado como un talud inactivo; así mismo después de obtener el factor de seguridad igual a 0.819 mediante el análisis e interpretación con el software Slide, se lo clasifico como un talud moderadamente inestable, el cual puede activarse debido a las precipitaciones en épocas de invierno, originando de esta manera un deslizamiento, lo cual afectaría la transitabilidad.

4.1.10. ESTACIÓN N° 10

El factor de seguridad obtenido para la estación N° 10 mediante el análisis e interpretación con el software Slide es de 0.658, lo cual nos indica que es un talud altamente inestable; así mismo de acuerdo al estado de actividad lo hemos podido caracterizar como un talud suspendido, debido a la presencia de masa deslizable y cárcavas en la cara del talud producto de la escorrentía de aguas; debido a las precipitaciones en épocas de invierno, pueden generar la reactividad del talud, originando de esta manera un deslizamiento, el cual afectaría la transitabilidad en la vía principal Cajamarca – Cajabamba.

4.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de la investigación mediante las 10 estaciones estudiadas, nos sirvieron para trabajar los modelamientos geomecánicos mediante el software Slide v.5 y de esta manera poder determinar el factor de seguridad de cada estación.

Así mismo se identificó que las zonas inestables a lo largo del tramo de la carretera Huañimba – Cungunday, van desde moderado a muy inestables, lo cual representaría un riesgo para la transitabilidad y la seguridad vial.

Cuadro N° 16: Resultados obtenidos de cada una de las estaciones

Estación	Estado de Actividad	Humedad	Densidad	Cohesión Mpa	Ángulo de Fricción	Factor de Seguridad
E - 01	Suspendido	Seco	2200 kg/m ³	0.008	30°	0.789
E - 02	Inactivo	Seco	2150 kg/m ³	0.008	31°	0.797
E - 03	Inactivo	Seco	2000 kg/m ³	0.007	33°	0.766
E - 04	Suspendido	Seco	2100 kg/m ³	0.007	31°	0.722
E - 05	Suspendido	Húmedo	2200 kg/m ³	0.006	30°	0.613
E - 06	Suspendido	Seco	2150 kg/m ³	0.007	34°	0.724
E - 07	Suspendido	Seco	2200 kg/m ³	0.008	28°	0.869
E - 08	Inactivo	Seco	2150 kg/m ³	0.007	30°	0.876
E - 09	Inactivo	Seco	2300 kg/m ³	0.007	28°	0.819
E - 10	Suspendido	Seco	2250 kg/m ³	0.007	27°	0.658

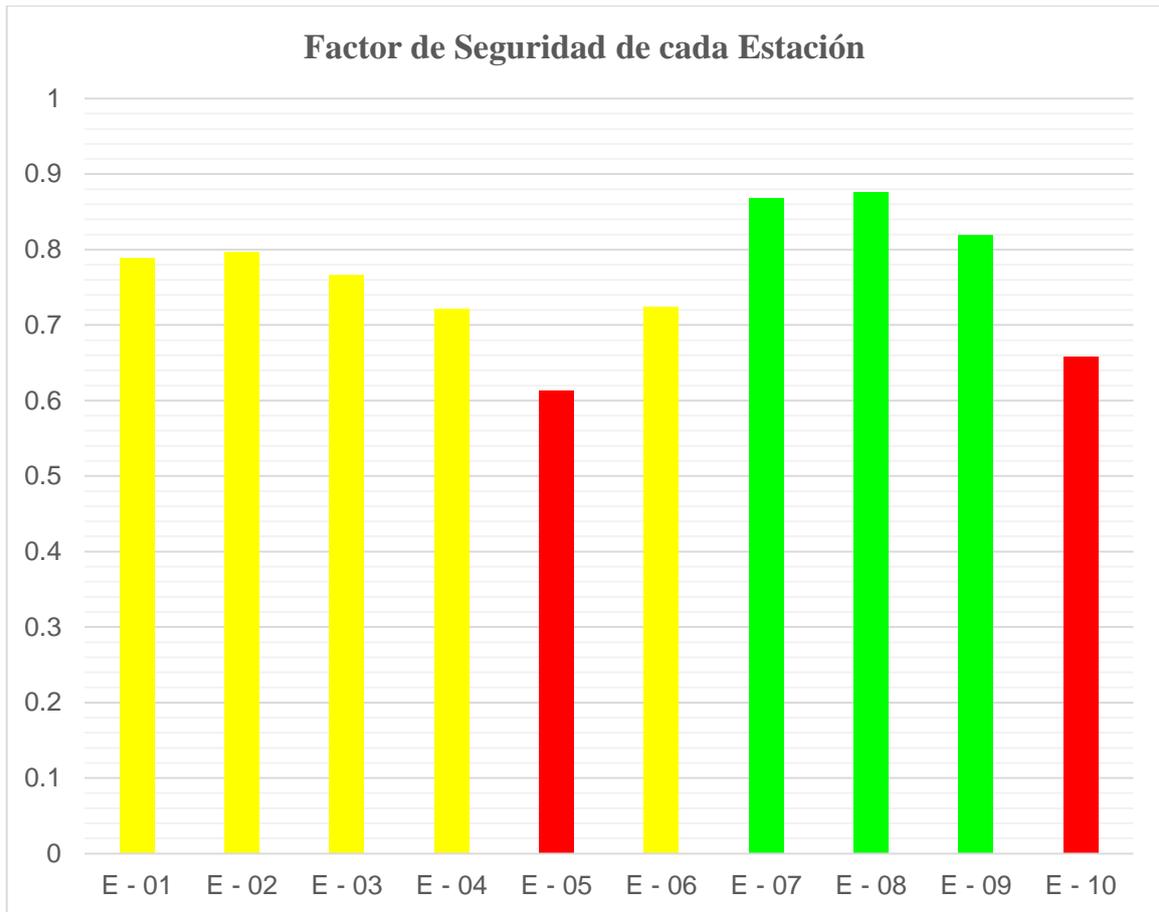


Ilustración N° 15: Factor de seguridad de cada estación.

Se creyó conveniente determinar el volumen de la masa deslizable para cada uno de los taludes a largo del tramo de la carretera Huañimba – Cungunday, para así proponer una solución y evitar ocasionar problemas en la transitabilidad, debido a que ésta es la única vía de acceso de Cajamarca – Cajabamba.

Para el cálculo de la masa deslizable se empleó la fórmula propuesta por Suárez.

$$V = \left(\frac{1}{6} \pi D_r * W_r * L_r \right) F_{ex}$$

F_{ex} : factor de expansión del suelo = 1.30

Cuadro N° 17: Volumen de la masa deslizable para cada estación.

Estación	Ancho de la superficie de falla (Wr)	Longitud de la superficie de falla (Lr)	Profundidad de la superficie de falla (Dr)	Vol. Des m³
E - 01	30.00	8.30	1.80	300.38
E - 02	20.00	8.10	1.60	173.71
E - 03	30.00	9.80	2.10	413.77
E - 04	20.00	6.20	1.80	149.59
E - 05	40.00	15.00	2.10	844.44
E - 06	20.00	7.50	1.70	170.90
E - 07	20.00	6.40	1.80	154.41
E - 08	20.00	5.80	1.50	116.61
E - 09	20.00	4.20	1.70	95.70
E - 10	20.00	6.70	2.00	179.61

4.3. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Las características geotécnicas de los taludes en el tramo de la carretera Huañimba – Cungunday, en 10 estaciones está relacionada con las características litológicas, morfoestructurales y con el comportamiento y parámetros geomecánicos de los macizos rocosos tales como, sedimentos detríticos no muy consolidados, constituyentes de cantos rodados, limos y arcillas, y son afectadas por las variables tales como, ángulo de fricción interna, cohesión, infiltración, transporte de vehículos y geomorfología; las cuales son detonantes para la estabilidad de los taludes en el tramo de la carretera estudiada, teniendo en cuenta los factores y parámetros que provocan la inestabilidad de los taludes.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- ✓ Con la presente investigación se logró caracterizar la geotecnia de la inestabilidad de taludes en el tramo de la carretera Huañimba – Cungunday, Cajamarca, Cajabamba; determinado así que presenta zonas de inestabilidad.
- ✓ Los principales parámetros geomecánicos identificados en el tramo de la carretera Huañimba – Cungunday, son el factor de seguridad , así como también la litología que está caracterizada en su mayoría por la Formación Condebamba y la Formación Cajabamba; influenciando en la inestabilidad de los taludes.
- ✓ El comportamiento geomecánico en el tramo de la carretera Huañimba – Cungunday, es compleja debido al tipo de litología, la cual consiste en sedimentos detríticos no muy consolidados, así mismo también se ve influenciado por el elevado ángulo de talud y las precipitaciones; es por ello que se generan condiciones inestables en los taludes estudiados.
- ✓ Se determinó el factor de seguridad en cada uno de los taludes, clasificando de esta manera en 3 grupos a las zonas críticas en función a su factor de seguridad obtenido; teniendo así como zonas altamente inestables a las estaciones N°05 y N° 10, zonas medianamente inestables a las estaciones N° 01, N° 02, N° 03, N° 04, N° 06 y como zonas moderadamente inestables a las estaciones N° 07, N° 08, N° 09.

5.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Proponer a las autoridades locales y regionales que adopten medidas de mitigación inmediatas, debido que la zona de investigación presenta zonas altamente inestables lo cual pueden generar deslizamientos causando accidentes y problemas con la seguridad vial.

- ✓ Proponer a las autoridades locales y regionales, la estabilización de los taludes en las estaciones N° 03, N° 04, N° 06, N° 08, N° 09 y N° 10; mediante métodos de sostenimiento como, shotcreteo, muro de gaviones y banquetas; debido a que dichas estaciones se las caracterizó como zonas medianamente inestables y muy inestables.

- ✓ Realizar un continuo monitoreo por parte de las autoridades locales; de cada uno de los taludes analizados en el tramo de la carretera Huañimba - Cungunday, comprendidos entre las progresivas 46 + 4000 y 52 + 200; para evaluar el estado de peligrosidad, vulnerabilidad y tomar medidas con respecto a la seguridad vial y evitar posibles accidentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Dávila, J. (2011). Diccionario Geológico . Perú.
- Gonzales de Vallejo, L. (2002). Ingeniería Geológica . Madrid.
- Mercado, R. (2014). Análisis de Inestabilidad de Taludes en Zonas Críticas en la Carretera Cajamarca – Celendín en el tramo Km. 52+000 – Km 94+400. Cajamarca.
- Montoya, F. (2014). Evaluación Geotécnica de los Taludes de la Carretera Cruz Blanca – El Gavilán. Cajamarca.
- Reyes, L. (1980). Boletín N° 31 Geología de los Cuadrangulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.
- Rodríguez, R. (2014). Unidades Geomorfológicas. Cajamarca.
- Suarez, J. (1998). Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. Colombia.
- Suarez, J. (2009). Deslizamientos- Análisis Geotécnico. Colombia.
- Suarez, J. (s.f.). Control de Erosión. Colombia.
- Zavala & Rosado. (2011). Boletín N° 44 Riesgo Geológico en la Región de Cajamarca. Lima.
- Zavaleta, A. (2016). Evaluación Geotécnica En Zonas Críticas De La Carretera Cajabamba Cauday. Cajamarca.

ANEXOS

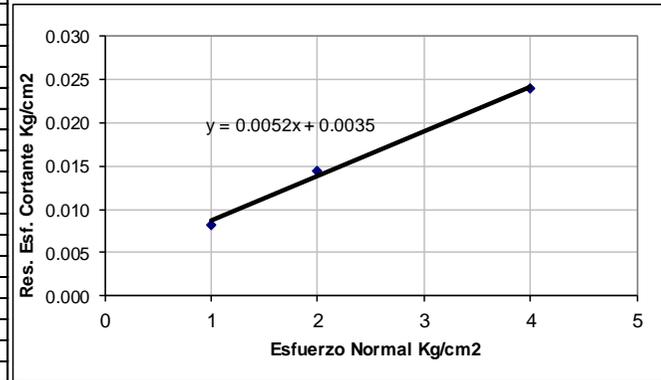
- Anexo N° 01: Ensayo de Corte Directo para la Estación N° 01
- Anexo N° 02: Ensayo de Corte Directo para la Estación N° 02
- Anexo N° 03: Ensayo de Corte Directo para la Estación N° 03
- Anexo N° 04: Ensayo de Corte Directo para la Estación N° 04
- Anexo N° 05: Ensayo de Corte Directo para la Estación N° 05
- Anexo N° 06: Ensayo de Corte Directo para la Estación N° 06
- Anexo N° 07: Ensayo de Corte Directo para la Estación N° 07
- Anexo N° 08: Ensayo de Corte Directo para la Estación N° 08
- Anexo N° 09: Ensayo de Corte Directo para la Estación N° 09
- Anexo N° 10: Ensayo de Corte Directo para la Estación N° 10
- Anexo N° 11: Certificado del Laboratorio de Mecánica de Suelos
- Anexo N° 12: Plano de Ubicación
- Anexo N° 13: Plano Satelital
- Anexo N° 14: Modelo Digital de Elevaciones
- Anexo N° 15: Plano Geológico
- Anexo N° 16: Plano Geodinámico
- Anexo N° 17: Plano Geotécnico
- Anexo N° 18: Plano de Inestabilidad

Ensayo de Corte Directo para la Estación N° 01

FACULTAD DE INGENIERÍA			
DPTO. DE VÍAS - LAB. MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
ENSAYO DE CORTE DIRECTO			
TESIS:	Geotecnia de la Inestabilidad de taludes en el Tramo de la Carretera Huañimba - Cungunday, Cajamarca, Cajambamba		
ESTACIÓN:	Estación N° 01	PROGRESIVA:	47 + 580
FORMACIÓN:	Formación Condebamba	N° LABORATORIO:	1

ANCHO	6 cm	LONG	6 cm
AREA	36 cm ²	ALTURA	2 cm
VELOCIDAD	1 mm/min	VOLUMEN	72 cm ³
Wm	262.7 gr.	FACTOR CALIBRAC	0.85

T	D.H	Lc	Area Corregida AC=6*Lc (cm ²)	σ1	1	Kg/cm ²	σ2	2	Kg/cm ²	σ3	4	Kg/cm ²	σ	τ	
min	cm			L.D (un)	F.C. Kg.	τ (Kg/cm ²)	L.D (un)	F.C. Kg.	τ (Kg/cm ²)	L.D (un)	F.C. Kg.	τ (Kg/cm ²)	1	0.008	kg/cm ²
0.50	0.050	6.000	36.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4	0.024	kg/cm ²
1.00	0.100	5.950	35.700	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
1.50	0.150	5.900	35.400	0.000	0.000	0.000	0.060	0.051	0.001	0.100	0.085	0.002			
2.00	0.200	5.850	35.100	0.030	0.026	0.001	0.130	0.111	0.003	0.220	0.187	0.005			
2.50	0.250	5.800	34.800	0.060	0.051	0.001	0.200	0.170	0.005	0.300	0.255	0.007			
3.00	0.300	5.750	34.500	0.110	0.094	0.003	0.240	0.204	0.006	0.380	0.323	0.009			
3.50	0.350	5.700	34.200	0.160	0.136	0.004	0.280	0.238	0.007	0.440	0.374	0.011			
4.00	0.400	5.650	33.900	0.180	0.153	0.005	0.290	0.247	0.007	0.480	0.408	0.012			
4.50	0.450	5.600	33.600	0.210	0.179	0.005	0.310	0.264	0.008	0.510	0.434	0.013			
5.00	0.500	5.550	33.300	0.230	0.196	0.006	0.320	0.272	0.008	0.540	0.459	0.014			
5.50	0.550	5.500	33.000	0.250	0.213	0.006	0.340	0.289	0.009	0.570	0.485	0.015			
6.00	0.600	5.450	32.700	0.260	0.221	0.007	0.350	0.298	0.009	0.590	0.502	0.015			
6.50	0.650	5.400	32.400	0.280	0.238	0.007	0.360	0.306	0.009	0.610	0.519	0.016			
7.00	0.700	5.350	32.100	0.300	0.255	0.008	0.370	0.315	0.010	0.640	0.544	0.017			
7.50	0.750	5.300	31.800	0.310	0.264	0.008	0.380	0.323	0.010	0.660	0.561	0.018			
8.00	0.800	5.250	31.500	0.330	0.281	0.009	0.390	0.332	0.011	0.680	0.578	0.018			
8.50	0.850	5.200	31.200	0.320	0.272	0.009	0.400	0.340	0.011	0.700	0.595	0.019			
9.00	0.900	5.150	30.900	0.310	0.264	0.009	0.405	0.344	0.011	0.710	0.604	0.020			
9.50	0.950	5.100	30.600	0.305	0.259	0.008	0.410	0.349	0.011	0.730	0.621	0.020			
10.00	1.000	5.050	30.300	0.300	0.255	0.008	0.415	0.353	0.012	0.740	0.629	0.021			
10.50	1.050	5.000	30.000	0.290	0.247	0.008	0.415	0.353	0.012	0.750	0.638	0.021			
11.00	1.100	4.950	29.700				0.415	0.353	0.012	0.760	0.646	0.022			
11.50	1.150	4.900	29.400				0.420	0.357	0.012	0.780	0.663	0.023			
12.00	1.200	4.850	29.100				0.422	0.359	0.012	0.780	0.663	0.023			
12.50	1.250	4.800	28.800				0.425	0.361	0.013	0.790	0.672	0.023			
13.00	1.300	4.750	28.500				0.425	0.361	0.013	0.795	0.676	0.024			
13.50	1.350	4.700	28.200				0.425	0.361	0.013	0.795	0.676	0.024			
14.00	1.400	4.650	27.900				0.425	0.361	0.013						
14.50	1.450	4.600	27.600				0.430	0.366	0.013						
15.00	1.500	4.550	27.300				0.430	0.366	0.013						
15.50	1.550	4.500	27.000				0.435	0.370	0.014						
16.00	1.600	4.450	26.700				0.440	0.374	0.014						
16.50	1.650	4.400	26.400				0.450	0.383	0.014						

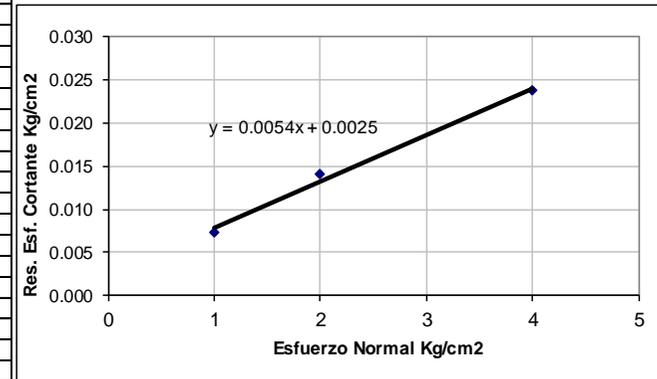


Ensayo de Corte Directo para la Estación N° 02

FACULTAD DE INGENIERÍA			
DPTO. DE VÍAS - LAB. MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
ENSAYO DE CORTE DIRECTO			
TESIS:	Geotecnia de la Inestabilidad de taludes en el Tramo de la Carretera Huañimba - Cungunday, Cajamarca, Cajambamba		
ESTACIÓN:	Estación N° 02	PROGRESIVA:	47 + 870
FORMACIÓN:	Formación Condebamba	N° LABORATORIO:	1

ANCHO	6 cm	LONG	6 cm
AREA	36 cm ²	ALTURA	2 cm
VELOCIDAD	1 mm/min	VOLUMEN	72 cm ³
Wm	262.7 gr.	FACTOR CALIBRAC	0.85

T	D.H	Lc	Area Corregida AC=6*Lc (cm ²)	σ1	1	Kg/cm ²	σ2	2	Kg/cm ²	σ3	4	Kg/cm ²	σ	τ
min	cm			L.D (un)	F.C. Kg.	τ (Kg/cm ²)	L.D (un)	F.C. Kg.	τ (Kg/cm ²)	L.D (un)	F.C. Kg.	τ (Kg/cm ²)	1	0.007
0.50	0.050	6.000	36.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4	0.024
1.00	0.100	5.950	35.700	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
1.50	0.150	5.900	35.400	0.000	0.000	0.000	0.060	0.051	0.001	0.100	0.085	0.002		
2.00	0.200	5.850	35.100	0.030	0.026	0.001	0.130	0.111	0.003	0.220	0.187	0.005		
2.50	0.250	5.800	34.800	0.060	0.051	0.001	0.200	0.170	0.005	0.300	0.255	0.007		
3.00	0.300	5.750	34.500	0.110	0.094	0.003	0.240	0.204	0.006	0.380	0.323	0.009		
3.50	0.350	5.700	34.200	0.160	0.136	0.004	0.280	0.238	0.007	0.440	0.374	0.011		
4.00	0.400	5.650	33.900	0.180	0.153	0.005	0.290	0.247	0.007	0.480	0.408	0.012		
4.50	0.450	5.600	33.600	0.210	0.179	0.005	0.310	0.264	0.008	0.510	0.434	0.013		
5.00	0.500	5.550	33.300	0.230	0.196	0.006	0.320	0.272	0.008	0.540	0.459	0.014		
5.50	0.550	5.500	33.000	0.250	0.213	0.006	0.340	0.289	0.009	0.570	0.485	0.015		
6.00	0.600	5.450	32.700	0.260	0.221	0.007	0.350	0.298	0.009	0.590	0.502	0.015		
6.50	0.650	5.400	32.400	0.280	0.238	0.007	0.360	0.306	0.009	0.610	0.519	0.016		
7.00	0.700	5.350	32.100	0.300	0.255	0.008	0.370	0.315	0.010	0.640	0.544	0.017		
7.50	0.750	5.300	31.800	0.310	0.264	0.008	0.380	0.323	0.010	0.660	0.561	0.018		
8.00	0.800	5.250	31.500	0.330	0.281	0.009	0.390	0.332	0.011	0.680	0.578	0.018		
8.50	0.850	5.200	31.200	0.320	0.272	0.009	0.400	0.340	0.011	0.700	0.595	0.019		
9.00	0.900	5.150	30.900	0.310	0.264	0.009	0.405	0.344	0.011	0.710	0.604	0.020		
9.50	0.950	5.100	30.600	0.305	0.259	0.008	0.410	0.349	0.011	0.730	0.621	0.020		
10.00	1.000	5.050	30.300	0.300	0.255	0.008	0.415	0.353	0.012	0.750	0.638	0.021		
10.50	1.050	5.000	30.000	0.290	0.247	0.008	0.415	0.353	0.012	0.760	0.646	0.022		
11.00	1.100	4.950	29.700	0.275	0.234	0.008	0.415	0.353	0.012	0.780	0.663	0.022		
11.50	1.150	4.900	29.400	0.255	0.217	0.007	0.420	0.357	0.012	0.800	0.680	0.023		
12.00	1.200	4.850	29.100				0.422	0.359	0.012	0.790	0.672	0.023		
12.50	1.250	4.800	28.800				0.425	0.361	0.013	0.795	0.676	0.023		
13.00	1.300	4.750	28.500				0.425	0.361	0.013	0.795	0.676	0.024		
13.50	1.350	4.700	28.200				0.425	0.361	0.013					
14.00	1.400	4.650	27.900				0.425	0.361	0.013					
14.50	1.450	4.600	27.600				0.430	0.366	0.013					
15.00	1.500	4.550	27.300				0.430	0.366	0.013					
15.50	1.550	4.500	27.000				0.432	0.367	0.014					
16.00	1.600	4.450	26.700				0.433	0.368	0.014					
16.50	1.650	4.400	26.400				0.435	0.370	0.014					

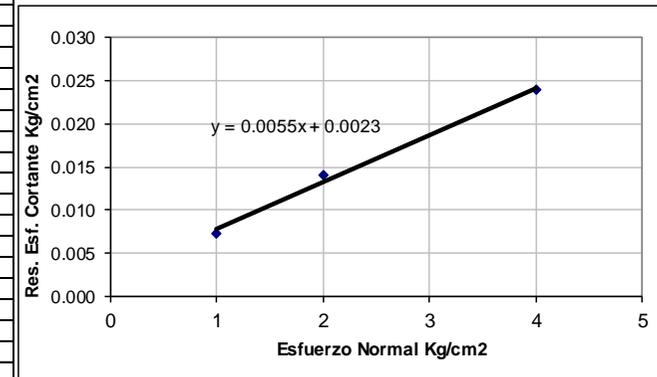


Ensayo de Corte Directo para la Estación N° 03

FACULTAD DE INGENIERÍA			
DPTO. DE VÍAS - LAB. MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
ENSAYO DE CORTE DIRECTO			
TESIS:	Geotecnia de la Inestabilidad de taludes en el Tramo de la Carretera Huañimba - Cungunday, Cajamarca, Cajambamba		
ESTACIÓN:	Estación N° 03	PROGRESIVA:	48 + 270
FORMACIÓN:	Formación Condebamba	N° LABORATORIO:	1

ANCHO	6 cm	LONG	6 cm
AREA	36 cm ²	ALTURA	2 cm
VELOCIDAD	1 mm/min	VOLUMEN	72 cm ³
Wm	262.7 gr.	FACTOR CALIBRAC	0.85

T	D.H	Lc	Area Corregida AC=6*Lc (cm ²)	σ1	1	Kg/cm ²	σ2	2	Kg/cm ²	σ3	4	Kg/cm ²	σ	τ	
min	cm			L.D (un)	F.C.	τ	L.D (un)	F.C.	τ	L.D (un)	F.C.	τ	1	0.007	kg/cm ²
					Kg.	(Kg/cm ²)		Kg.	(Kg/cm ²)		Kg.	(Kg/cm ²)	2	0.014	kg/cm ²
													4	0.024	kg/cm ²
0.50	0.050	6.000	36.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
1.00	0.100	5.950	35.700	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
1.50	0.150	5.900	35.400	0.000	0.000	0.000	0.060	0.051	0.001	0.100	0.085	0.002			
2.00	0.200	5.850	35.100	0.030	0.026	0.001	0.130	0.111	0.003	0.220	0.187	0.005			
2.50	0.250	5.800	34.800	0.060	0.051	0.001	0.200	0.170	0.005	0.300	0.255	0.007			
3.00	0.300	5.750	34.500	0.110	0.094	0.003	0.240	0.204	0.006	0.380	0.323	0.009			
3.50	0.350	5.700	34.200	0.160	0.136	0.004	0.280	0.238	0.007	0.440	0.374	0.011			
4.00	0.400	5.650	33.900	0.180	0.153	0.005	0.290	0.247	0.007	0.480	0.408	0.012			
4.50	0.450	5.600	33.600	0.210	0.179	0.005	0.310	0.264	0.008	0.510	0.434	0.013			
5.00	0.500	5.550	33.300	0.230	0.196	0.006	0.320	0.272	0.008	0.540	0.459	0.014			
5.50	0.550	5.500	33.000	0.250	0.213	0.006	0.340	0.289	0.009	0.570	0.485	0.015			
6.00	0.600	5.450	32.700	0.260	0.221	0.007	0.350	0.298	0.009	0.590	0.502	0.015			
6.50	0.650	5.400	32.400	0.280	0.238	0.007	0.360	0.306	0.009	0.610	0.519	0.016			
7.00	0.700	5.350	32.100	0.300	0.255	0.008	0.370	0.315	0.010	0.640	0.544	0.017			
7.50	0.750	5.300	31.800	0.310	0.264	0.008	0.380	0.323	0.010	0.660	0.561	0.018			
8.00	0.800	5.250	31.500	0.330	0.281	0.009	0.390	0.332	0.011	0.680	0.578	0.018			
8.50	0.850	5.200	31.200	0.320	0.272	0.009	0.400	0.340	0.011	0.700	0.595	0.019			
9.00	0.900	5.150	30.900	0.310	0.264	0.009	0.405	0.344	0.011	0.710	0.604	0.020			
9.50	0.950	5.100	30.600	0.305	0.259	0.008	0.410	0.349	0.011	0.730	0.621	0.020			
10.00	1.000	5.050	30.300	0.300	0.255	0.008	0.415	0.353	0.012	0.740	0.629	0.021			
10.50	1.050	5.000	30.000	0.290	0.247	0.008	0.415	0.353	0.012	0.750	0.638	0.021			
11.00	1.100	4.950	29.700	0.275	0.234	0.008	0.415	0.353	0.012	0.760	0.646	0.022			
11.50	1.150	4.900	29.400	0.265	0.225	0.008	0.420	0.357	0.012	0.780	0.663	0.023			
12.00	1.200	4.850	29.100	0.250	0.213	0.007	0.422	0.359	0.012	0.780	0.663	0.023			
12.50	1.250	4.800	28.800				0.425	0.361	0.013	0.790	0.672	0.023			
13.00	1.300	4.750	28.500				0.425	0.361	0.013	0.795	0.676	0.024			
13.50	1.350	4.700	28.200				0.425	0.361	0.013	0.795	0.676	0.024			
14.00	1.400	4.650	27.900				0.425	0.361	0.013						
14.50	1.450	4.600	27.600				0.430	0.366	0.013						
15.00	1.500	4.550	27.300				0.430	0.366	0.013						
15.50	1.550	4.500	27.000				0.432	0.367	0.014						
16.00	1.600	4.450	26.700				0.433	0.368	0.014						
16.50	1.650	4.400	26.400				0.435	0.370	0.014						

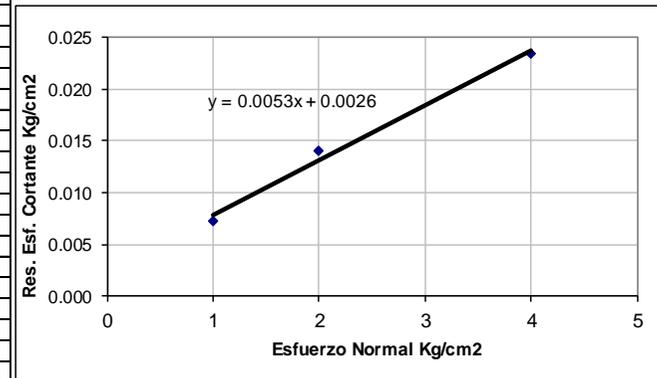


Ensayo de Corte Directo para la Estación N° 04

FACULTAD DE INGENIERÍA			
DPTO. DE VÍAS - LAB. MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
ENSAYO DE CORTE DIRECTO			
TESIS:	Geotecnia de la Inestabilidad de taludes en el Tramo de la Carretera Huañimba - Cungunday, Cajamarca, Cajambamba		
ESTACIÓN:	Estación N° 04	PROGRESIVA:	49 + 470
FORMACIÓN:	Formación Condebamba	N° LABORATORIO:	1

ANCHO	6 cm	LONG	6 cm
AREA	36 cm ²	ALTURA	2 cm
VELOCIDAD	1 mm/min	VOLUMEN	72 cm ³
Wm	262.7 gr.	FACTOR CALIBRAC	0.85

T	D.H	Lc	Area Corregida AC=6*Lc (cm ²)	σ1	1	Kg/cm ²	σ2	2	Kg/cm ²	σ3	4	Kg/cm ²	σ	τ	
min	cm			L.D (un)	F.C. Kg.	τ (Kg/cm ²)	L.D (un)	F.C. Kg.	τ (Kg/cm ²)	L.D (un)	F.C. Kg.	τ (Kg/cm ²)	1	0.007	kg/cm ²
0.50	0.050	6.000	36.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4	0.023	kg/cm ²
1.00	0.100	5.950	35.700	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
1.50	0.150	5.900	35.400	0.000	0.000	0.000	0.060	0.051	0.001	0.100	0.085	0.002			
2.00	0.200	5.850	35.100	0.030	0.026	0.001	0.130	0.111	0.003	0.220	0.187	0.005			
2.50	0.250	5.800	34.800	0.060	0.051	0.001	0.200	0.170	0.005	0.300	0.255	0.007			
3.00	0.300	5.750	34.500	0.110	0.094	0.003	0.240	0.204	0.006	0.380	0.323	0.009			
3.50	0.350	5.700	34.200	0.160	0.136	0.004	0.280	0.238	0.007	0.440	0.374	0.011			
4.00	0.400	5.650	33.900	0.180	0.153	0.005	0.290	0.247	0.007	0.480	0.408	0.012			
4.50	0.450	5.600	33.600	0.210	0.179	0.005	0.310	0.264	0.008	0.510	0.434	0.013			
5.00	0.500	5.550	33.300	0.230	0.196	0.006	0.320	0.272	0.008	0.540	0.459	0.014			
5.50	0.550	5.500	33.000	0.250	0.213	0.006	0.340	0.289	0.009	0.570	0.485	0.015			
6.00	0.600	5.450	32.700	0.260	0.221	0.007	0.350	0.298	0.009	0.590	0.502	0.015			
6.50	0.650	5.400	32.400	0.280	0.238	0.007	0.360	0.306	0.009	0.610	0.519	0.016			
7.00	0.700	5.350	32.100	0.300	0.255	0.008	0.370	0.315	0.010	0.640	0.544	0.017			
7.50	0.750	5.300	31.800	0.310	0.264	0.008	0.380	0.323	0.010	0.660	0.561	0.018			
8.00	0.800	5.250	31.500	0.330	0.281	0.009	0.390	0.332	0.011	0.680	0.578	0.018			
8.50	0.850	5.200	31.200	0.320	0.272	0.009	0.400	0.340	0.011	0.700	0.595	0.019			
9.00	0.900	5.150	30.900	0.310	0.264	0.009	0.405	0.344	0.011	0.710	0.604	0.020			
9.50	0.950	5.100	30.600	0.305	0.259	0.008	0.410	0.349	0.011	0.730	0.621	0.020			
10.00	1.000	5.050	30.300	0.300	0.255	0.008	0.415	0.353	0.012	0.750	0.638	0.021			
10.50	1.050	5.000	30.000	0.290	0.247	0.008	0.415	0.353	0.012	0.760	0.646	0.022			
11.00	1.100	4.950	29.700	0.275	0.234	0.008	0.415	0.353	0.012	0.780	0.663	0.022			
11.50	1.150	4.900	29.400	0.265	0.225	0.008	0.420	0.357	0.012	0.790	0.672	0.023			
12.00	1.200	4.850	29.100	0.250	0.213	0.007	0.422	0.359	0.012	0.795	0.676	0.023			
12.50	1.250	4.800	28.800				0.425	0.361	0.013	0.795	0.676	0.023			
13.00	1.300	4.750	28.500				0.425	0.361	0.013						
13.50	1.350	4.700	28.200				0.425	0.361	0.013						
14.00	1.400	4.650	27.900				0.425	0.361	0.013						
14.50	1.450	4.600	27.600				0.430	0.366	0.013						
15.00	1.500	4.550	27.300				0.430	0.366	0.013						
15.50	1.550	4.500	27.000				0.432	0.367	0.014						
16.00	1.600	4.450	26.700				0.433	0.368	0.014						
16.50	1.650	4.400	26.400				0.435	0.370	0.014						

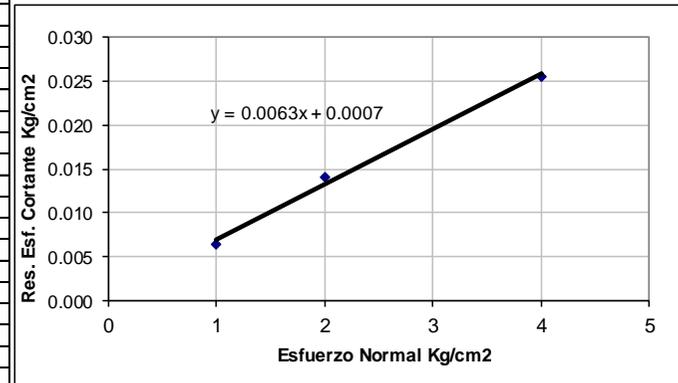


Ensayo de Corte Directo para la Estación N° 05

FACULTAD DE INGENIERÍA			
DPTO. DE VÍAS - LAB. MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
ENSAYO DE CORTE DIRECTO			
TESIS:	Geotecnia de la Inestabilidad de taludes en el Tramo de la Carretera Huañimba - Cungunday, Cajamarca, Cajambamba		
ESTACIÓN:	Estación N° 05	PROGRESIVA:	50 + 120
FORMACIÓN:	Formación Condebamba	N° LABORATORIO:	1

ANCHO 6 cm LONG 6 cm
 AREA 36 cm² ALTURA 2 cm
 VELOCIDAD 1 mm/min VOLUMEN 72 cm³
 Wm 262.7 gr. FACTOR CALIBRAC 0.85

T	D.H	Lc	Area Corregida AC=6*Lc (cm ²)	σ1	1	Kg/cm ²	σ2	2	Kg/cm ²	σ3	4	Kg/cm ²	σ	τ
min	cm			L.D (un)	F.C. Kg.	τ (Kg/cm ²)	L.D (un)	F.C. Kg.	τ (Kg/cm ²)	L.D (un)	F.C. Kg.	τ (Kg/cm ²)	1	0.006
0.50	0.050	6.000	36.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2	0.014
1.00	0.100	5.950	35.700	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4	0.026
1.50	0.150	5.900	35.400	0.000	0.000	0.000	0.060	0.051	0.001	0.100	0.085	0.002		
2.00	0.200	5.850	35.100	0.030	0.026	0.001	0.130	0.111	0.003	0.220	0.187	0.005		
2.50	0.250	5.800	34.800	0.060	0.051	0.001	0.200	0.170	0.005	0.300	0.255	0.007		
3.00	0.300	5.750	34.500	0.110	0.094	0.003	0.240	0.204	0.006	0.380	0.323	0.009		
3.50	0.350	5.700	34.200	0.160	0.136	0.004	0.280	0.238	0.007	0.440	0.374	0.011		
4.00	0.400	5.650	33.900	0.180	0.153	0.005	0.290	0.247	0.007	0.480	0.408	0.012		
4.50	0.450	5.600	33.600	0.210	0.179	0.005	0.310	0.264	0.008	0.510	0.434	0.013		
5.00	0.500	5.550	33.300	0.230	0.196	0.006	0.320	0.272	0.008	0.540	0.459	0.014		
5.50	0.550	5.500	33.000	0.250	0.213	0.006	0.340	0.289	0.009	0.570	0.485	0.015		
6.00	0.600	5.450	32.700	0.260	0.221	0.007	0.350	0.298	0.009	0.590	0.502	0.015		
6.50	0.650	5.400	32.400	0.280	0.238	0.007	0.360	0.306	0.009	0.610	0.519	0.016		
7.00	0.700	5.350	32.100	0.300	0.255	0.008	0.370	0.315	0.010	0.640	0.544	0.017		
7.50	0.750	5.300	31.800	0.310	0.264	0.008	0.380	0.323	0.010	0.660	0.561	0.018		
8.00	0.800	5.250	31.500	0.330	0.281	0.009	0.390	0.332	0.011	0.680	0.578	0.018		
8.50	0.850	5.200	31.200	0.320	0.272	0.009	0.400	0.340	0.011	0.700	0.595	0.019		
9.00	0.900	5.150	30.900	0.310	0.264	0.009	0.405	0.344	0.011	0.710	0.604	0.020		
9.50	0.950	5.100	30.600	0.305	0.259	0.008	0.410	0.349	0.011	0.730	0.621	0.020		
10.00	1.000	5.050	30.300	0.300	0.255	0.008	0.415	0.353	0.012	0.750	0.638	0.021		
10.50	1.050	5.000	30.000	0.290	0.247	0.008	0.415	0.353	0.012	0.760	0.646	0.022		
11.00	1.100	4.950	29.700	0.275	0.234	0.008	0.415	0.353	0.012	0.780	0.663	0.022		
11.50	1.150	4.900	29.400	0.265	0.225	0.008	0.420	0.357	0.012	0.790	0.672	0.023		
12.00	1.200	4.850	29.100	0.250	0.213	0.007	0.422	0.359	0.012	0.795	0.676	0.023		
12.50	1.250	4.800	28.800	0.235	0.200	0.007	0.425	0.361	0.013	0.800	0.680	0.024		
13.00	1.300	4.750	28.500	0.220	0.187	0.007	0.425	0.361	0.013	0.815	0.693	0.024		
13.50	1.350	4.700	28.200	0.215	0.183	0.006	0.425	0.361	0.013	0.825	0.701	0.025		
14.00	1.400	4.650	27.900				0.425	0.361	0.013	0.840	0.714	0.026		
14.50	1.450	4.600	27.600				0.430	0.366	0.013					
15.00	1.500	4.550	27.300				0.430	0.366	0.013					
15.50	1.550	4.500	27.000				0.435	0.370	0.014					
16.00	1.600	4.450	26.700				0.440	0.374	0.014					

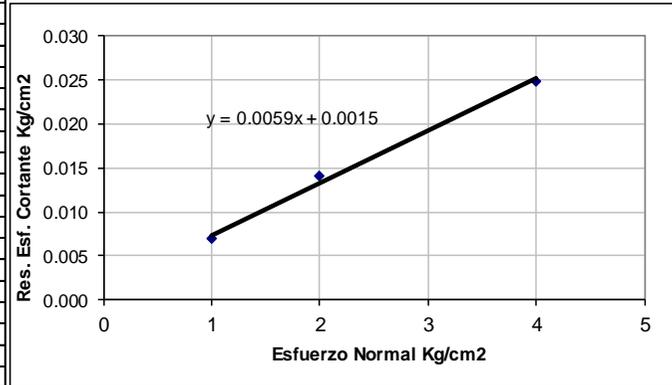


Ensayo de Corte Directo para la Estación N° 06

FACULTAD DE INGENIERÍA			
DPTO. DE VÍAS - LAB. MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
ENSAYO DE CORTE DIRECTO			
TESIS:	Geotecnia de la Inestabilidad de taludes en el Tramo de la Carretera Huañimba - Cungunday, Cajamarca, Cajambamba		
ESTACIÓN:	Estación N° 06	PROGRESIVA:	50 + 380
FORMACIÓN:	Formación Condebamba	N° LABORATORIO:	1

ANCHO 6 cm LONG 6 cm
 AREA 36 cm² ALTURA 2 cm
 VELOCIDAD 1 mm/min VOLUMEN 72 cm³
 Wm 262.7 gr. FACTOR CALIBRAC 0.85

T	D.H	Lc	Area Corregida AC=6*Lc (cm ²)	σ1	1	Kg/cm ²	σ2	2	Kg/cm ²	σ3	4	Kg/cm ²	σ	τ
min	cm			L.D (un)	F.C. Kg.	τ (Kg/cm ²)	L.D (un)	F.C. Kg.	τ (Kg/cm ²)	L.D (un)	F.C. Kg.	τ (Kg/cm ²)	1	0.007
0.50	0.050	6.000	36.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2	0.014
1.00	0.100	5.950	35.700	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4	0.025
1.50	0.150	5.900	35.400	0.000	0.000	0.000	0.060	0.051	0.001	0.100	0.085	0.002		
2.00	0.200	5.850	35.100	0.030	0.026	0.001	0.130	0.111	0.003	0.220	0.187	0.005		
2.50	0.250	5.800	34.800	0.060	0.051	0.001	0.200	0.170	0.005	0.300	0.255	0.007		
3.00	0.300	5.750	34.500	0.110	0.094	0.003	0.240	0.204	0.006	0.380	0.323	0.009		
3.50	0.350	5.700	34.200	0.160	0.136	0.004	0.280	0.238	0.007	0.440	0.374	0.011		
4.00	0.400	5.650	33.900	0.180	0.153	0.005	0.290	0.247	0.007	0.480	0.408	0.012		
4.50	0.450	5.600	33.600	0.210	0.179	0.005	0.310	0.264	0.008	0.510	0.434	0.013		
5.00	0.500	5.550	33.300	0.230	0.196	0.006	0.320	0.272	0.008	0.540	0.459	0.014		
5.50	0.550	5.500	33.000	0.250	0.213	0.006	0.340	0.289	0.009	0.570	0.485	0.015		
6.00	0.600	5.450	32.700	0.260	0.221	0.007	0.350	0.298	0.009	0.590	0.502	0.015		
6.50	0.650	5.400	32.400	0.280	0.238	0.007	0.360	0.306	0.009	0.610	0.519	0.016		
7.00	0.700	5.350	32.100	0.300	0.255	0.008	0.370	0.315	0.010	0.640	0.544	0.017		
7.50	0.750	5.300	31.800	0.310	0.264	0.008	0.380	0.323	0.010	0.660	0.561	0.018		
8.00	0.800	5.250	31.500	0.330	0.281	0.009	0.390	0.332	0.011	0.680	0.578	0.018		
8.50	0.850	5.200	31.200	0.320	0.272	0.009	0.400	0.340	0.011	0.700	0.595	0.019		
9.00	0.900	5.150	30.900	0.310	0.264	0.009	0.405	0.344	0.011	0.710	0.604	0.020		
9.50	0.950	5.100	30.600	0.305	0.259	0.008	0.410	0.349	0.011	0.730	0.621	0.020		
10.00	1.000	5.050	30.300	0.300	0.255	0.008	0.415	0.353	0.012	0.750	0.638	0.021		
10.50	1.050	5.000	30.000	0.290	0.247	0.008	0.415	0.353	0.012	0.760	0.646	0.022		
11.00	1.100	4.950	29.700	0.275	0.234	0.008	0.415	0.353	0.012	0.780	0.663	0.022		
11.50	1.150	4.900	29.400	0.265	0.225	0.008	0.420	0.357	0.012	0.790	0.672	0.023		
12.00	1.200	4.850	29.100	0.250	0.213	0.007	0.422	0.359	0.012	0.795	0.676	0.023		
12.50	1.250	4.800	28.800	0.235	0.200	0.007	0.425	0.361	0.013	0.800	0.680	0.024		
13.00	1.300	4.750	28.500				0.425	0.361	0.013	0.815	0.693	0.024		
13.50	1.350	4.700	28.200				0.425	0.361	0.013	0.825	0.701	0.025		
14.00	1.400	4.650	27.900				0.425	0.361	0.013					
14.50	1.450	4.600	27.600				0.430	0.366	0.013					
15.00	1.500	4.550	27.300				0.430	0.366	0.013					
15.50	1.550	4.500	27.000				0.435	0.370	0.014					
16.00	1.600	4.450	26.700				0.440	0.374	0.014					

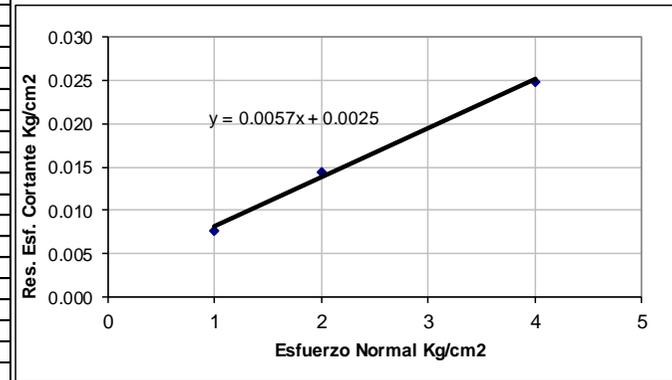


Ensayo de Corte Directo para la Estación N° 07

FACULTAD DE INGENIERÍA			
DPTO. DE VÍAS - LAB. MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
ENSAYO DE CORTE DIRECTO			
TESIS:	Geotecnia de la Inestabilidad de taludes en el Tramo de la Carretera Huañimba - Cunday, Cajamarca, Cajambamba		
ESTACIÓN:	Estación N° 07	PROGRESIVA:	50 + 440
FORMACIÓN:	Formación Condebamba	N° LABORATORIO:	1

ANCHO 6 cm LONG 6 cm
 AREA 36 cm² ALTURA 2 cm
 VELOCIDAD 1 mm/min VOLUMEN 72 cm³
 Wm 262.7 gr. FACTOR CALIBRAC 0.85

T	D.H	Lc	Area Corregida AC=6*Lc (cm ²)	σ1	1	Kg/cm ²	σ2	2	Kg/cm ²	σ3	4	Kg/cm ²	σ	τ	
min	cm			L.D (un)	F.C.	τ	L.D (un)	F.C.	τ	L.D (un)	F.C.	τ	1	0.008	kg/cm ²
					Kg.	(Kg/cm ²)		Kg.	(Kg/cm ²)		Kg.	(Kg/cm ²)	2	0.014	kg/cm ²
													4	0.025	kg/cm ²
0.50	0.050	6.000	36.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
1.00	0.100	5.950	35.700	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
1.50	0.150	5.900	35.400	0.000	0.000	0.000	0.060	0.051	0.001	0.100	0.085	0.002			
2.00	0.200	5.850	35.100	0.030	0.026	0.001	0.130	0.111	0.003	0.220	0.187	0.005			
2.50	0.250	5.800	34.800	0.060	0.051	0.001	0.200	0.170	0.005	0.300	0.255	0.007			
3.00	0.300	5.750	34.500	0.110	0.094	0.003	0.240	0.204	0.006	0.380	0.323	0.009			
3.50	0.350	5.700	34.200	0.160	0.136	0.004	0.280	0.238	0.007	0.440	0.374	0.011			
4.00	0.400	5.650	33.900	0.180	0.153	0.005	0.290	0.247	0.007	0.480	0.408	0.012			
4.50	0.450	5.600	33.600	0.210	0.179	0.005	0.310	0.264	0.008	0.510	0.434	0.013			
5.00	0.500	5.550	33.300	0.230	0.196	0.006	0.320	0.272	0.008	0.540	0.459	0.014			
5.50	0.550	5.500	33.000	0.250	0.213	0.006	0.340	0.289	0.009	0.570	0.485	0.015			
6.00	0.600	5.450	32.700	0.260	0.221	0.007	0.350	0.298	0.009	0.590	0.502	0.015			
6.50	0.650	5.400	32.400	0.280	0.238	0.007	0.360	0.306	0.009	0.610	0.519	0.016			
7.00	0.700	5.350	32.100	0.300	0.255	0.008	0.370	0.315	0.010	0.640	0.544	0.017			
7.50	0.750	5.300	31.800	0.310	0.264	0.008	0.380	0.323	0.010	0.660	0.561	0.018			
8.00	0.800	5.250	31.500	0.330	0.281	0.009	0.390	0.332	0.011	0.680	0.578	0.018			
8.50	0.850	5.200	31.200	0.320	0.272	0.009	0.400	0.340	0.011	0.700	0.595	0.019			
9.00	0.900	5.150	30.900	0.310	0.264	0.009	0.405	0.344	0.011	0.710	0.604	0.020			
9.50	0.950	5.100	30.600	0.305	0.259	0.008	0.410	0.349	0.011	0.730	0.621	0.020			
10.00	1.000	5.050	30.300	0.300	0.255	0.008	0.415	0.353	0.012	0.750	0.638	0.021			
10.50	1.050	5.000	30.000	0.290	0.247	0.008	0.415	0.353	0.012	0.760	0.646	0.022			
11.00	1.100	4.950	29.700	0.275	0.234	0.008	0.415	0.353	0.012	0.780	0.663	0.022			
11.50	1.150	4.900	29.400	0.265	0.225	0.008	0.420	0.357	0.012	0.790	0.672	0.023			
12.00	1.200	4.850	29.100				0.422	0.359	0.012	0.795	0.676	0.023			
12.50	1.250	4.800	28.800				0.425	0.361	0.013	0.800	0.680	0.024			
13.00	1.300	4.750	28.500				0.425	0.361	0.013	0.815	0.693	0.024			
13.50	1.350	4.700	28.200				0.425	0.361	0.013	0.825	0.701	0.025			
14.00	1.400	4.650	27.900				0.425	0.361	0.013						
14.50	1.450	4.600	27.600				0.430	0.366	0.013						
15.00	1.500	4.550	27.300				0.430	0.366	0.013						
15.50	1.550	4.500	27.000				0.435	0.370	0.014						
16.00	1.600	4.450	26.700				0.440	0.374	0.014						
16.50	1.650	4.400	26.400				0.450	0.383	0.014						

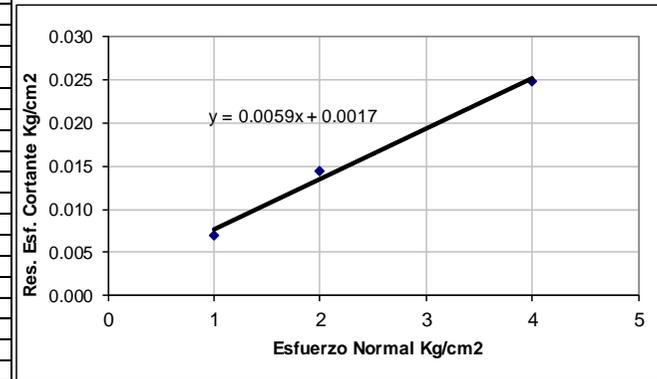


Ensayo de Corte Directo para la Estación N° 08

FACULTAD DE INGENIERÍA			
DPTO. DE VÍAS - LAB. MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
ENSAYO DE CORTE DIRECTO			
TESIS:	Geotecnia de la Inestabilidad de taludes en el Tramo de la Carretera Huañimba - Cungunday, Cajamarca, Cajambamba		
ESTACIÓN:	Estación N° 08	PROGRESIVA:	50 + 790
FORMACIÓN:	Formación Condebamba	N° LABORATORIO:	1

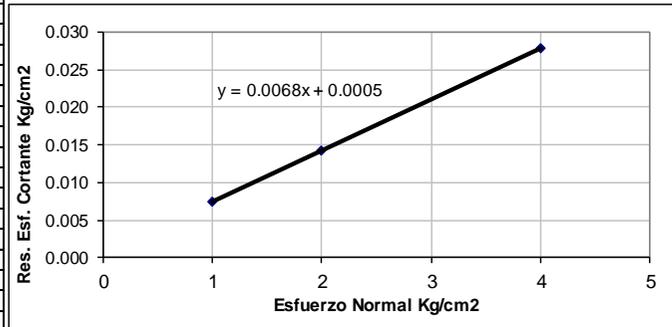
ANCHO	6 cm	LONG	6 cm
AREA	36 cm ²	ALTURA	2 cm
VELOCIDAD	1 mm/min	VOLUMEN	72 cm ³
Wm	262.7 gr.	FACTOR CALIBRAC	0.85

T	D.H	Lc	Area Corregida AC=6*Lc (cm ²)	σ1	1	Kg/cm ²	σ2	2	Kg/cm ²	σ3	4	Kg/cm ²	σ	τ	
min	cm			L.D (un)	F.C. Kg.	τ (Kg/cm ²)	L.D (un)	F.C. Kg.	τ (Kg/cm ²)	L.D (un)	F.C. Kg.	τ (Kg/cm ²)	1	0.007	kg/cm ²
0.50	0.050	6.000	36.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4	0.025	kg/cm ²
1.00	0.100	5.950	35.700	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
1.50	0.150	5.900	35.400	0.000	0.000	0.000	0.060	0.051	0.001	0.100	0.085	0.002			
2.00	0.200	5.850	35.100	0.030	0.026	0.001	0.130	0.111	0.003	0.220	0.187	0.005			
2.50	0.250	5.800	34.800	0.060	0.051	0.001	0.200	0.170	0.005	0.300	0.255	0.007			
3.00	0.300	5.750	34.500	0.110	0.094	0.003	0.240	0.204	0.006	0.380	0.323	0.009			
3.50	0.350	5.700	34.200	0.160	0.136	0.004	0.280	0.238	0.007	0.440	0.374	0.011			
4.00	0.400	5.650	33.900	0.180	0.153	0.005	0.290	0.247	0.007	0.480	0.408	0.012			
4.50	0.450	5.600	33.600	0.210	0.179	0.005	0.310	0.264	0.008	0.510	0.434	0.013			
5.00	0.500	5.550	33.300	0.230	0.196	0.006	0.320	0.272	0.008	0.540	0.459	0.014			
5.50	0.550	5.500	33.000	0.250	0.213	0.006	0.340	0.289	0.009	0.570	0.485	0.015			
6.00	0.600	5.450	32.700	0.260	0.221	0.007	0.350	0.298	0.009	0.590	0.502	0.015			
6.50	0.650	5.400	32.400	0.280	0.238	0.007	0.360	0.306	0.009	0.610	0.519	0.016			
7.00	0.700	5.350	32.100	0.300	0.255	0.008	0.370	0.315	0.010	0.640	0.544	0.017			
7.50	0.750	5.300	31.800	0.310	0.264	0.008	0.380	0.323	0.010	0.660	0.561	0.018			
8.00	0.800	5.250	31.500	0.330	0.281	0.009	0.390	0.332	0.011	0.680	0.578	0.018			
8.50	0.850	5.200	31.200	0.320	0.272	0.009	0.400	0.340	0.011	0.700	0.595	0.019			
9.00	0.900	5.150	30.900	0.310	0.264	0.009	0.405	0.344	0.011	0.710	0.604	0.020			
9.50	0.950	5.100	30.600	0.305	0.259	0.008	0.410	0.349	0.011	0.730	0.621	0.020			
10.00	1.000	5.050	30.300	0.300	0.255	0.008	0.415	0.353	0.012	0.750	0.638	0.021			
10.50	1.050	5.000	30.000	0.290	0.247	0.008	0.415	0.353	0.012	0.760	0.646	0.022			
11.00	1.100	4.950	29.700	0.275	0.234	0.008	0.415	0.353	0.012	0.780	0.663	0.022			
11.50	1.150	4.900	29.400	0.265	0.225	0.008	0.420	0.357	0.012	0.790	0.672	0.023			
12.00	1.200	4.850	29.100	0.250	0.213	0.007	0.422	0.359	0.012	0.795	0.676	0.023			
12.50	1.250	4.800	28.800	0.235	0.200	0.007	0.425	0.361	0.013	0.800	0.680	0.024			
13.00	1.300	4.750	28.500				0.425	0.361	0.013	0.815	0.693	0.024			
13.50	1.350	4.700	28.200				0.425	0.361	0.013	0.825	0.701	0.025			
14.00	1.400	4.650	27.900				0.425	0.361	0.013						
14.50	1.450	4.600	27.600				0.430	0.366	0.013						
15.00	1.500	4.550	27.300				0.430	0.366	0.013						
15.50	1.550	4.500	27.000				0.435	0.370	0.014						
16.00	1.600	4.450	26.700				0.440	0.374	0.014						
16.50	1.650	4.400	26.400				0.450	0.383	0.014						



Ensayo de Corte Directo para la Estación N° 09

FACULTAD DE INGENIERÍA														
DPTO. DE VÍAS - LAB. MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS														
ENSAYO DE CORTE DIRECTO														
TESIS:		Geotecnia de la Inestabilidad de taludes en el Tramo de la Carretera Huañimba - Cungunday, Cajamarca, Cajambamba												
ESTACIÓN:		Estación N° 9				PROGRESIVA:				51 + 10				
FORMACIÓN:		Formación Cajabamba				N° LABORATORIO:				1				
ANCHO		6 cm		LONG		6 cm								
AREA		36 cm ²		ALTURA		2 cm								
VELOCIDAD		1 mm/min		VOLUMEN		72 cm ³								
Wm		262.7 gr.		FACTOR CALIBRA		0.85								
T	D.H	Lc	Area Corregida AC=6*Lc (cm ²)	σ1	1	Kg/cm ²	σ2	2	Kg/cm ²	σ3	4	Kg/cm ²	σ	τ
min	cm			L.D (un)	F.C.	τ	L.D (un)	F.C.	τ	L.D (un)	F.C.	τ		
				(Kg/cm ²)										
0.50	0.050	6.000	36.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
1.00	0.100	5.950	35.700	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
1.50	0.150	5.900	35.400	0.000	0.000	0.000	0.040	0.034	0.001	0.150	0.128	0.004		
2.00	0.200	5.850	35.100	0.040	0.034	0.001	0.140	0.119	0.003	0.280	0.238	0.007		
2.50	0.250	5.800	34.800	0.130	0.111	0.003	0.270	0.230	0.007	0.380	0.323	0.009		
3.00	0.300	5.750	34.500	0.200	0.170	0.005	0.420	0.357	0.010	0.470	0.400	0.012		
3.50	0.350	5.700	34.200	0.250	0.213	0.006	0.500	0.425	0.012	0.560	0.476	0.014		
4.00	0.400	5.650	33.900	0.280	0.238	0.007	0.560	0.476	0.014	0.620	0.527	0.016		
4.50	0.450	5.600	33.600	0.310	0.264	0.008	0.600	0.510	0.015	0.650	0.553	0.016		
5.00	0.500	5.550	33.300	0.340	0.289	0.009	0.590	0.502	0.015	0.690	0.587	0.018		
5.50	0.550	5.500	33.000	0.350	0.298	0.009	0.560	0.476	0.014	0.720	0.612	0.019		
6.00	0.600	5.450	32.700	0.360	0.306	0.009	0.550	0.468	0.014	0.740	0.629	0.019		
6.50	0.650	5.400	32.400	0.350	0.298	0.009	0.540	0.459	0.014	0.760	0.646	0.020		
7.00	0.700	5.350	32.100	0.340	0.289	0.009				0.780	0.663	0.021		
7.50	0.750	5.300	31.800	0.320	0.272	0.009				0.790	0.672	0.021		
8.00	0.800	5.250	31.500	0.305	0.259	0.008				0.810	0.689	0.022		
8.50	0.850	5.200	31.200	0.300	0.255	0.008				0.815	0.693	0.022		
9.00	0.900	5.150	30.900	0.305	0.259	0.008				0.825	0.701	0.023		
9.50	0.950	5.100	30.600	0.290	0.247	0.008				0.830	0.706	0.023		
10.00	1.000	5.050	30.300	0.285	0.242	0.008				0.840	0.714	0.024		
10.50	1.050	5.000	30.000	0.260	0.221	0.007				0.840	0.714	0.024		
11.00	1.100	4.950	29.700							0.845	0.718	0.024		
11.50	1.150	4.900	29.400							0.850	0.723	0.025		
12.00	1.200	4.850	29.100							0.850	0.723	0.025		
12.50	1.250	4.800	28.800							0.855	0.727	0.025		
13.00	1.300	4.750	28.500							0.860	0.731	0.026		
13.50	1.350	4.700	28.200							0.860	0.731	0.026		
14.00	1.400	4.650	27.900							0.860	0.731	0.026		
14.50	1.450	4.600	27.600							0.860	0.731	0.026		
15.00	1.500	4.550	27.300							0.860	0.731	0.027		
15.50	1.550	4.500	27.000							0.860	0.731	0.027		
16.00	1.600	4.450	26.700							0.855	0.727	0.027		
16.50	1.650	4.400	26.400							0.850	0.723	0.027		
17.00	1.650	4.350	26.100							0.850	0.723	0.028		
17.50	1.650	4.300	25.800							0.845	0.718	0.028		



Ensayo de Corte Directo para la Estación N° 10

FACULTAD DE INGENIERÍA														
DPTO. DE VÍAS - LAB. MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS														
ENSAYO DE CORTE DIRECTO														
TESIS:		Geotecnia de la Inestabilidad de taludes en el Tramo de la Carretera Huañimba - Cungunday, Cajamarca, Cajambamba												
ESTACIÓN:		Estación N° 10				PROGRESIVA:				52 + 930				
FORMACIÓN:		Formación Cajabamba				N° LABORATORIO:				1				
ANCHO		6 cm		LONG		6 cm								
AREA		36 cm ²		ALTURA		2 cm								
VELOCIDAD		1 mm/min		VOLUMEN		72 cm ³								
Wm		262.7 gr.		FACTOR CALIBRA		0.85								
T	D.H	Lc	Area Corregida AC=6*Lc (cm ²)	σ1 L.D (un)	F.C. Kg.	τ (Kg/cm ²)	σ2 L.D (un)	F.C. Kg.	τ (Kg/cm ²)	σ3 L.D (un)	F.C. Kg.	τ (Kg/cm ²)	σ	τ
0.50	0.050	6.000	36.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
1.00	0.100	5.950	35.700	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
1.50	0.150	5.900	35.400	0.000	0.000	0.000	0.040	0.034	0.001	0.150	0.128	0.004		
2.00	0.200	5.850	35.100	0.040	0.034	0.001	0.140	0.119	0.003	0.280	0.238	0.007		
2.50	0.250	5.800	34.800	0.130	0.111	0.003	0.270	0.230	0.007	0.380	0.323	0.009		
3.00	0.300	5.750	34.500	0.200	0.170	0.005	0.420	0.357	0.010	0.470	0.400	0.012		
3.50	0.350	5.700	34.200	0.250	0.213	0.006	0.500	0.425	0.012	0.560	0.476	0.014		
4.00	0.400	5.650	33.900	0.280	0.238	0.007	0.560	0.476	0.014	0.620	0.527	0.016		
4.50	0.450	5.600	33.600	0.310	0.264	0.008	0.600	0.510	0.015	0.650	0.553	0.016		
5.00	0.500	5.550	33.300	0.340	0.289	0.009	0.590	0.502	0.015	0.690	0.587	0.018		
5.50	0.550	5.500	33.000	0.298	0.298	0.009	0.560	0.476	0.014	0.720	0.612	0.019		
6.00	0.600	5.450	32.700	0.360	0.306	0.009	0.550	0.468	0.014	0.740	0.629	0.019		
6.50	0.650	5.400	32.400	0.350	0.298	0.009	0.540	0.459	0.014	0.760	0.646	0.020		
7.00	0.700	5.350	32.100	0.340	0.289	0.009				0.780	0.663	0.021		
7.50	0.750	5.300	31.800	0.320	0.272	0.009				0.790	0.672	0.021		
8.00	0.800	5.250	31.500	0.305	0.259	0.008				0.810	0.689	0.022		
8.50	0.850	5.200	31.200	0.300	0.255	0.008				0.815	0.693	0.022		
9.00	0.900	5.150	30.900	0.305	0.259	0.008				0.825	0.701	0.023		
9.50	0.950	5.100	30.600	0.290	0.247	0.008				0.830	0.706	0.023		
10.00	1.000	5.050	30.300	0.285	0.242	0.008				0.840	0.714	0.024		
10.50	1.050	5.000	30.000	0.260	0.221	0.007				0.840	0.714	0.024		
11.00	1.100	4.950	29.700							0.845	0.718	0.024		
11.50	1.150	4.900	29.400							0.850	0.723	0.025		
12.00	1.200	4.850	29.100							0.850	0.723	0.025		
12.50	1.250	4.800	28.800							0.855	0.727	0.025		
13.00	1.300	4.750	28.500							0.860	0.731	0.026		
13.50	1.350	4.700	28.200							0.860	0.731	0.026		
14.00	1.400	4.650	27.900							0.860	0.731	0.026		
14.50	1.450	4.600	27.600							0.860	0.731	0.026		
15.00	1.500	4.550	27.300							0.860	0.731	0.027		
15.50	1.550	4.500	27.000							0.860	0.731	0.027		
16.00	1.600	4.450	26.700							0.855	0.727	0.027		
16.50	1.650	4.400	26.400							0.850	0.723	0.027		
17.00	1.600	4.350	26.100							0.850	0.723	0.028		
17.50	1.650	4.300	25.800							0.845	0.718	0.028		

