



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**Tema:**

---

“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE TALUDES CON MALLAS METÁLICAS EN LA VÍA ECOLÓGICA SANTA ROSA KM 3+500 DEL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

---

**AUTOR:**

José Luis Palate Bombón

**TUTORA:**

Ing. M.Sc. Lorena Pérez

**Ambato – Ecuador**

**2017 – 2018**

## **CERTIFICACIÓN DEL TUTOR**

Yo, Ing. M.Sc. Lorena Pérez certifico que el presente Informe Final del Trabajo Experimental “**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE TALUDES CON MALLAS METÁLICAS EN LA VÍA ECOLÓGICA SANTA ROSA KM 3+500 DEL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA**” realizado por el Sr. José Luis Palate Bombón, Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría, siendo un trabajo elaborado de manera personal e inédita.

Ambato, Abril del 2018

-----

Ing. M.Sc. Lorena Pérez

**TUTORA**

## **AUTORÍA DEL TRABAJO**

Yo, José Luis Palate Bombón con C.I: 180447433-4, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el trabajo con el tema: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE TALUDES CON MALLAS METÁLICAS EN LA VÍA ECOLÓGICA SANTA ROSA KM 3+500 DEL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA, es de mi completa autoría.

Ambato, Abril del 2018

---

José Luis Palate Bombón

**AUTOR**

## **DERECHOS DEL AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este proyecto de investigación o parte de ello un documento disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación.

Cedo los derechos en línea patrimonial de mi proyecto con fines de difusión pública además apruebo la reproducción del mismo, dentro de las regularidades de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Abril del 2018

**AUTOR**

José Luis Palate Bombón

**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

Los miembros del tribunal examinador aprueban el informe de investigación, sobre el tema: “ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE TALUDES CON MALLAS METÁLICAS EN LA VÍA ECOLÓGICA SANTA ROSA KM 3+500 DEL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA”, del egresado José Luis Palate Bombón, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Para constancia firman.

-----

Ing. Byron Cañizares

-----

Ing. Alex López

## DEDICATORIA

*La concepción de este proyecto y el logro de haber culminado una etapa más de formación y enseñanza, está dedicada a una sola persona que ha sido un referente de lucha, perseverancia, dedicación, humildad, ejemplo a seguir y destacar.*

*Una mujer que simplemente me llena de orgullo y admiración, que con su constancia y esfuerzo diario me sigue enseñando que a pesar de las dificultades hay que seguir adelante, con fe en Dios todo es posible.*

*Todo fue, es y será por ti mi amada madre: Rosita Elvira Bombón.*

## AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por cada día en el que me permitió despertar no solo con vida, sino que también continuar con salud, fuerzas y empeño.

A mi madre Rosa Bombón, por todo su amor y esfuerzo mediante el cual hoy me permite estar aquí, por saberme comprender, alentarme, cuidarme y soportarme todo lo que ha sido parte de ésta etapa. Dios le pague por todo mamita le agradezco con todo mi corazón.

A mis hermanos: Rolando, Verito, Martha y Karen por estar siempre pendientes de mí, brindándome su apoyo, cariño, consejos e incluso regaños, pero que fueron de enorme ayuda e importancia para este objetivo alcanzado.

A todos mis amigos de la universidad, pero en especial a: Christian, Franklin, Roberto, Germania, Adriana, Paola, Jessica y Daniela, que llegaron a ser mi segunda familia, por tantas cosas que pasamos no solo dentro de las aulas, demostraron que una valiosa amistad como la que brindaron es un tesoro que se tiene que conservar y preservar toda la vida. Gracias por su amistad tan pura, verdadera y productiva para mi vida.

A mis amigas Jacque y Estefy, por compartir parte importante en la culminación de esta etapa, mediante alegrías, consejos, buenos deseos e incondicional apoyo, puedo afirmar que un amigo es sinónimo de bendición.

A la Ing. Lorena Pérez quien me brindó sus conocimientos e ideas para la realización de este proyecto, por ofrecerme su paciencia, disponibilidad y ánimo.

Y a todas las personas que formaron parte de esta etapa de mi vida, gracias totales.

## ÍNDICE GENERAL

### PÁGINAS PRELIMINARES.

PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA DEL TRABAJO.....	III
DERECHOS DEL AUTOR.....	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ÍNDICE DE GRÁFICOS, TABLAS Y FOTOGRAFÍAS. ....	XI
RESUMEN EJECUTIVO.....	XIV
ABSTRACT.....	XV

### CAPÍTULO I.....1

#### ANTECEDENTES.....1

##### 1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL. ....1

##### 1.2 ANTECEDENTES. ....1

##### 1.3 JUSTIFICACIÓN. ....2

##### 1.4 OBJETIVOS. ....3

###### 1.4.1 OBJETIVO GENERAL: .....3

###### 1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....3

### CAPÍTULO II. ....4

#### FUNDAMENTACIÓN.....4

##### 2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....4

###### 2.1.1. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....4

###### 2.1.1.1. DE CAMPO.....4

###### 2.1.1.2. DE LABORATORIO.....4

###### 2.1.2. ENSAYOS.....4

###### 2.1.2.1. CONTENIDO DE HUMEDAD.....4

###### 2.1.2.2. GRANULOMETRÍA.....5



2.1.2.3. DENSIDAD.....	5
2.1.2.4. COMPRESIÓN TRIAXIAL.....	5
2.1.2.4.1. ÁNGULO DE FRICCIÓN.....	6
2.1.2.4.2. COHESIÓN.....	7
2.1.3. ESTABILIDAD DE TALUDES.....	7
2.1.3.1. TALUD.....	7
2.1.3.1.1. PARTES DE UN TALUD.....	8
2.1.3.2. TIPOS DE FALLAS MAS COMUNES.....	10
2.1.3.3. FACTORES QUE PRODUCEN FALLAS DE ESTABILIDAD.....	11
2.1.3.4. MEDIDAS DE PROTECCIÓN SUPERFICIAL.....	12
2.1.3.5. SISTEMAS DE PROTECCIÓN Y REFUERZO.....	12
2.1.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS.....	13
2.1.4.1. MÉTODO DE FELLENIUS.....	13
2.1.4.2. MÉTODO DE BISHOP.....	14
2.1.4.3. MÉTODO DE LAS DOVELAS O REVANADAS.....	16
2.1.4.4. MÉTODO DE MORGENSTERN & PRICE.....	16
2.1.4.5. MÉTODO DE JAMBÚ.....	16
2.1.5. FACTOR DE SEGURIDAD.....	18
2.1.5.1. MEDIDAS PARA ELEVAR EL COEFICIENTE DE SEGURIDAD....	19
2.1.5.2. FACTORES DE SEGURIDAD POR CORTE MÍNIMOS.....	19
2.1.5.3. MEDIDAS DE EMERGENCIA PARA TALUDES NO TRATADOS...21	
2.1.6. PROGRAMA DE COMPUTO GEO STUDIO 2012.....	21
2.1.7. SISTEMAS DE ESTABILIZACIÓN O REFUERZO CON MALLAS METÁLICAS.....	22
2.1.7.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	23
2.1.7.2. FUNCIONAMIENTO.....	24
2.2. HIPÓTESIS.....	25
2.3. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS.....	25
2.3.1. Variable Independiente.....	25
2.3.2. Variable Dependiente.....	25
<b>CAPÍTULO III. ....</b>	<b>26</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>26</b>

3.1. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN:.....	26
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA:.....	26
3.2.1. POBLACIÓN.....	26
3.2.2. MUESTRA.....	26
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES:.....	27
3.3.1. Variable Independiente:.....	27
3.3.2. Variable Dependiente:.....	28
3.4. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN:.....	29
3.5. PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS:.....	30
3.5.1. Plan de procesamiento de la Información.....	30
3.5.2. Plan de Análisis.....	30
<b>CAPÍTULO IV. ....</b>	<b>31</b>
<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>31</b>
4.1. RECOLECCIÓN DE DATOS: .....	31
4.1.1. Geometría y Condiciones del Talud.....	31
4.1.2. Propiedades Físicas.....	32
4.1.3. Propiedades Mecánicas.....	35
4.1.4. Aplicación del programa GeoStudio 2012 para la determinación del factor de seguridad en la determinación del método de estabilización de taludes.....	37
4.1.4.1. Ingreso al Programa.....	37
4.1.4.2. Análisis.....	37
4.1.4.3. Configurar entorno de trabajo.....	39
4.1.4.4. Datos de ingreso – Dimensiones del talud.....	41
4.1.4.5. Radio y cuadrícula en superficie de deslizamiento.....	43
4.1.4.6. Etiquetas y descripción.....	44
4.1.4.7. Ejecución de cálculos.....	45
4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS:.....	46
4.2.1. Aplicación del Sistema de Malla Metálica.....	47
4.2.1.1. Asignar cargas de reforzamiento en el programa GeoStudio.....	49
4.2.1.2. Ejecución de Cálculos.....	50
4.2.1.3. Resultados y Gráficos.....	51
4.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS:.....	56

<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>57</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>57</b>
5.1. CONCLUSIONES: .....	57
5.2. RECOMENDACIONES:.....	58
<b>MATERIALES DE REFERENCIA.....</b>	<b>59</b>
<b>1. BIBLIOGRAFIA:.....</b>	<b>59</b>
<b>2. ANEXOS:.....</b>	<b>61</b>
<b>2.1 TABLAS DE ENSAYOS DE LABORATORIO.....</b>	<b>61</b>
<b>2.2 ARCHIVO FOTOGRÁFICO.....</b>	<b>70</b>

## **ÍNDICE DE GRAFICOS, TABLAS Y FOTOGRAFÍAS**

### **GRÁFICOS**

Gráfico 1. Nomenclatura de taludes y laderas.....	8
Gráfico 2. Partes generales de un talud o ladera.....	8
Gráfico 3. Equilibrio límite con el método de Fellenius:.....	13
Gráfico 4. Equilibrio límite con el método de Bishop:.....	15
Gráfico 5. Malla de triple torsión para taludes.....	22
Gráfico 6. Distribución y abertura de malla entrelazada: .....	23
Gráfico 7. Geometría del talud, Vía Ecológica – Santa Rosa.....	32
Gráfico 8. Análisis granulométrico.....	33
Gráfico 9. Curvas Esfuerzos vs Deformación, Ensayo Triaxial.....	35
Gráfico 10. Envolvente de Mohr, Esfuerzos totales.....	36
Gráfico 11. Ingreso a Programa GeoStudio 2012.....	37
Gráfico 12. Selección de análisis – Método Ordinario.....	37
Gráfico 13. Superficie de deslizamiento.....	38
Gráfico 14. Ingreso parámetros de dovelas.....	38
Gráfico 15. Configuración página de trabajo .....	39
Gráfico 16. Configuración de Unidades y Escala.....	39
Gráfico 17. Definición de Ejes .....	40
Gráfico 18. Ingreso de materiales para cada estrato.....	40

Gráfico 19. Geometría y características de los estratos del talud.....	41
Gráfico 20. Ingreso de puntos de contorno del talud.....	42
Gráfico 21. Ingreso de puntos de contorno del talud.....	42
Gráfico 22. Asignación de materiales a cada estrato.....	43
Gráfico 23. Radio de la superficie de deslizamiento.....	43
Gráfico 24. Cuadrícula de localización de centro de círculo crítico.....	44
Gráfico 25. Etiquetas de texto con características de suelo.....	44
Gráfico 26. Resultados de cálculos, Factor de Seguridad Crítico.....	45
Gráfico 27. Fuerzas actuantes en cada dovela.....	45
Gráfico 28. Mecanismos de interacción malla- terreno.....	48
Gráfico 29. Fuerzas actuantes en cada dovela.....	49
Gráfico 30. Nuevo Factor de Seguridad con reforzamiento.....	50
Gráfico 31. Fuerzas actuantes en cada dovela.....	50
Gráfico 32. Resultados gráficos Distancia vs Propiedades mecánicas.....	51
Gráfico 33. Fuerzas actuantes en cada dovela (sin Refuerzo).....	53
Gráfico 34. Fuerzas actuantes en cada dovela (Refuerzo malla metálica).....	55
Gráfico 35. Ensayo de Granulometría y Contenido de Humedad- Material 1.....	61
Gráfico 36. Ensayo de Granulometría y Contenido de Humedad- Material 2.....	62
Gráfico 37. Ensayo de Granulometría y Contenido de Humedad- Material 3.....	63
Gráfico 38. Ensayo de Compresión Triaxial – Muestra 1.....	64
Gráfico 39. Ensayo de Compresión Triaxial – Muestra 1.....	65
Gráfico 40. Ensayo de Compresión Triaxial – Muestra 2.....	66
Gráfico 41. Ensayo de Compresión Triaxial – Muestra 2.....	67
Gráfico 42. Ensayo de Compresión Triaxial – Muestra 3.....	68
Gráfico 43. Ensayo de Compresión Triaxial – Muestra 3.....	69

## **TABLAS**

Tabla 1: Sistemas de protección y refuerzo de taludes.....	13
Tabla 2. Métodos de análisis universales.....	18
Tabla 3: Factores de seguridad por corte mínimos.....	20
Tabla 4. Propiedades mecánicas del alambre galvanizado.....	23

Tabla 5. Propiedades mecánicas del alambre galvanizado.....	24
Tabla 6. Cuadro de la Variable Independiente:.....	27
Tabla 7. Cuadro de la Variable Dependiente:.....	28
Tabla 8. Cuadro de Preguntas para la Recolección de Información:.....	29
Tabla 9. Resumen de la clasificación y propiedades físicas de las muestras:.....	32
Tabla 10. Identificación de los suelos mediante el SUCS:.....	34
Tabla 11. Clasificación de los suelos mediante el SUCS:.....	34
Tabla 12. Cuadro resumen, Resultados ensayo de compresión triaxial:.....	36
Tabla 13. Puntos de contorno - Perfil del talud:.....	41
Tabla 14. Resultados generales:.....	46
Tabla 15. Características malla metálica – Triple torsión:.....	48
Tabla 16. Resultados generales con refuerzo malla metálica.....	50
Tabla 17. Resultados por dovelas- Sin Refuerzo – Método Fellenius.....	52
Tabla 18. Resultados por dovelas- Con refuerzo malla metálica – Método Fellenius....	54

## **FOTOGRAFÍAS**

Fotografía N° 1. Condición actual del talud, Vía Ecológica – Santa Rosa:.....	31
Fotografía N° 2. Perfil del talud Abscisa 3+500:.....	70
Fotografía N° 3 Toma de muestra inalterada 1 para ensayo Triaxial:.....	70
Fotografía N° 4 Muestra inalterada 1:.....	70
Fotografía N° 5 Toma de muestra 1 para propiedades de suelo:.....	71
Fotografía N° 6 Toma de muestra inalterada 2 para ensayo Triaxial:.....	71
Fotografía N° 7 Toma de muestra 2 para propiedades de suelo:.....	71
Fotografía N° 8 Toma de muestra inalterada 3 para ensayo Triaxial:.....	72
Fotografía N° 9 Toma de muestra 3 para propiedades de suelo:.....	72
Fotografía N° 10 Bloque #3 para ensayo triaxial:.....	72
Fotografía N° 11 Bloques inalterados para ensayo Triaxial:.....	72
Fotografía N° 12 Muestras para ensayo de propiedades físicas:.....	73
Fotografía N° 13 Ensayo de Granulometría:.....	73
Fotografía N° 14 Ensayo de Granulometría:.....	74
Fotografía N° 15 Contenido de Humedad:.....	74
Fotografía N° 16 Contenido de Humedad:.....	74

## RESUMEN EJECUTIVO

**TEMA:** “ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE TALUDES CON MALLAS METÁLICAS EN LA VÍA ECOLÓGICA SANTA ROSA KM 3+500 DEL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

**AUTOR:** José Luis Palate Bombón

**TUTOR:** Ing. M. Sc. Lorena Pérez

El presente proyecto experimental de investigación tiene como objetivo analizar el método de estabilización de taludes con malla metálica para suelos areno-limosos con pendientes que fluctúen entre 60 y 90 grados, para lo cual fue necesario identificar las características principales de los tipos de suelos encontrados en el talud de la vía Ecológica Santa Rosa Km 3+500, y así mediante el método de estabilización de Fellenius determinar el factor de seguridad que es el principal indicador de la inestabilidad y condición en la que se encuentra el talud en estudio.

Para conocer profundamente las características físicas y mecánicas de los suelos se realizó la investigación de campo mediante observación, evaluación y toma de muestras de los diferentes tipos de suelos a fin someterlas a ensayos de laboratorio cuyos resultados proporcionaron los parámetros para el diseño de taludes.

Para la evaluación de la estabilidad aplicando el método Ordinario o de Fellenius se utilizó el programa GSLOPE en el que se consideró los parámetros físicos y mecánicos de los suelos asumiendo que el talud es homogéneo. El programa proporcionó datos y gráficas del Factor de seguridad crítico y la superficie de deslizamiento. Se analizó las cargas de reforzamiento y anclaje con las que trabaja un sistema flexible; con la cual se implementó al programa, obteniendo así un nuevo y mayor valor del factor de seguridad que permitió determinar que dicho sistema aumenta y ayuda considerablemente a la estabilidad del talud en estudio.

## **ABSTRACT**

The objective of this experimental research project is to analyze the slope stabilization method with metal mesh for sandy loam soils with slopes that fluctuate between 60 and 90 degrees, for which it was necessary to identify the main characteristics of the soil types found in the slope of the Santa Rosa Ecological Way Km 3 + 500, and thus by the Fellenius stabilization method determine the safety factor that is the main indicator of the instability and condition in which the slope under study is located.

In order to deeply understand the physical and mechanical characteristics of the soils, field research was carried out by observing, evaluating and taking samples of the different soil types in order to submit them to laboratory tests whose results provided the parameters for the design of slopes.

For the evaluation of the stability applying the Ordinary or Fellenius method, the GSLOPE program was used in which the physical and mechanical parameters of the soils were considered assuming that the slope is homogeneous. The program provided data and graphs of the Critical Safety Factor and the slip surface. The reinforcing and anchoring loads with which a flexible system works were analyzed; with which the program was implemented, thus obtaining a new and greater value of the safety factor that allowed to determine that this system increases and helps considerably the stability of the slope under study.

## **CAPÍTULO I**

### **ANTECEDENTES**

#### **1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL**

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE TALUDES CON MALLAS METÁLICAS EN LA VÍA ECOLÓGICA SANTA ROSA KM 3+500 DEL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA

#### **1.2 ANTECEDENTES**

Los antecedentes investigativos en torno al tema son:

En el perfil del proyecto de graduación en la carrera de Ingeniería Civil realizado por la Srta. Sandra Narcisa Rojas Paz, en el año 2015, bajo el tema: “El cálculo del factor de seguridad como elemento principal para el diseño de obras de estabilización de taludes en la vía Latacunga – La Maná sector Cruz Blanca”, se presentan como soluciones emplear un talud de corte utilizando una inclinación 0.75H: 1.00V para que el factor de seguridad aumente, así como estimular la siembra de especies vegetales nativas en las paredes de los taludes.

En la tesis de Maestría elaborada por el Ing. Vicente Ulpiano Revelo Burgos, en el año 2008 bajo el tema “Modelo para la estabilización de taludes en las carreteras del Subtrópico del Noroccidente del Ecuador a fin de evitar accidentes de tránsito y disminuir los costos de operación vehicular”. Se propone como una solución la colocación de mallas metálicas ancladas tipo TECCO G-65.

En el perfil del proyecto realizado por el Sr. Néstor Basantes Romero, en el año 2006, bajo el tema “Análisis y solución de la vía Paso lateral de la ciudad de Ambato”. Se propone la utilización de geotextiles como posible solución a la inestabilidad de taludes.



### 1.3 JUSTIFICACIÓN

Las intervenciones no invasivas en el medio ambiente han cobrado relevancia en las últimas décadas en los países desarrollados, vinculando profesionales que conforman grupos multidisciplinarios de estudio frente a problemáticas consideradas corrientes en años pasados, por ejemplo la construcción de un camino. Los impactos negativos de las intervenciones en el suelo cuando se realizan construcciones viales son: Daño superficial provocado por erosión y la inestabilidad del talud. La necesidad de optimizar la interacción de técnicas de control de erosión y de estabilización ha llevado a crear nuevas líneas investigativas, en busca de bases sólidas que permitan elegir soluciones sustentables desde el punto de vista técnico, económico y armónico al entorno, que protejan el talud de ambos aspectos negativos. [1]

Las carreteras del Ecuador generalmente sufren continuas interrupciones de tráfico debido a los deslizamientos de laderas y taludes, sea por un defectuoso diseño de los mismos o por un inadecuado y oportuno mantenimiento. El problema se agrava en las zonas donde las condiciones climáticas son rigurosas y las características de los suelos poco favorables a su estabilidad. Este fenómeno obliga a la necesidad de realizar costosas reconstrucciones luego de haber sufrido numerosas y periódicas interrupciones de tráfico, accidentes graves y el consecuente incremento económico en la operación vehicular. Una rehabilitación o mantenimiento puede llegar a ser más costosa que la construcción de taludes perfectamente estudiados y diseñados. [2]

En la actualidad se trata de comparar técnicas nuevas, soluciones de estabilización, con las tradicionales, que no se suelen adoptar en la conservación de taludes. La innovación consiste esencialmente en aportar un sistema de ensayo de materiales, con los que se pueda conservar los taludes de carreteras y de obra civil en general, de forma más eficaz, técnica y económicamente, que las que se aplican actualmente. [3]

El modelo más común para la estabilización en taludes es un diseño adecuado de la geometría del talud, sin embargo los suelos en su mayoría son anisótropos y no es suficiente este diseño para evitar deslizamientos, por lo que adicionalmente al diseño del talud se presentan alternativas. [3]

En el país se ha manejado la protección y mantenimiento de taludes con métodos convencionales pero los problemas de estabilización, erosión y deslizamiento continúan, por lo cual se trata de investigar nuevos métodos para el control a estos problemas.

Para la estabilización se propone una opción denominada sistema flexible que constituye una técnica superficial compuesta principalmente por una malla metálica, cables y pernos anclados al terreno. La técnica es ampliamente extendida debida al bajo impacto visual y su mínima influencia sobre el tráfico durante su instalación. [4]

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 General**

Analizar el método de estabilización de taludes con malla metálica para suelos areno-limosos con pendientes que fluctúen entre 60 y 90 grados.

### **1.4.2 Específicos**

- Determinar las propiedades del suelo: densidad , ángulo de fricción y cohesión.
- Obtener el factor de seguridad del talud por el método de Fellenius, aplicando el programa GeoStudio 2012 (versión Estudiante).
- Determinar el nuevo factor de seguridad con la implementación del método de estabilización planteado.
- Analizar las ventajas del uso de la malla metálica en la estabilización de taludes y las zonas posibles para su implementación

## **CAPÍTULO II.**

### **FUNDAMENTACIÓN**

#### **2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

##### **2.1.1. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN**

###### **2.1.1.1. DE CAMPO**

Se realiza observación directa de la estratigrafía y se toma muestras alteradas e inalteradas con el fin de efectuar ensayos de laboratorio.

###### **2.1.1.2. DE LABORATORIO**

Con el fin de determinar las características físicas y mecánicas de los suelos y analizar la estabilidad de los taludes se efectúan los siguientes ensayos de laboratorio:

- Contenido de Humedad
- Granulometría
- Densidad
- Compresión Triaxial

##### **2.1.2. ENSAYOS**

###### **2.1.2.1 Contenido de Humedad**

Norma AASHTO T 265 , INEN 690 , ASTM D2216 – 10

El contenido de humedad es la cantidad de agua que se encuentra en un material, la importancia de esta propiedad del suelo se representa junto con la cantidad de aire, son dos grandes características que explican el comportamiento de un terreno, pueden ser los cambios de volumen, cohesión, estabilidad [5].

El análisis para determinar el contenido de humedad se realiza en laboratorio, mediante el secado de la muestra en un horno, donde la relación es expresada en porcentaje entre el peso del agua y el peso de las partículas sólidas de una masa [6].

### **2.1.2.2 Granulometría**

Norma INEN 696

El estudio de la granulometría determina el tamaño de las partículas y mide la importancia que tiene dependiendo de la fracción de suelo que representa, se pueden encontrar gravas, arenas, limos y arcillas [5]

La granulometría tiene como finalidad obtener la distribución por tamaño de las partículas en una muestra de suelo, de esta manera se clasifica en el sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) [7]. El análisis granulométrico por tamizado se enfoca en la separación del suelo ordenando los tamices de mayor a menor abertura, se calcula analíticamente mediante tablas los porcentajes retenidos por cada tamiz y mediante una gráfica se expresa una curva representada en un papel denominado "log-normal" el cual tiene en el eje horizontal una escala logarítmica y en el eje vertical una escala natural [5].

### **2.1.2.3 Densidad**

ASTM C 128 - 01

Se define como densidad de un suelo la relación entre el peso del sólido y el peso del volumen de agua que desaloja. Este método de ensayo determina la densidad promedio de una cantidad de partículas de aridos finos que se sumergen en agua durante 24 horas hasta llenar los poros, los valores de absorción se utilizan para calcular el cambio de masa de un árido debido al agua absorbida en los poros dentro de las partículas constituyentes, comparados con la condición seca. [5].

### **2.1.2.4 Compresión Triaxial**

ASTM D 2850 - 95

La prueba de ensayo triaxial es uno de los métodos más confiables para determinar los parámetros de la resistencia al cortante. El esfuerzo cortante de un suelo se ha definido como la última o máxima resistencia que el suelo puede soportar. Específicamente, se ha expresado como la resistencia interna que ofrece la masa de

suelo por área unitaria para resistir la falla al deslizamiento a lo largo de cualquier plano dentro de él. [8]

Los suelos al fallar al corte se comportan de acuerdo a las teorías tradicionales de fricción y cohesión, según la ecuación generalizada de Coulomb: [8]

$$\tau = c' + (\sigma - \mu) \text{ Tan } \varphi'$$

Donde:

$\tau$  = Esfuerzo de resistencia al corte

$c'$  = Cohesión

$\sigma$  = Esfuerzo normal total

$\mu$  = Presión del agua intersticial o de poros

$\varphi'$  = Angulo de fricción interna del material

El análisis de la ecuación de Coulomb requiere predefinir los parámetros, ángulo de fricción y cohesión, los cuales se consideran como propiedades intrínsecas del suelo.[8]

#### **2.1.2.4.1 Angulo de Fricción**

El ángulo de fricción es la representación matemática del coeficiente de rozamiento, el cual es un concepto básico de la física: [8]

Coeficiente de rozamiento =  $\text{Tan } \varphi$

El ángulo de fricción depende de varios factores , entre ellos algunos de los más importantes son: [8]

- Tamaño de los granos
- Forma de los granos
- Distribución de los tamaños de granos
- Densidad

#### **2.1.2.4.2 Cohesión**

La cohesión es una medida de la cementación o adherencia entre las partículas de suelo. La cohesión en mecánica de suelos es utilizada para representar la resistencia al cortante producida por la cementación. [6]

En suelos eminentemente granulares en los cuales no existe ningún tipo de cementante o material que pueda producir adherencia, la cohesión se supone igual a 0 y a estos suelos se les denomina Suelos no Cohesivos. [6]

#### **2.1.3. ESTABILIDAD DE TALUDES**

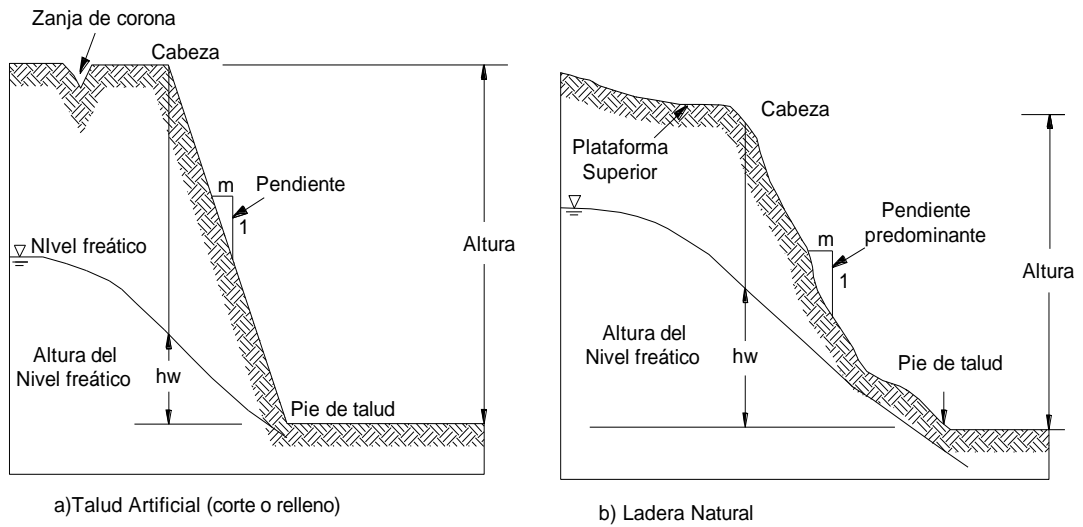
Problemas que muy a menudo se necesita resolver es el correspondiente a los fenómenos de inestabilidad de taludes en cortes y terraplenes. Un talud de tierra no se puede considerar estable indefinidamente, porque tarde o temprano la estabilidad que puede presentar se pierde debido a los agentes naturales tales como las presiones hidrostáticas, el intemperismo y erosión. [9]

Los taludes se dividen en naturales o artificiales, el primer término se refiere a las laderas que aunque han permanecido estables por varios años, pueden fallar debido a los cambios en la topografía, sismicidad, circulación de agua subterránea, cambios en la resistencia del suelo, meteorización o factores de tipo antrópico o natural que modifiquen su estado natural de estabilidad. [9]

Un aumento temporal de cargas, la reducción de la resistencia del suelo o una redistribución desfavorable de esfuerzos son causas que contribuyen de una u otra manera a que el talud busque su posición más estable. La estabilidad de los parámetros de un corte se confía a la resistencia propia del material que los forma y al valor soportante del suelo subyacente al pie del talud. [9]

##### **2.1.3.1 TALUD**

Un talud o ladera es una masa de tierra que no es plana sino que presenta una pendiente o cambios significativos de altura. En la literatura técnica se define como “ladera” cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y “talud” cuando se conformó artificialmente. [9]

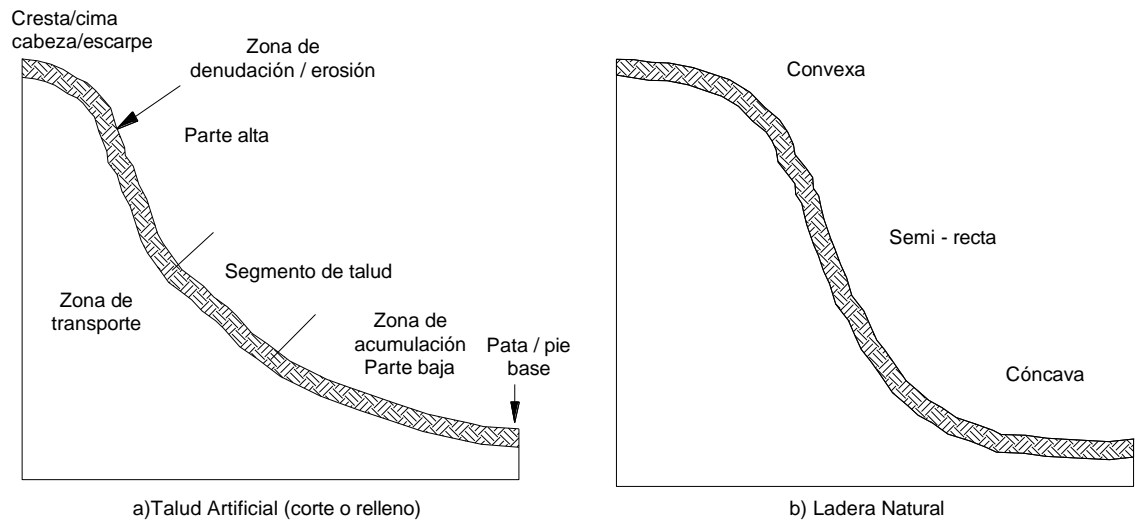


**Gráfico 1:** Nomenclatura de taludes y laderas.

**Fuente:** SUÁREZ, Jaime, Análisis Geotécnico

### 2.1.3.1.1 PARTES DE UN TALUD

Existen algunos términos para definir las partes de un talud. El talud comprende una parte alta o superior convexa con una cabeza, cima, cresta o escarpe, donde se presentan procesos de erosión; una parte intermedia semi-recta y una parte baja o inferior cóncava con un pie, pata o base, en la cual ocurren principalmente procesos de caída de material del talud. [9]



**Gráfico 2:** Partes generales de un talud o ladera.

**Fuente:** SUÁREZ, Jaime, Análisis Geotécnico

## **PIE, PATA O BASE**

El pie corresponde al sitio de cambio brusco de la pendiente en la parte inferior del talud o ladera. La forma del pie de una ladera es generalmente cóncava. [9]

## **CABEZA, CRESTA, CIMA O ESCARPE**

Cabeza se refiere al sitio de cambio brusco de la pendiente en la parte superior del talud o ladera. Cuando la pendiente de este punto hacia abajo es semi-vertical o de alta pendiente, se le denomina “escarpe”. Los escarpes pueden coincidir con coronas de deslizamientos. La forma de la cabeza generalmente es convexa. [9]

## **ALTURA**

Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza, la cual se presenta claramente definida en taludes artificiales, pero es complicada de cuantificar en las laderas debido a que el pie y la cabeza generalmente no son accidentes topográficos bien marcados. [9]

## **ALTURA DE NIVEL FREÁTICO**

Es la distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua (la presión en el agua es igual a la presión atmosférica). La altura del nivel freático se acostumbra medirla debajo de la cabeza del talud. [9]

## **PENDIENTE**

Es la medida de la inclinación de la superficie del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación m:1, en la cual m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical. Ejemplo:  $45^\circ = 100\% = 1H:1V$ . [9]

Los suelos o rocas más resistentes generalmente forman laderas de mayor pendiente y los materiales de baja resistencia o blandos, tienden a formar laderas de baja pendiente.

También existen otros factores topográficos en los taludes, los cuales se requiere definir, tales como: longitud, convexidad (vertical), curvatura (horizontal) y área de la cuenca de drenaje, los cuales pueden tener influencia sobre el comportamiento geotécnico del talud. [10]



### **2.1.3.2 TIPOS DE FALLA MÁS COMUNES.**

#### **Falla por Deslizamiento Superficial.**

Cualquier talud está sujeto a fuerzas naturales las mismas que pueden causar un deslizamiento en sus porciones de suelo, volviéndose más grave en la superficie inclinada del mismo a causa de la falta de presión normal confinante que allí existe. La inestabilidad puede producirse por un aumento en las cargas actuantes en la corona del talud, por una disminución en la resistencia del suelo al esfuerzo cortante.[11]

#### **Deslizamiento en Laderas Naturales sobre Superficies de Falla Preexistentes.**

Producido por un proceso de deformación bajo esfuerzos cortantes en partes más profundas, que llega muchas veces a producir una superficie de falla. Estos movimientos producidos por una estratigrafía favorable al proceso o flujos de agua en su interior son tan lentos que pueden pasar inadvertidos, hasta que el ingeniero intervenga en la zona, si los movimientos se aceleran se puede producir un deslizamiento de tierras. [11]

#### **Falla por movimiento del Cuerpo de Talud.**

Iniciando con el movimiento superficial lento se puede producir uno tan brusco que puede afectar a gran masa del suelo, afectando a todo el cuerpo del talud. Se lo conoce también con el nombre de deslizamiento de tierras. Existen las fallas por rotación que define una superficie curva a lo largo de la cual ocurre el movimiento del talud y las fallas por traslación que ocurren a lo largo de las superficies débiles.[12]

#### **Flujos.**

Consiste en los movimientos más o menos rápidos de zonas localizadas en una ladera natural, de manera que el movimiento asemeja el fluir de un líquido viscoso. Estas fallas pueden suceder en materiales secos y húmedos. [12]

### **Fallas por Erosión.**

Fallas de tipo superficial provocadas por arrastres de viento, agua, etc., en los taludes. Esta falla será más notoria cuanto más empinadas sean las laderas del talud. Una manifestación típica suele ser la aparición de irregularidades en el talud, originalmente uniforme. [12]

### **Falla por Licuación.**

Ocurre cuando en la zona de deslizamiento el suelo pasa de una condición firme a la correspondiente a una suspensión, con una pérdida considerable de resistencia al esfuerzo cortante. El fenómeno se puede dar en arcillas como en arenas poco compactadas. [12]

### **2.1.3.3 FACTORES QUE PRODUCEN FALLAS DE ESTABILIDAD**

Con frecuencia las propias manipulaciones de ingeniero pueden ser fuente de graves problemas de estabilidad de taludes; la lista que se proporciona a continuación es una reseña de los procesos constructivos que comúnmente causan problemas: [11]

- a) Modificación de las condiciones naturales de flujo interno de agua al colocar rellenos o hacer zanjas o excavaciones.
- b) Sobrecarga de estratos débiles por rellenos, a veces de desperdicios.
- c) Sobrecarga de terrenos con planos de estratificación desfavorables por relleno.
- d) Remoción, por corte, de algún estrato delgado de material permeable que funcionará como un manto natural drenante de estratos de arcilla suave.
- e) Aumento de presiones de filtración u orientación desfavorables de fuerzas de filtración al producir cambios en la dirección del flujo interno de agua, por haber practicado cortes o construido rellenos.
- f) Exposición al aire y al agua, por corte, de arcillas duras fisuradas.
- g) Remoción de capas superficiales de suelo por corte, lo que puede causar el deslizamiento de capas del mismo estrato ladera arriba, sobre mantos subyacentes de suelo más duro o roca.

- h) Incremento de cargas hidrostáticas o niveles piezómetros bajo la superficie de un corte al cubrir la cama del mismo con una capa impermeable.

#### **2.1.3.4 MEDIDAS DE PROTECCIÓN SUPERFICIAL**

Estas medidas están encaminadas a:

- Eliminar el problema de caídas de rocas.
- Aumentar la seguridad del talud frente a roturas superficiales.
- Evitar o reducir la erosión y la meteorización en el frente del talud.
- Evitar la entrada de agua de escorrentía.

Las actuaciones más frecuentes consisten en:

- Instalación de mallas metálicas.
- Gunitado de taludes (Hormigón proyectado a presión)
- Construcción de muros de revestimiento a pie del talud.
- Implantación de materiales geotextiles.
- Impermeabilización.
- Siembra de especies que contribuyen a reforzar el terreno superficial en taludes excavados en suelos.

#### **2.1.3.5 SISTEMAS DE PROTECCIÓN Y REFUERZO**

Los métodos empleados para la corrección de posibles inestabilidades de taludes en suelos se pueden agrupar de forma genérica en dos, por un lado los métodos de protección, y por otro los de estabilización o refuerzo.

La principal diferencia entre ambos se centra en que los primeros tratan de evitar que se desarrollen posibles fenómenos de alteración de la zona superficial del talud, lo que puede dar lugar a inestabilidades; mientras que los métodos de refuerzo y estabilización se caracterizan por actuar de forma activa en el caso de que se produzcan dichos fenómenos. [13]

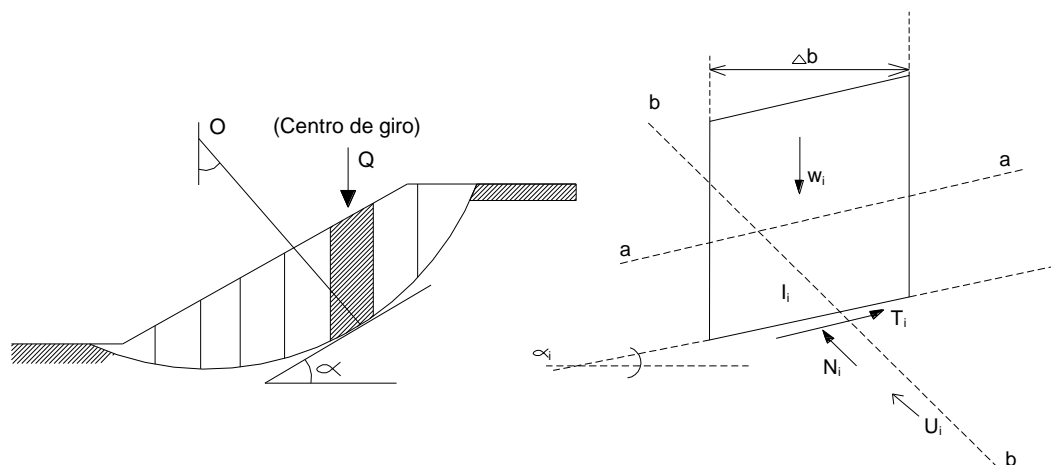
Sistemas de protección y refuerzo	Condición	Material empleado	Efecto en el talud
Vegetación	Superficie desprotegida	Hierba, arbustos	Atenuación del viento y las lluvias
Mallas metálicas ancladas	Coluvión y rocas fracturadas	Mallas metálicas	Estabilización y refuerzo superficial
Hormigón proyectado	Suelos inestables	Hormigón y mallas metálicas	Estabilización
Geotextil	Superficie desprotegida	Malla de prolipropileno	Atenuación del viento y las lluvias
Malla de contención sobre vegetación	Suelos inestables	Geomallas y hierba	Estabilización y refuerzo

**Tabla 1.** Sistemas de protección y refuerzo de taludes  
**Fuente:** REVELO, Vicente. Modelo para la estabilización de taludes, 2008

## 2.1.4 MÉTODOS DE ANÁLISIS

### 2.1.4.1 MÉTODO DE FELLENIUS

Conocido también como método de las dovelas, este método supone superficies de falla circulares, divide el área de falla en tajadas verticales obtiene las fuerzas actuantes y resultantes para cada tajada y con la sumatoria de estas fuerzas se obtiene el factor de seguridad. El equilibrio de una faja se analiza con la Gráfico 3, donde los espesores de las fajas son de 1 m convirtiéndose entonces en un problema bidimensional. Para este análisis se proyectan las fuerzas actuantes sobre un eje tangente a la base de la faja (a-a), y otro perpendicular (b-b). [9]



**Gráfico 3:** Equilibrio límite con el método de Fellenius  
**Fuente:** SUÁREZ, Jaime. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales.

Cabe recordar que la dificultad en los métodos de análisis consiste en evaluar la presión neutra. Se supone que las fuerzas sobre las caras de cualquier faja tienen resultante nula sobre el eje b-b. La resultante de todas las fuerzas laterales actúa sobre el eje a-a. Si se parte de la definición de FS y se lo escribe en forma algebraica, se genera la ecuación: [9]

$$F = \frac{\text{RESISTENCIA AL CORTE DISPONIBLE}}{\text{RESISTENCIA AL CORTE MOVILIZADA}}$$

$$F = \frac{\Sigma(c' * I_i + N_i * \text{tg } \phi')}{\Sigma W_i * \text{sen } \alpha_i}$$

El equilibrio de la faja  $W_i$  puede escribirse como:

$$W_i * \cos \alpha_i = N_i + U_i \quad \longrightarrow \quad N_i = W_i * \cos \alpha_i - U_i$$

En donde:

$W_i$  = peso total de cada tajada

$\alpha_i$  = ángulo del radio del círculo de falla con la vertical bajo el centroide en cada tajada

$\phi'$  = ángulo de fricción interna del suelo ;  $c'$  = cohesión

$N_i$  = fuerza normal de la superficie de falla

$U_i$  = longitud del plano de falla ;  $I_i$  = superficie de falla

#### 2.1.4.2 MÉTODO DE BISHOP

El método de cálculo que se desarrolla aquí se denomina simplificado, dado que se parte de una masa en equilibrio, donde se plantea la sumatoria de fuerzas proyectadas en un eje vertical: [14]

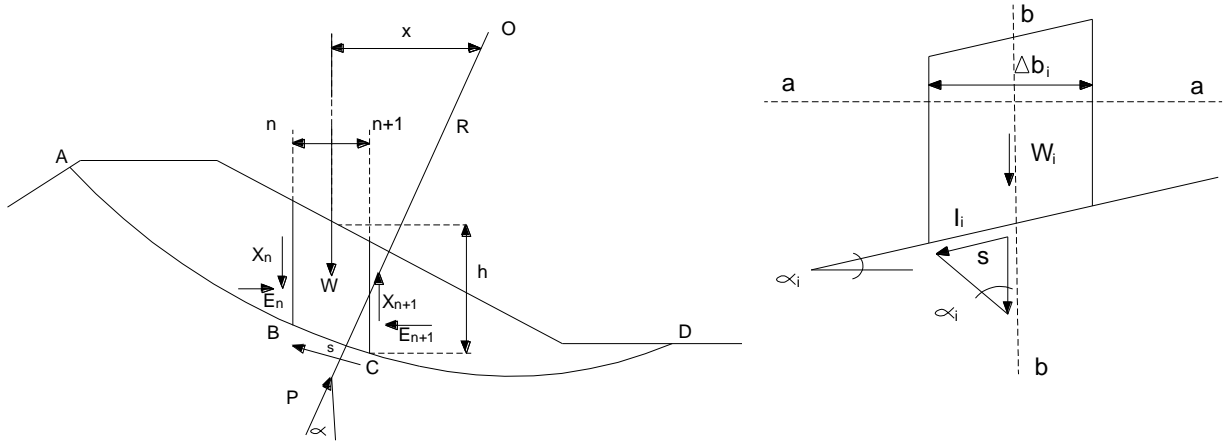
$$\Sigma (X_i - X_{i+1}) = 0$$

Y sumatoria de fuerzas proyectadas en un eje horizontal:

$$\Sigma (E_i - E_{i+1}) = 0$$

A fin de facilitar la demostración se toma el caso de un talud con una presión neutra  $u = 0$ , es decir, drenado o simplemente saturado. Este método contempla la proyección de las fuerzas sobre un eje vertical b-b, donde la resultante se considera nula. La resultante de las fuerzas laterales actúa sobre el eje horizontal a-a.[14]

Analizando la siguiente figura:



**Gráfico 4:** Equilibrio límite con el método de Bishop

**Fuente:** JUÁREZ BADILLO, RICO RODRÍGUEZ. Mecánica de suelos.

En donde:

$$\Delta b_i = I_i \cdot \cos \alpha_i \quad \text{por lo tanto} \quad I_i = \Delta b_i / \cos \alpha_i = \Delta b_i \cdot \sec \alpha_i$$

$$S = s_i \cdot I_i / F = W_i \cdot \sin \alpha_i$$

Por definición el FS es:

$$F = \frac{\sum S_i \cdot I_i}{\sum W_i \cdot \sin \alpha_i}$$

$S_i$  = Fuerza paralela a la superficie de falla

$W_i$  = Peso de deslave de la masa

$\alpha_i$  = ángulo del terreno

$I_i$  = superficie de falla

Incluye fuerzas normales entre tajadas en su análisis e ignora los esfuerzos cortantes entre las mismas. Este método satisface solo el equilibrio de momentos, una forma del factor de seguridad por este método es: [14]

$$F.S. = \frac{\sum (c'b + (W - ub) \cdot Tg \emptyset \cdot \frac{\sec}{1 + \frac{Tg \emptyset \cdot Tg \alpha}{F.S.}})}{\sum W \cdot \sin \alpha}$$

Donde:

b = ancho de la dovela

W= peso de cada dovela

$c'$  ,  $\emptyset$  = parámetros de resistencia del suelo

u=presión de poros en la base de cada dovela

$\alpha$ = ángulo del radio y la vertical en cada dovela

El hecho que el factor de seguridad aparece a los dos lados de la ecuación, esto quiere decir que la ecuación es no lineal y que una técnica iterativa se requiere para determinarlo.

#### **2.1.4.3 MÉTODO DE LAS DOVELAS O REBANADAS**

Este evalúa un talud homogéneo usando superficies de falla circulares. La masa potencial de falla se divide en rebanadas y su factor de seguridad se computa asumiendo que no hay fuerzas entre tajadas, haciendo la ecuación lineal. [14]

$$F.S. = \frac{(\sum C * L + \sum N * Tg\emptyset)}{\sum W * sen \alpha}$$

Donde:

W= Peso

$\alpha$ = Inclinación base de la tajada

L= Longitud de la base de la rebanada

C= Cohesión

N= W\*cos\* $\alpha$

#### **2.1.4.4 MÉTODO DE MORGENSTERN & PRICE**

Este método considera esfuerzos normales y cortantes entre tajadas, satisfaciendo equilibrio de fuerzas y de momentos.

El método de Morgenstern permite especificar diferentes tipos de fuerzas interactuantes. [15]

#### **2.1.4.5 MÉTODO DE JAMBÚ**

Formulando dos factores de seguridad una con respecto al equilibrio de momentos y otra con respecto al equilibrio de fuerzas. Este método incluye las fuerzas normales entre tajadas pero no los esfuerzos cortantes. El método simplificado de Jambú es

idéntico al método de Bishop excepto que satisface únicamente el equilibrio horizontal de fuerzas. [15]

MÉTODO	AÑO	SUPERFICIE DE FALLA	EQUILIBRIO	CARACTERÍSTICAS
FELLENIUS	1927	CIRCULAR	DE FUERZAS	Este método no tiene en cuenta las fuerzas entre las dovelas y no satisface equilibrio de fuerzas tanto para la masa deslizada como para dovelas individuales. Sin embargo, este método es muy usado por su procedimiento simple. Resulta muy impreciso para taludes planos con alta presión de poros. Arroja factores de seguridad bajos en círculos profundos.
BISHOP	1954	CIRCULAR	DE MOMENTOS	Asume que todas las fuerzas de corte entre dovelas son nulas. Reduce el número de incógnitas. La solución es indeterminada debido a que no se establece condiciones de equilibrio para una dovela. El cálculo se lleva a cabo buscando el equilibrio de momentos respecto al centro del arco circular.
MORGENSTERN Y PRICE	1965	CUALQUIER FORMA	MOMENTOS Y FUERZAS	Asume que las fuerzas laterales siguen un sistema predeterminado. El método es muy similar al método de Spencer con la diferencia que la inclinación de la resultante de las fuerzas entre dovelas se asume que varía de acuerdo a una función arbitraria
JAMBÚ	1968	CUALQUIER FORMA	DE FUERZAS	Al igual que Bishop asume que no hay fuerza de corte entre dovelas. Este método utiliza un factor de corrección para tener en cuenta este posible error. Los factores de seguridad son relativamente bajos.



SPENCER	1967	CUALQUIER FORMA	MOMENTOS Y FUERZAS	Asume que la inclinación de las fuerzas laterales son iguales para cada rebanada. Rigurosamente satisface el equilibrio estático asumiendo que la fuerza resultante entre rebanadas elementales tiene una inclinación constante pero desconocida.
ELEMENTOS FINITOS		CUALQUIER FORMA	ANALIZA ESFUERZOS Y DEFORMACIÓN	Satisface todas las condiciones de esfuerzo. Se obtienen esfuerzos y deformaciones en los nodos de los elementos. Pero no se obtiene un factor de seguridad.

**Tabla 2.** Métodos de análisis universales

**Fuente:** BOWLES, J. Manual de laboratorio de suelos en la ingeniería civil.

### 2.1.5 FACTOR DE SEGURIDAD

La estabilidad de los taludes se determina a través del factor de seguridad. Este factor expresa “la magnitud en que puede reducirse la Resistencia a cortante del suelo para que se produzca el deslizamiento a lo largo de la superficie de la falla más desfavorable”. El factor de seguridad depende de: [16]

- La representatividad de los parámetros del material de la cimentación y del cuerpo del talud, obtenidos mediante investigación geotécnica, en función de los estados de carga que se necesiten estudiar al diseñar el talud.
- El método de análisis de estabilidad.
- La aproximación al asumir los valores de las presiones de poros y la forma de manipular éstas, al realizar el análisis de estabilidad.

Dado un talud con geometría establecida y propiedades de suelo definidas, se obtendrá un factor de seguridad mínimo ( $F_{mín}$ ), que expresa la magnitud de la reducción que deben experimentar los parámetros de resistencia a cortante del suelo, según el criterio de Coulomb ( $c$  y  $\tan(\phi)$ ), para alcanzar un estado de Equilibrio Límite. El factor de seguridad mínimo de todas las posibles superficies de falla debe cumplir la siguiente condición de diseño: [17]

$$F_{mín} \geq F_{norma}$$

En el diseño geotécnico se utiliza un Factor de Seguridad global que considera o agrupa todas las incertidumbres asociadas en el proceso de diseño, sin distinguir si éste es aplicado a la resistencia de los geomateriales o los efectos de las cargas. [16]

#### 2.1.5.1 MEDIDAS PARA ELEVAR EL COEFICIENTE DE SEGURIDAD

- **Tipo I.**- Las modificaciones favorables del perfil geométrico.
- **Tipo II.**- Las modificaciones que hacen disminuir las tensiones cortantes de deslizamiento, que actúan sobre la posible superficie de rotura.
- **Tipo III.**- Las modificaciones que tienden a incrementar la capacidad de resistencia del suelo a esfuerzo cortante a lo largo de la posible superficie de rotura. [17]

#### 2.1.5.2 FACTORES DE SEGURIDAD POR CORTE MÍNIMOS

En los análisis de estabilidad se define el Factor de Seguridad por corte  $FS_{corte}$ , como la relación entre esfuerzo cortante último resistente o esfuerzo cortante a la falla y esfuerzo cortante actuante. [18]

$$FS_{corte} = \frac{\tau_f}{\tau_a}$$

Donde:

$\tau_f$  = Esfuerzo cortante a la falla.

$\tau_a$  = Esfuerzo cortante actuante

La resistencia al corte se define como el máximo esfuerzo cortante que el suelo puede resistir. La resistencia del suelo está controlada por el esfuerzo efectivo, aunque la falla ocurra en condiciones drenadas o no drenadas.

El esfuerzo cortante a la falla  $\tau_f$  se expresa por medio del modelo de falla de materiales según la ley de Mohr-Coulomb. [18]

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

Donde:

$\tau_f$  = Esfuerzo cortante a la falla.

$c'$  = Cohesión efectiva.

$\phi'$  = Ángulo de fricción efectivo.

$\sigma'$  = Esfuerzo normal efectivo.

El esfuerzo normal efectivo es:  $\sigma - u$

Donde:

$\sigma$  = Esfuerzo normal total.

$u$  = Presión de fluidos o presión de poro.

Por lo tanto también se define el esfuerzo cortante actuante  $\tau_A$  como esfuerzo cortante de trabajo o de diseño  $\tau_D$ : [18]

$$\tau_A = c' + \sigma' \tan \phi' / FS_{corte}$$

Donde:

$FS_{corte}$  = Factor de seguridad por corte

$\tau_A$  = Esfuerzo cortante actuante

$\sigma'$  = Esfuerzo normal efectivo

$c'$  = Cohesión efectiva

Condición	Fs corte Mínimo	
	Diseño	Construcción
Carga Muerta + Carga Viva Nominal	1,5	1,25
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	1,25	1,1
Carga Muerta + Carga Viva Nominal + Sismo de diseño Pseudo estático	1,1	1,00*
Taludes - condición estática y Agua Subterránea Normal	1,5	1,25
Taludes - condición pseudo estática con agua Subterránea Normal y Coeficiente Sísmico de diseño	1,05	1,00*

**Tabla 3.** Factores de seguridad por corte mínimos

**Fuente:** NEC-SE-GC

(\*) La demanda sísmica para los análisis pseudo estáticos será del 60% de la aceleración máxima en el terreno. [18]

Se considera que un talud está en el punto de falla cuando el factor de seguridad es igual a uno o la resistencia al corte del suelo disponible equilibra exactamente el esfuerzo cortante inducido por la gravedad. Un talud tiene fuerza de reserva cuando  $FS > 1$ . En general, la probabilidad de falla disminuye a medida que aumenta el factor de seguridad. [19]

### **2.1.5.3 MEDIDAS DE EMERGENCIA PARA TALUDES NO TRATADOS**

Los bloques sueltos peligrosos o el suelo suelto de un talud deben removerse primero. Sin embargo, ya que su remoción es difícil, en muchos casos deben tomarse las siguientes medidas: [20]

- Primero, los bloques y suelos sueltos que pueden caer deben sujetarse por los métodos de albañilería seca o húmeda en un lugar seguro del talud, o deben fijarse al talud mediante concreto o anclaje.
- En segundo lugar se instalan mallas o vallas de prevención de caída de rocas, para prevenir el daño al tráfico en el caso que caigan las rocas.
- En tercer lugar si no son apropiadas las medidas indicadas anteriormente, pueden instalarse los cobertizos.

Aunque las dos últimas medidas serán efectivas contra las fallas de sedimentos, también se emplea la re excavación de los taludes para obtener un gradiente estable del talud o el empleo de trabajos de protección con estructuras para estabilizar la parte principal del talud. [20]

### **2.1.6 PROGRAMA DE COMPUTO GEO STUDIO 2012**

El programa Geo Studio está diseñado especialmente para el análisis de estabilidad de taludes. Se basa, principalmente, en el uso del método de equilibrio límite y permite modelar suelos homogéneos y estratificados, con superficies geométricas complejas. El software permite analizar la estabilidad del talud bajo diferentes modelos, tales como los propuestos por Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer y Morgenstem -Price, entre otros. El comportamiento de los materiales es modelado bajo el criterio de Hoek y Brmvn, para el caso de rocas; mientras que, en el caso de suelos, se puede considerar el criterio de Mohr – Coulomb. [21]

Una vez efectuados los cálculos, el programa entrega las distintas superficies de rotura analizadas, factor de seguridad crítico, la superficie de falla más desfavorable, la distribución de las dovelas consideradas dentro de la masa deslizante y los diagramas de cuerpo libre para cada una de las dovelas dentro de la superficie de falla estudiada, entre otros resultados. [21]

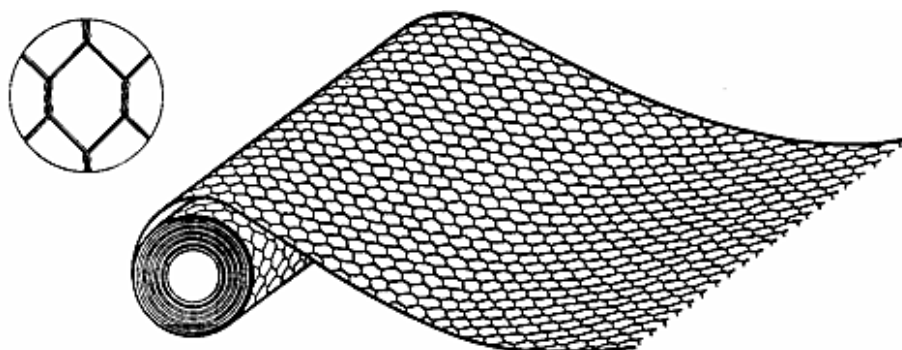
### 2.1.7 SISTEMAS DE ESTABILIZACIÓN O REFUERZO CON MALLAS METÁLICAS

Hace unos años se ha comenzado a emplear sistemas cuya misión es la estabilización y refuerzo superficial del talud, es decir, no se trata de elementos con misión principal de protección, sino que se trata de ejercer un efecto estabilizador en la zona superficial del talud.

Se trata de elementos flexibles (mallas metálicas) anclados al talud y que son capaces de soportar tensiones elevadas. La misión de estos elementos es la de contención del terreno de la superficie sometida a erosión, filtración, etc., produciendo una mejora con respecto a posibles inestabilidades superficiales en el talud. [22]

La forma de trabajo de estos sistemas se basa en el efecto que producen sobre el talud que consiste básicamente en la transmisión de una presión sobre su paramento. En algunos casos la forma de funcionamiento de estos sistemas es activa, es decir, los anclajes empleados se pretensan de forma que desde un principio la zona superficial del talud se encuentra comprimida debido al efecto de la malla y anclajes.[22]

Como elemento flexible de sostenimiento se pueden emplear mallas de alta resistencia, muy superior a la de las geomallas o geosintéticos descritos anteriormente como sistemas de protección de las semillas de vegetación, y por tanto capaces de cumplir su función de estabilización. [22]



**Gráfico 5:** Malla de triple torsión para taludes

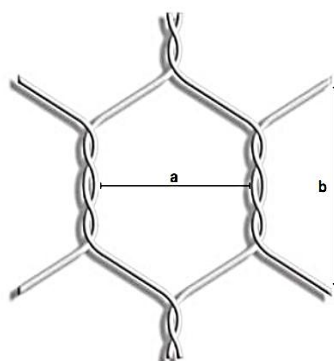
**Fuente:**<https://i1.wp.com/www.mallaspsv.com/wpcontent/uploads/2014/01/MALLA-S-TRIPLE-TORSION-PARA-TALUDES>.

### 2.1.7.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

La malla terminada cumplirá con los siguientes requisitos: [23]

- **Malla entrelazada.** Debe tener una distribución de forma hexagonal, y sus uniones deben formarse entrelazando cada par de alambres, previamente galvanizados, tres medias vueltas continuas o más.
- **Abertura de malla.** Las distancias libres entre alambres de malla deben ser uniformes y tener las siguientes dimensiones (en mm):

Las mallas de forma hexagonal deben ser de las siguientes dimensiones:  $a \times b$  (ancho=  $a$ , largo =  $b$ ), libres entre alambres, (80 x 100)mm o (50 x 70)mm



**Gráfico 6:** Distribución y abertura de malla entrelazada  
**Fuente:** NTE INEN 1 626: Malla de alambre de acero galvanizado

- **Tolerancia.** La tolerancia en la abertura de malla debe ser  $\pm 2,5\%$ .
- **Requisitos mecánicos.** El alambre tomado de la malla, antes de ser sometido a un proceso de corrosión acelerada, debe tener las propiedades mecánicas especificadas en la Tabla 4.

REQUISITO	UNIDAD	CANTIDAD	NORMA DE ENSAYO
Resistencia a la tracción mínimo	Mpa (kg/mm <sup>2</sup> )	343 (35)	INEN 127
Alargamiento mínimo para Lo=300mm	%	12	INEN 109

**Tabla 4.** Propiedades mecánicas del alambre galvanizado  
**Fuente:** NTE INEN 1 626: Malla de alambre de acero galvanizado

### **Resistencia a la tracción luego de corrosión acelerada.**

El alambre tomado de la malla, luego de someterlo a un proceso de corrosión acelerada, por un período de 1000 horas, debe soportar una carga de rotura no menor al 95% de la carga de rotura, antes del proceso de corrosión acelerada.[22]

MALLA GALV.	TRIPLE TORSIÓN	TRIPLE TORSIÓN
ESCUADRIA	5 x 7 cms.	
ESCUADRIA	8 x 10 cms.	8 x 10 cms.

**Tabla 5.** Propiedades mecánicas del alambre galvanizado.

**Fuente:** NTE INEN 1 626: Malla de alambre de acero galvanizado

### **2.1.7.2 FUNCIONAMIENTO**

El modo de colocar las redes pueden ser varios y deben ser elegidos en función de la inclinación del talud, de su estado natural , de las dimensiones de los materiales que normalmente pueden desprenderse y de la posibilidad de fijarse con cables de acero y anclas en las extremidades superiores e inferiores. [22]

Los tipos de anclaje y la separación entre los mismos depende del tipo de material del talud que se desea estabilizar, los desprendimientos, o si se encausan hacia la parte baja lo cual es preferible, dejando el anclaje adecuado en la parte inferior para poder remover la malla, sacando el desprendimiento acumulado y volver a fijar la malla pudiéndose fijar en la parte inferior a base de cables de acero o varillas a los anclajes haciéndose esto desmontable para su mantenimiento. [22]

## **2.2 HIPÓTESIS**

El método de estabilización de taludes mediante el sistema de mallas metálicas producirá una mejora con respecto a posibles inestabilidades superficiales y el incremento del Factor de Seguridad del talud.

## **2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS**

### **2.3.1 Variable Independiente**

Sistema de mallas metálicas

### **2.3.2 Variable Dependiente**

Posibles inestabilidades superficiales e incremento del Factor de Seguridad.



## **CAPÍTULO III.**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El presente proyecto requiere de los siguientes tipos de investigación:

##### **Investigación experimental**

Será experimental debido a que se realizarán ensayos de laboratorio de mecánica de suelos para aplicar el método de estabilización del talud existente en la vía y determinar el factor de seguridad, el mismo que servirá como guía para proponer un correcto diseño con la implementación de mallas metálicas.

##### **Investigación exploratoria**

La investigación a desarrollarse tratará de solucionar un problema que se presenta en el sector de la Vía Ecológica Santa Rosa, con respecto a los factores como: geometría del talud, parámetros geológicos, propiedades de los suelos; que produzcan deslizamientos sobre la vía y que posiblemente son causa de accidentes de tránsito.

##### **Investigación descriptiva**

Se realizará una descripción del problema planteado y de los instrumentos que se utilizaron para el análisis y solución del mismo

#### **3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA**

##### **3.2.1 POBLACIÓN**

Esta investigación corresponde a un proyecto experimental, por lo cual la población son los suelos que conforman el talud a lo largo de la vía Ecológica Santa Rosa.

##### **3.2.2 MUESTRA**

En la investigación se realizarán tomas de muestras dentro de un área de estudio de 940 m<sup>2</sup> comprendido entre las abscisas Km 3+500 al Km 3+600, dependiendo de

los cambios en la estratigrafía del suelo, y en especial en las zonas de mayores problemas de estabilidad

### 3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

#### 3.3.1 Variable Independiente

Sistema de mallas metálicas

Conceptualización	Categorías	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumento
El sistema de mallas metálicas es un método de estabilización de esfuerzos cortantes, el cual evita que existan desprendimientos de fragmentos de roca y se obstruyan vías de comunicación como autopistas, carreteras y vías férreas.	Estabilización	Seguridad de la vía	¿Qué actividades se realizarán para dar seguridad a la vía?	Investigación Observación
		Conservación del entorno	¿Qué métodos conservan el entorno?	Investigación Observación
	Parámetros	Condiciones del talud	¿Cuál es la condición y vulnerabilidad actual del talud?	Observación  Ensayos de Laboratorio
		Tipología de malla	¿Qué tipo de malla se debe utilizar según la condición del talud?	Investigación Observación

**Tabla 6.** Cuadro de la Variable Independiente

**Fuente:** Egdo. José Palate

### 3.3.2 Variable Dependiente

Posibles inestabilidades superficiales e incremento del Factor de Seguridad.

Conceptualización	Categorías	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
El factor de seguridad para determinar las condiciones de la inestabilidad conceptúa como trazar o delinear sistemas para la estabilización de taludes mediante métodos aproximados y varios métodos de solución aplicables a la estabilización de taludes.	Métodos Aproximados	Método ordinario de Fellenius	¿Cuál es la aplicación del método de Fellenius?	Investigación  Observación
		Método simplificado de Bishop	¿Cuál es el factor de seguridad por éste método?	
		Método simplificado de Jambú	¿Cuál es la diferencia obtenida del factor de seguridad?	
	Métodos de Solución	Solución de Fellenius	¿Dónde se puede aplicar el método ?	Investigación
		Solución de Bishop	¿Cuál es el método adecuado de aplicación?	Observación  Ensayos de suelos (en base a especificaciones de laboratorio)
		Solución de Hoek y Bray	¿Cuáles son las características de solución ?	

**Tabla 7.** Cuadro de la Variable Dependiente

**Fuente:** Egdo. José Palate.

### 3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Preguntas Básicas	Explicación
1. ¿Para qué?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para analizar el comportamiento y seleccionar un método de estabilización de taludes que permita mejorar las condiciones existentes de las carreteras.</li> </ul>
2. ¿De qué personas u objetos?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- De los tipos de suelo presentes en los estratos del talud.</li> </ul>
3. ¿Sobre qué aspectos?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Influencia de una malla metálica en la estabilidad de taludes.</li> </ul>
4. ¿Quién	<ul style="list-style-type: none"> <li>- José Luis Palate Bombón</li> </ul>
5. ¿Dónde?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato</li> <li>- Laboratorios de ensayos de materiales de la Universidad Católica de Quito</li> </ul>
6. ¿Cómo?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Investigación</li> <li>- Ensayos de laboratorio</li> </ul>

**Tabla 8.** Cuadro de Preguntas para la Recolección de Información

**Fuente:** Egdo. José Palate

### **3.5 PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS**

#### **3.5.1. Plan de Procesamiento de la Información**

- Recopilación y procesamiento de la información obtenida.
- Tabulación de los resultados adquiridos, manejo de la información.
- Representación gráfica, para la interpretación de los resultados.

#### **3.5.2. Plan de Análisis**

- Análisis comparativo de los resultados obtenidos con los objetivos y la hipótesis propuesta.
- Verificación de la hipótesis en base a los resultados adquiridos en la investigación.
- Planteamiento de las conclusiones y recomendaciones.

## CAPÍTULO IV.

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS.

La recopilación de información se realizó mediante visitas de campo, registro fotográfico, toma de muestras de suelo y ensayos de laboratorio.

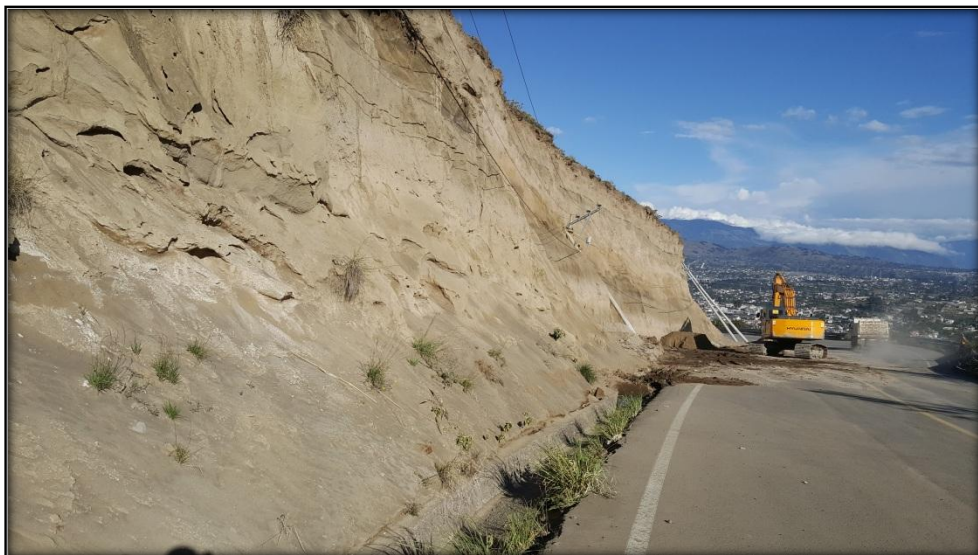
Para la obtención de los parámetros geotécnicos necesarios para la modelación de taludes , se utilizó la siguiente Normativa:

- Granulometría : INEN 696
- Contenido de Humedad: AASHTO T 265 , INEN 690 , ASTM D2216 – 10
- Densidad: ASTM C-128-01
- Compresión Triaxial: ASTM D-2850-95

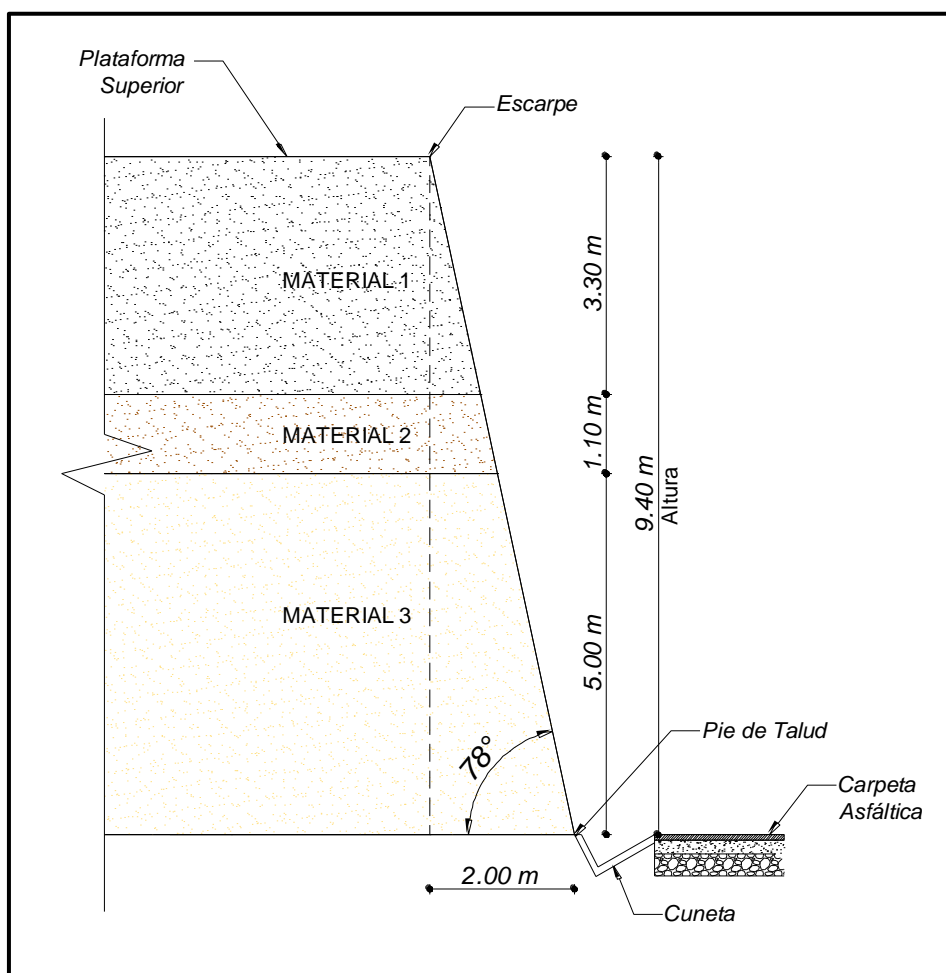
En el Anexo 2.1 del presente trabajo se encuentran las tablas con los resultados de los ensayos antes mencionados.

##### 4.1.1. Geometría y Condiciones del Talud

Previas inspecciones en campo se identificó las posibles zonas más inestables de los taludes en el tramo de la Vía Ecológica – Santa Rosa. Se observó desprendimiento de material e incluso derrumbes considerables en el tramo del Km 3+500 – Km 3+600, sitio en el cual se tomó la geometría y muestras para el análisis de estabilidad.



**Fotografía 1:** Condición actual del talud, Vía Ecológica – Santa Rosa



**Gráfico 7:** Geometría del talud, Vía Ecológica – Santa Rosa

**Fuente:** Egdo. José Palate

#### 4.1.2. Propiedades Físicas

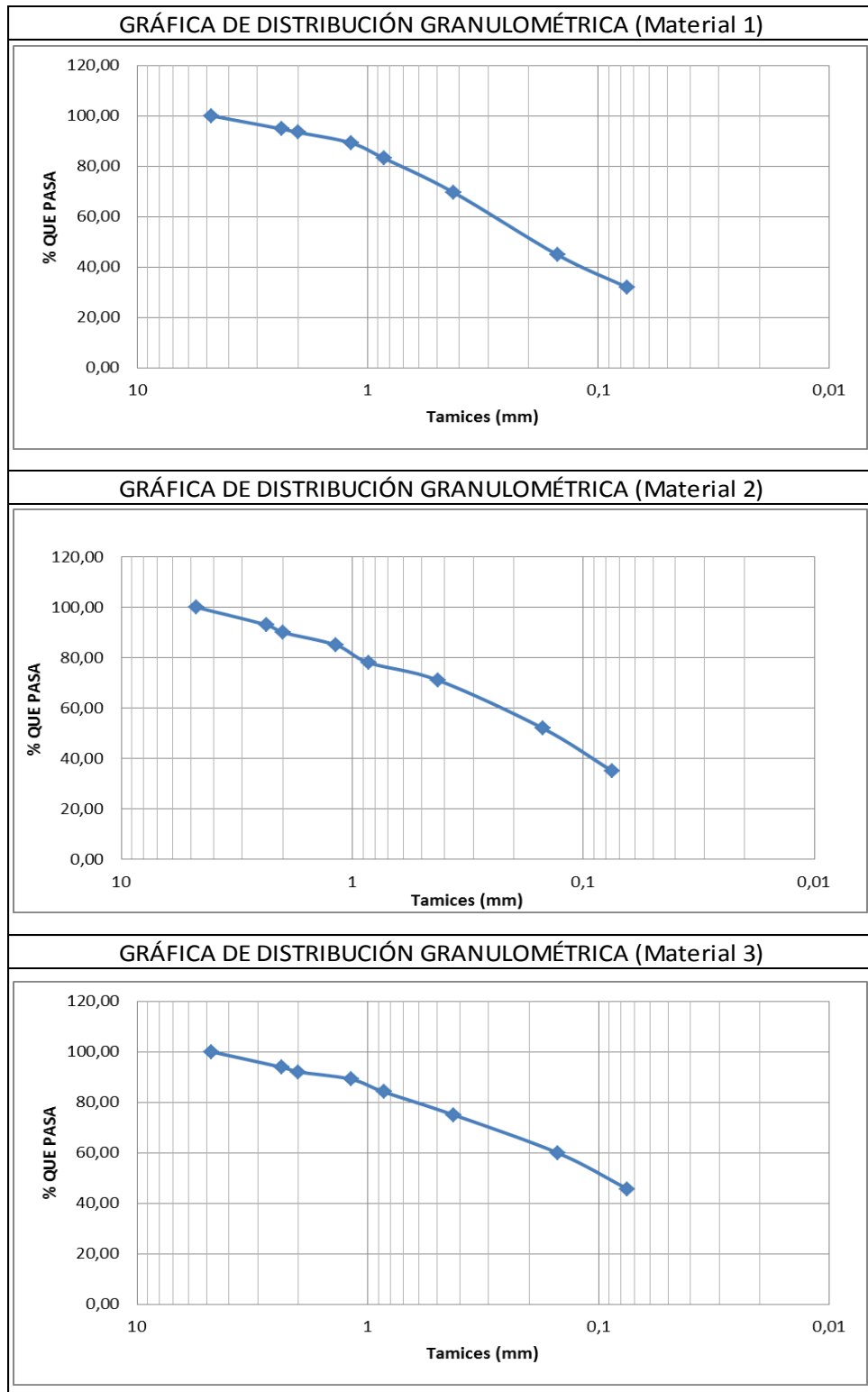
Mediante inspección visual en campo se identificó 3 tipos de materiales en el perfil del talud en estudio, de los cuales se tomó muestras de cada uno para obtener las propiedades físicas por medio de su respectivo ensayo en laboratorio.

MATERIAL	CLASIFICACIÓN		CONTENIDO DE HUMEDAD %	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )
	SUCS	DESCRIPCIÓN		
M1	SM	Arena Limosa	13,00	1,812
M2	SM	Arena Limosa	12,63	1,743
M3	SM	Arena Limosa	11,00	1,819

**Tabla 9.** Resumen de la clasificación y propiedades físicas de las muestras

**Fuente:** Egdo. José Palate

Con el ensayo de Granulometría se identificó el tamaño de partículas de las muestras de suelo tomadas. Los resultados se presentan generalmente en gráficas semi-logarítmicas como curvas de distribución granulométrica



**Gráfico 8:** Análisis granulométrico

Fuente: Egdo. José Palate



Se clasificó los suelos mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos: Suelos de grano grueso que son de naturaleza tipo grava y arenosa con menos del 50% pasando el tamiz No. 200 , y los suelos de grano fino con 50% o más pasando el tamiz No. 200.

PRIMERA Y/O SEGUNDA LETRA		SEGUNDA LETRA	
SÍMBOLO	DEFINICIÓN	SÍMBOLO	DEFINICIÓN
G	Grava	P	Pobrementemente gradado (tamaño de partícula uniforme)
S	Arena	W	Bien gradado (tamaño de partícula diversos)
M	Limo	H	Alta plasticidad
C	Arcilla	L	Baja Plasticidad
O	Orgánico		

**Tabla 10.** Identificación de los suelos mediante el SUCS

**Fuente:** SUCS, Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

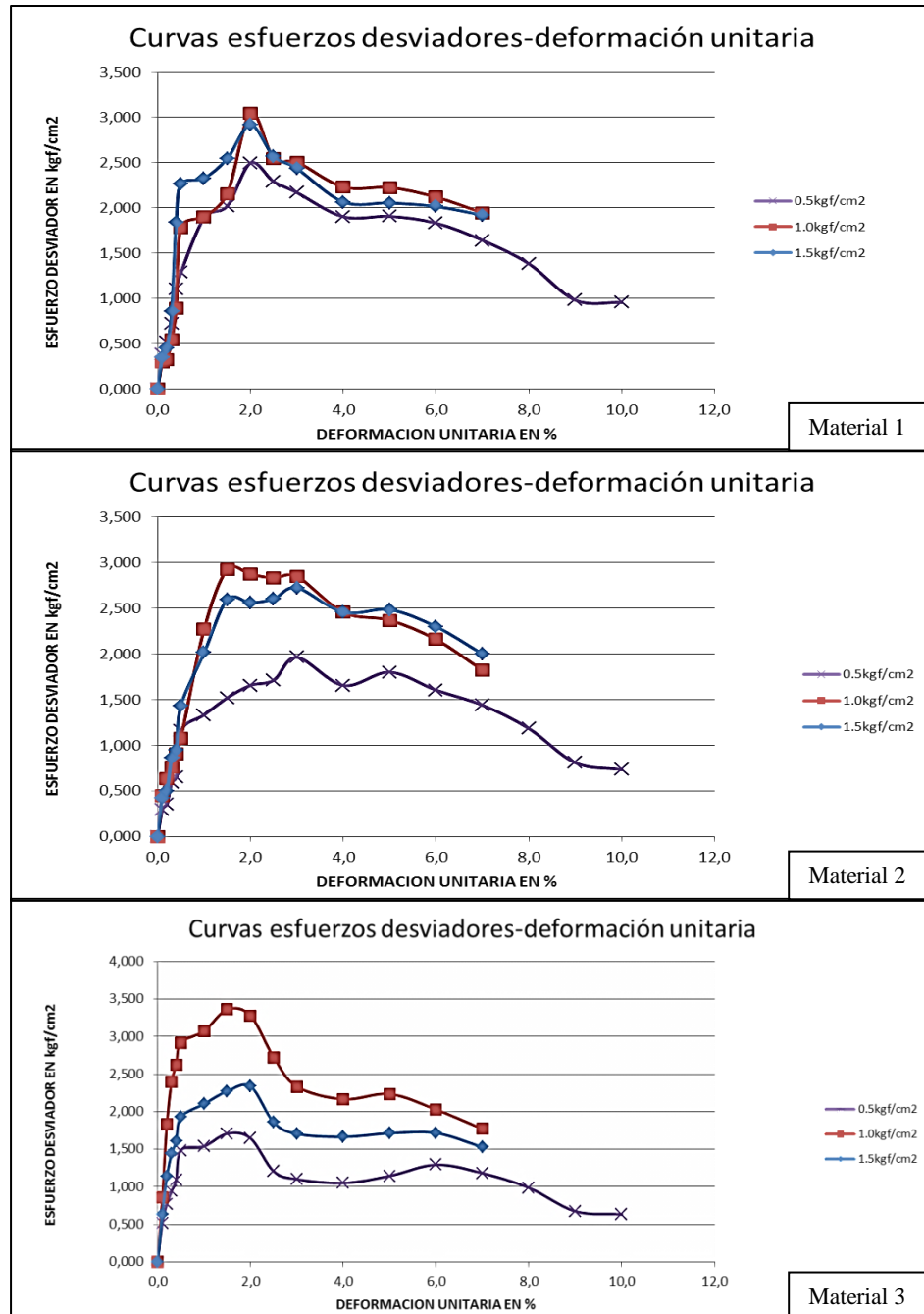
Divisiones mayores	Símbolo del grupo	Nombre del Grupo		
Suelos granulares grueso Más del 50% retenido en el tamiz N° 200(0.075)	Grava > 50% de la fracción gruesa retenida en el tamiz n°4	Grava limpia menos del 5% pasa el tamiz n°200	GW	Grava bien gradada, grava fina a gruesa
			GP	Grava pobrementemente gradada
		Grava con más 12% de finos pasantes del tamiz n° 200	GM	Grava limosa
			GC	Grava arcillosa
	Arena ≥ 50% de fracción gruesa que pasa el tamiz n°4	Arena limpia	SW	Arena bien gradada, arena fina a gruesa
			SP	Arena pobrementemente gradada
		Arena con más de 12% de finos pasantes del tamiz n° 200	SM	Arena limosa
			SC	Arena arcillosa
Suelos de grano fino Más del 50% pasa el tamiz N°200	Limos y arcillas Límite líquido < 50	Inorgánico	ML	Limo
			CL	Arcilla
		Orgánico	OL	Limo orgánico, arcilla orgánica
	Limo y arcilla Límite líquido ≥ 50	Inorgánico	MH	Limo de alta plasticidad , limo elástico
			CH	Arcilla de alta plasticidad
		Orgánico	OH	Arcilla orgánica, limo orgánico
Suelos altamente orgánicos			PT	Turba

**Tabla 11.** Clasificación de los suelos mediante el SUCS

**Fuente:** SUCS, Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

### 4.1.3. Propiedades Mecánicas

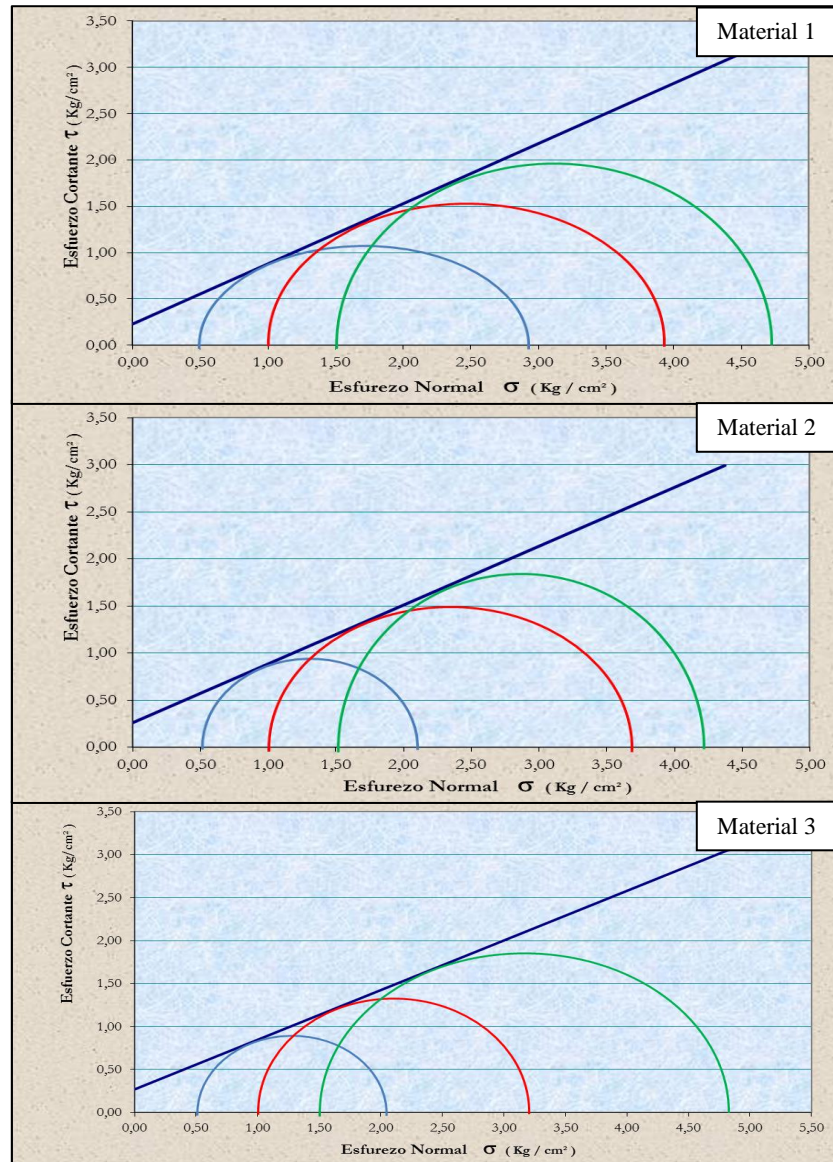
Se determinó las propiedades mecánicas por medio del Ensayo de Compresión Triaxial que permite la obtención de los parámetros del suelo: cohesión ( $c$ ) y ángulo de fricción interna ( $\phi$ ), con la relación esfuerzo deformación a través de la determinación del esfuerzo cortante. Se realizó 3 pruebas con presiones laterales de 0.50 kgf/cm<sup>2</sup>, 1.00 kgf/cm<sup>2</sup> y 1.50 kgf/cm<sup>2</sup>.



**Gráfico 9:** Curvas Esfuerzos vs Deformación, Ensayo Triaxial

Fuente: Ego. José Palate

Los círculos de Mohr representan los esfuerzos de falla y trazando una tangente a estos, se determinó los parámetros  $\phi$  y  $\zeta$ .



**Gráfico 10:** Envolvente de Mohr, Esfuerzos totales

**Fuente:** Egdo. José Palate

**RESULTADOS:**

MATERIAL	CLASIFICACIÓN DEL SUELO	COHESIÓN		ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA $\phi$ (°)	PESO UNITARIO $\gamma$ (kN/m³)
		(Kg/cm²)	(Kpa)		
M1	SM (Arena Limosa)	0,23	22,56	33	17,77
M2	SM (Arena Limosa)	0,26	25,50	32	17,09
M3	SM (Arena Limosa)	0,27	26,48	27	17,84

**Tabla 12.** Cuadro resumen, Resultados ensayo de compresión triaxial

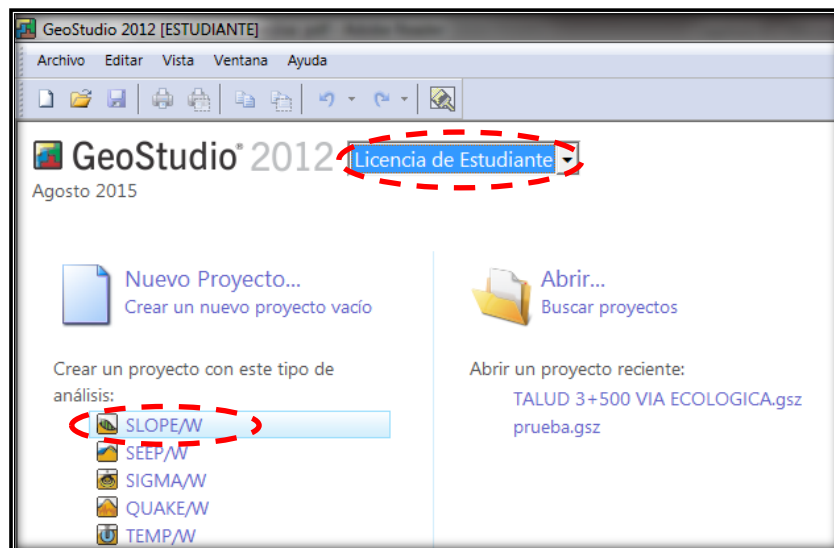
**Fuente:** Egdo. José Palate

#### 4.1.4. Aplicación del programa GeoStudio 2012 para la determinación del factor de seguridad en la determinación del método de estabilización de taludes

Para la modelación matemática y el cálculo del factor de seguridad se aplicó el programa GeoStudio 2012 que utiliza el método general de equilibrio límite, para satisfacer las fuerzas y momentos de equilibrio.

##### 4.1.4.1. Ingreso al Programa

Al iniciar el programa se debe escoger la versión estudiante para poder acceder a Slope/W que es básicamente donde se ejecuta el factor de seguridad.

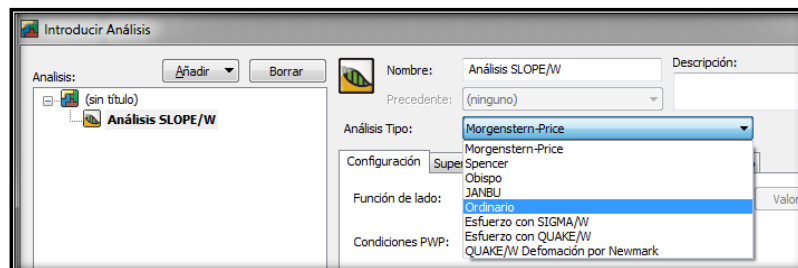


**Gráfico 11:** Ingreso a Programa GeoStudio 2012

**Fuente:** GeoStudio 2012 (ESTUDIANTE)

##### 4.1.4.2. Análisis

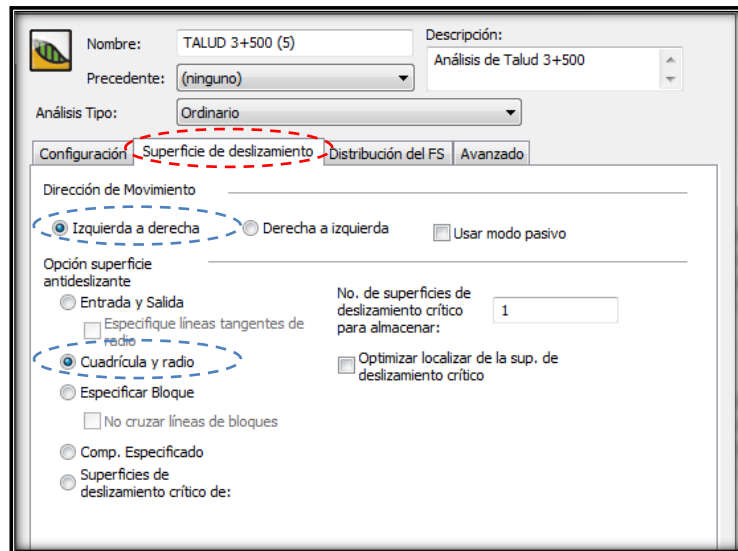
Ingresar un nombre, descripción y el tipo de análisis a realizar: Método Ordinario (Fellenius).



**Gráfico 12:** Selección de análisis – Método Ordinario

**Fuente:** GeoStudio 2012 (ESTUDIANTE)

En la opción “Superficie de Deslizamiento” seleccionar el sentido de desarrollo de los círculos de rotura (izquierda-derecha), definida por la geometría del talud. En superficie de deslizamiento marcar la opción “cuadrícula y radio” que permite el ingreso del círculo crítico y radio.

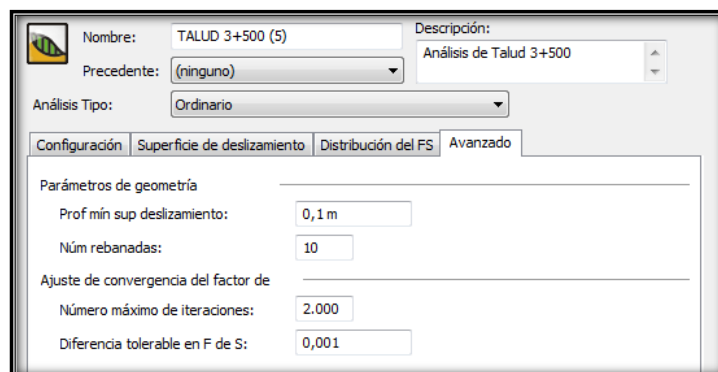


**Gráfico 13:** Superficie de deslizamiento  
**Fuente:** GeoStudio 2012 (ESTUDIANTE)

En la distribución del FS mantener opciones por defecto ( Fs constante).

En la pestaña “Avanzado” se tiene varias opciones, en las que se puede indicar en cuanto a criterios de convergencia del modelo:

- Número de dovelas
- En la zona de máximo número de iteraciones se coloca 2000 ya que es el número de repeticiones que realiza el método de cálculo.
- Se marca la tolerancia del factor de seguridad en este caso para una mayor afinidad 0,001.

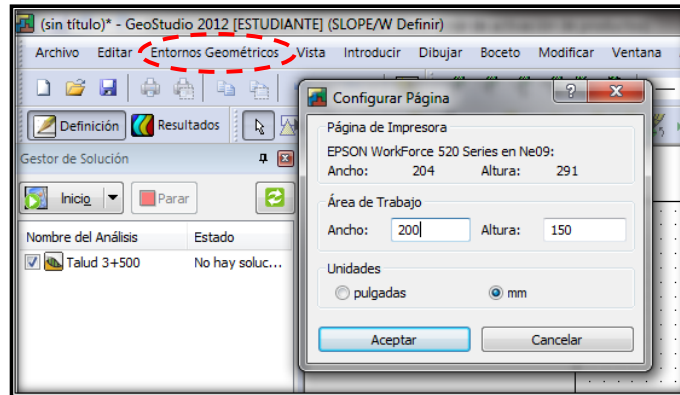


**Gráfico 14:** Ingreso parámetros de dovelas  
**Fuente:** GeoStudio 2012 (ESTUDIANTE)

#### 4.1.4.3. Configurar entorno de trabajo

Se procede a configurar el espacio de la hoja de trabajo.

En la pestaña superior **Entornos geométricos** seleccionar **Página**, definir ancho y altura de la hoja de acuerdo al espacio de la geometría del talud, ejes , texto , etc

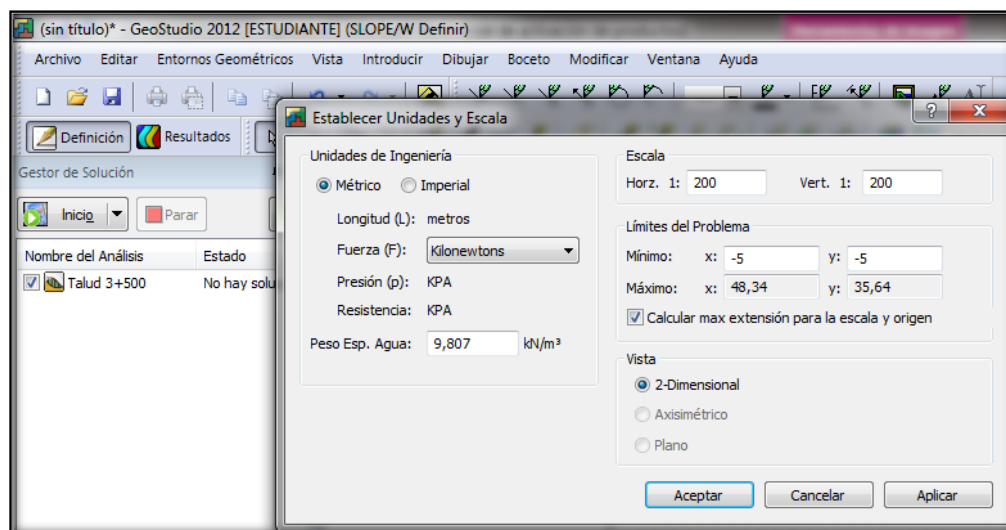


**Gráfico 15:** Configuración página de trabajo

**Fuente:** GeoStudio 2012 (ESTUDIANTE)

Definir la escala y las unidades de cálculo:

- Escala horizontal y vertical 1:200
- Unidades de Ingeniería: Métrico
- Unidad de fuerza: Kilonewtons

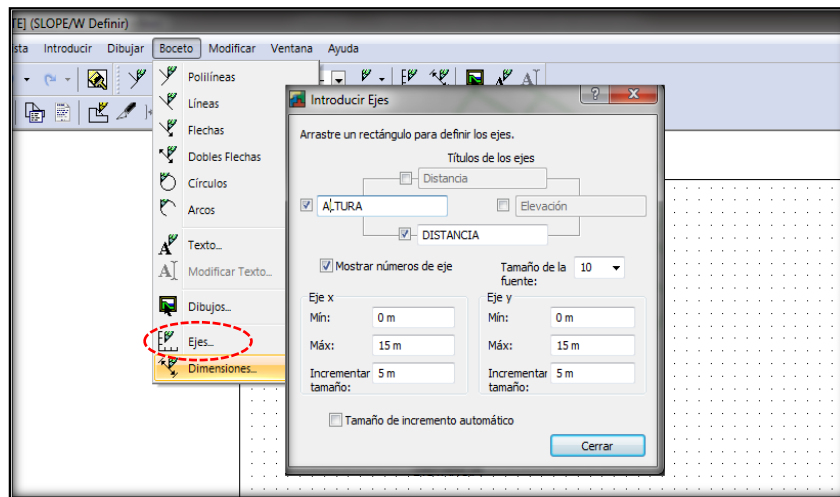


**Gráfico 16:** Configuración de Unidades y Escala

**Fuente:** GeoStudio 2012 (ESTUDIANTE)

Insertar ejes del perfil y poder referenciar geoméricamente el talud.

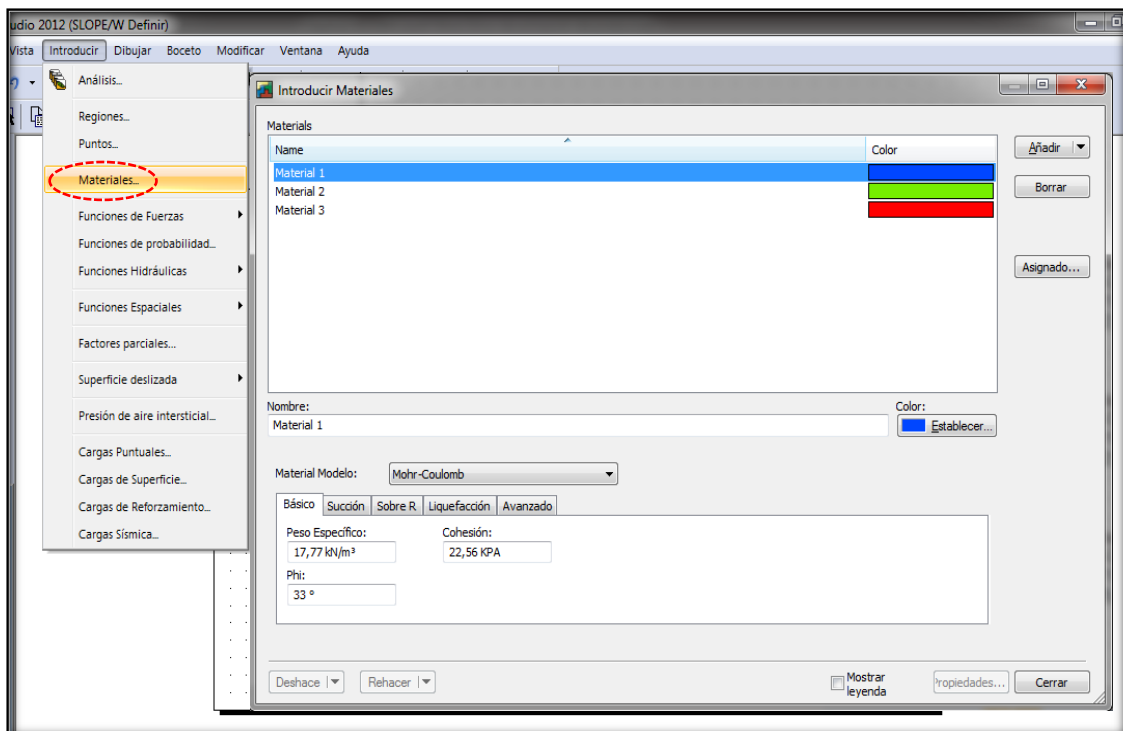
Sentido X: Distancia e incremento , Sentido Y: Altura e incremento



**Gráfico 17: Definición de Ejes**  
Fuente: GeoStudio 2012 (ESTUDIANTE)

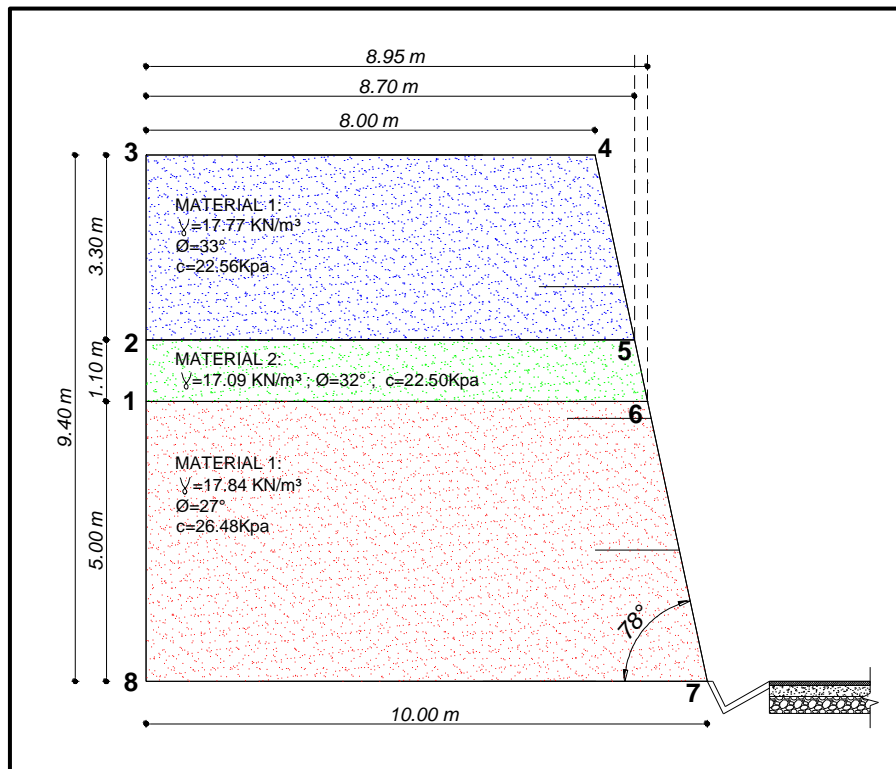
Ingresar materiales de acuerdo a las características de cada estrato

ESTRATO	Cohesión (Kpa)	$\phi$ ( $^{\circ}$ )	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )
Material 1	22,56	33	17,77
Material 2	25,50	32	17,09
Material 3	26,48	27	17,84



**Gráfico 18: Ingreso de materiales para cada estrato**  
Fuente: GeoStudio 2012 (ESTUDIANTE)

#### 4.1.4.4. Datos de ingreso - Dimensiones del talud



**Gráfico 19:** Geometría y características de los estratos del talud.

**Fuente:** Egdo. José Palate

Para definir los puntos de contorno de perfil se mide con respecto a la base inferior izquierda del talud y se obtiene coordenadas en X e Y para cada punto de acuerdo al cambio de estrato y perfil del talud.

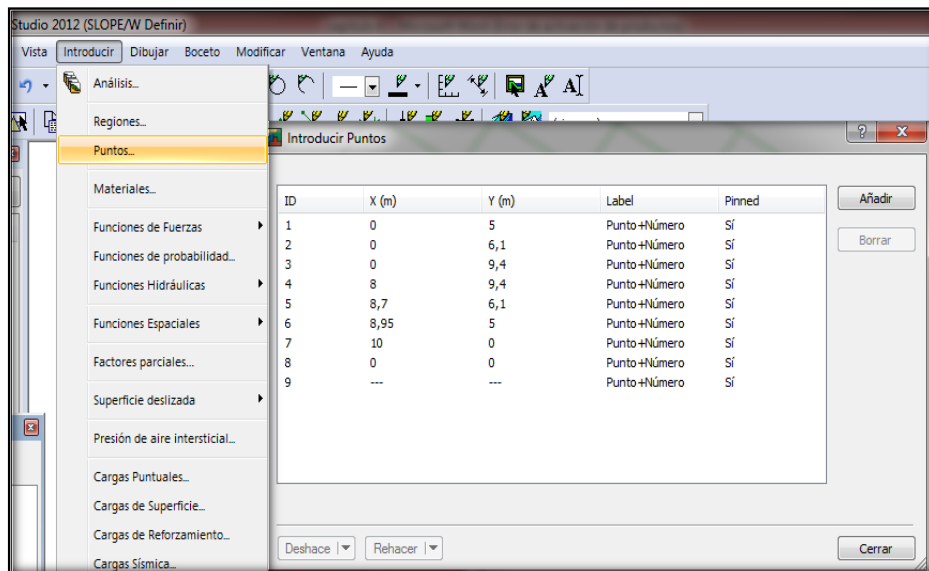
PUNTOS DE CONTORNO		
Nº	Sentido X	Sentido Y
1	0	5
2	0	6,1
3	0	9,4
4	8	9,4
5	8,7	6,1
6	8,95	5
7	10	0
8	0	0

**Tabla 13.** Puntos de contorno - Perfil del talud

**Fuente:** Egdo. José Palate

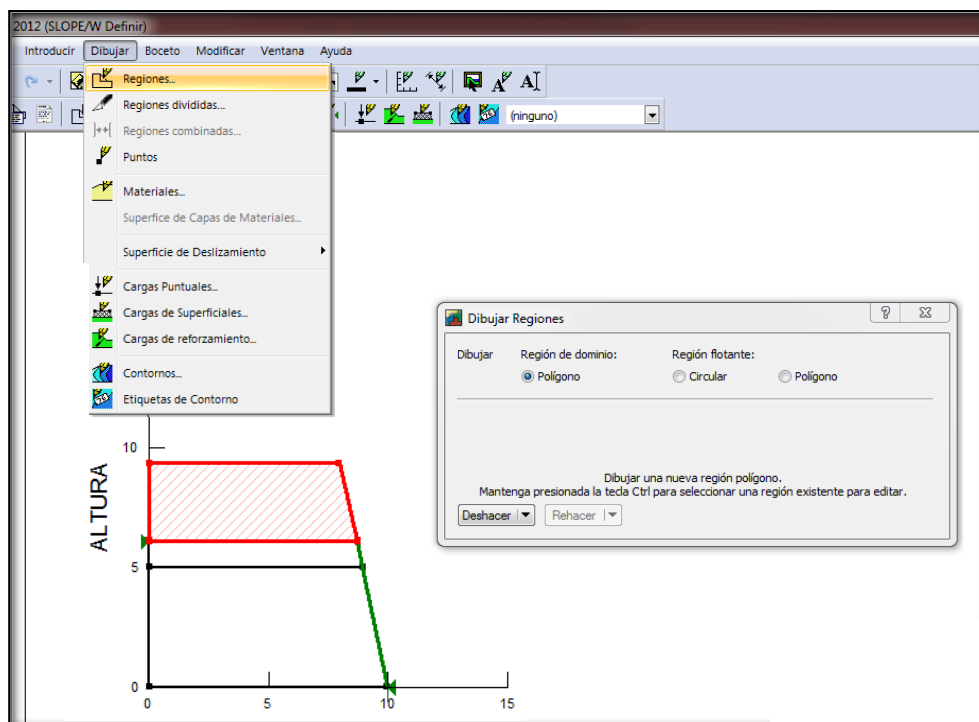


Ingresar los puntos de contorno de acuerdo a la geometría existente.



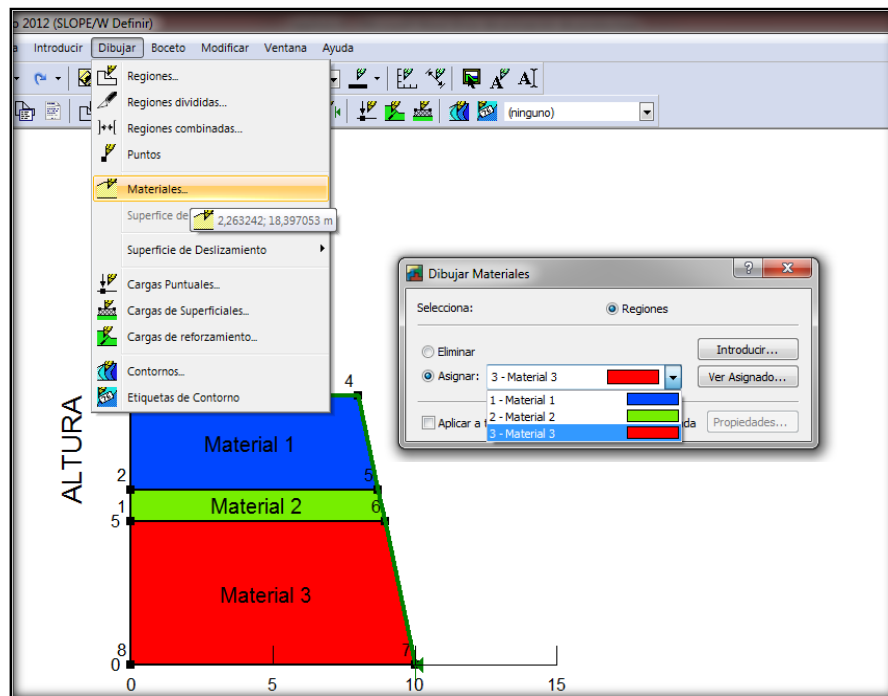
**Gráfico 20:** Ingreso de puntos de contorno del talud  
**Fuente:** GeoStudio 2012 (ESTUDIANTE)

Ingresar las regiones de acuerdo a los puntos ya establecidos y prevaleciendo la geometría de cada estrato del talud



**Gráfico 21:** Ingreso de puntos de contorno del talud  
**Fuente:** GeoStudio 2012 (ESTUDIANTE)

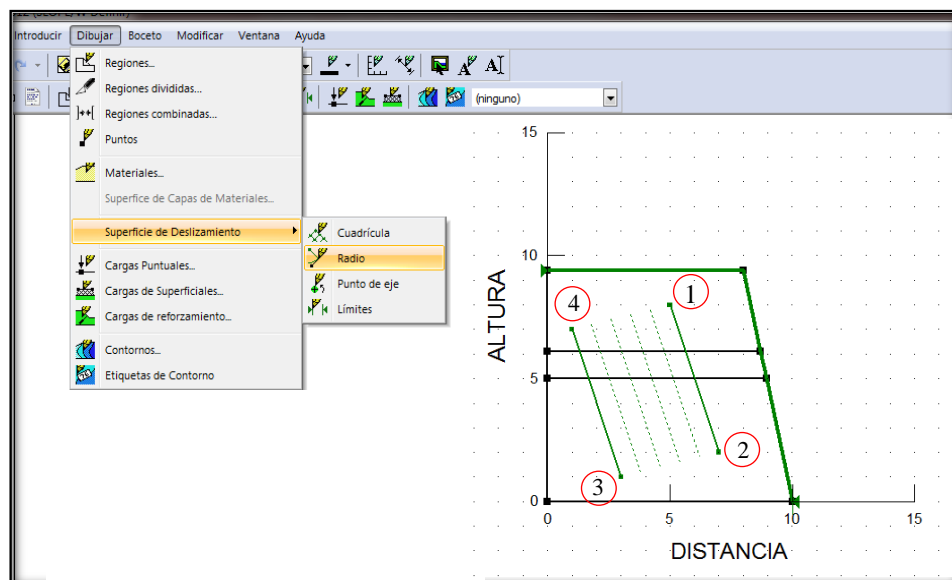
Una vez que se ha definido las regiones, asignar propiedades a las mismas, es decir las características de los suelos que se ha definido anteriormente.



**Gráfico 22:** Asignación de materiales a cada estrato  
**Fuente:** GeoStudio 2012 (ESTUDIANTE)

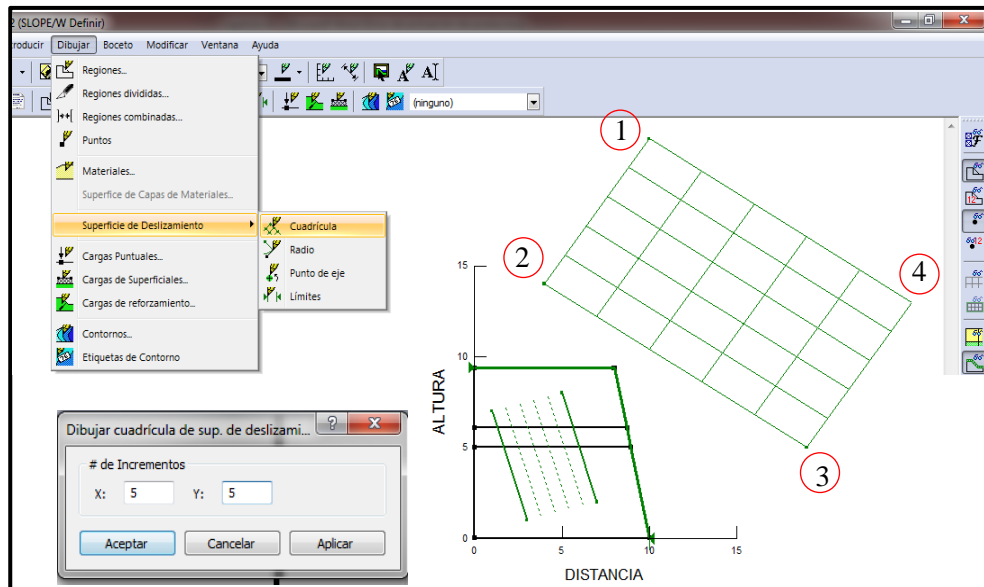
#### 4.1.4.5. Radio y cuadrícula en superficie de deslizamiento

Para el control de la localización de las superficies de deslizamiento es necesario definir líneas o puntos a partir de los cuales definir los radios de las mismas.



**Gráfico 23:** Radio de la superficie de deslizamiento  
**Fuente:** GeoStudio 2012 (ESTUDIANTE)

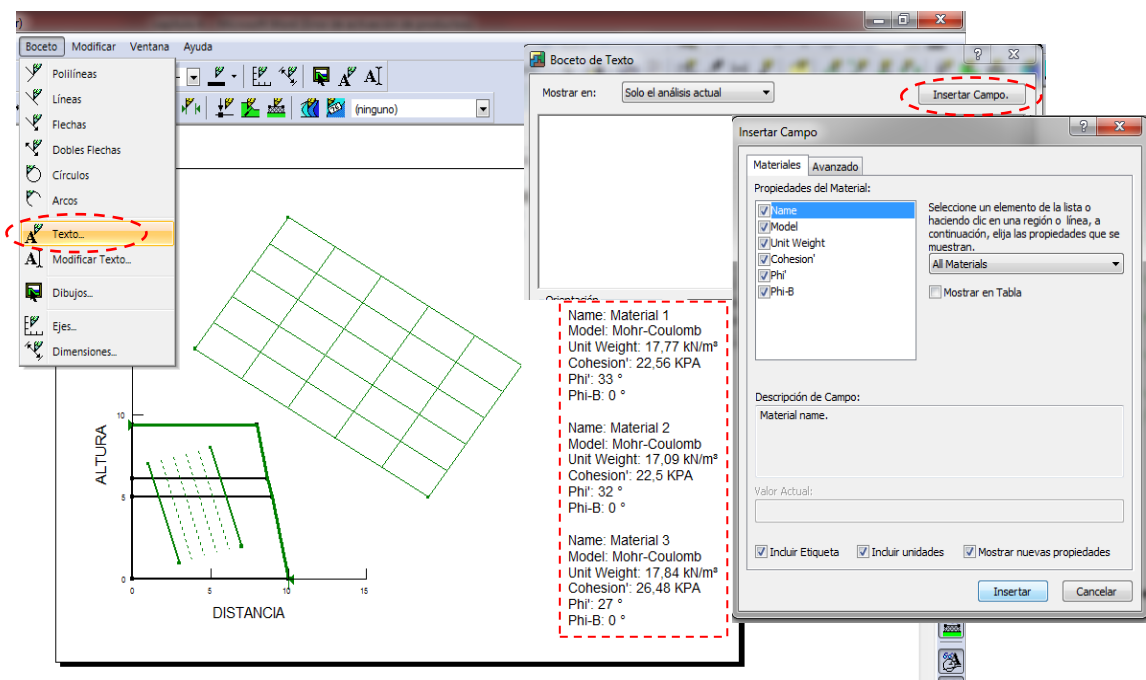
Para el control de la localización de los centros de los círculos de rotura es necesario definir una malla de centros de dichos círculos.



**Gráfico 24:** Cuadrícula de localización de centro de círculo crítico  
**Fuente:** GeoStudio 2012 (ESTUDIANTE)

#### 4.1.4.6. Etiquetas y descripción

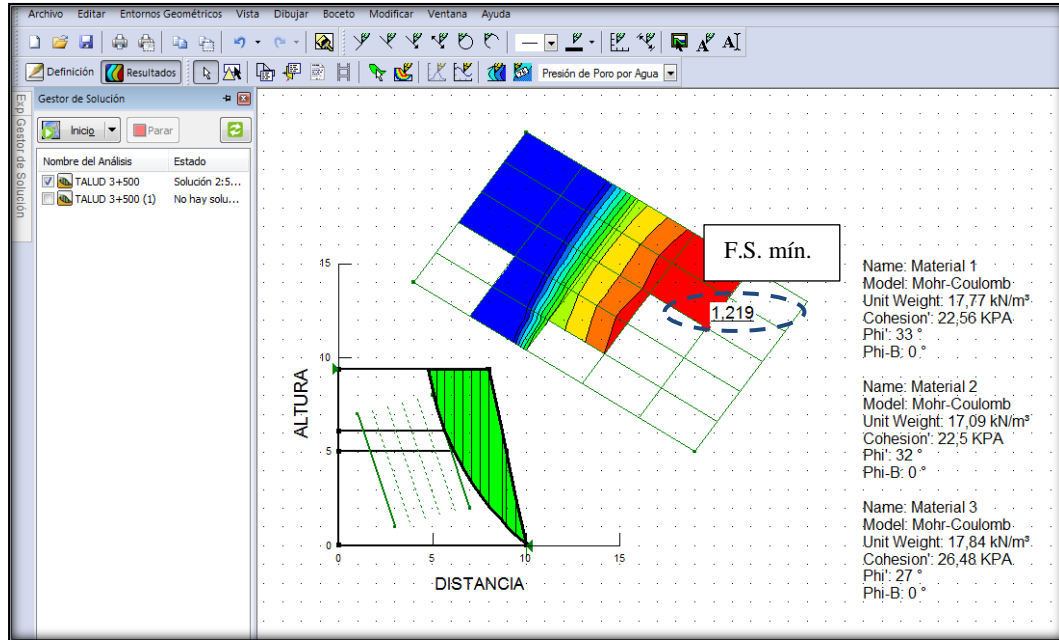
Para una mejor visualización de los estratos y sus respectivas características ingresar etiquetas de texto en el espacio de la hoja de trabajo.



**Gráfico 25:** Etiquetas de texto con características de suelos  
**Fuente:** GeoStudio 2012 (ESTUDIANTE)

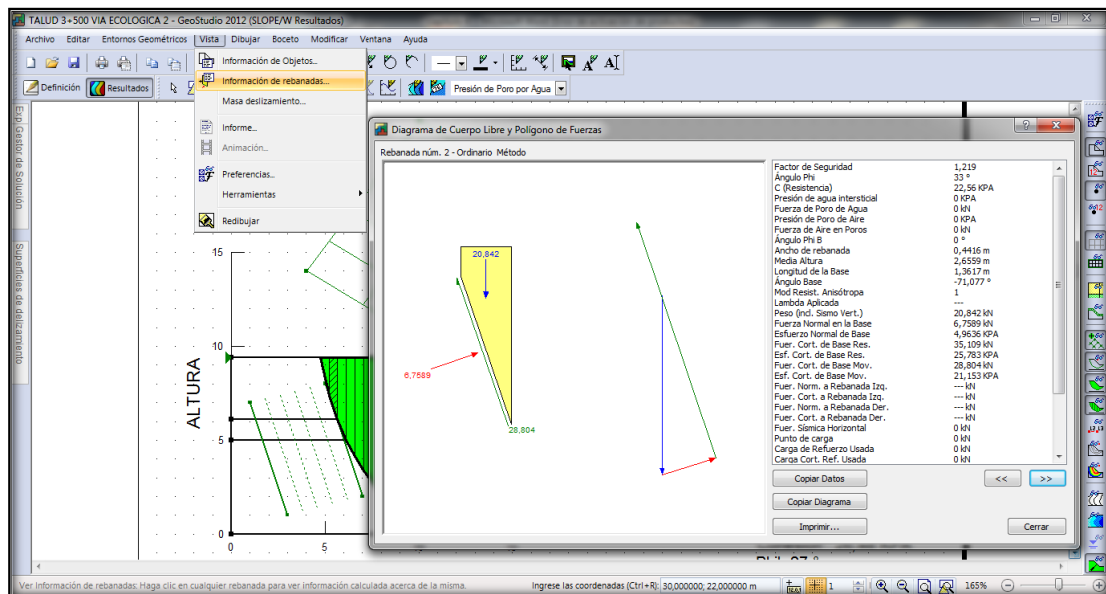
#### 4.1.4.7. Ejecución de cálculos

El gestor de solución verifica la existencia de errores, de no existir ninguno se ejecutan todos los cálculos y aparecerá una imagen similar a la siguiente, en la que aparecerá el modelo, la malla de centros, la superficie de rotura para el coeficiente de seguridad mínimo y su centro correspondiente.



**Gráfico 26:** Resultados de cálculos, Factor de Seguridad Crítico  
**Fuente:** GeoStudio 2012 (ESTUDIANTE)

Visualizar las fuerzas que actúan sobre cada rebanada



**Gráfico 27:** Fuerzas actuantes en cada dovela.  
**Fuente:** GeoStudio 2012 (ESTUDIANTE)

## 4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Mediante la aplicación y ejecución del programa GeoStudio 2012 se obtuvo un Factor de Seguridad mínimo o crítico del talud en estudio, y para su correcta interpretación se deben tener en cuenta los siguientes aspectos: [24]

- El centro de deslizamiento crítico debe quedar relativamente centrado en la malla de centros definida, no debiendo estar nunca en sus laterales.
- Se deberán tomar con precaución los resultados de los coeficientes de seguridad exageradamente elevados o extremadamente bajos.
- Revisar los equilibrios de fuerzas entre las distintas “fajas” de deslizamiento establecidas, comprobando que no queda ninguna fuerza “colgada” en dichos equilibrios.
- Al ser un proceso iterativo los resultados son confiables bajo el criterio adecuado del ingreso de los datos.

MASA DE DESLIZAMIENTO	
Método	Ordinario
Factor de Seguridad	<b>1,219</b>
Volumen Total (m <sup>3</sup> )	21,92
Peso Total (kN)	387,94
Momento de Resistencia Total (kN-m)	5757,80
Momento de Activación Total (kN-m)	4723,80

**Tabla 14.** Resultados generales

**Fuente:** GeoStudio 2012 (ESTUDIANTE)

Según la Norma NEC 2014 (Geotecnia y Cimentaciones) , condiciona un Factor de Seguridad mínimo en taludes de 1.50 para diseño y 1.25 en construcción [18]

Se ha obtenido un factor de seguridad de 1,219 que según la la norma NEC 2014 resulta ser insuficiente para garantizar la estabilidad del talud, además que las condiciones a las que se ve expuesto (erosión debido al clima), dan lugar a que este factor sufra un decremento acelerado y constante.

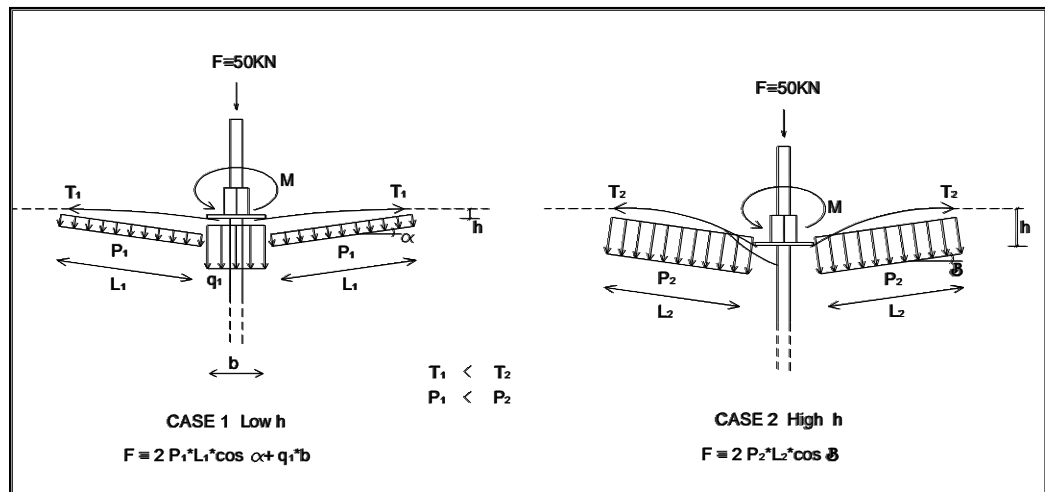
#### 4.2.1 Aplicación del Sistema de Malla Metálica

Teniendo en cuenta las dificultades que pueden presentarse en la aplicación de la metodología de análisis de estabilidad de taludes y diseño de estabilizaciones con malla metálica flexible planteadas en la presente investigación, se utilizó nuevamente el programa GeoStudio 2012 para determinar un nuevo factor de seguridad con la implementación de este sistema flexible, ya que el programa si permite realizar el ingreso de cargas de reforzamiento y anclaje que van acorde al método a emplearse.

Hay que tener en cuenta ciertos parámetros muy importantes, y que fueron tomados en base a criterios y resultados en investigaciones con sistemas metálicos flexibles que se han realizado con anterioridad:

- Los pernos ejercen una fuerza sobre el terreno a través de sus propias placas de anclaje. El valor de las mismas está condicionado por la fuerza del apriete de las tuercas, que en la mayoría de los casos NO es controlada, y depende básicamente del brazo de la llave con la que se realice la tarea y de la fuerza aplicada por el operario. [22]
- En algunos manuales técnicos de fabricantes (Geobruigg Ibérica 2008; Geobruigg North America 2005) se indica que el par de apriete aplicado por el operario se traduce en una fuerza axial de 50kN, mientras que en registros realizados en sitios monitoreados por el Ing. Blanco Fernández. [2011] muestra que las fuerzas axiales no exceden los 15kN. [22]
- Otra de las observaciones importantes reportada por el Ing. Blanco Fernández, tiene que ver con la tensión de los cables que están entre las placas y el terreno. Si los cables están muy tensos antes del apriete de la tuerca, lo más probable es que la fuerza aplicada por el operario para apretar la tuerca no sea suficiente para ceñirla al terreno, en cuyo caso la placa aumenta la tensión inicial en los cables, siendo esta transmitida al terreno y generando una reflexión en este. [22]
- En el mecanismo de transmisión de fuerzas cuando los cables poseen poca penetración inicial y la hendidura alrededor del perno es reducida, la fuerza de apriete se emplea en unir la placa al terreno y de forma indirecta en tensar los cables de la malla. Pero la mayor parte se empleará en aumentar la fuerza

de compresión placa - terreno, caso en el cual la principal forma de transmisión de fuerzas al terreno será a través de la plano y no de la red, como se puede observar en la siguiente gráfica: [22]



**Gráfico 28:** Mecanismos de interacción malla- terreno

**Fuente:** Blanco Fernández et al. [2011]

- En uno de los sitios monitoreados, se determinó que la presión máxima ejercida por la malla es de 3.26kN/m<sup>2</sup>. Ello implica que la red ejerce solamente el 20% de la fuerza de la que estaba diseñada en el mejor de los casos. Asimismo, la presión sobre el terreno se realiza en zonas puntuales no siendo una presión uniformemente repartida. [22]
- Así mismo, en otro sitio monitoreado, la fuerza máxima que ejercía la red fue de 1,94 kN/m<sup>2</sup>. Ello implica que la red solamente ejerció el 12% de la fuerza a la que estaba diseñada la red. [26]

A partir de estos antecedentes se procede a ingresar al programa GeoStudio 2012 con los siguientes datos:

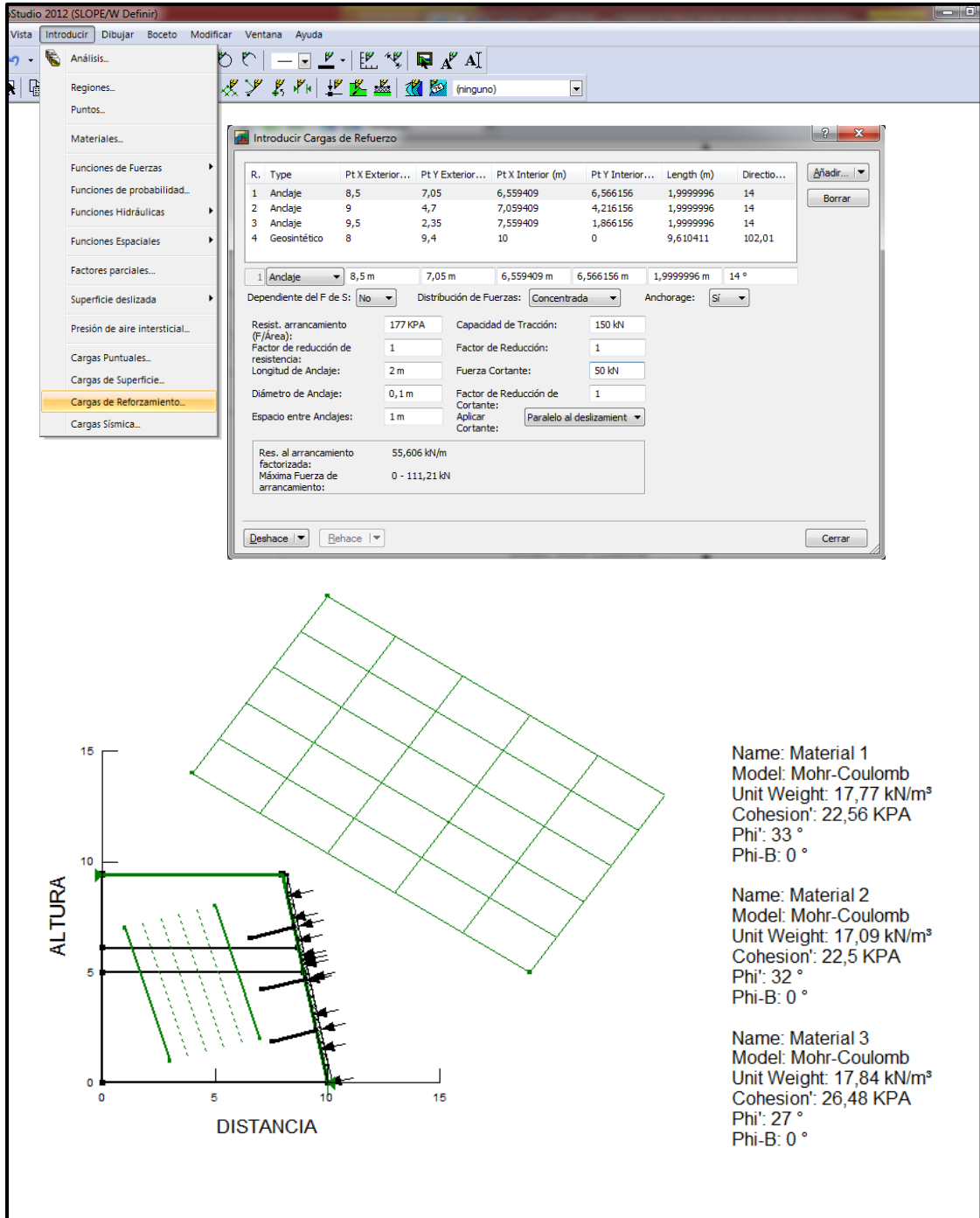
Malla metálica (triple torsión Galvanizada)	
Resistencia última a la tracción	177KPA
Capacidad de carga	150 KN/m
Fuerza de Pretensado	30 a 50 KN

**Tabla 15.** Características malla metálica – Triple torsión

**Fuente:** GEOBRUGG – Revista Técnica

#### 4.2.1.1 Asignar cargas de reforzamiento en el programa GeoStudio

Ingresar las cargas de reforzamiento para los anclajes y un 20% de la Fuerza Total a la que se diseña la malla metálica.

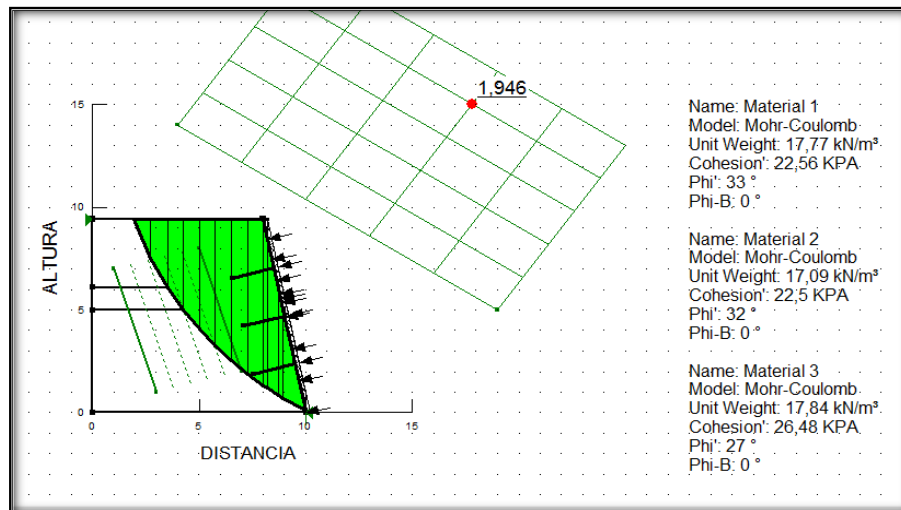


**Gráfico 29:** Fuerzas actuantes en cada dovela.

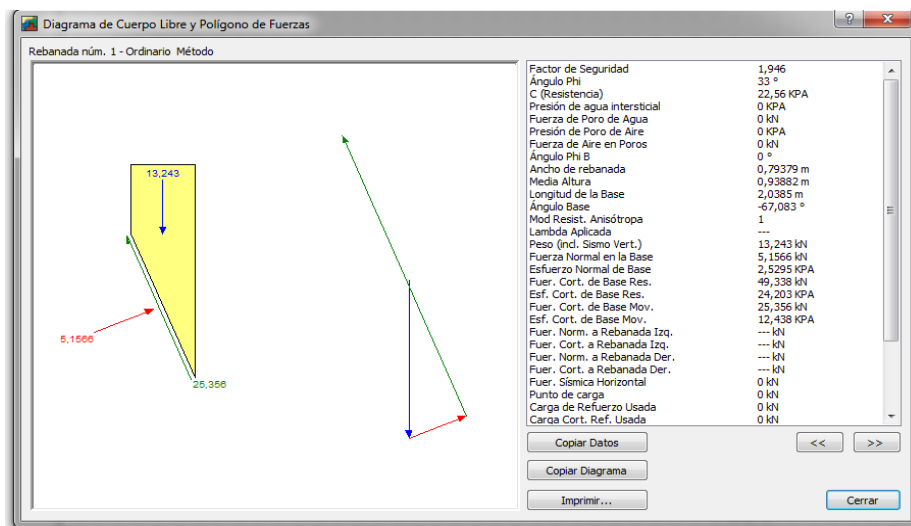
**Fuente:** GeoStudio 2012 (ESTUDIANTE)



#### 4.2.1.2 Ejecución de Cálculos



**Gráfico 30:** Nuevo Factor de Seguridad con reforzamiento  
**Fuente:** GeoStudio 2012 (ESTUDIANTE)

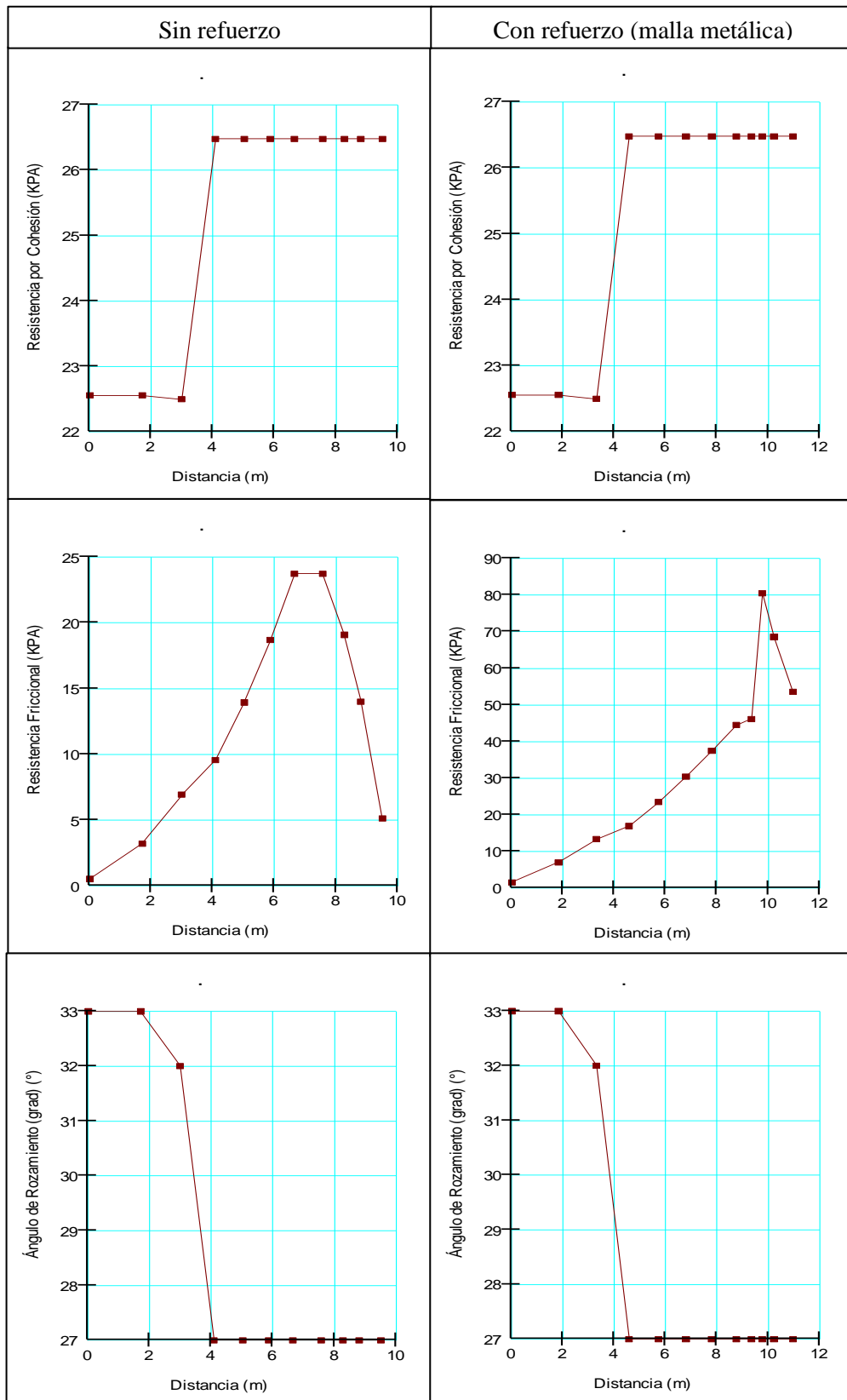


**Gráfico 31:** Fuerzas actuantes en cada dovela.  
**Fuente:** GeoStudio 2012 (ESTUDIANTE)

MASA DE DESLIZAMIENTO	
Método	Ordinario
Factor de Seguridad	<b>1,946</b>
Volumen Total (m <sup>3</sup> )	37,69
Peso Total (kN)	667,09
Momento de Resistencia Total (kN-m)	10861,00
Momento de Activación Total (kN-m)	5581,60

**Tabla 16.** Resultados generales con refuerzo malla metálica  
**Fuente:** GeoStudio 2012 (ESTUDIANTE)

### 4.2.1.3. Resultados y Gráficos



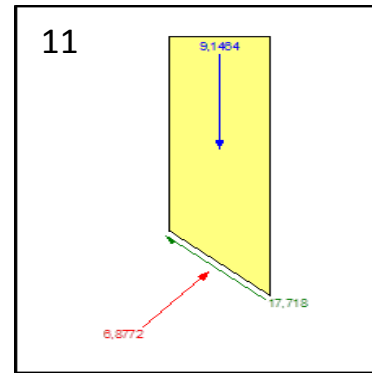
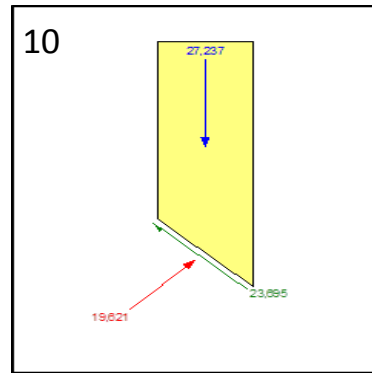
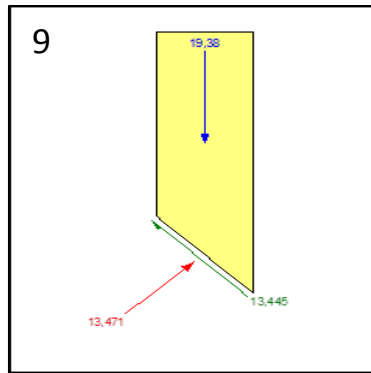
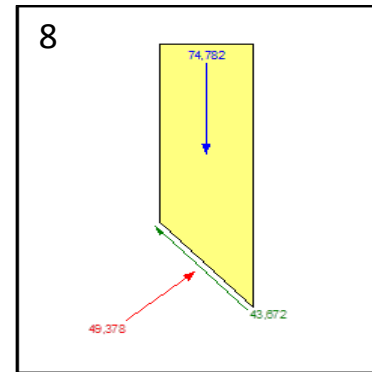
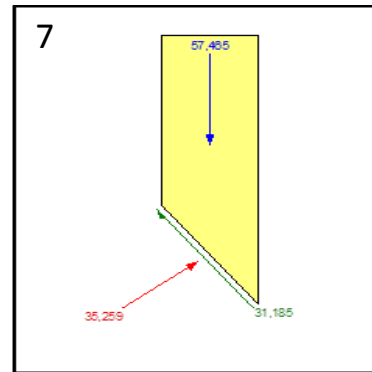
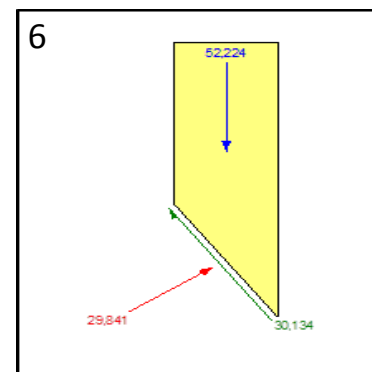
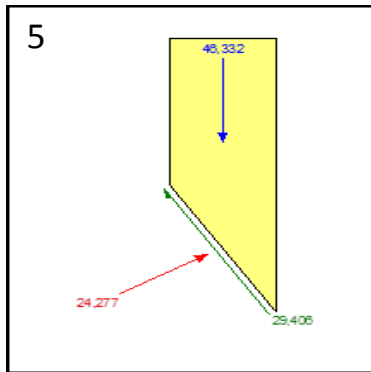
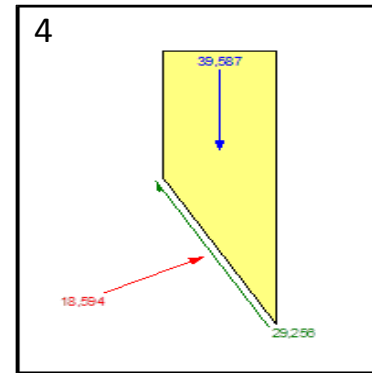
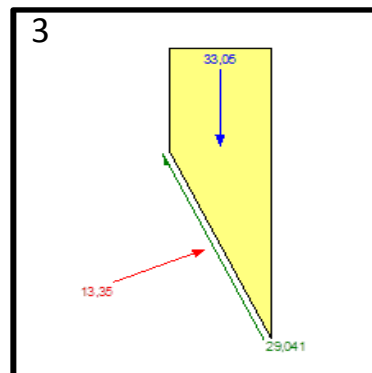
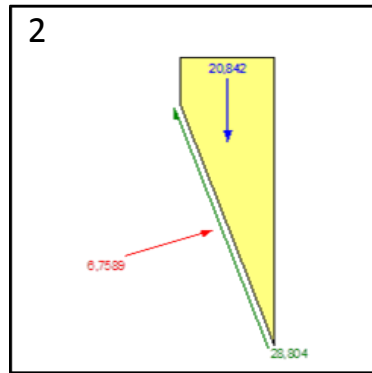
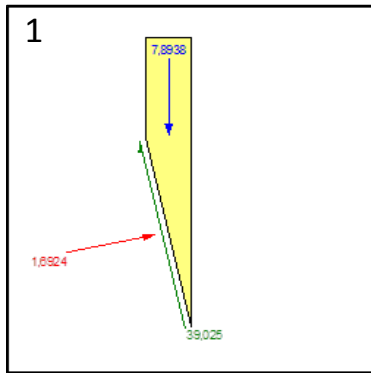
**Gráfico 32:** Resultados gráficos Distancia vs Propiedades mecánicas

**Fuente:** GeoStudio 2012 (ESTUDIANTE)

RESULTADOS POR DOVELAS - SIN REFUERZO - PROGRAMA GEOSTUDIO 2012											
N° Rebanada	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Factor de Seguridad	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219	1,219
Ángulo Phi (°)	33	33	32	27	27	27	27	27	27	27	27
C (Resistencia) (KPA)	22,56	22,56	22,50	26,48	26,48	26,48	26,48	26,48	26,48	26,48	26,48
Ancho de rebanada (m)	0,44	0,44	0,48	0,46	0,46	0,46	0,46	0,70	0,25	0,51	0,51
Media Altura (m)	1,00	2,65	3,85	4,83	4,83	6,36	6,36	6,04	4,36	2,97	0,99
Longitud de la Base (m)	2,05	1,36	1,20	0,99	0,99	0,81	0,81	1,06	0,36	0,71	0,68
Ángulo Base (°)	-77,62	-71,08	-66,18	-61,99	-61,99	-55,15	-55,15	-48,68	-45,96	-43,91	-41,24
Peso (incl. Sismo Vert.) (KN)	7,89	20,84	33,05	39,59	39,59	52,22	52,22	74,78	19,38	27,24	9,15
Fuerza Normal en la Base (KN)	1,69	6,76	13,35	18,59	18,59	29,84	29,84	49,38	13,47	19,62	6,88
Esfuerzo Normal de Base (KPA)	0,82	4,96	11,10	18,80	18,80	36,71	36,71	46,58	37,46	27,51	10,07
Fuer. Cort. de Base Res. (KN)	47,57	35,11	35,40	35,66	35,66	36,73	36,73	53,23	16,39	28,88	21,60
Esf. Cort. de Base Res. (KPA)	23,09	25,78	29,44	36,06	36,06	45,18	45,18	50,21	45,57	40,50	31,61
Fuer. Cort. de Base Mov. (KN)	39,03	28,80	29,04	29,26	29,26	30,13	30,13	43,67	13,45	23,70	17,72
Esf. Cort. de Base Mov. (KPA)	18,95	21,15	24,15	29,59	29,59	37,07	37,07	41,20	37,38	33,23	25,93
Coordenada Superior Izq. (m)	4,77; 9,40	5,21; 9,40	5,65; 9,40	6,14; 9,40	6,14; 9,40	7,07; 9,40	7,07; 9,40	8,00; 9,40	8,70; 6,10	8,95; 5,00	9,46; 2,55
Coordenada Superior Der.	5,21; 9,40	5,65; 9,40	6,14; 9,40	6,60; 9,40	6,60; 9,40	7,53; 9,40	7,53; 9,40	8,70; 6,10	8,95; 5,00	9,46; 2,55	9,97; 0,10
Coordenada Izq. Inferior	4,77; 9,40	5,21; 7,38	5,65; 6,10	6,14; 5,00	6,14; 5,00	7,07; 3,37	7,07; 3,37	8,00; 2,10	8,70; 1,31	8,95; 1,05	9,46; 0,55
Coordenada Der. Inferior	5,21; 7,38	5,65; 6,10	6,14; 5,00	6,60; 4,12	6,60; 4,12	7,53; 2,70	7,53; 2,70	8,70; 1,31	8,95; 1,05	9,46; 0,55	9,97; 0,10

**Tabla 17.** Resultados por dovelas- Sin Refuerzo – Método Fellenius

**Fuente:** GeoStudio 2012 (ESTUDIANTE)

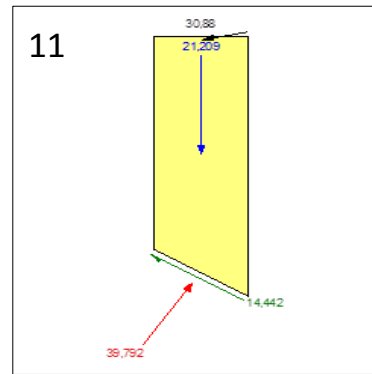
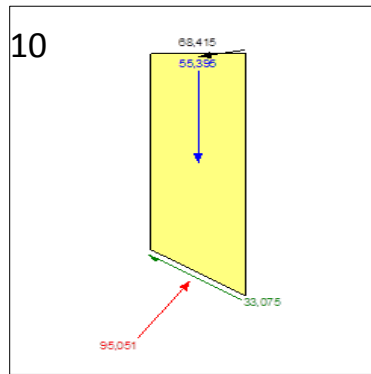
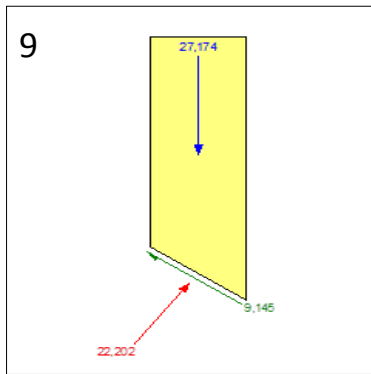
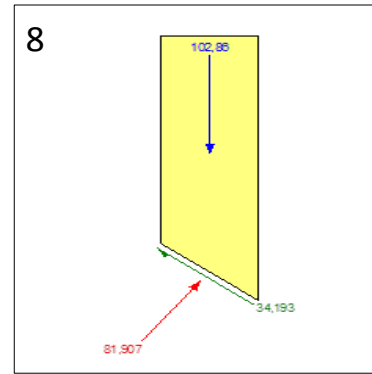
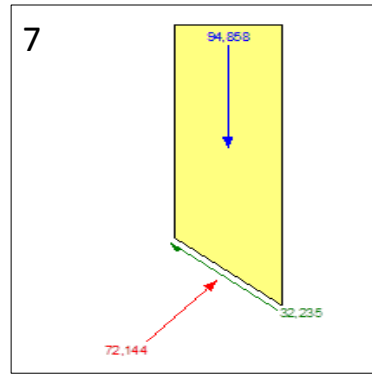
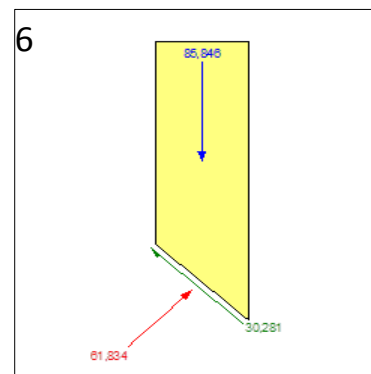
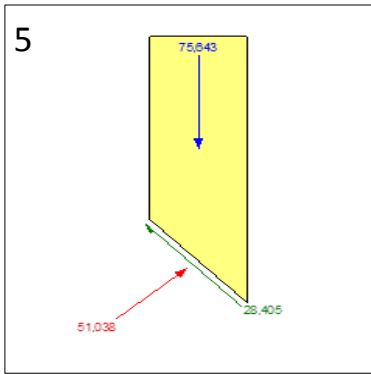
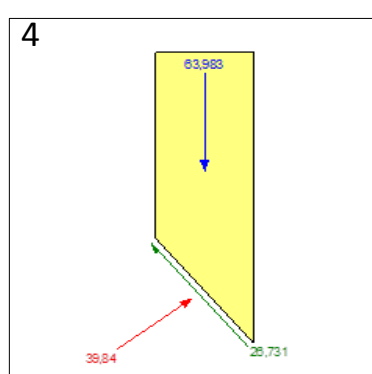
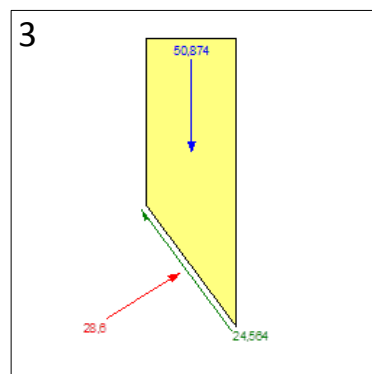
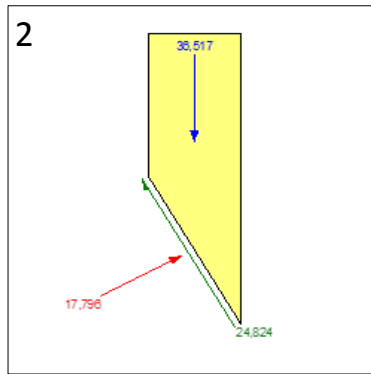
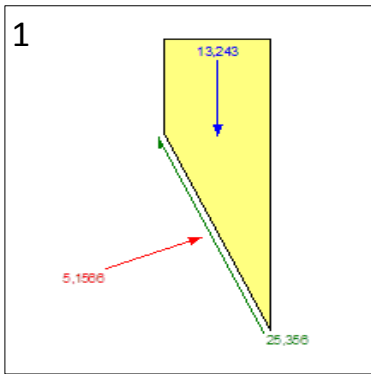


**Gráfico 33:** Fuerzas actuantes en cada dovela (sin Refuerzo)  
**Fuente:** GeoStudio 2012  
 (ESTUDIANTE)

RESULTADOS POR DOVELAS - CON REFUERZO MALLA METÁLICA - PROGRAMA GEOSTUDIO 2012											
N° Rebanada	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Factor de Seguridad	1,946	1,946	1,946	1,946	1,946	1,946	1,946	1,946	1,946	1,946	1,946
Ángulo Phi (°)	33	33	32	27	27	27	27	27	27	27	27
C (Resistencia) (KPA)	22,56	22,56	22,50	26,48	26,48	26,48	26,48	26,48	26,48	26,48	26,48
Ancho de rebanada (m)	0,79	0,79	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,20	0,50	0,25
Media Altura (m)	0,94	2,59	3,85	4,87	5,75	6,51	7,19	7,79	7,67	6,26	4,78
Longitud de la Base (m)	2,04	1,63	1,33	1,20	1,11	1,04	0,98	0,94	0,24	0,60	0,30
Ángulo Base (°)	-67,08	-60,84	-55,80	-51,49	-47,57	-43,92	-40,49	-37,22	-35,21	-33,77	-32,24
Peso (incl. Sismo Vert.) (KN)	13,24	36,52	50,87	63,98	75,64	85,85	94,86	102,86	27,17	55,40	21,21
Fuerza Normal en la Base (KN)	5,16	17,80	28,60	39,84	51,04	61,83	72,14	81,91	22,20	95,05	39,79
Esfuerzo Normal de Base (KPA)	2,53	10,93	21,50	33,27	46,18	59,73	73,58	87,46	90,70	158,03	134,62
Fuer. Cort. de Base Res. (KN)	49,34	48,30	47,80	52,01	55,27	58,92	62,72	66,53	17,79	64,36	28,10
Esf. Cort. de Base Res. (KPA)	24,20	29,66	35,94	43,43	50,01	56,91	63,97	71,04	72,69	107,00	95,08
Fuer. Cort. de Base Mov. (KN)	25,36	24,82	24,56	26,73	28,41	30,28	32,24	34,19	9,15	33,08	14,44
Esf. Cort. de Base Mov. (KPA)	12,44	15,24	18,47	22,32	25,70	29,25	32,88	36,51	37,36	54,99	48,86
Coordenada Superior Izq. (m)	1,93; 9,40	2,72; 9,40	3,52; 9,40	4,27; 9,40	5,01; 9,40	5,7628182; 9,40	6,50; 9,40	7,25; 9,40	8,00; 9,40	8,20; 8,45	8,70; 6,10
Coordenada Superior Der.	2,72; 9,40	3,52; 9,40	4,27; 9,40	5,01; 9,40	5,76; 9,40	6,50; 9,4 m	7,25; 9,40	8,00; 9,40	8,20; 8,45	8,70; 6,10	8,95; 5,00
Coordenada Izq. Inferior	1,93; 9,40	2,72; 7,52	3,52; 6,10	4,27; 5,00	5,01; 4,06	5,76; 3,24	6,50; 2,52	7,25; 1,89	8,00; 1,32	8,20; 1,18	8,70; 0,85
Coordenada Der. Inferior	2,72; 7,52	3,52; 6,10	4,27; 5,00	5,01; 4,06285	5,76; 3,24	6,50; 2,52	7,25; 1,89	8,00; 1,32	8,20; 1,18	8,70; 0,85	8,95; 0,69

**Tabla 18.** Resultados por dovelas- Con refuerzo malla metálica – Método Fellenius

**Fuente:** GeoStudio 2012 (ESTUDIANTE)



**Gráfico 34:** Fuerzas actuantes en cada dovela (Refuerzo malla metálica)  
**Fuente:** GeoStudio 2012  
 (ESTUDIANTE)

### **4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.**

El método de estabilización de taludes en suelos areno-limosos con pendientes que fluctúan entre 60 y 90 grados mediante el sistema de mallas metálicas produce un incremento del Factor de Seguridad de hasta un 60% del valor inicial, con las características, método de anclaje y especificaciones que se trató en la presente investigación, lo cual contribuye considerablemente al control de posibles inestabilidades superficiales , además de servir como un elemento de contención ante posibles deslizamientos.

Cabe recalcar que en este sistema el parámetro de mayor influencia es el módulo de rigidez, debido a que los aumentos progresivos en este parámetro consiguen mayores aumentos en el factor de seguridad.

## CAPÍTULO V.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES.

- De acuerdo con los resultados de las muestras de suelo tomados en cada estrato del talud, se pudo determinar mediante su granulometría que el suelo es de tipo areno limoso SM, según lo que indica el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).
- La cohesión obtenida en cada estrato fue de 0.27 kg/cm<sup>2</sup> , 0.26 kg/cm<sup>2</sup> y 0.23kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, lo cual permite identificar la presencia de limos en este tipo de suelo y en combinación con su bajo contenido de humedad resultan ser muy erosionables en los taludes.
- Con el método de cálculo (Fellenius u Ordinario) y la herramienta computacional de diseño (GeoSlope 2012) se determinó un factor de seguridad de 1.219 con las características actuales del talud, lo cual demuestra que el talud en estudio tiene un considerable grado de inestabilidad debido a que no cumple el valor mínimo de 1.25 que establece la NEC 2014.
- Mediante la implementación del sistema de estabilización con mallas metálicas de triple torsión se generó un nuevo factor de seguridad de 1.946 , teniendo un incremento del 60% de su valor inicial, lo cual al ser el principal indicador de estabilidad se determina que el sistema en estudio contribuye notablemente a la estabilidad del talud.
- El uso de mallas metálicas de triple torsión en la estabilización de un talud además de mejorar su estabilidad, contribuye como sistema de contención ante posibles desprendimientos. Debido a la rigidez que posee y además de ser un material galvanizado su mantenimiento será relativamente bajo. La adquisición es una gran ventaja debido a que la demanda si bien aún no es



para fines de estabilidad, se la comercializa en su gran mayoría para el uso en cerramientos, por lo cual se tendrá un acceso fácil al mismo.

- El parámetro de mayor influencia en el sistema de mallas metálicas y con el cual fue analizado es el módulo de rigidez ( $2\text{kgf/mm}^2$ ), que interviene directamente con el aumento en el factor de seguridad, sin dejar de tomar en cuenta factores como: fuerza en los anclajes, y las propiedades geomecánicas y geométricas de los taludes.
- La variación de la separación de anclajes ( 6 anclajes distribuidos y alineados horizontal y verticalmente cada 1.50m) fueron seleccionados de acuerdo a la práctica constructiva y de instalación de éstos en otras obras de estabilización que llevaron un seguimiento y factibilidad de los mismos.

## **5.2 RECOMENDACIONES.**

- Para lograr aumentos en el factor de seguridad con los cuales se cumpla la normativa y mediante el uso de mallas de bajo módulo de rigidez, es necesario utilizar separaciones en los anclajes muy bajas.
- Existen diferentes combinaciones de rigideces de la malla, fuerza de anclaje y separación de los mismos, con las cuales se podrá estabilizar el talud, por lo tanto, se recomienda realizar optimizaciones al diseño del sistema que permitan reducir costos y tiempos de construcción.
- Combinar con otros métodos de estabilización complementará un mejor funcionamiento del sistema, como por ejemplo el estimular la siembra de especies vegetales nativas en las paredes de los taludes mediante un proceso técnico, que implica un estudio de mitigación ambiental y un plan de manejo ambiental.
- Se hace necesario continuar la línea de investigación en tesis futuras realizando ensayos de campo a escala real con el fin de instalar este sistema

basando los diseños en la metodología planteada en la presente tesis, verificar su funcionamiento y definir cual sería la forma apropiada de instalación del sistema.

## MATERIALES DE REFERENCIA



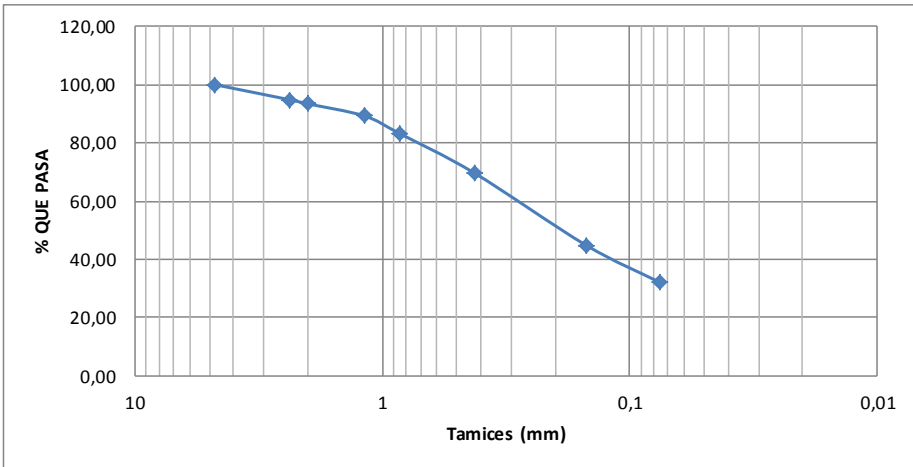
### 1. BIBLIOGRAFIA

- [1] AYALA, Francisco. (1991). Manual de ingeniería de taludes. Instituto Tecnológico Geo minero de España, Madrid. 456p.
- [2] MARIN L. (2012). Curso de mecánica de suelos. Escuela de Ingeniería Civil. Guayaquil-Ecuador. pp.18.
- [3] MORGAN, R. (1997). Erosión y conservación del suelo. Editorial Mundi-Prensa Libros, Madrid, 343 p.
- [4] E. Blanco Fernández , D. Castro Fresno. (2012). “Membranas flexibles ancladas al terreno para la estabilización de taludes en carreteras”. PLATAFORMA TECNOLÓGICA ESPAÑOLA DE LA CARRETERA. (07), 43p.
- [5] W. Lambe y R. Whitman, Mecánica de suelos. Limusa, México, 1997.
- [6] E. Juárez y A. Rico, Mecánica De Suelos. LIMUSA. México DF, 1987.
- [7] CRESPO, Carlos. (2005). Mecánica de suelos y cimentaciones. Editorial Limusa, México. 650 p.
- [8] ENSAYO TRIAXIAL ASTM D 2850  
<http://noticias.espe.edu.ec/hfbonifaz/files/2012/09/ENSAYO-TRIAxIAL.pdf>
- [9] SUAREZ, Jaime. Deslizamientos: Análisis Geotécnico Tomo 1.
- [10] ARREDONDO, Francisco. (1997). Compactación de terrenos terraplenes y pedraplenes. Editores técnicos asociados S.A. Madrid, 466 p.
- [11] BOWLES Joseph E (1992) Propiedades geofísicas de los suelos. Mac Graw Hill México DF México.
- [12] R. Gallardo, T. E. Guerrero, and A. Macgregor, (2013). “Investigación geotécnica para la estabilización de las laderas del barrio San Fermín, municipio de Ocaña, departamento de Norte de Santander (Colombia),” INGE CUC, *vol. 9*, no. 2, pp. 66–74

- [13] REVELO, Vicente . (2008) Tesis: Modelo para la estabilización de taludes en las carreteras del subtrópico del nor occidente del ecuador a fin de evitar accidentes de tránsito y disminuir los costos de operación vehicular.
- [14] JUAREZ BADILLO, Eulalio (1980) Fundamentos de la mecánica de suelos. LIMUSA México DF, México
- [15] DA COSTA, Almudena, (2001), Comportamiento de taludes en suelos reforzados con mallas ancladas, V simposio nacional sobre taludes y laderas inestables, Tomos I, II y III, Imprenta Universidad Politécnica de Madrid, Madrid
- [16] ORTOLANI, E, (1961), Evitación de taludes y protección contra ellos, Editorial CEDEX, Madrid
- [17] GRAUX Daniel (1995) Fundamentos de mecánica del suelo proyecto de muros y cimentaciones. E.T.A. España.
- [18] NEC –SE – GC. (2014) Norma Ecuatoriana de la Construcción
- [19] Blake et al. (2002) Recommended Procedures for Implementation of DMG Special Publication 117, Guidelines for Analyzing and Mitigating Landslide Hazard in California.
- [20] D. C. GARCIA and C. S. MILLAN.(2004) Inestabilidades por degradación superficial de taludes en suelos. corrección mediante sistemas de refuerzo anclados. Tesis de doctorado -Universidad de Cantabria.
- [21] SANHUEZA PLAZA C ; RODRIGUEZ CIFUENTES L. (2013). “Análisis Comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales” , Revista de la Construcción, vol.12 no.1
- [22] BLANCO-Fernandez, D. Castro-Fresno, L. Lopez-Quijada. (2011) Flexible systems anchored to the ground for slope stabilisation: critical review of existing design methods. Engineering Geology, 122(3)
- [23] NTE INEN 1626 (1988) (Spanish): Malla de alambre de acero galvanizado
- [24] RODRIGUEZ K; SALAZAR J. (2014) Tesis de Maestría: Análisis de los Factores que Determinan el Diseño de Mallas Metálicas para la Estabilización de Taludes en Macizos Rocosos
- [25] Mora-Ortiz, R.S.; Rojas-González, (2012) “Efecto de la saturación en el deslizamiento de talud en la comunidad San Juan, Chiapas”, INGENIERÍA. INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA, *vol. XIII*, no. 1, pp. 55-68

## 2. ANEXOS

### 2.1 TABLAS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
<b>ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE TALUDES CON MALLAS METÁLICAS EN LA VÍA ECOLÓGICA SANTA ROSA KM 3+500 DEL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA</b>			
<b>Norma:</b>	INEN 696		
<b>Realizado por:</b>	Egdo. José Palate	<b>Fecha:</b>	10/01/2018
		<b>Descripción de muestra:</b>	MATERIAL 1
<b>Revisado por:</b>	Ing. Mg. Lorena Perez		SM (Arena Limosa)
<b>ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS</b>			
<b>TAMIZ #</b>	<b>PESO RET/ACUM.</b>	<b>% RETENIDO</b>	<b>% QUE PASA</b>
PASA #4	0,00	0,00	100,00
#8	25,95	5,19	94,81
#10	32,85	6,57	93,43
#16	53,70	10,74	89,26
#20	84,00	16,80	83,20
#40	151,50	30,30	69,70
#100	275,65	55,13	44,87
#200	340,10	68,02	31,98
PASA #200	159,90	31,98	
<b>TOTAL</b>	<b>500,00</b>		
Peso cuarteo antes del lavado		500,00	
Peso cuarteo después del lavado		159,90	
Tootal - Diferencia (gr)		340,10	
<b>GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA (Material 1)</b>			
			
<b>DETRMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b>			
NORMA: ASTM D 2216-10			
Recipiente #	1		
Recip. + S. Húmedo	102,90		
Recip. + S. Seco	94,70		
Peso recipiente	31,50		
Peso de Agua	8,20		
Peso suelo seco	63,20		
Contenido humedad W%	13,00		

**Gráfico 35:** Ensayo de Granulometría y Contenido de Humedad- Material 1

**Fuente:** Egdo. José Palate



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



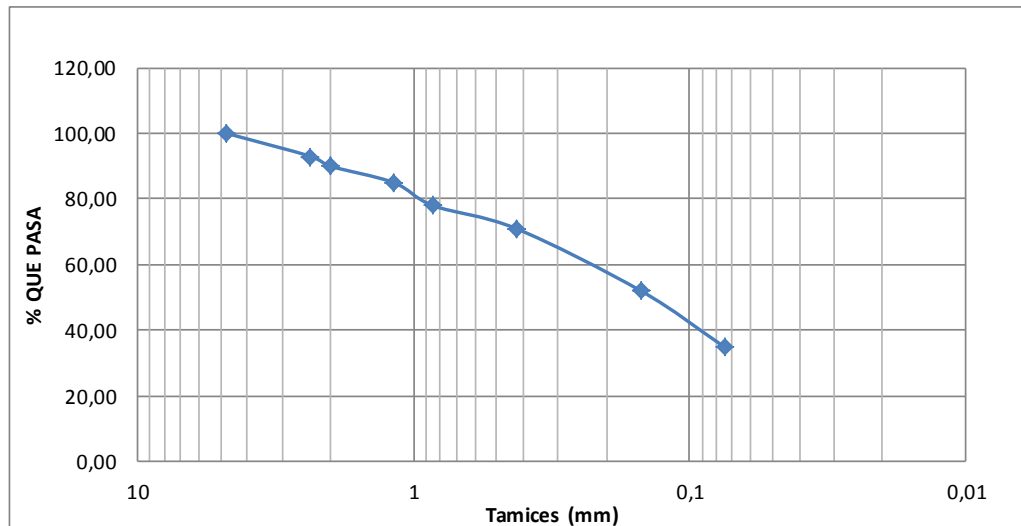
**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE TALUDES CON MALLAS METÁLICAS EN LA VÍA ECOLÓGICA SANTA ROSA KM 3+500 DEL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA**

<b>Norma:</b>	INEN 696		
<b>Realizado por:</b>	Egdo. José Palate	<b>Fecha:</b>	10/01/2018
		<b>Descripción de muestra:</b>	MATERIAL 2
<b>Revisado por:</b>	Ing. Mg. Lorena Perez		SM (Arena Limosa)

**ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS**

TAMIZ #	PESO RET/ACUM.	% RETENIDO	% QUE PASA
PASA #4	0,00	0,00	100,00
#8	35,00	7,00	93,00
#10	50,00	10,00	90,00
#16	75,00	15,00	85,00
#20	110,00	22,00	78,00
#40	145,00	29,00	71,00
#100	240,00	48,00	52,00
#200	325,00	65,00	35,00
PASA #200	175,00	35,00	
TOTAL	500,00		
Peso cuarteo antes del lavado		500,00	
Peso cuarteo después del lavado		175,00	
Total - Diferencia (gr)		325,00	

**GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA (Material 2)**



**DETRMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD**

<b>NORMA: ASTM D 2216-10</b>	
Recipiente #	2
Recip. + S. Húmedo	203,30
Recip. + S. Seco	184,25
Peso recipiente	31,60
Peso de Agua	19,28
Peso suelo seco	152,65
Contenido humedad W%	12,63

**Gráfico 36: Ensayo de Granulometría y Contenido de Humedad- Material 2**

**Fuente: Egdo. José Palate**



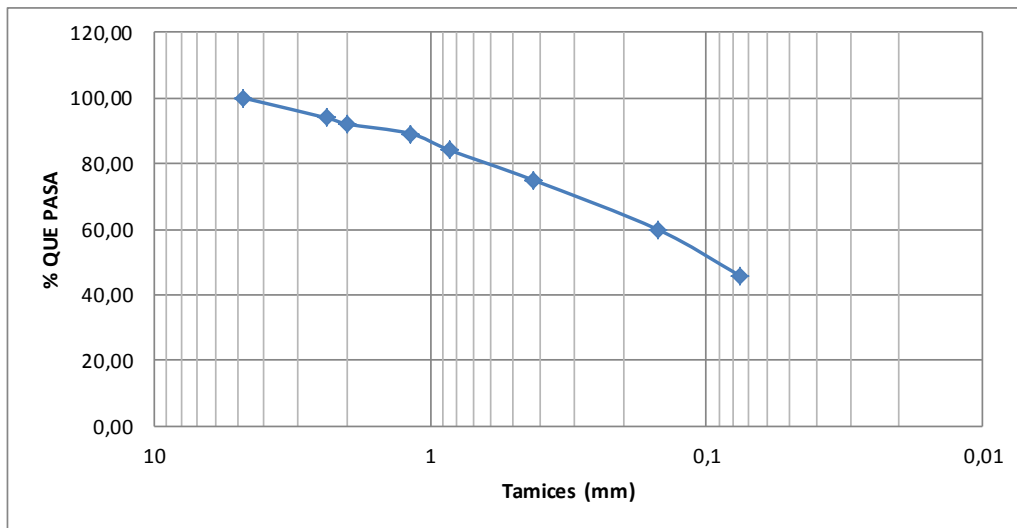
**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE TALUDES CON MALLAS METÁLICAS EN LA VÍA ECOLÓGICA SANTA ROSA KM 3+500 DEL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA**

<b>Norma:</b>	INEN 696		
<b>Realizado por:</b>	Egdo. José Palate	<b>Fecha:</b>	10/01/2018
		<b>Descripción de muestra:</b>	MATERIAL 3
<b>Revisado por:</b>	Ing. Mg. Lorena Perez		SM (Arena Limosa)

**ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS**

TAMIZ #	PESO RET/ACUM.	% RETENIDO	% QUE PASA
PASA #4	0,00	0,00	100,00
#8	30,60	6,12	93,88
#10	39,75	7,95	92,05
#16	54,25	10,85	89,15
#20	79,50	15,90	84,10
#40	124,80	24,96	75,04
#100	200,30	40,06	59,94
#200	271,40	54,28	45,72
PASA #200	228,60	45,72	
TOTAL	500,00		
Peso cuarteo antes del lavado		500,00	
Peso cuarteo después del lavado		228,60	
Total - Diferencia (gr)		271,40	

**GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA (Material 3)**



**DETRMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD**

NORMA: ASTM D 2216-10

Recipiente #	1
Recip. + S. Húmedo	195,70
Recip. + S. Seco	179,40
Peso recipiente	31,60
Peso de Agua	16,30
Peso suelo seco	147,80
Contenido humedad W%	11,00

**Gráfico 37:** Ensayo de Granulometría y Contenido de Humedad- Material 3  
**Fuente:** Egdo. José Palate



ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

ORIGEN:	Vía Ecológica Santa Rosa - Ambato	FECHA:	12/01/2018
ELABORADO POR:	EGDO. JOSÉ LUIS PALATE BOMBÓN	NORMA:	ASTM D-2850-95 (REAPROBADO -1999)
MUESTRA:	MATERIAL 1	ENSAYADO POR:	Tec. Lab. Darwin Cadena B.

ENSAYO:	1	2	3				1	2	3			1	2	3	
Ds (cm)	5,82	5,78	6,00		Altura inicial	Ho(cm)	13,22	12,86	13,04		Densidad	γ <sub>o</sub> (hgf/m³)	1,815	1,848	1,812
Dc(cm)	6,56	5,98	6,66		Peso inicial	Wo(g)	768	678	712		Carga aplic.	Vc(mm/min)	1,322	1,286	1,304
Di(cm)	6,77	6,32	5,92		Area inicial	Ao(cm²)	32,00	28,53	30,13		Esfuerzo	σ <sub>s</sub> (Kg/cm²)	0,5	1	1,5
Dp(cm)	6,38	6,03	6,19		Volumen inicial	Vo(cm³)	423	367	393						

PORCENTAJE DE DEFORMACION (%)	DEFORMACION DE LA MUESTRA (mm)	LECTURA CELDA DE CARGA (N)			VALOR DE CARGA (kgf)			DEFORMACIÓN UNITARIA (cm)	1- DEFORMACION UNITARIA	AREA CORREGIDA (cm²)			ESFUERZO DESVIADOR (kg/cm²)		
		1	2	3	1	2	3			1	2	3	1	2	3
0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	32,00	28,53	30,13	0,000	0,000	0,000
0,1	0,17	122,0	98,0	88,0	12,44	9,99	8,97	0,017	0,983	32,56	29,020	30,65	0,382	0,344	0,293
0,2	0,22	165,0	129,0	97,0	16,82	13,15	9,89	0,022	0,978	32,72	29,168	30,80	0,514	0,451	0,321
0,3	0,32	234,0	247,0	165,0	23,85	25,18	16,82	0,032	0,968	33,06	29,469	31,12	0,721	0,854	0,540
0,4	0,56	367,0	546,0	277,0	37,41	55,66	28,24	0,056	0,944	33,90	30,219	31,91	1,104	1,842	0,885
0,5	0,67	432,0	678,0	564,0	44,04	69,11	57,49	0,067	0,933	34,30	30,575	32,29	1,284	2,260	1,781
1,0	0,98	657,0	722,0	623,0	66,97	73,60	63,51	0,098	0,902	35,48	31,626	33,40	1,888	2,327	1,901
1,5	1,23	723,0	812,0	727,0	73,70	82,77	74,11	0,123	0,877	36,49	32,527	34,35	2,020	2,545	2,157
2,0	2,34	1022,0	1065,0	1176,0	104,18	108,56	119,88	0,234	0,766	41,78	37,241	39,33	2,494	2,915	3,048
2,5	2,89	1011,0	1011,0	1056,0	103,06	103,06	107,65	0,289	0,711	45,01	40,121	42,37	2,290	2,569	2,541
3,0	3,12	989,0	990,0	1076,0	100,82	100,92	109,68	0,312	0,688	46,52	41,463	43,79	2,167	2,434	2,505
4,0	4,35	1056,0	1022,0	1166,0	107,65	104,18	118,86	0,435	0,565	56,64	50,489	53,32	1,900	2,063	2,229
5,0	4,67	1122,0	1078,0	1233,0	114,37	109,89	125,69	0,467	0,533	60,04	53,520	56,52	1,905	2,053	2,224
6,0	5,34	1233,0	1209,0	1343,0	125,69	123,24	136,90	0,534	0,466	68,68	61,215	64,65	1,830	2,013	2,118
7,0	6,00	1287,0	1343,0	1436,0	131,19	136,90	146,38	0,600	0,400	80,01	71,316	75,31	1,640	1,920	1,944
8,0	6,78	1346,0			137,21			0,678	0,322	99,39			1,381		
9,0	7,89	1456,0			148,42			0,789	0,211	151,67			0,979		
10,0	8,09	1567,0			159,73			0,809	0,191	167,55			0,953		

Curvas esfuerzos desviadores-deformación unitaria

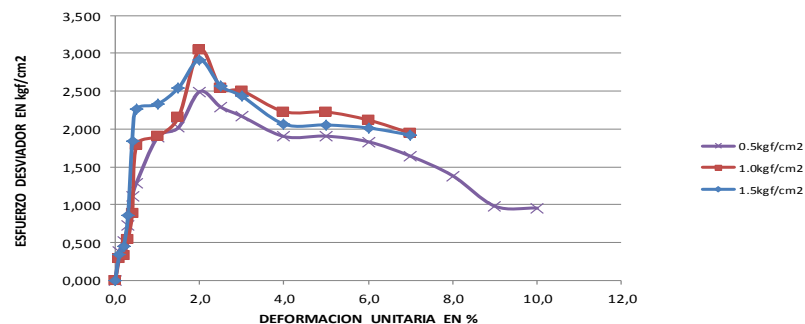


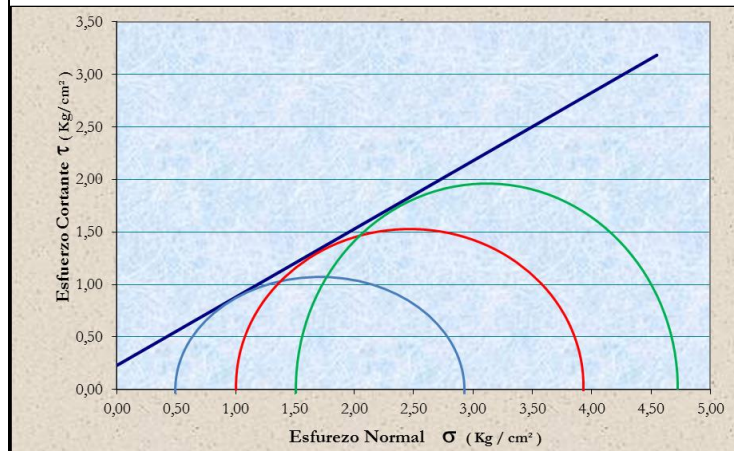
Gráfico 38: Ensayo de Compresión Triaxial – Muestra 1


Fuente: Egdo. José Palate



**ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL**

<b>ORIGEN:</b>	Vía Ecológica Santa Rosa - Ambato	<b>FECHA:</b>	12/01/2018
<b>ELABORADO POR:</b>	EGDO. JOSÉ LUIS PALATE BOMBÓN	<b>NORMA:</b>	ASTM D-2850-95 (REAPROBADO -1999)
<b>MUESTRA:</b>	MATERIAL 1	<b>ENSAYADO POR:</b>	Tec. Lab. Darwin Cadena B.



RESULTADOS OBTENIDOS				<b>FALLA:</b> 
Cohesión :	$c =$	0,23	Kg/cm <sup>2</sup>	
Angulo de fricción interna	$\phi =$	33		
Capacidad de soporte del suelo	$q'a$	23	T/m <sup>2</sup>	
Densidad del suelo	$\gamma_0$	1,812	g/cm <sup>3</sup>	

Variación de	11,25		Variación de	11,25		Variación de	11,25	
Origen	$O_1 =$	1,75	Origen :	$O_2 =$	2,21	Origen :	$O_3 =$	2,52
Radio :	$R_1 =$	1,25	Radio :	$R_2 =$	1,71	Radio :	$R_3 =$	2,02
$\theta$	X	Y	$\theta$	X	Y	$\theta$	X	Y
0	0,50	0,00	0	1,00	1,21	0	1,50	1,75
11,25	0,52	0,24	11,25	0,53	0,33	11,25	0,54	0,39
22,5	0,59	0,48	22,5	0,63	0,65	22,5	0,65	0,77
33,75	0,71	0,69	33,75	0,79	0,95	33,75	0,84	1,12
45	0,87	0,88	45	1,00	1,21	45	1,09	1,43
56,25	1,05	1,04	56,25	1,26	1,42	56,25	1,40	1,68
67,5	1,27	1,15	67,5	1,55	1,58	67,5	1,75	1,87
78,75	1,50	1,22	78,75	1,87	1,67	78,75	2,13	1,99
90	1,75	1,25	90	2,21	1,71	90	2,52	2,02
101,25	1,99	1,22	101,25	2,54	1,67	101,25	2,92	1,99
112,5	2,22	1,15	112,5	2,86	1,58	112,5	3,30	1,87
123,75	2,44	1,04	123,75	3,16	1,42	123,75	3,65	1,68
135	2,63	0,88	135	3,42	1,21	135	3,96	1,43
146,25	2,78	0,69	146,25	3,63	0,95	146,25	4,21	1,12
157,5	2,90	0,48	157,5	3,79	0,65	157,5	4,39	0,77
168,75	2,97	0,24	168,75	3,88	0,33	168,75	4,51	0,39
180	2,99	0,00	180	3,92	0,00	180	4,55	0,00
Puntos	0,00	0,23						
Recta	4,55	3,18						

**Gráfico 39:** Ensayo de Compresión Triaxial – Muestra 1  
**Fuente:** Egdo. José Palate





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE TALUDES CON MALLAS METÁLICAS EN LA VÍA ECOLÓGICA SANTA ROSA KM 3+500 DEL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA**

**ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL**

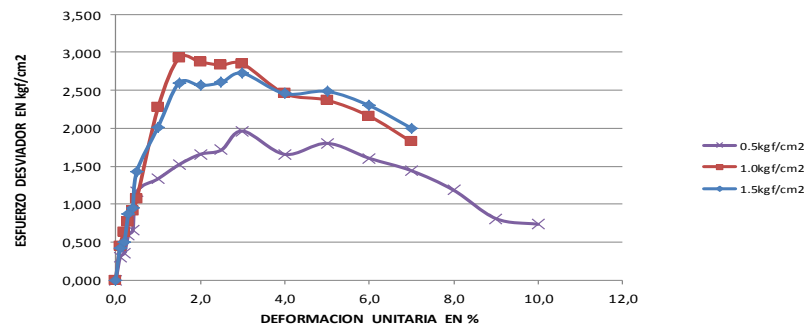
<b>ORIGEN:</b>	Vía Ecológica Santa Rosa - Ambato	<b>FECHA:</b>	12/01/2018
<b>ELABORADO POR:</b>	EGDO. JOSÉ LUIS PALATE BOMBÓN	<b>NORMA:</b>	ASTM D-2850-95 (REAPROBADO -1999)
<b>MUESTRA:</b>	MATERIAL 2	<b>ENSAYADO POR:</b>	Tec. Lab. Darwin Cadena B.

<b>ENSAYO:</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>				<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>				<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Ds (cm)	6,44	5,22	5,89	Altura inicial	Ho(cm)		13,18	14,12	13,65	Densidad	$\gamma_0$ (hgf/m <sup>3</sup> )		1,769	1,796	1,743
Dc(cm)	6,38	5,62	6,02	Peso inicial	Wo(g)		743	609	663	Carga aplic.	Vc(mm/min)		1,318	1,412	1,365
Di(cm)	6,29	5,75	5,96	Area inicial	Ao(cm <sup>2</sup> )		31,87	24,02	27,87	Esfuerzo	$\sigma_3$ (Kg/cm <sup>2</sup> )		0,5	1	1,5
Dp(cm)	6,37	5,53	5,96	Volumen inicial	Vo(cm <sup>3</sup> )		420	339	380						

PORCENTAJE DE DEFORMACION (%)	DEFORMACION DE LA MUESTRA (mm)	LECTURA CELDA DE CARGA (N)			VALOR DE CARGA (kgf)			DEFORMACIÓN UNITARIA (cm)	1- DEFORMACION UNITARIA	AREA CORREGIDA (cm <sup>2</sup> )			ESFUERZO DESVIADOR (kg/cm <sup>2</sup> )		
		1	2	3	1	2	3			1	2	3	1	2	3
0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	31,87	24,02	27,87	0,000	0,000	0,000
0,1	0,17	95,0	102,0	124,0	9,68	10,40	12,64	0,017	0,983	32,42	24,434	28,35	0,299	0,426	0,446
0,2	0,22	114,0	121,0	178,0	11,62	12,33	18,14	0,022	0,978	32,59	24,559	28,49	0,357	0,502	0,637
0,3	0,32	192,0	211,0	215,0	19,57	21,51	21,92	0,032	0,968	32,92	24,812	28,79	0,594	0,867	0,761
0,4	0,56	216,0	236,0	263,0	22,02	24,06	26,81	0,056	0,944	33,76	25,443	29,52	0,652	0,946	0,908
0,5	0,67	389,0	362,0	314,0	39,65	36,90	32,01	0,067	0,933	34,16	25,743	29,87	1,161	1,433	1,072
1,0	0,98	462,0	526,0	688,0	47,09	53,62	70,13	0,098	0,902	35,33	26,628	30,90	1,333	2,014	2,270
1,5	1,23	542,0	698,0	912,0	55,25	71,15	92,97	0,123	0,877	36,34	27,387	31,78	1,520	2,598	2,926
2,0	2,34	676,0	788,0	1025,0	68,91	80,33	104,49	0,234	0,766	41,60	31,355	36,38	1,656	2,562	2,872
2,5	2,89	753,0	863,0	1089,0	76,76	87,97	111,01	0,289	0,711	44,82	33,781	39,19	1,712	2,604	2,832
3,0	3,12	892,0	933,0	1132,0	90,93	95,11	115,39	0,312	0,688	46,32	34,910	40,51	1,963	2,724	2,849
4,0	4,35	916,0	1024,0	1188,0	93,37	104,38	121,10	0,435	0,565	56,41	42,510	49,32	1,655	2,455	2,455
5,0	4,67	1056,0	1098,0	1215,0	107,65	111,93	123,85	0,467	0,533	59,79	45,062	52,28	1,800	2,484	2,369
6,0	5,34	1076,0	1162,0	1266,0	109,68	118,45	129,05	0,534	0,466	68,39	51,541	59,80	1,604	2,298	2,158
7,0	6,00	1125,0	1178,0	1245,0	114,68	120,08	126,91	0,600	0,400	79,67	60,046	69,67	1,439	2,000	1,822
8,0	6,78	1148,0			117,02			0,678	0,322	98,97			1,182		
9,0	7,89	1198,0			122,12			0,789	0,211	151,04			0,809		
10,0	8,09	1200,0			122,32			0,809	0,191	166,85			0,733		

**Curvas esfuerzos desviadores-deformación unitaria**



**Gráfico 40: Ensayo de Compresión Triaxial – Muestra 2  
Fuente: Egdo. José Palate**

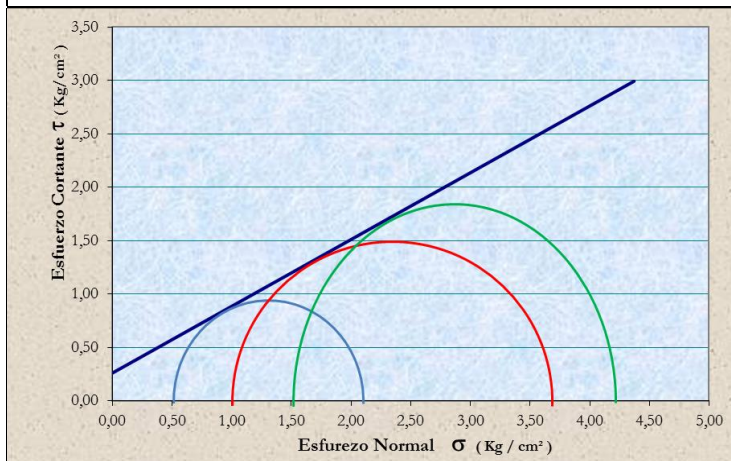


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE TALUDES CON MALLAS METÁLICAS EN LA VÍA ECOLÓGICA SANTA ROSA KM 3+500 DEL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA  
ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL**

<b>ORIGEN:</b>	Vía Ecológica Santa Rosa - Ambato	<b>FECHA:</b>	12/01/2018
<b>ELABORADO POR:</b>	EGDO. JOSÉ LUIS PALATE BOMBÓN	<b>NORMA:</b>	ASTM D-2850-95 (REAPROBADO -1999)
<b>MUESTRA:</b>	MATERIAL 2	<b>ENSAYADO POR:</b>	Tec. Lab. Darwin Cadena B.



RESULTADOS OBTENIDOS			
Cohesión :	$c =$	0,26	Kg/cm <sup>2</sup>
Angulo de fricción interna	$\phi =$	32	
Capacidad de soporte del suelo	$q'a$	26	T/m <sup>2</sup>
Densidad del suelo	$\gamma_0$	1,743	Kg/m <sup>3</sup>



Variación de 11,25			Variación de 11,25			Variación de 11,25		
Origen :	$O_1 =$	1,33	Origen :	$O_2 =$	2,03	Origen :	$O_3 =$	2,44
Radio :	$R_1 =$	0,83	Radio :	$R_2 =$	1,53	Radio :	$R_3 =$	1,94
$\theta$	X	Y	$\theta$	X	Y	$\theta$	X	Y
0	0,50	0,00	0	1,00	1,13	0	1,50	1,69
11,25	0,52	0,16	11,25	0,53	0,30	11,25	0,54	0,38
22,5	0,56	0,32	22,5	0,62	0,59	22,5	0,65	0,74
33,75	0,64	0,46	33,75	0,76	0,85	33,75	0,83	1,08
45	0,74	0,59	45	0,95	1,08	45	1,07	1,37
56,25	0,87	0,69	56,25	1,18	1,27	56,25	1,36	1,61
67,5	1,01	0,77	67,5	1,45	1,41	67,5	1,70	1,79
78,75	1,17	0,81	78,75	1,73	1,50	78,75	2,06	1,90
90	1,33	0,83	90	2,03	1,53	90	2,44	1,94
101,25	1,49	0,81	101,25	2,33	1,50	101,25	2,81	1,90
112,5	1,65	0,77	112,5	2,62	1,41	112,5	3,18	1,79
123,75	1,79	0,69	123,75	2,88	1,27	123,75	3,51	1,61
135	1,91	0,59	135	3,11	1,08	135	3,80	1,37
146,25	2,02	0,46	146,25	3,30	0,85	146,25	4,05	1,08
157,5	2,09	0,32	157,5	3,45	0,59	157,5	4,22	0,74
168,75	2,14	0,16	168,75	3,53	0,30	168,75	4,33	0,38
180	2,16	0,00	180	3,56	0,00	180	4,37	0,00
Puntos	0,00	0,26						
Recta	4,37	2,99						

**Gráfico 41: Ensayo de Compresión Triaxial – Muestra 2**  
**Fuente: Egdo. José Palate**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

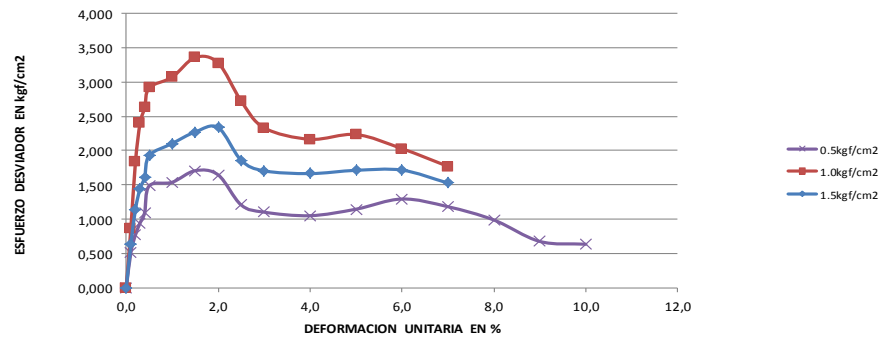


**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE TALUDES CON MALLAS METÁLICAS EN LA VÍA ECOLÓGICA SANTA ROSA KM 3+500 DEL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA  
ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL**

<b>ORIGEN:</b>	Vía Ecológica Santa Rosa - Ambato						<b>FECHA:</b>	12/01/2018									
<b>ELABORADO POR:</b>	EGDO. JOSÉ LUIS PALATE BOMBÓN						<b>NORMA:</b>	ASTM D-2850-95 (REAPROBADO -1999)									
<b>MUESTRA:</b>	MATERIAL 3						<b>ENSAYADO POR:</b>	Tec. Lab. Darwin Cadena B.									
<b>MUESTRA:</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>				<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>				<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>		
Ds (cm)	4,00	4,00	4,00				8,00	8,00	8,00				Densidad	$\gamma_s$ (hgf/m <sup>3</sup> )	1,697	1,801	1,819
Dc (cm)	4,05	4,03	4,07				172	182	185				Carga aplic.	Vc(mm/min)	0,800	0,800	0,800
Di (cm)	4,00	4,00	4,00				12,67	12,63	12,71				Esfuerzo	$\sigma_s$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,5	1	1,5
Dp (cm)	4,02	4,01	4,02				101,37	101,03	101,71								

PORCENTAJE DE DEFORMACION (%)	DEFORMACION DE LA MUESTRA (mm)	LECTURA CELDA DE CARGA (N)			VALOR DE CARGA (kgf)			DEFORMACIÓN UNITARIA (cm)	1- DEFORMACION UNITARIA	AREA CORREGIDA (cm <sup>2</sup> )			ESFUERZO DESVIADOR (kg/cm <sup>2</sup> )		
		1	2	3	1	2	3			1	2	3	1	2	3
0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	12,67	12,63	12,71	0,000	0,000	0,000
0,1	0,17	65,0	80,0	109,0	6,63	8,15	11,11	0,017	0,983	12,89	12,848	12,93	0,514	0,635	0,859
0,2	0,22	98,0	145,0	234,0	9,99	14,78	23,85	0,022	0,978	12,96	12,913	13,00	0,771	1,145	1,835
0,3	0,32	121,0	185,0	309,0	12,33	18,86	31,50	0,032	0,968	13,09	13,047	13,13	0,942	1,445	2,398
0,4	0,56	144,0	211,0	347,0	14,68	21,51	35,37	0,056	0,944	13,42	13,379	13,47	1,094	1,608	2,626
0,5	0,67	198,0	256,0	390,0	20,18	26,10	39,76	0,067	0,933	13,58	13,536	13,63	1,486	1,928	2,918
1,0	0,98	212,0	289,0	425,0	21,61	29,46	43,32	0,098	0,902	14,05	14,001	14,09	1,538	2,104	3,074
1,5	1,23	242,0	321,0	478,0	24,67	32,72	48,73	0,123	0,877	14,45	14,401	14,50	1,707	2,272	3,361
2,0	2,34	267,0	378,0	534,0	27,22	38,53	54,43	0,234	0,766	16,54	16,487	16,60	1,645	2,337	3,280
2,5	2,89	211,0	324,0	478,0	21,51	33,03	48,73	0,289	0,711	17,82	17,763	17,88	1,207	1,859	2,725
3,0	3,12	199,0	307,0	423,0	20,29	31,29	43,12	0,312	0,688	18,42	18,357	18,48	1,101	1,705	2,333
4,0	4,35	231,0	365,0	478,0	23,55	37,21	48,73	0,435	0,565	22,43	22,353	22,50	1,050	1,665	2,165
5,0	4,67	267,0	398,0	523,0	27,22	40,57	53,31	0,467	0,533	23,77	23,695	23,85	1,145	1,712	2,235
6,0	5,34	345,0	456,0	543,0	35,17	46,48	55,35	0,534	0,466	27,19	27,102	27,28	1,293	1,715	2,029
7,0	6,00	367,0	473,0	552,0	37,41	48,22	56,27	0,600	0,400	31,68	31,573	31,78	1,181	1,527	1,770
8,0	6,78	381,0			38,84			0,678	0,322	39,35			0,987		
9,0	7,89	397,0			40,47			0,789	0,211	60,05			0,674		
10,0	8,09	412,0			42,00			0,809	0,191	66,34			0,633		

**Curvas esfuerzos desviadores-deformación unitaria**



**Gráfico 42: Ensayo de Compresión Triaxial – Muestra 3  
Fuente: Egdo. José Palate**

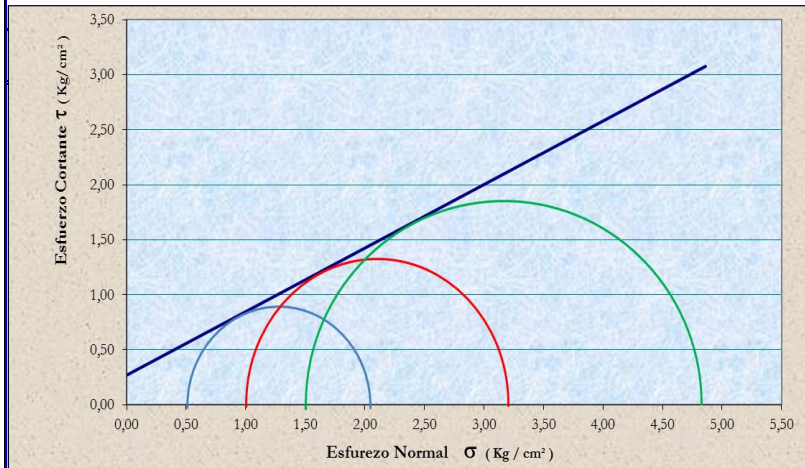


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE TALUDES CON MALLAS METÁLICAS EN LA VÍA ECOLÓGICA SANTA ROSA KM 3+500 DEL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA  
ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL**

<b>ORIGEN:</b>	Vía Ecológica Santa Rosa - Ambato	<b>FECHA:</b>	12/01/2018
<b>ELABORADO POR:</b>	EGDO. JOSÉ LUIS PALATE BOMBÓN	<b>NORMA:</b>	ASTM D-2850-95 (REAPROBADO -1999)
<b>MUESTRA:</b>	MATERIAL 3	<b>ENSAYADO POR:</b>	Tec. Lab. Darwin Cadena B.



Variación de $\tau$ 11,25			Variación de $\tau$ 11,25			Variación de $\tau$ 11,25		
Origen :	$O_1 =$	1,35	Origen :	$O_2 =$	2,17	Origen :	$O_3 =$	3,18
Radio :	$R_1 =$	0,85	Radio :	$R_2 =$	1,17	Radio :	$R_3 =$	1,68
$\theta$	X	Y	$\theta$	X	Y	$\theta$	X	Y
0	0,50	0,00	0	1,00	0,00	0	1,50	0,00
11,25	0,52	0,17	11,25	1,02	0,23	11,25	1,53	0,33
22,5	0,56	0,33	22,5	1,09	0,45	22,5	1,63	0,64
33,75	0,64	0,47	33,75	1,20	0,65	33,75	1,78	0,93
45	0,75	0,60	45	1,34	0,83	45	1,99	1,19
56,25	0,88	0,71	56,25	1,52	0,97	56,25	2,25	1,40
67,5	1,03	0,79	67,5	1,72	1,08	67,5	2,54	1,55
78,75	1,19	0,84	78,75	1,94	1,15	78,75	2,85	1,65
90	1,35	0,85	90	2,17	1,17	90	3,18	1,68
101,25	1,52	0,84	101,25	2,40	1,15	101,25	3,51	1,65
112,5	1,68	0,79	112,5	2,62	1,08	112,5	3,82	1,55
123,75	1,83	0,71	123,75	2,82	0,97	123,75	4,11	1,40
135	1,96	0,60	135	2,99	0,83	135	4,37	1,19
146,25	2,06	0,47	146,25	3,14	0,65	146,25	4,58	0,93
157,5	2,14	0,33	157,5	3,25	0,45	157,5	4,73	0,64
168,75	2,19	0,17	168,75	3,31	0,23	168,75	4,83	0,33
180	2,21	0,00	180	3,34	0,00	180	4,86	0,00
Puntos de la	0,00	0,27						
Recta	4,86	3,08						

RESULTADOS OBTENIDOS			
Cohesión :	$c =$	0,27	Kg/cm <sup>2</sup>
Angulo de fricción	$\phi =$	30	
Capacidad de soporte del suelo	$q'a$	27	T/m <sup>2</sup>
Densidad del suelo	$\gamma_o$	1,819	Kg/m <sup>3</sup>

**FALLA:**



**Gráfico 43: Ensayo de Compresión Triaxial – Muestra 3  
Fuente: Egdo. José Palate**



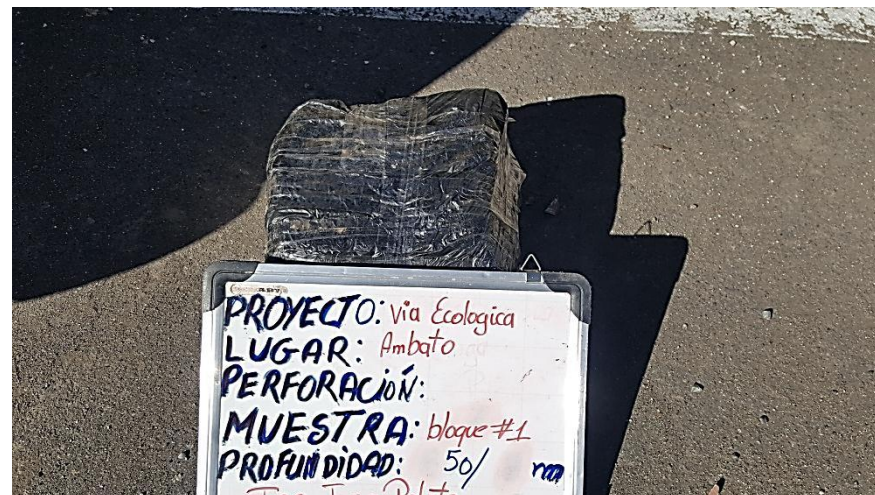
## 2.2 ARCHIVO FOTOGRÁFICO



Fotografía N° 2. Perfil del talud Abscisa 3+500



Fotografía N° 3. Toma de muestra inalterada 1 para ensayo Triaxial



Fotografía N° 4. Muestra inalterada 1





**Fotografía N° 5.** Toma de muestra 1 para propiedades de suelo.



**Fotografía N°6 .** Toma de muestra inalterada 2 para ensayo Triaxial



**Fotografía N°7.** Toma de muestra 2 para propiedades de suelo





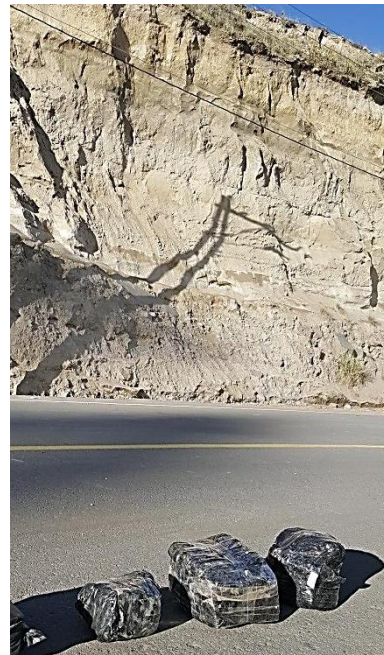
**Fotografía N° 8.** Toma de muestra inalterada 3 para ensayo Triaxial



**Fotografía N° 9.** Toma de muestra 3 para propiedades de suelo.



**Fotografía N° 10.** Bloque #3 para ensayo triaxial



**Fotografía N° 11.** Bloques inalterados para ensayo Triaxial



**Fotografía N° 12.** Muestras para ensayo de propiedades físicas



**Fotografía N° 13 .** Ensayo de Granulometría.





**Fotografía N° 14 .** Ensayo de Granulometría.



**Fotografía N° 15.** Contenido de Humedad



**Fotografía N° 16 .** Contenido de Humedad