



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

“Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil”

TITULO:

“TÉCNICAS PARA LA RESTAURACIÓN Y RECUPERACIÓN  
DE TALUDES EN ZONAS INESTABLES DE LA VÍA RIOBAMBA  
– CEBADAS DESDE EL KM. 1+750 HASTA EL KM. 2+300.”

Autor:

JOHANNA ELIZABETH ORNA NOVILLO

Director:

ING. JORGE NÚÑEZ

Riobamba – Ecuador

2012 – 2013

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: “TÉCNICAS PARA LA RESTAURACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TALUDES EN ZONAS INESTABLES DE LA VÍA RIOBAMBA – CEBADAS DESDE EL KM. 1+750 HASTA EL KM. 2+300”, presentado por: Johanna Elizabeth Orna Novillo y dirigida por: Ing. Jorge Núñez.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Ángel Paredes

*Presidente del Tribunal*

---

Firma

Ing. Jorge Núñez

*Director de Tesis*

---

Firma

Ing. Alexis Martínez

*Miembro del Tribunal*

---

Firma

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, me corresponde exclusivamente a: Johanna Elizabeth Orna Novillo como autor y al Ing. Jorge Núñez en calidad de Director del Proyecto; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.

---

Johanna Orna

---

Ing. Jorge Núñez

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme dado la sabiduría, fortaleza, y amor infinito. A la Universidad Nacional de Chimborazo, a la Escuela de Ingeniería Civil y mis maestros en especial al Ing. Jorge Núñez por apoyarme en el desarrollo de este trabajo de investigación.

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis Padres, por con su amor, paciencia, sacrificio me apoyaron incondicionalmente durante toda mi vida estudiantil. A mis Sobrinas por su cariño, apoyo y ternura.

## INDICE GENERAL

I	RESUMEN.....	i
	SUMMARY.....	ii
II	INTRODUCCIÓN.....	iii
III	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	1
	3.1. Experiencias en restauración de taludes y recuperación de Terrenos en zonas altas pendientes .....	1
	3.1.1. Restauración de taludes.....	1
	3.1.1.1. Cementerio Monteolivo.....	2
	3.1.2. Otras técnicas de restauración de terrenos.....	4
	3.1.2.1. Talud de suelo reforzado con geomalla ...	5
	3.1.2.2. Soil nailing y geocontenedores.....	5
	3.1.2.3. Protección con malla y clavos.....	6
	3.1.3. Recuperación de terrenos.....	7
	3.1.3.1. Muro de hormigón anclado.....	7
	3.1.4. Otras obras de recuperación de terrenos.....	11
	3.1.4.1. Geopantallas Ancladas.....	11
	3.1.4.2. Taludes reforzados con geomalla.....	11
	3.1.4.3. Taludes reforzados con malla de acero.....	12
	3.1.4.4. Muros de placas con suelo reforzado.....	13
	3.2. Talud.....	13
	3.2.1. Partes de un talud.....	14
	3.2.1.1. Pie, pata o base.....	14
	3.2.1.2. Cabeza, cresta, cima o escarpe.....	15
	3.2.1.3. Altura.....	15
	3.2.1.4. Altura de nivel freático.....	15
	3.2.1.5. Pendiente.....	15
	3.3. Caracterización de los Movimientos .....	16
	3.3.1. Tipo de material.....	16
	3.3.2. Humedad.....	16

3.3.3.	Los procesos antrópicos.....	17
3.3.3.1.	Cambios en el relieve y cargas del talud...	17
3.3.3.2.	Modificación de las condiciones de humedad.....	17
3.3.3.3.	Vibraciones.....	18
3.3.3.4.	Cambios en la cobertura vegetal.....	18
3.3.3.5.	La deforestación.....	18
3.3.3.5.1.	Efecto hidrológico de la deforestación.....	19
3.3.3.5.2.	Efecto de las carreteras sobre la deforestación.....	19
IV	METODOLOGÍA.....	20
4.1.	Tipo de estudio.....	20
4.2.	Población Muestra.....	20
4.3.	Operacionalización de variables.....	20
4.4.	Procedimientos.....	21
4.4.1.	Ubicación del área de estudio.....	21
4.4.2.	Recopilación de la Topografía del área de estudio.	21
4.4.3.	Realización de trabajos de Laboratorio .....	21
4.4.4.	Análisis de los problemas presentados por Erosión.	22
4.4.5.	Verificación de la existencia de problemas por deforestación.....	22
4.5.	Procedimiento y Análisis.....	22
V	RESULTADOS.....	24
5.1.	Características del suelo que conforman el área de estudio..	24
5.1.1.	Análisis Mecánico del Suelo.....	24
5.1.1.1.	Muestra N° 1 de la Abscisa 1+750.....	25
5.1.1.2.	Muestra N° 2 de la Abscisa 1+850.....	26
5.1.1.3.	Muestra N° 3 de la Abscisa 1+950.....	27
5.1.1.4.	Muestra N° 4 de la Abscisa 2+050.....	28
5.1.1.5.	Muestra N° 5 de la Abscisa 2+150.....	29
5.1.1.6.	Muestra N° 6 de la Abscisa 2+250.....	30
5.1.2.	Distribución granulométrica.....	31
5.1.3.	Tamaño efectivo, coeficiente de uniformidad y	31

	coeficiente de curvatura.....	
	5.1.4. Consistencia del suelo.....	32
	5.1.5. Peso específico del suelo.....	32
	5.1.6. Resistencia al Corte del suelo.....	32
	5.1.7. Cohesión.....	33
	5.1.8. Resultados.....	33
	5.2. Características del Talud.....	33
	5.3. Descripción general del lugar.....	34
	5.4. Problemas por erosión.....	34
	5.5. Técnicas que se pueden Implementar.....	36
VI.	DISCUSIÓN.....	37
	6.1. Estabilidad de los taludes.....	37
	6.1.1. Talud 1.....	38
	6.1.2. Talud 2.....	40
	6.1.3. Talud 3.....	42
VII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	44
	7.1. Conclusiones.....	44
	7.2. Recomendaciones.....	45
VIII.	PROPUESTA.....	46
	8.1. Título de la propuesta.....	46
	8.2. Introducción.....	46
	8.3. Objetivos.....	47
	8.3.1. Objetivo general.....	47
	8.3.2. Objetivos específicos.....	47
	8.4. Fundamentación científico –técnica.....	47
	8.4.1. Remodelado y control de la escorrentía.....	47
	8.4.1.1. Modificación de la pendiente.....	48
	8.4.1.2. Captura y conducción del agua.....	49
	8.4.1.3. Recubrimiento de la superficie.....	49
	8.5. Descripción de la propuesta.....	50
	8.5.1 Talud 1.....	50
	8.5.2. Talud 2.....	50
	8.5.3. Talud 3.....	51
	8.6. Diseño organizacional.....	52



8.7.	Monitoreo y evaluación de la propuesta.....	52
8.7.1.	TALUD 1.....	52
8.7.1.1.	Modificación de la pendiente.....	53
8.7.1.2.	Sistema de drenajes transversales.....	54
8.7.1.3.	Sistema de recubrimiento de la superficie.....	55
8.7.2.	TALUD 2.....	56
8.7.2.1.	Sistema de drenajes transversales.....	56
8.7.2.2.	Sistema de recubrimiento de la superficie.....	57
8.7.3.	TALUD 3.....	57
8.7.3.1.	Modificación de la pendiente.....	58
8.7.3.2.	Sistema de drenajes transversales.....	59
8.7.3.3.	Sistema de recubrimiento de la superficie.....	60
IX	BIBLIOGRAFÍA.....	61
X.	ANEXOS.....	62
10.1.	Anexo 1 Diseño de taludes.....	63
10.2.	Anexo 2 Análisis de Suelos.....	67
10.3.	Anexo 3 Topografía.....	81

## INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 01.-</i>	Operacionalización de variables.....	20
<i>Tabla 02.-</i>	Distribución granulométrica.....	31
<i>Tabla 03.-</i>	Distribución granulométrica.....	31
<i>Tabla 04.-</i>	Límites de Atterberg.....	32
<i>Tabla 05.-</i>	Peso específico.....	32
<i>Tabla 06.-</i>	Ángulo de rozamiento interno.....	33
<i>Tabla 07.-</i>	Cohesión.....	33
<i>Tabla 08.-</i>	Tipo de suelo.....	33
<i>Tabla 09.-</i>	Datos para Características Topográficas del Talud.....	34
<i>Tabla 10.-</i>	Cuadro de Tipos de Erosión.....	36
<i>Tabla 11.-</i>	Cuadro de Factor de Seguridad.....	38
<i>Tabla 12.-</i>	Características Talud 1.....	53
<i>Tabla 13.-</i>	Características Talud 2.....	56
<i>Tabla 14.-</i>	Características Talud 3.....	58

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 01.-</b>	Vista del Talud previo al deslizamiento.....	2
<b>Figura 02.-</b>	Talud deslizado.....	3
<b>Figura 03.-</b>	Proceso constructivo.....	4
<b>Figura 04.-</b>	Vista del estado actual del talud restaurado.....	4
<b>Figura 05.-</b>	Vista del talud deslizado.....	5
<b>Figura 06.-</b>	Talud poco tiempo luego de la restauración.....	5
<b>Figura 07.-</b>	Vista de un talud restaurado con geocontenedores de suelo cemento, malla y claveteado.....	6
<b>Figura 08.-</b>	Vista de un talud fallado.....	6
<b>Figura 09.-</b>	Vista del talud protegido con mallas y clavos.....	7
<b>Figura 10.-</b>	Preparación de la cimentación y gaviones de suelo cemento	8
<b>Figura 11.-</b>	Cable de anclajes activos y varilla de anclajes pasivos.....	9
<b>Figura 12.-</b>	Perforación acrobática de anclajes.....	9
<b>Figura 13.-</b>	Parte integral del muro es la protección de erosión.....	10
<b>Figura 14.-</b>	Vista del muro terminado.....	10
<b>Figura 15.-</b>	Vista general de la construcción de Geopantallas Ancladas	11
<b>Figura 16.-</b>	Construcción de un talud de suelo reforzado con geomalla..	12
<b>Figura 17.-</b>	Recuperación de terrenos con gaviones reforzados.....	12
<b>Figura 18.-</b>	Muro de placas con suelo reforzado.....	13
<b>Figura 19.-</b>	Nomenclatura de taludes y laderas.....	13
<b>Figura 20.-</b>	Partes generales de un talud o ladera.....	14
<b>Figura 21.-</b>	Análisis Granulométrico muestra 1 – Informe de Laboratorio.....	25
<b>Figura 22.-</b>	Análisis Granulométrico muestra 2 – Informe de Laboratorio .....	26

<b>Figura 23.-</b>	Análisis Granulométrico muestra 3 – Informe de Laboratorio.....	27
<b>Figura 24.-</b>	Análisis Granulométrico muestra 4 – Informe de Laboratorio.....	28
<b>Figura 25.-</b>	Análisis Granulométrico muestra 5 – Informe de Laboratorio.....	29
<b>Figura 26.-</b>	Análisis Granulométrico muestra 6 – Informe de Laboratorio.....	30
<b>Figura 27.-</b>	Método de Culmann.....	37
<b>Figura 28.-</b>	Remodelado de un talud tipo.....	47
<b>Figura 29.-</b>	Conformación de terrazas en taludes.....	48
<b>Figura 30.-</b>	Protección con malla.....	50
<b>Figura 31.-</b>	Zanja de coronación.....	55
<b>Figura 32.-</b>	Zanja de coronación.....	56
<b>Figura 33.-</b>	Zanja de coronación.....	60

## **I. RESUMEN**

La propuesta de analizar una técnica que permita la estabilización de los taludes de la vía Riobamba – Cebadas en el tramo que comprende desde el Km. 1+750 hasta el Km. 2+300, se fundamenta en la necesidad de recuperar y restaurar dichos taludes, para lo cual se analizaron varios factores que afectan a la estabilidad del talud como son tipo de suelo, características topográficas y problemas presentados por procesos de erosión.

Para la restauración y recuperación de taludes se consideró un diseño geotécnico orientado en “volver a su estado original” a los taludes, de modo que se integre perfectamente al desarrollo paisajístico del sector y evitar el colapso de la estructura existente.

## **II. SUMMARY**

The proposal to analyze a technology allowing the stabilization of the slopes from Riobamba - Cebadas route km 1+750 to km 2+300, it is based on the need to recover and restore above mentioned slopes, for this reason several factors were analyzed to establish the slopes stability like: a type of soil, topographic characteristics and problems presented by processes of erosion.

A geotechnical design was considered to returning slopes to its original condition for restoration and recovery of slopes joining perfectly to the landscape development of the sector avoiding the collapse of existing structure.

### **III.INTRODUCCIÓN**

La realidad económica y social de un país en vías de desarrollo como Ecuador, se ve reflejada en el crecimiento de las redes viales, esto implica un incremento de la demanda de terrenos para la ejecución de estas obras civiles y se vuelve importante el uso de espacios que antes se habían pasado por alto debido a sus altas pendientes.

En la provincia de Chimborazo existen taludes potencialmente inestables con altas pendientes, que afectan la seguridad de las carreteras. Por lo que en este estudio se propone una técnica que permita la restauración y recuperación de los taludes que conforman el tramo de la vía Riobamba – Cebadas en el tramo que comprende desde el Km. 1+750 hasta el Km. 2+300.

Dicha técnica permitirá aplicar medidas para estabilizar los taludes, así como también la recuperación del entorno paisajístico propio del lugar.

## **II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **3.1. EXPERIENCIAS EN RESTAURACIÓN DE TALUDES Y RECUPERACIÓN DE TERRENOS EN ZONAS ALTAS PENDIENTES**

A continuación se presenta técnicas utilizadas en proyectos de diferente magnitud:

#### **3.1.1. Restauración de taludes**

Al hablar de Estabilidad de Taludes, normalmente los ingenieros nos enfocamos a resolver el problema de estabilidad orientado únicamente a su seguridad, de modo que el talud o ladera tengan factores de seguridad satisfactorios bajo las diferentes sollicitaciones a las que será sometido. Esto incluye tareas como refuerzo con:

- ✓ Soil nailing
- ✓ Drenaje
- ✓ Modificaciones geométricas
- ✓ Muros
- ✓ Bioingeniería

Otra variable de diseño que cada vez tiende a tener mayor peso en las decisiones constructivas es su apariencia. En el caso de restauración de taludes el diseño geotécnico se orienta a “volver a su estado original” a un talud, de modo que se integre de mejor manera con su entorno y con un proyecto específico en particular.

El resultado final es, por lo tanto, un talud al cual se le ha restaurado su apariencia original mientras que su estructura es más sólida y apta para soportar cargas temporales o permanentes antes de su intervención.



Esto se puede lograr mediante el uso de varias técnicas, entre las que cabe mencionar: Suelo Estabilizado Mecánicamente (MSE por sus siglas en inglés), rellenos fluidos, geocontenedores, todo acompañado de una adecuada bioingeniería.

A continuación se presentan algunos casos en donde se han aplicado varias de estas técnicas a la restauración de taludes:

### 3.1.1.1. Cementerio Monteolivo

El cementerio Monteolivo fue construido en una ladera relativamente estable, sobre la cual se depositó sin control el material de corte de la construcción de la vía Simón Bolívar.



**Figura 01.** Vista del Talud previo al deslizamiento

**Fuente.** LANDÁZURI y PEÑAHERRERA, Experiencias en Restauración de Taludes y Recuperación de Terrenos en Zonas de Alta Pendiente

Pese a que las estructuras se cimentaron en suelo firme, uno de los taludes conformados en estos depósitos poco consolidados se deslizó.



**Figura 02.** Talud deslizado

**Fuente.** LANDÁZURI y PEÑAHERRERA, Experiencias en Restauración de Taludes y Recuperación de Terrenos en Zonas de Alta Pendiente

Cuando se produjo este movimiento de masas, los promotores del proyecto pidieron que el talud se restaurara y estabilizara, de modo que se integre perfectamente al desarrollo paisajístico del proyecto y evitar el colapso de la estructura existente.

En este caso se decidió que la mejor alternativa era construir un talud de suelo estabilizado mecánicamente.

Las restricciones sobre de los materiales disponibles, geometría y condiciones hidrogeológicas hicieron que se decida construir el sistema utilizando un sistema de suelo reforzado con malla de acero plastificada, para formar una estructura de suelo estabilizado mecánicamente que soporte el empuje de los materiales poco consolidados tras el mismo.

El talud está formado por capas compactadas de suelo del sitio (cangahua) y la cara está formada por gaviones de 1m x 1m de sección. Esta cara sirve de elemento permeable y de encofrado para el relleno posterior.



**Figura 03.** Proceso constructivo

**Fuente.** LANDÁZURI y PEÑAHERRERA, Experiencias en Restauración de Taludes y Recuperación de Terrenos en Zonas de Alta Pendiente

Una vez estabilizado el talud éste se revistió con vegetación similar al de los taludes aledaños y con suelo en superficie se conformaron las geoformas necesarias.

El resultado final es un talud restaurado que únicamente se distingue de su entorno porque en épocas secas mantiene la vegetación color verde por las propiedades drenantes de los gaviones.



**Figura 04.** Vista del estado actual del talud restaurado

**Fuente.** LANDÁZURI y PEÑAHERRERA, Experiencias en Restauración de Taludes y Recuperación de Terrenos en Zonas de Alta Pendiente

### 3.1.2. Otras técnicas de restauración de terrenos

Podemos mencionar otros métodos empleados con éxito en restauraciones de taludes, como un ejemplo práctico de la evolución de la técnica.

### 3.1.2.1. Talud de suelo reforzado con geomallas

La siguiente figura muestra un deslizamiento ocurrido dentro de una zona urbana.

Para restaurarlo se diseñó una combinación de muro de gaviones y talud de suelo reforzado.



**Figura 05.** Vista del talud deslizado

**Fuente.** LANDÁZURI y PEÑAHERRERA, Experiencias en Restauración de Taludes y Recuperación de Terrenos en Zonas de Alta Pendiente



**Figura 06.** Talud poco tiempo luego de la restauración

**Fuente.** LANDÁZURI y PEÑAHERRERA, Experiencias en Restauración de Taludes y Recuperación de Terrenos en Zonas de Alta Pendiente

### 3.1.2.2. Soil nailing y geocontenedores

En algunos proyectos, cuando la masa a restaurar es menor y los daños producidos son superficiales se han utilizado con éxito geocontenedores pequeños como encofrados para colocar suelo cemento.

Complementario a esto se utilizan geomallas, mallas de acero y anclajes para generar un talud de suelo reforzado.



**Figura 07.** Vista de un talud restaurado con geocontenedores de suelo cemento, malla y claveteado

**Fuente.** LANDÁZURI y PEÑAHERRERA, Experiencias en Restauración de Taludes y Recuperación de Terrenos en Zonas de Alta Pendiente

### **Protección con malla y clavos**

En algunos proyectos se ha utilizado una protección con malla, sea esta geomalla biaxial, malla de acero, malla de control de erosión, y más usualmente una combinación de todas o algunas de ellas.

Con estas protecciones evitamos la descompresión del suelo, favorecemos la revegetación y prevenimos la formación de planos de falla profundos.



**Figura 08.** Vista de un talud fallado

**Fuente.** LANDÁZURI y PEÑAHERRERA, Experiencias en Restauración de Taludes y Recuperación de Terrenos en Zonas de Alta Pendiente



**Figura 09.** Vista del talud protegido con mallas y clavos

**Fuente.** LANDÁZURI y PEÑAHERRERA, Experiencias en Restauración de Taludes y Recuperación de Terrenos en Zonas de Alta Pendiente

### **3.1.3. Recuperación de terrenos**

Muchas veces no se requiere volver a un talud a su situación anterior sino más bien cambiar su ángulo de inclinación a fin de proporcionar un área plana mayor en superficie.

Esto es muy común en las urbanizaciones que bordean las quebradas profundas en los valles orientales de la ciudad de Quito, en carreteras de montaña, estribos de puentes, entre otros.

De las obras para recuperación de terreno que se han construido unas han tenido mayor éxito que otras, y éstas van desde lo más tradicional, como son muros de hormigón de gravedad o en voladizo, hasta las más novedosas como Geopantallas Ancladas.

Un caso interesante de recuperación de terrenos se presenta a continuación:

#### **3.1.3.1. Muro de hormigón anclado**

Para un proyecto residencial privado se requirió proyectar la plataforma horizontal de la vivienda de modo que se incorpore el lindero de la quebrada al jardín de la casa.



Para tal efecto se realizó un diseño especial que consistió en construir una pantalla de hormigón armado, anclada con anclajes activos y pasivos.

La técnica de construcción incluyó perforaciones acrobáticas para los anclajes, claveteado o soil nailing temporal para soporte de encofrados y andamios de construcción, anclajes profundos para soporte permanente de solicitaciones horizontales, claveteado o soil nailing permanente para soporte del relleno y recubrimiento, y mallas de protección de erosión permanentes.

Adicionalmente se utilizaron mallas de acero plastificadas y gaviones (como geocontenedores de suelo cemento) para formar la cimentación y rellenos de suelo cemento para los sitios inaccesibles a la compactación.

La combinación de todas estas técnicas permitió construir un muro de 25m de alto en condiciones extremadamente difíciles y con todas las seguridades necesarias.

A continuación se describe brevemente el proceso constructivo:



**Figura 10.** Preparación de la cimentación y gaviones de suelo cemento  
**Fuente.** LANDÁZURI y PEÑAHERRERA, Experiencias en Restauración de Taludes y Recuperación de Terrenos en Zonas de Alta Pendiente

La cimentación se construyó anclada al talud para asegurar los factores de seguridad al deslizamiento.



**Figura 11.** Cable de anclajes activos y varilla de anclajes pasivos

**Fuente.** LANDÁZURI y PEÑAHERRERA, Experiencias en Restauración de Taludes y Recuperación de Terrenos en Zonas de Alta Pendiente

En el muro se usó una combinación de anclajes activos y pasivos. Los activos proveen refuerzo para la estabilidad global del conjunto muro suelo. Los pasivos forman un bloque de MSE e incorporan la cara del muro al suelo detrás del mismo.



**Figura 12.** Perforación acrobática de anclajes

**Fuente.** LANDÁZURI y PEÑAHERRERA, Experiencias en Restauración de Taludes y Recuperación de Terrenos en Zonas de Alta Pendiente

Debido a las condiciones topográficas del terreno se realizaron perforaciones acrobáticas con equipo neumático y martillo de fondo.





**Figura 13.** Parte integral del muro es la protección de erosión

**Fuente.** LANDÁZURI y PEÑAHERRERA, Experiencias en Restauración de Taludes y Recuperación de Terrenos en Zonas de Alta Pendiente

Como parte del diseño se colocó una malla de protección de erosión que además promueva el crecimiento de vegetación. Esta malla se colocó con clavos de acero.



**Figura 14.** Vista del muro terminado

**Fuente.** LANDÁZURI y PEÑAHERRERA, Experiencias en Restauración de Taludes y Recuperación de Terrenos en Zonas de Alta Pendiente

El muro terminado tiene una altura máxima de 25m sin contar con el muro de MSE en la base de la parte más alta.

Con todas las obras ejecutadas se puede afirmar que el terreno tiene mayores factores de seguridad a los deslizamientos que antes de colocar las obras, ya que los anclajes y clavos proveen de una estabilidad adicional al conjunto.

Es importante mencionar que todas las obras realizadas está complementadas con suficientes obras de drenaje arriba, abajo y al interior del muro.

### **3.1.4. Otras obras de recuperación de terrenos**

Además del caso citado se han obtenido valiosas experiencias en el diseño y construcción de otro tipo de soluciones, entre las que cabe mencionar:

#### **3.1.4.1. Geopantallas Ancladas**

Son muros segmentados con una tecnología que combina los principios de refuerzo de suelos con los de anclajes permanentes. Diseñada para ser utilizada originalmente en la ampliación de la carretera Alóag – Santo Domingo:



**Figura 15.** Vista general de la construcción de Geopantallas Ancladas

**Fuente.** LANDÁZURI y PEÑAHERRERA, Experiencias en Restauración de Taludes y Recuperación de Terrenos en Zonas de Alta Pendiente

#### **3.1.4.2. Taludes reforzados con geomalla**

Su uso para recuperación de terrenos está limitado por la geometría del terreno, pero en determinadas circunstancias puede ser beneficioso.



**Figura 16.** Construcción de un talud de suelo reforzado con geomalla

**Fuente.** LANDÁZURI y PEÑAHERRERA, Experiencias en Restauración de Taludes y Recuperación de Terrenos en Zonas de Alta Pendiente

### **3.1.4.3. Taludes reforzados con malla de acero**

En principio muy similares a los taludes con geomallas, aunque difiere en su diseño y en su comportamiento. Se han tenido muy buenos resultados en sitios donde la geometría lo permite:



**Figura 17.** Recuperación de terrenos con gaviones reforzados

**Fuente.** LANDÁZURI y PEÑAHERRERA, Experiencias en Restauración de Taludes y Recuperación de Terrenos en Zonas de Alta Pendiente

### 3.1.4.4. Muros de placas con suelo reforzado

Una tecnología que aprovecha el desarrollo con geosintéticos y prefabricados de hormigón. Son muy flexibles y tienen un excelente comportamiento dinámico:

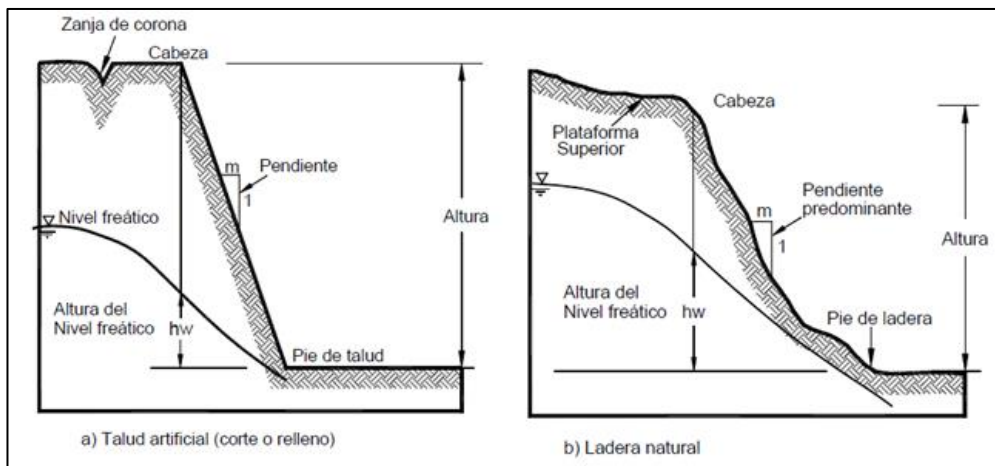


**Figura 18.** Muro de placas con suelo reforzado

**Fuente.** LANDÁZURI y PEÑAHERRERA, Experiencias en Restauración de Taludes y Recuperación de Terrenos en Zonas de Alta Pendiente

## 3.2. 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.



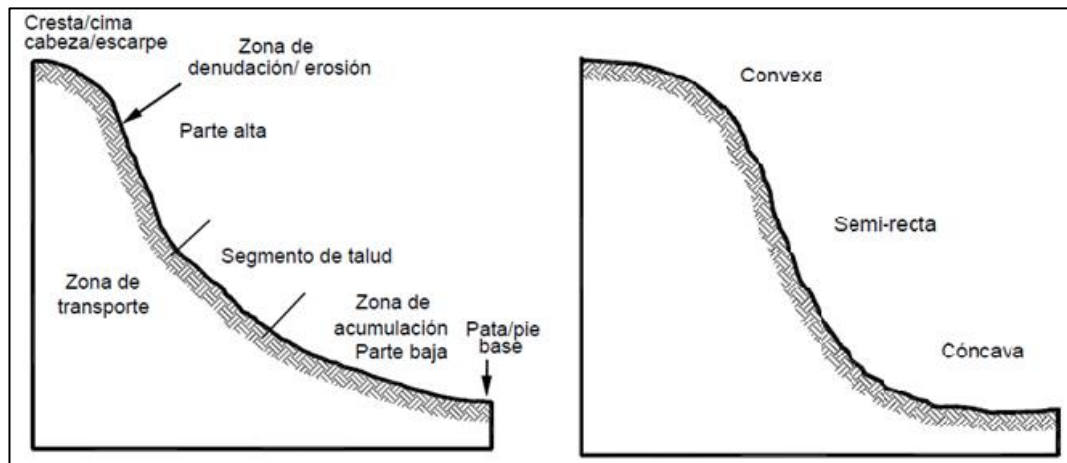
**Figura 19.** Nomenclatura de taludes y laderas.

**Fuente.** SUAREZ, Jaime, Análisis Geotécnico Capítulo I.

Las laderas o taludes que han permanecido estables por muchos años, pueden fallar debido a cambios topográficos, sísmicos, a los flujos de agua subterránea, a los cambios en la resistencia del suelo, la meteorización o a factores de tipo antrópico o natural que modifiquen su estado natural de estabilidad. Un talud estable puede convertirse en un “deslizamiento”.

### 3.2.1. 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. (Figura 20).



**Figura 20.** Partes generales de un talud o ladera.

**Fuente.** SUAREZ, Jaime, Análisis Geotécnico Capítulo I.

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

#### 3.2.1.1. 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.

### **3.2.1.2. 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.

### **3.2.1.3. 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.

### **3.2.1.4. 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.

### **3.2.1.5. 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:  $45^\circ = 100\% = 1H:1V$ .

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.



### 3.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS

Junto al tipo de movimiento, es importante definir las características que posee en cuanto a humedad y material.

#### 3.3.1. Tipo de material

Los siguientes términos han sido adoptados como descripción de los materiales que componen un determinado movimiento del talud.

- ✓ **Roca.** Se denomina “Roca” al material duro y firme que estaba intacto en su lugar, antes de la iniciación del movimiento.
- ✓ **Residuos.** Se denomina Residuos o “Detritos”, al suelo que contiene una significativa proporción de material grueso. Se considera que si más del 20% del material en peso es mayor de 2 milímetros de diámetro equivalente, debe llamarse “Residuos”. Por lo general, existen partículas mucho mayores de 2 milímetros, para que sean consideradas de este modo.
- ✓ **Tierra.** Se denomina tierra, a los materiales con más del 50% de finos (Pasantes tamiz ASTM 200) (USGS, 2004), su humedad es relativamente baja y no tiene consistencia líquida; se incluyen los materiales desde arenas a arcillas muy plásticas.
- ✓ **Lodo.** Se denomina lodo a un material con más del 50% de finos (Pasantes tamiz ASTM 200) (USGS, 2004), con humedades cercanas o superiores al límite líquido, esto le permite fluir rápidamente.

#### 3.3.2. Humedad

Se proponen cuatro términos para definir las condiciones de humedad así:

- ✓ **Seco.** No contiene humedad “visible”.
- ✓ **Húmedo.** Contiene algo de agua, pero no posee agua (corriente) libre y puede comportarse como un sólido plástico pero no como un líquido.

- ✓ **Mojado.** Contiene suficiente agua para comportarse en parte, como un líquido y posee cantidades visibles de agua que pueden salir del material.
- ✓ **Muy mojado.** Contiene agua suficiente para fluir como líquido, aún en pendientes bajas.

### **3.3.3. Los procesos antrópicos**

Entre los procesos antrópicos que activan los deslizamientos se encuentran los siguientes:

#### **3.3.3.1. Cambios en el relieve y cargas del talud**

- ✓ Descargue del talud por remoción de suelos y rocas en los cortes.
- ✓ Sobrecarga por medio de rellenos, edificios, etc.
- ✓ Subsistencia o hundimiento por excavaciones subterráneas (túneles).

#### **3.3.3.2. Modificación de las condiciones de humedad**

- ✓ Modificación de las condiciones naturales del agua superficial por medio de canales, zanjas, represas, etc.
- ✓ Modificación de las condiciones naturales del agua subterránea por medio de pozos de bombeo, concentración de las infiltraciones, etc.
- ✓ Infiltración desde ductos de agua, especialmente acueductos y alcantarillados.
- ✓ Infiltración en pozos sépticos y campos de infiltración.
- ✓ Aceleración de infiltración por la presencia de depósitos de basura y residuos sobre el talud.
- ✓ Cambio general en el régimen de aguas superficiales.
- ✓ Construcción de reservorios o presas.



### **3.3.3.3. Vibraciones**

- ✓ Vibraciones de máquinas y equipos.
- ✓ Tránsito en vías de comunicación.
- ✓ Uso de explosivos.
- ✓ Efectos de la construcción de obras (especialmente el movimiento de maquinaria).

### **3.3.3.4. Cambios en la cobertura vegetal**

- ✓ Cambio de la estructura y condiciones de la capa superficial del suelo por prácticas de agricultura, pastoreo, tala de bosques, etc.
- ✓ Modificación del uso del suelo.

### **3.3.3.5. La deforestación**

La deforestación ha sido identificada como un elemento muy importante de desestabilización de las laderas urbanas. Se ha presentado mucha controversia con relación al efecto de la deforestación en el nivel de actividad de los deslizamientos profundos.

Algunos aseguran que en los deslizamientos profundos las raíces no afectan la estabilidad y que el nivel freático no es influenciado por la presencia de vegetación; mientras otros aseguran que la vegetación es clave para garantizar la estabilidad de los taludes.

Bauer (1996) presenta un caso en el cual la eliminación de 0.3 Km<sup>2</sup> de bosque en un área total de 0.9 Km<sup>2</sup> triplicó la escorrentía e inició un proceso de flujos de escombros (Debris Flow) que destruyó en 1971 varias casas e inundó una población en Austria.

Algunas estadísticas muestran que los deslizamientos ocurren 3.5 veces más en zonas desprovistas de vegetación que en zonas vegetadas. La tala y la quema indiscriminada de los bosques tropicales, especialmente cerca de los núcleos

urbanos han producido efectos catastróficos de erosión masiva y ocurrencia de deslizamientos.

Otro factor, es el agrietamiento del terreno al eliminar la vegetación. Al no existir, es mucho más susceptible el suelo al agrietamiento y éste afecta la estabilidad de forma negativa, al mismo tiempo que facilita la infiltración concentrada de agua.

#### **3.3.3.5.1. Efecto hidrológico de la deforestación**

El efecto hidrológico, en la práctica, es el factor más importante con relación al efecto de la vegetación sobre la estabilidad de las laderas.

La cobertura vegetal presente determina una mayor o menor protección contra el impacto de la lluvia o la acción de las corrientes de agua. Adicionalmente, la vegetación retarda la esorrentía regulando los picos de caudal de las corrientes.

Al eliminar la protección vegetal (cualquiera que sea ésta) se deja el terreno expuesto al impacto de las gotas de lluvia, las cuales producen erosión laminar, seguida por formación de surcos, que pueden convertirse en cárcavas. La situación se agrava aún más cuando se remueve la parte superficial del terreno o descapote, ya que éste funciona como una segunda capa de protección natural contra la erosión y la infiltración de agua.

#### **3.3.3.5.2. Efecto de las carreteras sobre la deforestación**

Al construirse nuevas carreteras se destruye la vegetación durante la construcción, pero el efecto más importante es que la carretera facilita la colonización de nuevas tierras.

La experiencia en Colombia muestra que después de construir una nueva carretera en zonas selváticas, en 5 años se ha destruido la mayor parte de la vegetación en un área de aproximadamente 10 Km a cada lado de la vía. La colonización a su vez, ha aumentado la cantidad de deslizamientos, los cuales eran insignificantes antes de construir la vía.

### III. METODOLOGÍA

#### 4.1. Tipo de estudio

Para esta investigación se emplearon estrategias metodológicas con la finalidad de analizar técnicas que permitan la restauración de taludes y recuperación de terrenos en zonas con altas pendientes.

El estudio es clasifica de tipo Investigativo y se encuentra contemplado los taludes de la vía Riobamba – Cebadas desde el km. 1+750 hasta el km. 2+300.

#### 4.2. Población Muestra

Este proyecto contempla el estudio de los taludes en la vía Riobamba – Cebadas desde el km. 1+750 hasta el km. 2+300.

#### 4.3. Operacionalización de variables

CONCEPTUALIZACION	CATEGORÍA	INDICADORES	ÍNDICE	HERRAMIENTAS
La restauración y recuperación, está destinada a plantear técnicas que puedan prevenir el riesgo de deslizamientos y mejorar las características paisajísticas de los taludes	Inestabilidad de los taludes	Actividades que de seguridad a la vía	Estabilidad de los taludes	Activo – Teórico Fichas Bibliográficas
	Conservación del entorno paisajístico	Plan para la restauración ambiental de la obra	Vegetación propia de lugar	Estrategias de restauración

**Tabla 01:** Operacionalización de variables

**Fuente.** Johanna Orna

#### **4.4. Procedimientos**

Para esta investigación se realizó el siguiente procedimiento:

##### **4.4.1. Ubicación del área de estudio**

Se considerara como área de estudio el tramo que comprende la vía Riobamba – Cebadas desde el km. 1+750 hasta el km. 2+300. Específicamente, la zona que pertenece a la parroquia de San Luis, provincia de Chimborazo, tiene una longitud aproximada de 500m.

##### **4.4.2. Recopilación de la Topografía del área de estudio**

Para la recopilación de la información topográfica se realizó una búsqueda en los archivos que reposan en la Constructora COVIPAL, encontrando planos a escala adecuada, con los cuales se pudo determinar la altura y la pendiente de los taludes artificial de la vía Riobamba – Cebadas desde el km. 1+750 hasta el km. 2+300, los mismos que fueron verificados mediante trabajos topográficos realizados en campo.

Los planos constan en los *Anexos 3*

##### **4.4.3. Realización de trabajos de Laboratorio**

Mediante trabajos de campo, se tomaron muestras cada 100 metros del suelo que conforma los taludes de la vía. Después de tomadas las muestras se procedió a realizar los ensayos de laboratorio que consisten en:

- ✓ Contenido de humedad
- ✓ Granulometría
- ✓ Límites de Atterbert
- ✓ Ángulo de rozamiento interno efectivo ( $\phi$ )
- ✓ Peso específico del terreno ( $\gamma$ )

Los análisis de los ensayos de Laboratorio, se encuentran en el **Anexo 2** (Análisis de Laboratorio)

#### **4.4.4. Análisis de los problemas presentados por Erosión**

Se constato los problemas que existe debido a procesos de desgaste, desprendimiento y transporte de sedimentos, que se presenta en casi todos los taludes, esto produce zanjonos y cárcavas de erosión, tanto en la corona de los taludes como en estos, lo cual se evidencio en los trabajos de campo realizados, debido a que las alcantarillas están colmadas de sedimentos.

#### **4.4.5. Verificación de la existencia de problemas por Deforestación**

Mediante observaciones realizadas en campo se comprobó el nivel de deforestación en el que se encuentran los taludes que se plantean en este estudio.

#### **4.4.6. Análisis de Técnicas que se pueden Implementar**

Por medio de citas bibliográficas y experiencias para restaurar taludes y recuperar terrenos en zonas de altas pendientes, que han sido aplicadas para estabilizar taludes en otras zonas del país, sirvió como base para plantear técnicas aplicables de acuerdo con las características propias del lugar en estudio.

### **4.5. Procedimiento y Análisis**

Con la información recopilada, realice un análisis lógico de los resultados obtenidos. Esto me permitió ratificar los criterios y las especificaciones de diseño.

Para las diferentes técnicas aplicables en la recuperación y restauración de taludes, se determinó:

- ✓ Características particulares, aplicables al tipo de suelo, pendiente, altura, humedad, etc.
- ✓ Simplicidad e innovación en la ejecución de la técnica.
- ✓ Impacto visual que permita la restauración del talud.

## **V. RESULTADOS**

Para realizar un análisis de los resultados que se requieren para el diseño de una técnica que se pueda incorporar y adaptar a las diferentes condiciones que presentan los taludes en estudio, se determinaron los siguientes parámetros:

### **5.1. Características del suelo que conforman el área de estudio**

Los ensayos se llevaron a cabo de acuerdo con los procesos y normas vigentes especificadas por el ASTM D422 y ASSTHO T 88, en los laboratorios de Control de calidad de materiales de la UNACH, en los que se determinó la siguiente información:

#### **5.1.1. Análisis Mecánico del Suelo**

Para obtener un análisis mecánico del suelo. Es decir para determinar el rango del tamaño de las partículas presentes en los suelos que conforman los taludes, se realizó mediante el método que consiste en el análisis por cribado.

El análisis por cribado consiste en sacudir las muestras de suelo a través de un conjunto de malla que tienen aberturas progresivamente más pequeñas.

Mediante este análisis, ejecutado en el Laboratorio de Control de Calidad de Materiales de la UNACH, se obtuvo los siguientes valores:

5.1.1.1. Muestra N° 1 de la Abscisa 1+750

INFORMACIÓN GENERAL									
REALIZADOS SOBRE:		MUESTRA DE SUELO		UBICACIÓN:		NORMAS:			
MUESTRA No.:		90 CC1		SAN LUIS		ASTM D422			
				ORIGEN M. ABCISCA 1+750		ASSTHO T 88			
				ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
No.	TAMIZ (mm)	MASA		RETEN.		RET. ACUM.		PASA	
		TAMIZ	RETEN. PARC. (g)	RET. PARC. (%)	RET. ACUM. (%)	RET. ACUM. (%)	PASA (%)		
3"	75.00		-	-	-	-	-	100	
2"	63.00		-	-	-	-	-	100	
1 1/2"	50.00		-	-	-	-	-	100	
1"	37.50		-	-	-	-	-	100	
3/4"	25.00		-	-	-	-	-	100	
1/2"	19.00		-	-	-	-	-	100	
3/8"	9.50		-	-	-	-	-	100	
N° 4	4.75		79.00	2	2	2	2	98	
10	2.00		58.00	1	3	3	3	97	
40	425 µm		1 761.00	35	38	38	38	62	
100	150 µm		2 664.00	53	91	91	91	9	
200	75 µm		387.00	8	99	99	99	1	
Pasa N° 200			41.00	1	100	100	100	-	

Figura 21. Análisis Granulométrico muestra 1 – Informe de Laboratorio

Fuente. Johanna Orna



5.1.1.2. Muestra N° 2 de la Abscisa 1+850

INFORMACIÓN GENERAL						
REALIZADOS SOBRE:		MUESTRA DE SUELO		UBICACIÓN:		NORMAS:
MUESTRA No. :		90 CC2		SAN LUIS		ASTM D422
				ORIGEN-M. ABSCISA 1+850		ASSTHO T 88
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						
TAMIZ		MASA		PORCENTAJES		PASA
No.	TAMAÑO (mm)	RETEN. PARC. (g)	RET. PARC. (%)	RET. ACUM. (%)	RET. ACUM. (%)	(%)
3"	75.00	-	-	-	-	100
2"	63.00	-	-	-	-	100
1 1/2"	50.00	-	-	-	-	100
1"	37.50	-	-	-	-	100
3/4"	25.00	-	-	-	-	100
1/2"	19.00	-	-	-	-	100
3/8"	9.50	-	-	-	-	100
N° 4	4.75	68.00	1	1	1	99
10	2.00	72.00	1	2	2	98
40	425 µm	2 804.00	56	58	58	42
100	150 µm	1 838.00	37	95	95	5
200	75 µm	191.00	4	99	99	1
Pasa N° 200		18.00	0	99	99	1

Figura 22. Análisis Granulométrico muestra 2 – Informe de Laboratorio

Fuente. Johanna Orna

5.1.1.3. Muestra N° 3 de la Abscisa 1+950

INFORMACIÓN GENERAL									
REALIZADOS SOBRE: MUESTRA DE SUELO			UBICACIÓN: SAN LUIS		NORMAS: ASTM D422				
MUESTRA No. : 90 CC3			ORIGEN M. ABCISIA 1+950		ASSTHO T 88				
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO									
No.	TAMIZ (mm)	MASA RETEN. PARC. (g)	RET. PARC. (%)		RET. ACUM. (%)		PASAJE (%)	PASAJE (%)	
			RET. PARC. (%)	RET. ACUM. (%)	RET. ACUM. (%)	PASAJE (%)			
3"	75.00	-	-	-	-	-	100	100	
2"	63.00	-	-	-	-	-	100	100	
1 1/2"	50.00	-	-	-	-	-	100	100	
1"	37.50	-	-	-	-	-	100	100	
3/4"	25.00	-	-	-	-	-	100	100	
1/2"	19.00	-	-	-	-	-	100	100	
3/8"	9.50	-	-	-	-	-	100	100	
N° 4	4.75	75.00	2	2	2	2	98	98	
10	2.00	179.00	4	4	6	6	94	94	
40	425 µm	1 789.00	36	36	42	42	58	58	
100	150 µm	2 648.00	53	53	95	95	5	5	
200	75 µm	273.00	5	5	100	100	-	-	
Pasa N° 200		29.00	1	1	101	101	-	-	

Figura 23. Análisis Granulométrico muestra 3 – Informe de Laboratorio

Fuente. Johanna Orna



5.1.1.4. Muestra N° 4 de la Abscisa 2+050

INFORMACIÓN GENERAL						
REALIZADOS SOBRE:		MUESTRA DE SUELO		UBICACIÓN:		NORMAS:
MUESTRA No. :		90 CC4		SAN LUIS		ASTM D422
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO				ORIGEN M.		ASSTHO T 88
				ABSCISA 2+050		
TAMIZ		MASA		PORCENTAJES		PASA
No.	TAMAÑO (mm)	RETEN. PARC. (g)	RET. PARC. (%)	RET. ACUM. (%)	RET. ACUM. (%)	PASA (%)
3"	75.00	-	-	-	-	100
2"	63.00	-	-	-	-	100
1 1/2"	50.00	-	-	-	-	100
1"	37.50	-	-	-	-	100
3/4"	25.00	-	-	-	-	100
1/2"	19.00	-	-	-	-	100
3/8"	9.50	-	-	-	-	100
N° 4	4.75	25.00	1	1	1	99
10	2.00	324.00	6	7	7	93
40	425 µm	2 696.00	54	61	61	39
100	150 µm	1 600.00	32	93	93	7
200	75 µm	278.00	6	99	99	1
Pasa N° 200		47.00	1	100	100	-

Figura 24. Análisis Granulométrico muestra 4 – Informe de Laboratorio

Fuente. Johanna Orna

5.1.1.5. Muestra N° 5 de la Abscisa 2+150

INFORMACIÓN GENERAL						
REALIZADOS SOBRE:		MUESTRA DE SUELO		UBICACIÓN:		NORMAS:
MUESTRA No. :		90 CC-5		SAN LUIS		ASTM D422
				ORIGEN-M.		ASSTHO T 88
				ABSCISA 2+150		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						
No.	TAMIZ (mm)	MASA		PORCENTAJES		PASA (%)
		RETEN. PARC. (g)	RET. PARC. (%)	RET. ACUM. (%)		
3"	75.00	-	-	-	-	100
2"	63.00	-	-	-	-	100
1 1/2"	50.00	-	-	-	-	100
1"	37.50	-	-	-	-	100
3/4"	25.00	-	-	-	-	100
1/2"	19.00	-	-	-	-	100
3/8"	9.50	-	-	-	-	100
N° 4	4.75	530.00	11	11	89	
10	2.00	438.00	9	20	80	
40	425 µm	1 145.00	23	43	57	
100	150 µm	1 953.00	39	82	18	
200	75 µm	669.00	13	95	5	
Pasa N° 200		259.00	5	100	.	

Figura 25. Análisis Granulométrico muestra 5 – Informe de Laboratorio  
Fuente. Johanna Orna

5.1.1.6. Muestra N° 6 de la Abscisa 2+250

INFORMACIÓN GENERAL						
REALIZADOS SOBRE:		MUESTRA DE SUELO		UBICACIÓN:		NORMAS:
MUESTRA No. :		90 CC6		SAN LUIS		ASTM D422
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO				ORIGEN M.		ASSTHO T 88
				ABSCISA 2+250		
TAMIZ		MASA		PORCENTAJES		
No.	TAMAÑO (mm)	RETEN. PARC. (g)	RET. PARC. (%)	RET. ACUM. (%)	PASA (%)	
3"	75.00	-	-	-	100	
2"	63.00	-	-	-	100	
1 1/2"	50.00	-	-	-	100	
1"	37.50	-	-	-	100	
3/4"	25.00	-	-	-	100	
1/2"	19.00	-	-	-	100	
3/8"	9.50	-	-	-	100	
N° 4	4.75	106.00	2	2	98	
10	2.00	138.00	3	5	95	
40	425 µm	756.00	15	20	80	
100	150 µm	2 682.00	54	74	26	
200	75 µm	1 006.00	20	94	6	
Pasa N° 200		300.00	6	100	-	

Figura 26. Análisis Granulométrico muestra 6 – Informe de Laboratorio

Fuente. Johanna Orna



### 5.1.2. Distribución granulométrica

Los resultados de los análisis mecánicos obtenidos, se presentaron en graficas semilogaritmicas (Anexo 2), como curvas de distribución granulométrica, las mismas que sirven para obtener los porcentajes de grava, arena , limo y partículas tamaño arcilla, presentes en los suelos que conforman el talud.

N° de Muestra	1	2	3	4	5	6
Abscisa	1+750	1+850	1+950	2+050	2+150	2+250
Grava (%)	2	1	2	1	11	2
Arena (%)	97	98	98	98	84	92
Finos (%)	1	1	-	1	5	6

**Tabla 02:** Distribución granulométrica

Fuente. Johanna Orna

### 5.1.3. Tamaño efectivo, coeficiente de uniformidad y coeficiente de curvatura

Mediante las curvas granulométricas se estableció los parámetros siguientes:

N°	Abscisa	Diámetro efectivo			Coeficiente de uniformidad $C_c$	Coeficiente de curvatura $C_u$
		$D_{10}$	$D_{30}$	$D_{60}$		
1	1+750	0.16	0.23	0.40	0.83	2.50
2	1+850	0.20	0.32	0.61	0.84	3.05
3	1+950	0.19	0.25	0.44	0.75	2.32
4	2+050	0.18	0.30	0.68	0.74	3.78
5	2+150	0.10	0.23	0.52	1.02	5.20
6	2+250	0.09	0.18	0.30	1.20	3.33

**Tabla 03:** Distribución granulométrica

Fuente. Johanna Orna

#### 5.1.4. Consistencia del suelo

La consistencia del suelo se clasifica de acuerdo al contenido de agua: en Límite Líquido, Límite Plástico, también conocidos como Límites de Atterberg. Una vez obtenidos estos parámetros mediante ensayos de laboratorio se calculó el Índice de Plasticidad, que resulta de la diferencia entre el Límite Líquido y el Límite Plástico de cada una de las muestras obtenidas en campo.

Nº de Muestra	1	2	3	4	5	6
Abscisa	1+750	1+850	1+950	2+050	2+150	2+250
Límite Líquido (%)	27.80	33.95	24.82	25.19	26.00	33.70
Límite Plástico (%)	26.91	33.33	22.80	23.11	25.00	33.33
Índice de Plasticidad	0.89	0.62	2.02	2.09	1	0.43

**Tabla 04:** Límites de Atterberg

**Fuente.** Johanna Orna

#### 5.1.5. Peso específico del suelo

Este resultado fue obtenido en base a la recopilación de información de estudios realizados en el lugar.

Peso específico del suelo ( $\gamma$ )	1,90 kg/m <sup>3</sup>
--	------------------------

**Tabla 05:** Peso específico

**Fuente.** Tesis de Grado “Diseño del puente sobre el río Chibunga carretera Riobamba – Cebadas km 1+600”

#### 5.1.6. Resistencia al Corte del suelo

Este resultado fue obtenido en base a la recopilación de información de estudios realizados en el lugar.

<b>Ángulo de rozamiento interno efectivo (<math>\phi</math>)</b>	32°
--	-----

**Tabla 06:** Ángulo de rozamiento interno

**Fuente.** Tesis de Grado “Diseño del puente sobre el río Chibunga carretera Riobamba – Cebadas km 1+600”

### 5.1.7. Cohesión

Este resultado fue obtenido en base a la recopilación de información de estudios realizados en el lugar.

<b>Cohesión (C)</b>	0,60 kg/cm <sup>2</sup>
---------------------	-------------------------

**Tabla 07:** Cohesión

**Fuente.** Tesis de Grado “Diseño del puente sobre el río Chibunga carretera Riobamba – Cebadas km 1+600”

### 5.1.8. Resultados

Se determinó la clasificación de las muestras, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) ASTM D 2487, que nos indica los criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre, obteniendo los siguientes resultados:

<b>Muestras</b>	En todas las muestras se pudo determinar que el suelo es de tipo arenoso mal graduado <b>SP</b>
-----------------	---

**Tabla 08:** Tipo de suelo

**Fuente.** Johanna Orna

## 5.2. Características del Talud

Considerando la información topográfica, proporcionada por COVIPAL, constructora encargada de la ejecución de la construcción de la vía Riobamba –



Cebadas desde el km. 1+750 hasta el km. 2+300, se pudo determinar la altura y la longitud de los taludes artificiales.

TALUD	ABCSISA	L (m)	H (m)	PENDIENTE
1	Desde 1+700 a 1+840	140	26	58°
2	Desde 1+880 a 1+973	93	5.79	64°
3	Desde 2+020 a 2+300	280	17.73	60°

**Tabla 09:** Datos para Características Topográficas del Talud

**Fuente.** Johanna Orna

### 5.3.Descripción general del lugar.

Para poder determinar los problemas de inestabilidad del lugar se realizó un recorrido de campo donde se constató que el talud en estudio tiene las siguientes características:

Los procesos geomorfológicos y físicos como la erosión, la lluvia y los sismos han provocado modificaciones del estado natural, aumentando la inestabilidad del talud.




El talud además se encuentra afectado por las excavaciones o cortes que modificaron la topografía del lugar, falta de construcción de cunetas de coronación y canales, la deforestación, las vibraciones artificiales y el tránsito vehicular.


### 5.4. Problemas por erosión.

En el lugar de estudio existe un proceso de desgaste, desprendimiento y transporte de sedimentos, que se presenta en casi todos los taludes, ya que existen zanjonés y cárcavas de erosión en todo el talud, lo cual se evidencia cuando las alcantarillas son colmadas de sedimentos.

Para los taludes se determinó que la erosión se presenta principalmente debido a modificaciones de las condiciones naturales, que ha provocado cambios considerables de la cobertura vegetal.

Detalles de la Erosión de los Taludes en vía Riobamba – Cebadas desde el km. 1+750 hasta el km. 2+300.”

<i><b>TIPO DE EROSIÓN</b></i>	<i><b>GRADO DE AFECTACIÓN</b></i>	<i><b>FOTOGRAFÍA</b></i>
Por Precipitación	Las vetas hacen que la lluvia lave el material y desestabilice el talud.	
Disminución de humedad por precipitaciones.	El material es sensible al transporte, alto grado de erosión.	
Reducción de humedad	Grave estado de erosión. La elevada pendiente en algunas secciones no favorece. Lavado del material.	

<p>Reducción de humedad</p>	<p>Falta de cobertura vegetal, aumenta el grado de afectación de la erosión.</p>	
---------------------------------	--	--

**Tabla 10:** Cuadro de Tipos de Erosión

**Fuente.** Johanna Orna

### 5.5. Técnicas que se pueden Implementar

Previo a la elección del sistema de protección, que se propondrá para estabilizar el talud se realizó un análisis comparativo de las características que presenta cada una de ellas, entre las que mencionaremos las siguientes a continuación:

- ✓ Muros de contención con gaviones
- ✓ Muros de contención de mampostería
- ✓ Recubrimiento de la superficie

## VI. DISCUSIÓN

Para esta investigación se comenzó con el levantamiento de información necesaria de los taludes que se encuentran en la vía Riobamba – Cebadas desde el km. 1+750 hasta el km. 2+300, estos resultados me permitieron conocer el estado actual de dichos taludes; de esta manera se logró plantear técnicas que permitan estabilizar, recuperar y restaurar.

### 6.1. Estabilidad de los taludes

Para analizar la estabilidad de los taludes se considera algunos factores que determinan si el deslizamiento puede ocurrir a lo largo de la superficie. Por ello en el análisis de la estabilidad de los taludes se debe utilizar adecuados factores de seguridad que permitan obtener un diseño correcto de cada talud.

La inestabilidad de los taludes se calculó por medio del método de Culmann que acepta la hipótesis de que la falla ocurre en un plano del pie del talud.

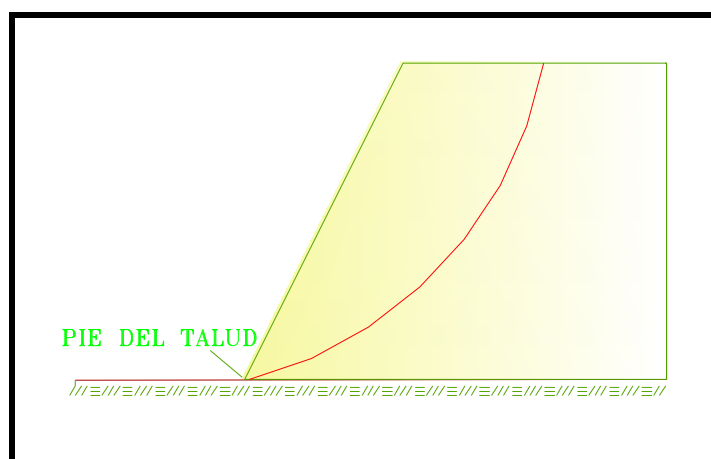


Figura 27. Método de Culmann

Fuente. Johanna Orna

Para obtener la altura crítica  $H_c$  de cada talud se emplea la siguiente ecuación:

$$H_c = \frac{2 C_1 \sin \beta \cos \phi_1}{\gamma [1 - \cos(\beta - \phi_1)]}$$

*Donde:*

$H_c$  = Altura crítica

$C_1 = \frac{C}{FS}$  = Relación entre la cohesión y el factor de seguridad adoptado

$\beta$  = Es el ángulo que forma la superficie inclinada del talud con la horizontal.

$\phi_1 = \frac{\phi}{FS}$

= Relación entre el ángulo de fricción y el factor de seguridad adoptado

$\gamma$  = Peso específico del suelo en kg/m<sup>3</sup>

De acuerdo a la siguiente tabla se adopta el factor de seguridad:

FACTOR DE SEGURIDAD	CARACTERÍSTICAS
< 1	-----
1.2	Dudoso
1.3 a 1.4	Se debe Tomar precauciones
1.5	Aceptable en taludes
1.5 a 2	Adecuado en presas y taludes

**Tabla 11:** Cuadro de Factor de Seguridad

**Fuente.** Johanna Orna

### 6.1.1. TALUD 1:

**Datos:**

$\beta = 58^\circ$

$$\gamma = 1.90 \text{ kg/m}^3$$

$$C = 0.60 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi = 32^\circ$$

$$FS = 2$$

$$H = 26 \text{ m}$$

**Cálculos:**

✓ Cálculo de  $C_1$

$$C_1 = \frac{C}{FS}$$

$$C_1 = \frac{0.60 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$C_1 = \frac{6000 \text{ kg/m}^2}{2}$$

$$C_1 = 3000 \text{ kg/m}^2$$

✓ Cálculo de  $\phi_1$

$$\phi_1 = \frac{\phi}{FS}$$

$$\phi_1 = \frac{32^\circ}{2}$$

$$\phi_1 = 16^\circ$$

✓ Cálculo de  $H_c$

$$H_c = \frac{2 C_1 \sin \beta \cos \phi_1}{\gamma [1 - \cos(\beta - \phi_1)]}$$

$$H_c = \frac{2 \times 3000 \text{ kg/m}^2 \sin 58^\circ \cos 16^\circ}{1.90 \text{ Ton/m}^3 [1 - \cos(58^\circ - 16^\circ)]}$$

$$H_c = \frac{2 \times 3000 \text{ kg/m}^2 \sin 58^\circ \cos 16^\circ}{1900 \text{ kg/m}^3 [1 - \cos(58^\circ - 16^\circ)]}$$

$$H_c = 10.02 \text{ m}$$

Si  $H > H_c$  se considera un talud inestable.

$$26 \text{ m} > 10.02 \text{ m}$$

Por lo que es necesario cambiar la geometría del talud.

### 6.1.2. TALUD 2:

*Datos:*

$$\beta = 64^\circ$$

$$\gamma = 1.90 \text{ kg/m}^3$$

$$C = 0.60 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi = 32^\circ$$

$$FS = 2$$

$$H = 5.79 \text{ m}$$

*Cálculos:*

✓ Cálculo de  $C_1$

$$C_1 = \frac{C}{FS}$$

$$C_1 = \frac{0.60 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$C_1 = \frac{6000 \text{ kg/m}^2}{2}$$

$$C_1 = 3000 \text{ kg/m}^2$$

✓ Cálculo de  $\phi_1$

$$\phi_1 = \frac{\phi}{FS}$$

$$\phi_1 = \frac{32^\circ}{2}$$

$$\phi_1 = 16^\circ$$

✓ Cálculo de  $H_c$

$$H_c = \frac{2 C_1 \sin \beta \cos \phi_1}{\gamma [1 - \cos(\beta - \phi_1)]}$$

$$H_c = \frac{2 \times 3000 \text{ kg/m}^2 \sin 64^\circ \cos 16^\circ}{1.90 \text{ Ton/m}^3 [1 - \cos(64^\circ - 16^\circ)]}$$

$$H_c = \frac{2 \times 3000 \text{ kg/m}^2 \sin 64^\circ \cos 16^\circ}{1900 \text{ kg/m}^3 [1 - \cos(64^\circ - 16^\circ)]}$$

$$H_c = 8.25 \text{ m}$$

Si  $H_c > H$  se considera un talud estable

$$8.25 \text{ m} > 5.79 \text{ m}$$

Por lo que no es necesario cambiar la geometría del talud.



### 6.1.3. TALUD 3:

*Datos:*

$$\beta = 60^\circ$$

$$\gamma = 1.90 \text{ kg/m}^3$$

$$C = 0.60 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi = 32^\circ$$

$$FS = 2$$

$$H = 17.73 \text{ m}$$

*Cálculos:*

✓ Cálculo de  $C_1$

$$C_1 = \frac{C}{FS}$$

$$C_1 = \frac{0.60 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$C_1 = \frac{6000 \text{ kg/m}^2}{2}$$

$$C_1 = 3000 \text{ kg/m}^2$$

✓ Cálculo de  $\phi_1$

$$\phi_1 = \frac{\phi}{FS}$$

$$\phi_1 = \frac{32^\circ}{2}$$

$$\phi_1 = 16^\circ$$

✓ Cálculo de  $H_c$

$$H_c = \frac{2 C_1 \sin \beta \cos \phi_1}{\gamma [1 - \cos(\beta - \phi_1)]}$$

$$H_c = \frac{2 \times 3000 \text{ kg/m}^2 \sin 60^\circ \cos 16^\circ}{1.90 \text{ Ton/m}^3 [1 - \cos(60^\circ - 16^\circ)]}$$

$$H_c = \frac{2 \times 3000 \text{ kg/m}^2 \sin 60^\circ \cos 16^\circ}{1900 \text{ kg/m}^3 [1 - \cos(60^\circ - 16^\circ)]}$$

$$H_c = 9.37 \text{ m}$$

Si  $H > H_c$  se considera un talud inestable.

$$17.73 \text{ m} > 9.37 \text{ m}$$

Por lo que es necesario cambiar la geometría del talud.

## **VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7.1. CONCLUSIONES:**

Una vez concluida la investigación hemos determinado las siguientes conclusiones:

- ✓ De acuerdo con los resultados de las muestras de suelo de los taludes, se pudo determinar que el suelo es de tipo arenoso mal graduado SP, según lo que indica el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) ASTM D 2487
- ✓ Para mitigar los problemas de erosión que se presentan en los taludes se plantea la re-vegetación de la superficie mediante la aplicación de mallas impermeabilizantes esto disminuirá los procesos de desgaste, desprendimiento y transporte de sedimentos.
- ✓ Considerando los parámetros obtenidos de la topografía del lugar, como son: altura y pendiente, se considera como parte de la técnica que se va aplicar, el diseño de bermas que cambiara la geometría actual de los taludes para poder estabilizarlos.

## **7.2. RECOMENDACIONES:**

- ✓ Para establecer qué tipo de técnica se va aplicar se consideró factores como: la estabilización del talud, la recuperación de la superficie y la restauración del su entorno paisajístico.
  
- ✓ Se debe considerar que para la aplicación de la técnica de recubrimiento de la superficie, el tipo de vegetación que se debe utilizar debe ser propio de la zona.

## **VIII. PROPUESTA**

### **8.1. TITULO DE LA PROPUESTA**

“APLICACIÓN DE UNA TÉCNICA QUE PERMITAN LA RESTAURACIÓN Y RECUPERACIÓN DE LOS TALUDES DE LA VÍA RIOBAMBA – CEBADAS DESDE EL KM. 1+750 HASTA EL KM. 2+300.”

### **8.2. INTRODUCCIÓN**

Los taludes que conforman la vía Riobamba – Cebadas en el tramo que comprende desde el Km. 1+750 hasta el Km. 2+300, presentan problemas de estabilidad, como consecuencia de las altas pendientes, la erosión y la integración ecológica y paisajística de los taludes.

Por ello se plantea en esta investigación implementar un método efectivo para proteger, restaurar y conservar el entorno paisajístico del lugar. Esta técnica consiste en realizar cambios en la geometría del talud mediante la construcción de bermas y cunetas de coronación, además en cubrir la superficie con geomallas que permitan la revegetación de los mismos.

### 8.3. OBJETIVOS

#### 8.3.1. OBJETIVO GENERAL:

- ✓ Diseñar un procedimiento que permita la restauración y recuperación de los taludes en la vía Riobamba – Cebadas desde el km. 1+750 hasta el km. 2+300.

#### 8.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- ✓ Plantear procedimientos para restaurar y recuperar los taludes
- ✓ Analizar las características de la técnica que se empleara para la restauración y recuperación de los taludes.

### 8.4. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO –TÉCNICA

#### 8.4.1. Remodelado y control de la escorrentía

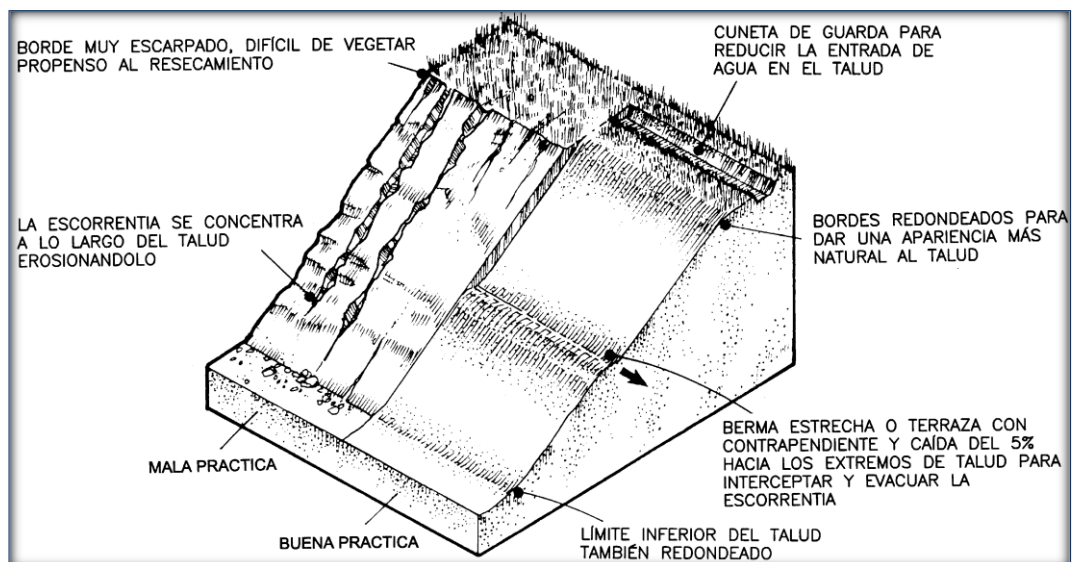


Figura 28. Remodelado de un talud tipo

Fuente. MATAIX Carmen, Técnicas de revegetación de taludes

En la Figura 28 se presenta el esquema de un talud tipo con los problemas más comunes a resolver mediante técnicas de modelado y control del drenaje.

Así, se tienen como directrices del control del agua: la variación de la longitud e inclinación de la pendiente; la captura y conducción de aguas; y el cubrimiento con vegetación, como se detalla a continuación:

#### **8.4.1.1 Modificación de la pendiente.**

El control de la pendiente es un punto que debe ser atendido adecuadamente; dicho control puede acudir o bien al peinado de taludes o bien a la conformación de terrazas, de acuerdo a la situación particular que se enfrente.

La finalidad de las bermas o gradas es disminuir la longitud del recorrido del agua a lo largo del talud y dividir la esorrentía en volúmenes fácilmente manejables.

Una vez han sido conformadas debe procederse inmediatamente a su protección a través de técnicas que permitan su cubrimiento con especies vegetales, o en caso de que el repoblamiento tarde, debe proveerse de cubrimiento con algún material de fácil consecución en la zona que disminuya el efecto del golpeteo de las gotas de lluvia.



**Figura 29.** Conformación de terrazas en taludes  
**Fuente.** MATAIX Carmen, Técnicas de revegetación de taludes

#### **8.4.1.2 Captura y conducción del agua.**

Los métodos de estabilización que contemplan el control del agua tanto superficial como subterránea -captura y canalización- son muy efectivos y generalmente más económicos que la construcción de grandes obras de contención, ya que tienden a desactivar el principal elemento desestabilizante de los taludes.

El control de aguas de escorrentía y las aguas lluvias en la parte superior del talud se logra a través de zanjas de coronación, cuyas aguas deben ser conducidas a sitios en donde su entrega no produzca socavación y acelere procesos de desgaste del suelo; estas estructuras son canales interceptores diseñados generalmente para lluvias con períodos de retorno de 10 años; en caso de no poder ser ellas conducidas a canales naturales o sitios apropiados, deben construirse canales con disipadores de energía.

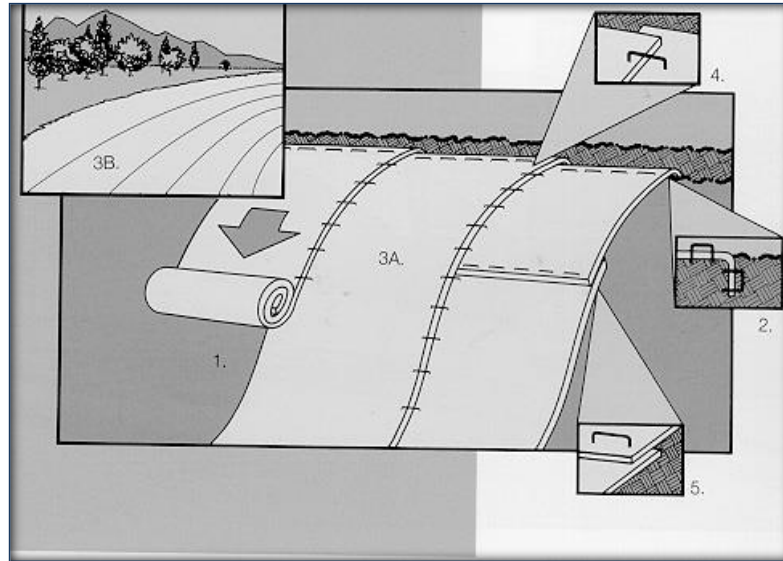
#### **8.4.1.3 Recubrimiento de la Superficie**

Para impedir la infiltración o la ocurrencia de fenómenos superficiales de erosión, se plantea el método de recubrimiento de la superficie.

Este recubrimiento consiste en estabilizar los taludes donde existe presencia de suelos finos y cuando hay escape de material, utilizando elementos impermeabilizantes como son una protección con malla, sea esta geomalla biaxial, malla de acero, malla de control de erosión o a su vez una combinación de algunas de ellas.

Con estas protecciones evitamos la descompresión del suelo, favorecemos la revegetación y prevenimos la formación de planos de falla profundos.





**Figura 30.** Protección con malla  
**Fuente.** MATAIX Carmen, Técnicas de revegetación de taludes

## 8.5. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

Dentro del contexto del análisis de la restauración y recuperación de los taludes, se estableció los problemas de estabilidad, frente a los cuales se diseñó una solución que es valorada en función a las características de cada uno de los taludes que se considera en el estudio, debido a que se trata de una obra ya construida.

De acuerdo a los resultados se puede establecer, el procedimiento que se va aplicar en cada talud:

### 8.5.1. TALUD 1:

#### **Modificación de la geometría del talud**

Este talud se considera inestable debido a que su  $H > H_c$  ( $26\text{ m} > 10.02\text{ m}$ ), por lo que **SI** es necesario cambiar la geometría del talud, mediante la construcción de bermas.

### **Sistema de drenajes transversales**

Para impedir que el agua afecte a la estructura del talud, se considera la construcción de cunetas de coronación revestidas.

### **Recubrimiento de la superficie**

Debido a la ausencia de capa orgánica del suelo es necesaria la implantación de vegetación propia del lugar, para de esta manera evitar los procesos degenerativos que se presentan debido a la erosión.

## **8.5.2. TALUD 2:**

### **Modificación de la geometría del talud**

Este talud se considera estable debido a que su  $H_c > H$  ( $8.25\text{ m} > 5.79\text{ m}$ ), por lo que *NO* es necesario cambiar la geometría del talud.

### **Sistema de drenajes transversales**

Para impedir que el agua afecte a la estructura del talud, se considera la construcción de cunetas de coronación revestidas.

### **Recubrimiento de la superficie**

Debido a la ausencia de capa orgánica del suelo es necesaria la implantación de vegetación propia del lugar, para de esta manera evitar los procesos degenerativos que se presentan debido a la erosión.

## **8.5.3. TALUD 3:**

### **Modificación de la geometría del talud**

Este talud se considera inestable debido a que su  $H > H_c$  ( $17.73\text{ m} > 9.37\text{ m}$ ), por lo que *SI* es necesario cambiar la geometría del talud, mediante la construcción de bermas.

### **Sistema de drenajes transversales**

Para impedir que el agua afecte a la estructura del talud, se considera la construcción de cunetas de coronación revestidas.

### **Recubrimiento de la superficie**

Debido a la ausencia de capa orgánica del suelo es necesaria la implantación de vegetación propia del lugar, para de esta manera evitar los procesos degenerativos que se presentan debido a la erosión.

## **8.6. DISEÑO ORGANIZACIONAL.**

Debido a que la investigación es de carácter teórico y por ende se analiza basándose en experiencias de obras ejecutadas para restaurar y recuperar taludes, se seguirá los pasos descritos del plan de investigación de tesis.

En dicha organización se plantea una técnica que permita la restauración y recuperación de los taludes que se encuentran conformado el área de estudio.

## **8.7. MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA**

### **8.7.1. Talud 1.**

El talud que comprende desde 1+700 al 1+ 840, presenta las siguientes características:

<b>Tipo de suelo</b>	Arenoso mal graduado SP
<b>Pendiente</b>	58°
<b>Altura</b>	26m
<b>Longitud</b>	140m

<b>Observaciones</b>	En el talud se encuentra construido un sistema de terrazas
----------------------	--

**Tabla 12:** Características Talud 1

**Fuente.** Johanna Orna

### 8.7.1.1 Modificación de la pendiente.

Es necesaria la construcción de bermas con una altura de 10 m debido a que se trata de un talud inestable:

**Datos:**

$$\beta = 58^\circ$$

$$\gamma = 1.90 \text{ kg/m}^3$$

$$C = 0.60 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi = 32^\circ$$

$$FS = 2$$

$$H = 26 \text{ m}$$

**Cálculos:**

✓ Cálculo de  $C_1$

$$C_1 = \frac{C}{FS}$$

$$C_1 = \frac{0.60 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$C_1 = \frac{6000 \text{ kg/m}^2}{2}$$

$$C_1 = 3000 \text{ kg/m}^2$$

✓ Cálculo de  $\phi_1$

$$\phi_1 = \frac{\phi}{FS}$$

$$\phi_1 = \frac{32^\circ}{2}$$

$$\phi_1 = 16^\circ$$

✓ Cálculo de  $H_c$

$$H_c = \frac{2 C_1 \sin \beta \cos \phi_1}{\gamma [1 - \cos(\beta - \phi_1)]}$$

$$H_c = \frac{2 \times 3000 \text{ kg/m}^2 \sin 58^\circ \cos 16^\circ}{1.90 \text{ Ton/m}^3 [1 - \cos(58^\circ - 16^\circ)]}$$

$$H_c = \frac{2 \times 3000 \text{ kg/m}^2 \sin 58^\circ \cos 16^\circ}{1900 \text{ kg/m}^3 [1 - \cos(58^\circ - 16^\circ)]}$$

$$H_c = 10.02 \text{ m}$$

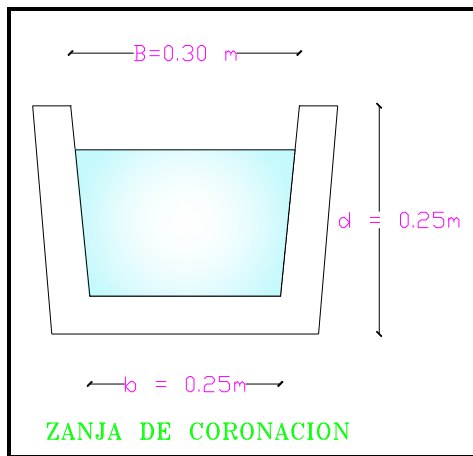
Si  $H_c > H$  se considera un talud estable

$$10.02 \text{ m} > 10 \text{ m}$$

Por lo que es necesario cambiar la geometría del talud, considerando la construcción de bermas con una altura de 10 m

### 8.7.1.2 Sistema de drenajes transversales

Las dimensiones y ubicación de la zanja de acuerdo a la topografía de la zona, es recomendable una zanja de forma trapezoidal con las siguientes medidas:



**Figura 31.** Zanja de coronación  
**Fuente.** Johanna Orna

Estos drenajes deberán ser colocados a lo largo de la superficie de la cresta del talud con una longitud de 140m, para proporcionar una salida al agua que puede infiltrarse en la estructura del talud o que pueda producir erosión en sus diferentes niveles.

### 8.7.1.3 Sistema de recubrimiento de la superficie

Teniendo en cuenta los resultados de suelos y topográficos como la pendiente y la longitud del talud, se puede determinar el tipo de actuación aconsejable.

#### **Red de coco e hidrosiembra.**

La red de coco tiene como finalidad el control de la erosión hídrica y eólica que provoca la posterior pérdida de suelo.

Dentro de los materiales orgánicos de control de erosión es el que confiere mayor resistencia a la tracción y durabilidad. De esta forma, su estructura evita la pérdida de finos y ejerce como agente amortiguador en el impacto de las gotas de lluvia disminuyendo de esta forma la velocidad del agua de escorrentía superficial. Además, su estructura permite conservar la humedad y una temperatura homogénea, factores que serán de gran importancia para la ejecución de la hidrosiembra y la posterior implantación de la vegetación.

Para el talud es necesario cubrir una superficie aproximada de 2800 m<sup>2</sup>

### 8.7.2. Talud 2.

El talud que comprende desde 1+880 al 1+ 973, presenta las siguientes características:

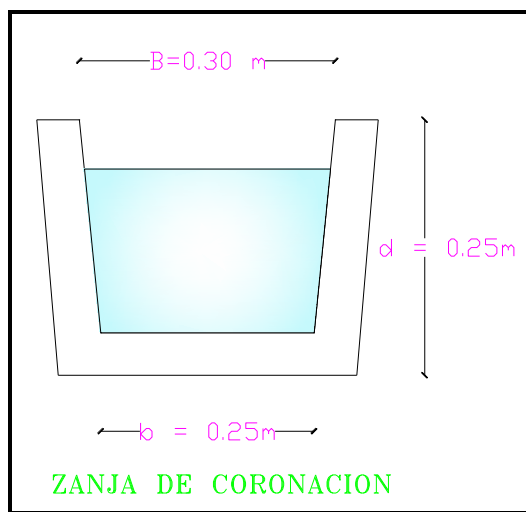
<b>Tipo de suelo</b>	Arenoso mal graduado SP
<b>Pendiente</b>	54°
<b>Altura</b>	5.79 m
<b>Longitud</b>	93 m
<b>Observaciones</b>	El talud se encuentra con un alto grado de erosión.

**Tabla 13:** Características Talud 2

**Fuente.** Johanna Orna

#### 8.7.2.1 Sistema de drenajes transversales

Las dimensiones y ubicación de la zanja de acuerdo a la topografía de la zona, es recomendable una zanja de forma trapezoidal con las siguientes medidas:



**Figura 32.** Zanja de coronación

**Fuente.** Johanna Orna

Estos drenajes deberán ser colocados a lo largo de la superficie de la cresta del talud con una longitud de 93m, para proporcionar una salida al agua que puede infiltrarse en la estructura del talud o que pueda producir erosión en sus diferentes niveles. *Anexo 1*

### **8.7.2.2 Sistema de recubrimiento de la superficie**

Teniendo en cuenta los resultados de suelos y topográficos como la pendiente y la longitud del talud, se puede determinar el tipo de actuación aconsejable.

#### **Red de coco e hidrosiembra.**

La red de coco tiene como finalidad el control de la erosión hídrica y eólica que provoca la posterior pérdida de suelo.

Dentro de los materiales orgánicos de control de erosión es el que confiere mayor resistencia a la tracción y durabilidad. De esta forma, su estructura evita la pérdida de finos y ejerce como agente amortiguador en el impacto de las gotas de lluvia disminuyendo de esta forma la velocidad del agua de escorrentía superficial. Además, su estructura permite conservar la humedad y una temperatura homogénea, factores que serán de gran importancia para la ejecución de la hidrosiembra y la posterior implantación de la vegetación.

Para el talud es necesario cubrir una superficie aproximada de 540 m<sup>2</sup>

### **8.7.3. Talud 3.**

El talud que comprende desde 2+020 al 2+300, presenta las siguientes características

<b>Tipo de suelo</b>	Arenoso mal graduado SP
<b>Pendiente</b>	60°
<b>Altura</b>	17.73 m



<b>Longitud</b>	280 m
<b>Observaciones</b>	El talud se encuentra con un alto grado de erosión.

**Tabla 14:** Características Talud 3

**Fuente.** Johanna Orna

### 8.7.3.1 Modificación de la pendiente.

Es necesaria la construcción de bermas con una altura de 9 m debido a que se trata de un talud inestable:

**Datos:**

$$\beta = 60^\circ$$

$$\gamma = 1.90 \text{ kg/m}^3$$

$$C = 0.60 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi = 32^\circ$$

$$FS = 2$$

$$H = 17.73 \text{ m}$$

**Cálculos:**

✓ Cálculo de  $C_1$

$$C_1 = \frac{C}{FS}$$

$$C_1 = \frac{0.60 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$C_1 = \frac{6000 \text{ kg/m}^2}{2}$$

$$C_1 = 3000 \text{ kg/m}^2$$

✓ Cálculo de  $\phi_1$

$$\phi_1 = \frac{\phi}{FS}$$

$$\phi_1 = \frac{32^\circ}{2}$$

$$\phi_1 = 16^\circ$$

✓ Cálculo de  $H_c$

$$H_c = \frac{2 C_1 \sin \beta \cos \phi_1}{\gamma [1 - \cos(\beta - \phi_1)]}$$

$$H_c = \frac{2 \times 3000 \text{ kg/m}^2 \sin 60^\circ \cos 16^\circ}{1.90 \text{ Ton/m}^3 [1 - \cos(60^\circ - 16^\circ)]}$$

$$H_c = \frac{2 \times 3000 \text{ kg/m}^2 \sin 60^\circ \cos 16^\circ}{1900 \text{ kg/m}^3 [1 - \cos(60^\circ - 16^\circ)]}$$

$$H_c = 9.37 \text{ m}$$

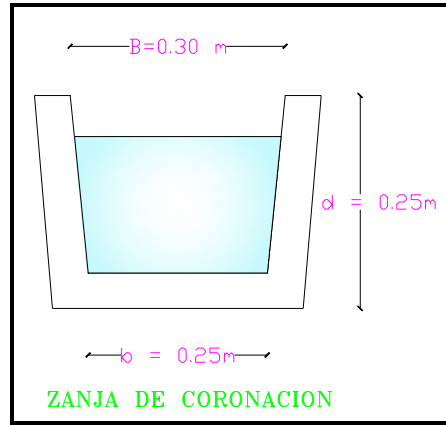
Si  $H_c > H$  se considera un talud estable

$$9.37 \text{ m} > 9 \text{ m}$$

Por lo que es necesario cambiar la geometría del talud, considerando la construcción de una berma con una altura de 9 m

### 8.7.3.2 Sistema de drenajes transversales

Las dimensiones y ubicación de la zanja de acuerdo a la topografía de la zona, es recomendable una zanja de forma trapezoidal con las siguientes medidas:



**Figura 33.** Zanja de coronación  
**Fuente.** Johanna Orna

Estos drenajes deberán ser colocados a lo largo de la superficie de la cresta del talud con una longitud de 280 m, para proporcionar una salida al agua que puede infiltrarse en la estructura del talud o que pueda producir erosión en sus diferentes niveles. *Anexo 1*

### 8.7.3.3 Sistema de recubrimiento de la superficie

Teniendo en cuenta los resultados de suelos y topográficos como la pendiente y la longitud del talud, se puede determinar el tipo de actuación aconsejable.

#### **Red de coco e hidrosiembra.**

La red de coco tiene como finalidad el control de la erosión hídrica y eólica que provoca la posterior pérdida de suelo.

Dentro de los materiales orgánicos de control de erosión es el que confiere mayor resistencia a la tracción y durabilidad. De esta forma, su estructura evita la pérdida de finos y ejerce como agente amortiguador en el impacto de las gotas de lluvia disminuyendo de esta forma la velocidad del agua de escorrentía superficial. Además, su estructura permite conservar la humedad y una temperatura homogénea, factores que serán de gran importancia para la ejecución de la hidrosiembra y la posterior implantación de la vegetación.

Para el talud es necesario cubrir una superficie aproximada de 4700 m<sup>2</sup>

## **IX. BIBLIOGRAFÍA**

1. BRAJA. M. Das. Fundamento de Ingeniería Geotécnica. California State University, Sacramento. Capitulo 1.
2. CAZAR Pfander.2010. Deslizamientos de suelo y Rocas en el Ecuador. Quito Ecuador.
3. LANDÁZURI César y PEÑAHERRERA Alejandro. 2009. Experiencias en Restauración de Taludes y Recuperación de Terrenos en Zonas Altas Pendientes. Quito. Ecuador. Páginas 7.
4. MATAIX, Carmen. 2010. Técnicas de Revegetación de Taludes. Capitulo X. Páginas 190-195.
5. MIRANDA, Aldo. 2003. Anti-erosión y su experiencia en la Estabilización y Protección de Infraestructuras. Memoria Técnica.
6. NAVARRO Roberto. 2002. Manual de Anclajes en Obras de Tierra. Venezuela.
7. SUAREZ, Jaime. Deslizamientos: Análisis Geotécnico. Capitulo 1

**I. ANEXOS:**

**10.1. DISEÑO DE TALUDES**









## **10.2. ANÁLISIS DE SUELOS**





























### **10.3. TOPOGRAFÍA DEL LUGAR**