

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA LA
ESTABILIDAD DE TALUDES Y DRENAJE APLICADOS AL
TRAMO CARRETERO CALAMUCHITA – EL VALLE

POR:

CINTYA CAREM CARI ALVARADO

JULIO 2013

TARIJA-BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA LA
ESTABILIDAD DE TALUDES Y DRENAJE APLICADOS AL
TRAMO CARRETERO CALAMUCHITA – EL VALLE

POR:

CINTYA CAREM CARI ALVARADO

Proyecto de Grado presentada a consideración de la "UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO", como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería civil.

JULIO 2013

TARIJA-BOLIVIA

V°B°

.....
Ing. Trinidad Baldiviezo Montalvo

PROFESOR GUÍA

.....
Msc. Ing. Luis Alberto Yurquina

DECANO

**FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA**

.....
Lic. Gustavo Succi Aguirre

VICEDECANO

**FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA**

TRIBUNALES:

.....
Ing. Ada López

.....
Ing. Luis Alberto Yurquina

.....
Ing. Weimar Mejía M.

El Tribunal Calificador del presente Trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad de la autora.

DEDICATORIAS:

Este trabajo se lo dedico: a mi madre y mi padre a quien les debo todo lo que soy, agradeciendo todo el sacrificio que hacen para que siga adelante y por su infinito apoyo, a mis hermanos Piter y Lluvithza por estar conmigo, apoyarme y comprenderme en todo momento....¡Gracias

AGRADECIMIENTOS:

A Dios: Por haber puesto en mi fe y sabiduría, que me fortaleció para alcanzar esta meta.

A mis Padres: Pedro Cari y en especial a mi madre Angélica Alvarado por el sacrificio, amor, apoyo y confianza brindada en todos los momentos de mi vida.

Mis más gratos agradecimientos a todo el personal de laboratorio de Mecánica de Suelos y Hormigones por toda la ayuda brindada.

PENSAMIENTO:

Nadie puede ni debe creer en ti más que tú mismo. Pero no son tus conocimientos ni tus cualidades personales sino tu ser real, el fundamento de tu fe y confianza.

ÍNDICE

Advertencia	
Dedicatoria	
Agradecimientos	
Pensamiento	
Resumen	

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1.	Introducción.....	1
1.2.	Problemática.....	2
1.3.	Justificación.....	2
1.3.1.	Justificación Académica.....	3
1.4.	Objetivos.....	3
1.4.1.	Objetivo General	3
1.4.2.	Objetivos Específicos	3
1.5.	Alcance del Proyecto.....	4

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES

2.1.	Descripción general.....	5
2.2.	Partes generales de un talud.....	5
2.3.	Clasificación de los deslizamientos.....	7
2.4.	Clasificación de los Movimientos en masa	8
2.4.1.	Caídos.....	8
2.4.2.	Inclinación o volteo	10
2.4.3.	Reptación.....	12
2.4.4.	Deslizamiento	12
2.4.5.	Deslizamiento rotacional	13
2.4.6.	Deslizamiento de traslación.....	15

2.4.7.	Esparcimiento lateral	16
2.4.8.	Flujo.....	16
2.4.9.	Flujo de suelo o tierra	17
2.4.10.	Flujos de lodo	17
2.5.	Factores que afectan el comportamiento de un talud.-	17
2.5.1.	La litología o Formación Geológica.....	17
2.5.2.	La topografía	18
2.5.3.	El clima y la hidrología	18
2.5.4.	La hidrogeología.....	18
2.5.5.	La sismicidad.....	19
2.5.6.	La vegetación.....	19
2.6.	Metodología para el cálculo de un talud.....	19
2.6.1.	Factor de seguridad.....	19
2.6.2.	Resistencia al corte en los suelos.....	20
2.6.2.1.	Cohesión.....	22
2.6.2.2.	Ángulo de fricción.....	22
2.6.2.3.	Ángulo de reposo.....	22
2.6.3.	Principales métodos de cálculo.....	23

CAPÍTULO III

ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

3.1.	Modificación de la topografía.....	28
3.1.1.	Abatimiento de taludes	28
3.1.2.	Bermas en el talud	29
3.1.2.1.	Bermas para el manejo de aguas de escorrentía y control de erosión	30
3.1.2.2.	Bermas para aumentar el factor de seguridad contra deslizamiento.....	30
3.1.3.	Barreras.....	31
3.1.4.	Enmallados	32
3.2.	Recubrimiento de la superficie del talud	32
3.2.1.	Cobertura vegetal.....	32
3.2.2.	Refuerzos con geotextíl	33

3.2.3.	Protección con geomallas	35
3.3.	Estructuras de contención.....	35
3.3.1.	Muro de tierra armada	35
3.3.2.	Muros rígidos.....	36
3.3.2.1.	Muro de concreto reforzado	37
3.3.2.2.	Muros de concreto sin refuerzo	39
3.3.3.	Muro de gaviones	39
3.4.	Precauciones de drenaje	40
3.4.1.	Canales superficiales o zanjas para control de escorrentía.....	41

CAPÍTULO IV

DRENAJE EN CARRETERAS

4.1.	Hidrología.....	43
4.1.1.	Periodo de retorno	43
4.1.2.	Área de estudio	44
4.1.3.	Tiempo de concentración	44
4.1.4.	Cálculo de caudal de escorrentía	46
4.1.5.	Coefficiente de escorrentía	47
4.2.	Alcantarillas.....	47
4.2.1.	Elección del tipo de alcantarilla.....	50
4.2.1.1.	Forma y sección.....	50
4.2.1.2.	Materiales	51
4.2.2.	Diseño hidráulico.....	51
4.2.2.1.	Caudal de diseño:	52
4.2.2.2.	Carga hidráulica en la entrada o profundidad del remanso:	52
4.2.2.3.	Altura de agua a la salida:	52
4.2.2.4.	Velocidad en la salida.....	53
4.2.2.5.	Forma de la entrada y la salida	53
4.2.2.6.	Características del tubo:	54
4.2.3.	Alcantarillas con control de entrada	54
4.2.4.	Alcantarillas con control de salida.....	59

4.2.4.1.	Salida sumergida	61
4.2.4.2.	Salida no sumergida	63
4.3.	Cunetas	63
4.4.	Drenaje en taludes	65
4.5.	Tipos de canal.....	66
4.5.1.	Canales desviadores del flujo arriba del talud	67
4.5.2.	Diques en la corona del talud	67
4.5.3.	Contracunetas o canales interceptores	68
4.5.4.	Bajantes de agua	69
4.5.4.1.	Estructuras en gradería	69
4.5.5.	Diseño de canales	70
4.5.5.1.	Diseño hidráulico.....	71
4.5.5.2.	Revestimiento de canales en taludes	71
4.5.5.3.	Protección de canales en carreteras	72

CAPÍTULO V

APLICACIÓN PRÁCTICA

5.1.	Introducción.....	73
5.2.	Ubicación.....	73
5.3.	Características del área de estudio.....	75
5.3.1.	Topografía	75
5.3.2.	Clima	75
5.3.3.	Vegetación.....	76
5.3.4.	Drenaje e infiltración.....	76
5.3.5.	Niveles freáticos	76
5.3.6.	Características geotécnicas	76
5.3.7.	Características geológicas	77
5.4.	Caracterización de los taludes	79
5.5.	Investigaciones preliminares	86
5.6.	Ensayos de laboratorio	86
5.6.1.	Resumen de Ensayos de laboratorio	89

5.7.	Análisis de estabilidad de taludes.....	90
5.7.1.	Selección de los parámetros de cálculo.....	90
5.7.1.1.	Retro análisis.....	91
5.7.1.2.	Conclusiones.....	97
5.7.2.	Cálculo de los factores de seguridad.....	98
5.8.	Planteamiento de control de la estabilidad de taludes en el área de estudio.....	100
5.8.1.	Alternativas aplicables al proyecto.....	100
5.8.2.	Selección de las mejores alternativas.....	103
5.9.	Diseño de las alternativas seleccionadas.....	105
5.9.1.	Modificación de la geometría mediante bermas y cambio de ángulo.....	105
5.9.1.1.	Estabilidad de las soluciones propuestas.....	106
5.9.1.2.	Costo por modificación de la geometría del talud 1.....	108
5.9.1.3.	Costo por modificación de la geometría del talud 2.....	109
5.9.2.	Drenaje en taludes.....	109
5.9.2.1.	Diseño de contra cunetas y bajantes.....	109
5.9.2.2.	Costo por protección del talud 1 mediante un sistema de drenaje.....	113
5.9.2.3.	Costo por protección del talud 2 mediante un sistema de drenaje.....	114
5.9.3.	Protección del talud con geomanto.....	114
5.9.3.1.	Costo por protección del talud 1 con geomantos.....	117
5.9.3.2.	Costo por protección del talud 2 con geomantos.....	117
5.10.	Análisis técnico económico de resultados.....	118
5.11.	Análisis del sistema de drenaje.....	119
5.11.1.	Relevantamiento de obras de arte.....	120
5.11.2.	Situación actual.....	121
5.11.3.	Estudio hidrológico del área en estudio.....	133
5.11.3.1.	Cálculo hidrológico.....	134
5.11.3.2.	Parámetros hidráulicos.....	137
5.11.3.3.	Comparación técnica.....	139

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.	Conclusiones.....	143
6.2.	Recomendaciones.....	144

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1 Nomenclatura de taludes y laderas.....	6
Figura 2.2 Caídos de bloques por gravedad en roca fracturada.....	9
Figura 2.3 Caídos de bloques rodando.	9
Figura 2.4 Volteo o inclinación en materiales residuales.....	11
Figura 2.5 Proceso de falla al volteo.	11
Figura 2.6 Esquema de un proceso de reptación.	12
Figura 2.7 Deslizamientos en suelos blandos.....	13
Figura 2.8 deslizamiento rotacional típico.	14
Figura 2.9 Efectos de la estructura en la formación de deslizamientos a rotación.....	15
Figura 2.10 Envolvente del Círculo de Morh para suelos no cohesivos.	21
Figura 2.11 Envolvente del Círculo de Morh para suelos cohesivos.	21
Figura 2.12 Fuerzas que actúan sobre una dovela en los métodos de dovelas.	24
Figura 2.13 diagrama para determinar el factor f_0 para el método de Janbú.	26
Figura 3.1 Corte de parte del material deslizado para mejorar el factor de seguridad.	29
Figura 3.2 Estabilización por conformación del talud y bermas.	31
Figura 3.3 Barreras de tierra armada con geotextil para protección contra caídos y avalanchas.....	31
Figura 3.4 Mallas para detener rocas.....	32
Figura 3.5 Tipos de tejido de geotextiles.....	34
Figura 3.6 Ejemplos típicos de geomallas para refuerzo.....	35
Figura 3.7 Muros de tierra armada.	36
Figura 3.8 Esquema típico de un muro de concreto armado con su sistema de subdrenaje.	37
Figura 3.9 Tipos de muros en voladizo.	38

Figura 3.10 Tipos de muros con contra fuertes y estribos.....	38
Figura 3.11 Muro en concreto sin refuerzo.	39
Figura 3.12 Esquema de un muro en Gaviones.....	40
Figura 3.13 Detalle de zanjas de coronación para el control de aguas superficiales en un talud.	42
Figura 4.1 Ubicación de alcantarillas, respecto de la pendiente.....	49
Figura 4.2 Clasificación de tubos y cajones, según condiciones de entrada para el cálculo de He, con control de entrada.....	55
Figura 4.3 Alcantarillas de tubo de hormigón con control de entrada.	56
Figura 4.4 Alcantarilla de tubo corrugado circular con control de entrada.....	57
Figura 4.5 Alcantarilla de cajón con control de entrada.....	58
Figura 4.6 Escurrimientos en alcantarillas con control de salida.	60
Figura 4.7 Capacidad hidráulica de cunetas y canales triangulares..	65
Figura 4.8 canal de protección en la corona del relleno de una vía.....	66
Figura 4.9 Dique para el desvío de aguas de escorrentía.....	67
Figura 4.10 Contracunetas.....	68
Figura 4.11 Torrentera en gradería.....	70
Figura 5.1 Ubicación geográfica del Municipio de Uriondo.....	74
Figura 5.2 Mapa Geológico del departamento de Tarija.....	78
Figura 5.3 Perfil estratigráfico Talud 1	82
Figura 5.4 Perfil estratigráfico Talud 2	84
Figura 5.5 Perfil estratigráfico Talud 3	86
Figura 5.6 Circulo de falla sección 3, talud 1	96
Figura 5.7 Circulo de falla sección 2, talud 2.....	96
Figura 5.8 Superficie de falla Talud 1.....	99
Figura 5.9 Superficie de falla Talud 2.....	99

Figura 5.10 Superficie de falla Talud 3.	100
Figura 5.11 Sección final Talud 1.	105
Figura 5.12 Sección final Talud 2.	106
Figura 5.13 Superficie de falla de la sección nueva Talud 1.	107
Figura 5.14 Superficie de falla de la sección nueva Talud 2.	108
Figura 5.15 Detalle del canal de entrega o bajante.	112
Figura 5.16 Detalle de la estructura de las gradas de un canal de entrega.	113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1 Fórmulas para el cálculo del tiempo de concentración en regiones con pendientes.	45
Tabla 4.2 Coeficientes de escurrimiento (C).....	47
Tabla 4.3 Tipos usuales de alcantarillas.	50
Tabla 4.4 Carga hidráulica de diseño (He).....	52
Tabla 4.5 Velocidades máximas admisibles (m/s) en canales no revestidos.....	53
Tabla 4.6 Coeficientes de pérdidas de carga a la entrada en alcantarillas con control de salida.....	62
Tabla 4.7 Coeficientes de rugosidad para materiales usados en alcantarillas.	62
Tabla 4.8 Dimensiones mínimas de las cunetas..	65
Tabla 5.1 Características geométricas del talud 1..	81
Tabla 5.2 Características geométricas del talud 2..	83
Tabla 5.3 Características geométricas del talud 3..	85
Tabla 5.4 Ensayos para clasificación de suelos.....	87
Tabla 5.5 Clasificación de suelos Talud 1.....	89
Tabla 5.6 Clasificación de suelos Talud 2.....	89
Tabla 5.7 Clasificación de suelos Talud 3.....	90
Tabla 5.8 Propiedades mecánicas Iteradas Suelo Granular Talud 1.....	94
Tabla 5.9 Propiedades mecánicas Iteradas Suelo Granular Talud 2.....	95
Tabla 5.10 Parámetros de cálculo Talud 1....	97
Tabla 5.11 Parámetros de cálculo Talud 2....	97
Tabla 5.12 Parámetros de cálculo Talud 3....	97
Tabla 5.13 Factores de seguridad Calculados... ..	98
Tabla 5.14 Características físicas y mecánicas del material.....	103

Tabla 5.15 Factores de seguridad Calculados...	107
Tabla 5.16 Patrón de anclaje.....	116
Tabla 5.17 Tipos de Anclaje.....	116
Tabla 5.18 Datos técnicos de las cunetas analizadas.....	120
Tabla 5.19 Datos técnicos de las alcantarillas analizadas... ..	121
Tabla 5.20 Periodo de retorno... ..	134
Tabla 5.21 Parámetros hidrológicos Cunetas... ..	135
Tabla 5.22 Parámetros hidrológicos Alcantarillas de Paso... ..	136
Tabla 5.23 Parámetros hidrológicos Alcantarillas de Alivio.....	136
Tabla 5.24 Parámetros hidráulicos de cunetas.....	138
Tabla 5.25 Parámetros hidráulicos de las Alcantarillas de Alivio.....	139
Tabla 5.26 Parámetros hidráulicos de las Alcantarillas de Paso... ..	139
Tabla 5.27 Sección actual de cunetas triangulares... ..	140
Tabla 5.28 Sección actual de cunetas trapezoidales.....	140
Tabla 5.29 Comparación Técnica de las alcantarillas.	141

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 5.1 Mapa de ubicación	74
Fotografía 5.2 Conglomerado (gravas) en la formación del Talud.	79
Fotografía 5.3 Talud 1 antes de las lluvias.	80
Fotografía 5.4 Talud 1 después de las lluvias.....	81
Fotografía 5.5 Talud 2.	82
Fotografía 5.6 Talud 2.	83
Fotografía 5.7 Talud 3.	84
Fotografía 5.8 Talud 3	85
Fotografía 5.9 Prueba de compresión simple en progreso.	88
Fotografía 5.10 Ángulo de reposo del suelo granular..	92
Fotografía 5.11 Talud N° 3 después de la época de lluvias.....	104

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Fotografías de los taludes

Anexo 2 Estudio de Suelos

Anexo 3 Estratigrafías y perfiles de los taludes en estudio

Anexo 4 Cálculo de FS y Estabilización

Anexo 5 Presupuesto

Anexo 6 Relevamiento de campo de obras de arte menor

Anexo 7 Análisis Hidrológico

Anexo 8 Análisis Hidráulico