

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

**“ESTABILIZACIÓN DE TALUDES ARENOSOS APLICADO AL  
TRAMO PALOS BLANCOS - BERETI”**

**Por:**

**MARITZA LILY VELASCO GARECA**

**Proyecto de Grado presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.**

**Diciembre de 2010**

**TARIJA – BOLIVIA**

V°B°

-----  
Ing. Marcelo Segovia.

**PROFESOR GUÍA**

-----  
Ing. MSc. Luis Alberto Yurquina F.

**DECANO  
FACULTAD CIENCIAS  
Y TECNOLOGIA**

-----  
Lic. MSc. Gustavo Succi.

**VICEDECANO  
FACULTAD CIENCIAS  
Y TECNOLOGIA**

**APROBADA POR:**

**TRIBUNAL:**

-----  
Ing. Fernando Mur.

-----  
Ing. Mabel Zambrana.

-----  
Ing. MSc. Luis Alberto Yurquina F.

**El Tribunal Calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo ellos únicamente responsabilidad del autor.**

## **DEDICATORIA**

A mis padres, Freddy y Fanny, a mis hermanos por el esfuerzo y ayuda incalculable, por guiarme en el camino de la superación y ser la constante motivación en la conclusión del presente trabajo.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por haberme dado la dicha de alcanzar una profesión, sin su voluntad y su bendición nada es realidad.

A mis padres, por el apoyo y compañía incondicionales, por los consejos y deseos llenos de esperanza que me supieron brindar a lo largo de estos años.

A mis Docentes guías, Ingeniero David Zenteno y el Ingeniero Marcelo Segovia por el apoyo desinteresado durante la realización y revisión de este trabajo.

A mis hermanos: Franz y Crhistian, ya que con mucha esperanza y sacrificio me acompañaron en el camino de la vida.

A cada uno de mis amigos/as y personas que me brindaron el granito de arena para la realización de este trabajo.

**PENSAMIENTO**

“Dar gracias a Dios por lo que se tiene, allí comienza el arte de vivir”

Doménico Cierí Estrada.

## ÍNDICE

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

	<b>Página</b>
<b>1.1 ANTECEDENTES .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 SITUACIÓN PROBLEMATICA.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3.1 DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3.2 OBJETO DE ESTUDIO.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3.3 CAMPO DE ACCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>3</b>
1.4.1 Objetivos Específicos .....	3
<b>1.5 ALCANCE GLOBAL DEL PROYECTO .....</b>	<b>4</b>
<b>1.6 ALCANCE POR CAPÍTULOS.....</b>	<b>5</b>

### CAPÍTULO II

#### ASPECTOS GENERALES SOBRE TALUDES EN CARRETERAS

<b>2.1 GENERALIDADES .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS TALUDES EN CARRETERAS .....</b>	<b>8</b>
<b>2.3 FUNDAMENTOS SOBRE DESLIZAMIENTOS .....</b>	<b>10</b>
2.3.1 Tipos de Movimiento.....	10

2.3.2	Partes de un Deslizamiento .....	13
2.3.2.1	Nomenclatura de los Deslizamientos.....	13
2.3.4	Otras de las características de un Deslizamiento.....	15
<b>2.4</b>	<b>FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA INESTABILIDAD.....</b>	<b>16</b>
2.4.1	Conceptualización de suelos Estables e Inestables.....	16
2.4.1.1	Suelos Inestables .....	16
2.4.1.2	Suelos Estables.....	17
2.4.2	Descripción de Factores que influyen en la Estabilidad de un talud.....	17
2.4.2.1	Factor Agua.....	17
2.4.2.2	Factor Viento.....	18
2.4.2.3	Factor Sismo .....	18
2.4.2.4	Factor Sobrecargas .....	19
<b>2.5</b>	<b>CARACTERÍSTICAS MAS IMPORTANTES DEL SUELO.....</b>	<b>20</b>
2.5.1	Granulometría .....	21
2.5.2	Permeabilidad.....	22
2.5.3	Sensitividad.....	23
2.5.4	Expansividad.....	23
2.5.5	Erosionabilidad .....	24
2.5.6	Resistencia al Cortante.....	24
2.5.6.1	Compresión no confinada o Compresión Simple.....	24
2.5.7	Ángulo de Fricción.....	25
2.5.8	Cohesión .....	25



## CAPÍTULO III

### ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE UN TALUD.

<b>3.1. ESTABILIDAD DE TALUDES</b> .....	26
3.1.1 Modelos de Deslizamientos.....	26
<b>3.2. MODELOS DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES</b> .....	28
<b>3.3. EQUILIBRIO LÍMITE Y FACTOR DE SEGURIDAD</b> .....	29
<b>3.4 MÉTODOS DE LAS DOVELAS</b> .....	31
3.4.1 Estabilidad de taludes según Fellenius .....	32
3.4.2 Método Bishop .....	35
3.4.2 Estabilidad de taludes según Janbú .....	38
<b>3.5. COMPARACIÓN DE LOS DIFERENTES MÉTODOS</b> .....	40
<b>3.6. MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES</b> .....	40
3.6.1 Hidrosiembra .....	41
3.6.2 Protección Contra Desprendimientos (Barras) .....	42
3.6.3 Barreras fijas .....	43
3.6.4 Barreas Dinámicas.....	44
3.6.5 Malla de Triple Torsión.....	45
3.6.6 Estructuras de Contención o Anclaje .....	46
3.6.6.1 Muros Rígidos .....	46
3.6.6.2 Muro Reforzado.....	46

3.6.6.3	Muro de Concreto Simple .....	48
3.6.6.4	Muro de Concreto Ciclópeo.....	49
3.6.6.5	Muros masivos Flexibles .....	49
3.6.6.6	Gaviones .....	50
3.6.6.7	Cribas.....	50
3.6.6.8	Llantas de neumol.....	51
3.6.6.9	Piedra Pedraplen .....	52
3.6.7	Estructuras de Tierra Reforzada.....	53
3.6.7.1	Suelo Reforzado .....	53
3.6.7.2	Sistema Terramesh de Suelo Reforzado .....	54
3.6.7.3	Estructuras Ancladas .....	55
3.6.7.3.1	Anclajes y pernos Individuales .....	56
3.6.7.3.2	Muros Anclados .....	58
3.6.7.3.3	Nailing Pilotillos de Tipo raíz (Rootpiles).....	59
3.6.7.4	Estructuras enterradas .....	59
3.6.7.4.1	Tablas Estacas .....	60
3.6.7.4.2	Pilotes.....	61
3.6.8	Tratamiento del terreno .....	62
<b>3.7</b>	<b>PLANTEAMIENTO DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN .....</b>	<b>63</b>
3.7.1	Relleno Estructural .....	64

3.7.2	Aplicaciones y ventajas de los Sistemas Terramesh.....	66
3.7.3	Las Ventajas del Sistema Terramesh.....	66
3.7.4	Macstars 2000 .....	68

## **CAPÍTULO IV**

### **APLICACIÓN PRÁCTICA**

<b>4.1</b>	<b>UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL TRAMO .....</b>	<b>77</b>
<b>4.2</b>	<b>SITUACIÓN ACTUAL .....</b>	<b>79</b>
<b>4.3</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS TALUDES DEL ÁREA DE ESTUDIO .</b>	<b>79</b>
<b>4.4</b>	<b>SELECCIÓN DE LOS TALUDES PARA EL ESTUDIO .....</b>	<b>87</b>
<b>4.5</b>	<b>METODOLOGÍA DE ESTUDIO.....</b>	<b>89</b>
4.5.1	Trabajo de Campo .....	89
4.5.1.1	Toma de muestras .....	89
4.5.2	Trabajo de Gabinete.....	89
4.5.2.1	Análisis de las muestras en Laboratorio .....	91
4.5.2.2	Resultados .....	97
<b>4.6</b>	<b>DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE SUELO REFORZADO CON LA TÉCNICA TERRAMESH.....</b>	<b>102</b>
4.6.1	Consideraciones para el diseño de la Estructura de suelo Reforzado Terramesh.....	100

4.6.2	Verificación de la estabilidad del talud Actual Aplicando las ecuaciones de Fellenius, Bishop y Janbú en las condiciones actuales.....	102
4.6.3	Verificación de la estabilidad del talud en el diseño de un muro de suelo reforzado con la Técnica Terramesh.....	103
<b>4.7</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>108</b>
4.7.1	Análisis de los resultados de las condiciones actuales del Talud.....	108
4.7.2	Análisis de los Resultados del corte Estabilizador.....	109
4.7.3	Análisis de los Resultados del muro de suelo Reforzado.....	109
<b>4.8</b>	<b>ANÁLISIS DE COSTOS.....</b>	<b>110</b>
4.8.1	La estructura del Costo.....	110
4.8.1.1	Materiales.....	110
4.8.1.2	Mano de Obra.....	111
4.8.1.3	Herramientas, Maquinaria y Equipo.....	111
4.8.1.4	Recargos.....	112
4.8.1.5	IVA de la mano de obra.....	112
4.8.2	Gastos Generales y Administrativos.....	112
4.8.3	Gastos Administrativos.....	112
4.8.4	Gastos de Propuesta y contratos.....	113
4.8.5	Utilidad.....	113
4.8.6	Impuestos a las Transacciones.....	114

4.9	Presupuesto.....	114
4.9.	Calculo de Presupuesto.....	115

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

<b>5.1</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>117</b>
<b>5.2</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>120</b>



## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Pagina</b>
Cuadro II-1 Denominación de suelos según el tamaño de sus partículas .....	21
Cuadro II-2 Denominación de suelos según el tamaño de sus partículas .....	23
Cuadro IV-1 Tabla para determinar el Angulo de fricción interna de un suelo cualquieras.....	97
Cuadro IV-2 Densidad in Situ .....	98
Cuadro IV-3 Clasificación de suelos.....	98
Cuadro IV-4 Hidrómetro.....	98
Cuadro IV-5 Peso Especifico Relativo de suelos.....	99
Cuadro IV-6 Angulo de Fricción Interna .....	99
Cuadro IV-7 Compresión no Confinada.....	99
Cuadro IV-8 Resumen de Resultados .....	100

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
Tabla III-1	Características de los métodos..... 29
Tabla III-2	Valores de factor de seguridad ..... 31
Tabla III-3	Comparación entre los métodos Fellenius, Bishop y Janbú ..... 41
Tabla III-4	Ventajas y desventajas por Protección contra desprendimientos ..... 71
Tabla III-5	Ventajas y desventajas por el método de muros de contención ..... 72
Tabla III-6	Ventajas y desventajas por el método de muros de contención ..... 73
Tabla III-7	Ventajas y desventajas por el método Estructuras ancladas ..... 74
Tabla III-8	Ventajas y desventajas por el método Estructuras enterradas ..... 75
Tabla III-9	Ventajas y desventajas por el método Tierra reforzada sistema Terrames..... 75
Tabla III-10	Ventajas y desventajas por el método Tratamientos químicos ..... 76
Tabla IV-1	Datos del suelo de relleno estructural de estructura Terramesh ..... 101
Tabla IV-2	Costo total de la obra ..... 116





## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Fig. II-1	Ladera (forma natural) ..... 7
Fig. II-2	Corte (intervención humana) ..... 7
Fig. II-3	Nomenclatura de Taludes y Laderas ..... 9
Fig. II-4	Deslizamiento Arancibia (1993) (foto R. Mora)..... 10
Fig. II-5	Caída de rocas (Varnes, 1978). ..... 11
Fig. II-6	Basculamiento de columnas de roca ..... 11
Fig. II-7	Separación lateral ..... 11
Fig. II-8	Deslizamiento rotacional (Skinner & Porter, 1992) ..... 12
Fig. II-9	Deslizamiento translacional (Skinner & Porter, 1992) ..... 12
Fig. II-10	Flujo de detritos (Skinner & Porter, 1992) ..... 12
Fig. II-11	Superficie original del terreno. .... 13
Fig. II-12	Material desplazado en estado deformado. .... 14
Fig. II-13	Nomenclatura de un deslizamiento (Varnes, 1978). ..... 14
Fig. II-14	Partes de un deslizamiento (Varnes, 1978). ..... 15
Fig. II-15	Movimiento simple (Hutchinson, 1968)... ..... 15
Fig. II-16	Movimiento múltiple (Hutchinson, 1968). .... 15
Fig. II-17	Movimiento sucesivo (Hutchinson, 1968) ..... 15
Fig. II-18	Esfuerzos de corte de esfuerzos de compresión al cortar un semitunel. .... 20
Fig. II-19	Esfuerzos de corte de esfuerzos de compresión al cortar un semitunel .... 20

Fig. III-1	Círculo superficial de pie (Suelos granulares o taludes inclinados).....	28
Fig. III-2	Círculo profundo (Suelos cohesivos o taludes tendidos).....	28
Fig. III-3	Círculo profundo de pie (Caso intermedio) .....	28
Fig. III-4	Análisis del método de dovelas.....	32
Fig. III-5	Análisis de las fuerzas que actúan en una dovela .....	32
Fig. III-6	Nomenclatura de los círculos de falla.....	33
Fig. III-7	Fuerzas que actúan sobre una dovela en los métodos de dovela .....	33
Fig. III-8	Fuerzas que actúan según Fellenius .....	34
Fig. III-9	Dovela simplificada por Bishop.....	36
Fig. III-10	Dovela simplificada de Janbú .....	39
Fig. III-11	Diagrama para determinar el factor $f_0$ para el método de Janbú .....	40
Fig. III-12	Barreras (Protección contra desprendimientos) .....	43
Fig. III-13	Disposición de las barreras .....	43
Fig. III-14	Disposición de barreras fijas al pie de un talud .....	43
Fig. III-15	Disposición de barreras fijas en el cuerpo de un talud.....	43
Fig. III-16	Disposición de barreras dinámica .....	44
Fig. III-17	Rocas de gran tamaño soportadas por barreras dinámicas.....	44
Fig. III-18	Dobles de la Malla hacia el exterior 50 cm.....	45
Fig. III-19	Anclaje con varillas en forma de “T “Anclaje con placa de acero .....	45
Fig. III-20	Tipos de muros de contención en concreto armado.....	47
Fig. III-21	Muro de concreto simple o sin refuerzo .....	48
Fig. III-22	Esquema general de los muros criba.....	51
Fig. III-23	Disposición de un muro de llantas .....	52

Fig. III-24	Esquema de un muro de llantas usadas con arreglo total en las llantas (Hausmann 1992) .....	52
Fig. III-25	Muro de piedra o pedraplen .....	53
Fig. III-26	Estructura de tierra reforzada.....	54
Fig. III-27	Esquema de estructuras ancladas .....	56
Fig. III-28	Anclaje con varilla de acero.....	57
Fig. III-29	Anclaje con tendones de acero.....	57
Fig. III-30	Localización de anclas en un muro anclado de materiales Estratificados (Chacón Irigaray 1996).....	57
Fig. III-31	Raíces de micro pilotes (Root-piles) Lizzi 1977.....	58
Fig. III-32	Esquema de estructuras enterradas .....	60
Fig. III-33	Tablestaca anclado .....	61
Fig. III-34	Esquema general del uso de pilotes para estabilizar deslizamientos. ....	62
Fig. III-35	Inyección de cal. ....	63
Fig. III-36	Sección de una estructura Terramesh System.....	64
Fig. III-37	Flexibilidad del Sistema Terramesh.....	68
Fig. IV-1	Ubicación Geográfica del Proyecto.....	77
Fig. IV-2	Muestra Saturada del Talud A.....	91
Fig. IV-3	Juego de tamices de laboratorio.....	91
Fig. IV-4	Instrumental utilizado para la determinación del LL.....	91
Fig. IV-5	Ensayo del límite Líquido.....	91
Fig. IV-6	Procedimiento para la determinación del (LP).....	92
Fig. IV-7	Ensayo del hidrómetro.....	92
Fig. IV-8	Ensayo de la Densidad in situ.....	93

Fig. IV-9	Ensayo de la densidad in situ en la progresiva 70+000.....	93
Fig. IV-10	Proctor estándar (T-99).....	94
Fig. IV-11	Modelos formados (T-99).....	94
Fig. IV-12	Suelo después de utilizar el proctor (T-99).....	95
Fig. IV-13	Suelo después de utilizar el proctor (T-99).....	95
Fig. IV-14	Bloque sometido a compresión por el gato hidráulico.....	95
Fig. IV-15	Rotura de la muestra.....	95
Fig. IV-16	Rotura de muestra Inalteradas.....	96
Fig. IV-17	Rotura de muestras Inalteradas.....	96
Fig. IV-18	Verificación de estabilidad en condiciones actuales.....	102
Fig. IV-19	Verificación de estabilidad con el corte .....	103
Fig. IV-20	Sección óptima del muro de contención de suelo reforzado con la técnica de Terramesh Análisis de estabilidad Interna según Bishop.....	104
Fig. IV-21	Sección óptima del muro de contención de suelo reforzado con la técnica de Terramesh Análisis de estabilidad Interna según Janbú.....	105
Fig. IV-22	Sección optima del muro de contención de suelo reforzado con la técnica de Terramesh Análisis de estabilidad Global según Bishop.....	106
Fig. IV-23	Sección óptima del muro de contención de suelo reforzado con la técnica De Terramesh Análisis de estabilidad Global según Janbú.....	107



## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	<b>Página</b>
Fotografía IV-1 Talud “A”, Ubicado en la prg70 + 000, Bajada a Palos Blancos .....	80
Fotografía IV-2 Talud “A”, Ubicado en la prg70 + 000, Bajada a Palos Blancos ....	80
Fotografía IV-3 Talud “B”, Ubicado en la progresiva 61+082 .....	81
Fotografía IV-4 Talud “C”, Ubicado en la progresiva 61+083 .....	82
Fotografía IV-5 Talud “C”, Ubicado en la progresiva 61+083 .....	82
Fotografía IV-6 Talud “C”, Ubicado en la progresiva 59+000 .....	82
Fotografía IV-7 Talud “D”, Ub. en la prg 48+ 211 tramo Alto Zarzos y Tapequa...83	83
Fotografía IV-8 Talud “D”, Ub. en la prg 48+ 211 tramo Alto Zarzos y Tapequa... 83	83
Fotografía IV-9 Talud “E”, Ubicado en la progresiva 47+ 217.....	84
Fotografía IV-10 Talud “F”, Ubicado en la progresiva 46 + 231 .....	84
Fotografía IV-11 Talud “G”, Ubicado en la progresiva 45+ 750 .....	85
Fotografía IV-12 Talud “H”, Ubicado en la progresiva 45 + 000 .....	85
Fotografía IV-13 Talud “I”, U. en la prg 42+ 300 tramo Cañadas - Tapequa .....	86
Fotografía IV-14 Talud “I”, Ub. en la prg 42+ 300 tramo Cañadas - Tapequa .....	86
Fotografía IV-15 Talud “J”, Ub. en la prg 33+ 620 tramo Tacuarandy - Cañadas..86	86
Fotografía IV-16 Talud “J”, Ub en la prg 33+ 620 tramo Tacuarandy - Cañadas... 86	86
Fotografía IV-17 Talud “K”, Ubicado en la progresiva 27+ 500 .....	87
Fotografía IV-18 Talud “A”, Ub. en la prg 70+ 000 Talud de estudio.....	88

